УДК 556.388

Щодо оцінки змін якості підземних вод у результаті експлуатації водозаборів

Люта Н.Г., *ORCID ID* 0000-0003-4070-0944*, nlyuta@ukr.net;*
Саніна І.В., *ORCID ID* 0000-0002-6592-9625, *ekogeol@ukr,net;*
ДУ "Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України", м.Київ, Україна

Сучасна методика моніторингу масивів підземних вод вимагає розробки і вжиття заходів, спрямованих на подолання негативних тенденцій змін їхнього хімічного стану. В Україні якісний стан підземних вод є складним і розмаїтим, і в ряді випадків зазнає змін внаслідок впливу природних і антропогенних чинників. Автори розглянули підходи до встановлення стійких і значних тенденцій змін хімічного стану масивів підземних вод та проаналізували основні причини, які можуть обумовити зміни якості підземних вод в результаті експлуатації водозаборів

Ключові слова: підземні води, зміна якості підземних вод, тенденції змін, забруднення

On the assessment of changes in groundwater quality caused by the operation of water intakes

Lyuta Nataliia, *ORCID ID* 0000-0003-4070-0944*, nlyuta@ukr.net;*
Sanina Iryna, *ORCID ID* 0000-0002-6592-9625, *ekogeol@ukr,net;*
SI"Radioenvironmental Centre of National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Modern methods for groundwater bodies monitoring require the development and implementation of measures aimed at counteracting negative trends in changes to their chemical status. In Ukraine, the quality of groundwater is complex and varied, and in some cases undergoes changes due to the influence of natural and anthropogenic factors. The authors examined approaches to identifying stable and significant trends in changes in the chemical status of groundwater bodies and analyzed the main causes that may lead to changes in groundwater quality as a result of water intakes operations.

Keywords: groundwater, changes in groundwater quality, trends, pollution

Згідно з Водною Рамковою Директивою ЄС (Directive 2000/60/EC, 2000), для підземних вод, «крім вимог доброго стану, повинна бути визначена будь-яка значна та відтворювана тенденція підвищення концентрації будь-якого агента забруднення та повернена в бік її зменшення». Ця вимога стосується винятково тих змін, які є наслідком антропогенного втручання.

Однак слід зауважити, що більшість речовин із встановленим нормативним вмістом у воді, в т.ч. ті, що належать до переліку забруднювальних речовин для визначення хімічного стану масивів підземних вод (МПзВ), затвердженого наказом Мінприроди від 06.02.2017 № 45, можуть мати як природне, так і антропогенне походження, тому з'ясування причин погіршення якості води і встановлення джерел надходження забруднень часто буває складним завданням. Водночас у процесі моніторингу це питання набуває особливої ваги, оскільки походження аномалій впливає на цілі, спрямовані на зменшення вмісту відповідних елементів і сполук, та визначає доцільність та ефективність заходів для їхнього досягнення.

Підземні води в Україні характеризуються складними умовами формування і мають строкатий якісний склад. Перевищення нормативних показників природного походження у підземних питних водах властиве як макрокомпонентам (хлориди, сульфати, натрій), так і мікрокомпонентам, передовсім залізу та марганцю.

Аналіз досвіду експлуатації водозаборів свідчить, що часто порушення природних закономірностей водообміну супроводжується негативними змінами якості підземних вод. Як правило, ці зміни є результатом комплексної дії гідродинамічних і гідрогеохімічних чинників. Крім того, значна кількість розвіданих родовищ в Україні не використовується, причому деякі з них вже стали непридатними для експлуатації внаслідок дії комплексу як природних, так і антропогенних факторів. Тому вивчення змін якості води змін і

встановлення їх причин є одним з найважливіших завдань моніторингу МПзВ і гідрогеологічних досліджень в цілому.

При визначенні можливого ризику недосягнення встановлених для кожного МПзВ екологічних цілей передусім необхідно встановити наявність або відсутність стійкої та значної тенденції змін. Основними вихідними даними для виявлення стійких тенденцій змін якості води є різночасові дані про вміст забруднювальних речовин, додатковими - дані про забір води, антропогенне навантаження, стан суміжних компонентів довкілля тощо. Оцінка тенденцій повинна базуватися на результатах даних довгострокових і системних моніторингових спостережень, які дозволяють відрізнити короткострокові ефекти від стійких тенденцій. Важливим моментом при цьому є коректне встановлення фонових і базових рівнів вмісту забруднювальних речовин і фізико-хімічних показників стану підземних вод. Тривалість спостережень, необхідних для встановлення стійких тенденцій змін стану, визначається природними й антропогенними умовами, і для кожного МПзВ може бути різною, але вона повинна становити щонайменше 6-12 років (один-два цикли плану управління річковим басейном). Ця тривалість, і, відповідно, довжина часових рядів, яку слід розглядати при оцінці тренду, залежить від того, як МПзВ реагує на антропогенний вплив в області формування його ресурсів. При цьому слід зауважити, що важливе значення має якість спостережень, оскільки довгий часовий ряд спостережень низької якості є менш інформативним, ніж середньостроковий ряд більш якісних спостережень (Procedure for State Water Monitoring, 2018; Guidance Document No. 15, 2007; Guidance Document No. 18, 2009).

Оцінка тенденцій зазвичай базується на визнаному статистичному методі, переважно на регресійному аналізі, який досліджує зв'язок між залежними і незалежними змінними, і дає змогу зрозуміти, як на залежну змінну впливають зміни інших чинників, та прогнозувати тренд значень досліджуваної змінної.

Для того, щоб розрізняти природні коливання та тренди з достатнім рівнем впевненості і точності, методологія тестування трендів також повинна мати можливість враховувати сезонні зміни, де це необхідно, в основному для безнапірних МПзВ, у яких значні коливання концентрації відбуваються протягом року. Відправна точка для спрямування тенденції у зворотний бік повинна бути обрана з урахуванням екологічних ризиків, пов’язаних з МПзВ, а також екологічних цілей масиву та стандартів якості або порогових значень, встановлених для МПзВ. Такі точки обираються для забруднювальних речовин або їх груп, які становлять ризик недосягнення екологічних цілей для конкретного МПзВ.

У більшості методичних документів початковою точкою для вжиття заходів із спрямування тенденцій у зворотній бік визначено момент, коли концентрація забруднювальної речовини досягає 75-100% від відповідного порогового значення щонайменше на 20% території МПзВ. Вибрана початкова точка повинна дозволити змінити такі тенденції до того, як концентрація забрудників спричинить екологічно значущі шкідливі зміни якості підземних вод. Для розрахунків доцільно застосовувати методи статистичної обробки, зокрема, процентилю - статистичного показника, який використовується для визначення положення значення, що спостерігається всередині розподілу даних. Він відповідає відсотку спостережень, що знаходяться нижче за певне значення. 95-й процентиль означає, що 95% елементів масиву є меншими або дорівнюють даному числу. Застосування таких статистичних методів обробки інформації для прогнозування зон, вразливих до накопичення нітратів в поверхневих і підземних водах, (прогнозованих значень 95-го процентилю концентрацій мінеральних сполук нітрогену) передбачене Методикою визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів (Наказ Міністерства захисту довкілля №244 від 15.04.2021 р.).

Щодо встановлення причини змін якості води у процесі експлуатації водозаборів, то ця проблема значно складніша. Такими причинами можуть бути (Lyuta, Lyutyi, 2011; Lyutyi, Sanina, 2011)*:*

- Потужний експлуатаційний водовідбір, який спричиняє залучення підземних вод цільового горизонту на значній площі, в тому числі на тих його ділянках, де сформувалися підземні води нижчої якості, зокрема високомінералізовані. У такому випадку погіршення якості води у часі є практично неминучим.

- Вторгнення солоних поверхневих вод, передовсім морських, що можуть бути обумовлені як антропогенними, так і природними чинниками (водовідбором або штормовими нагонами, припливами) (Yurovsky, 2006).

- Перетікання підземних вод із сусідніх із цільовим водоносних горизонтів, в тому числі з незахищених від поверхневого забруднення безнапірних водоносних горизонтів, переважно у четвертинних відкладах. У багатьох випадках саме цей процес відіграє провідну роль у змінах якості води на водозаборах, особливо на півдні та сході, в межах розміщення меліоративних систем. Обсяги додаткового живлення тут перевищують кількість природних атмосферних опадів у кілька разів. Таке значне збільшення інфільтраційної складової спричиняє винесення з четвертинних відкладів солей, утворених у природних умовах унаслідок інтенсивного випаровування. До цього додаються розчинення і перенесення у водних розчинах мінеральних добрив і засобів захисту рослин, які застосовуються у сільському господарстві. В той же час відзначається погіршення якості підземних вод за рахунок висхідної міграції природних глибинних некондиційних вод (Levoniuk, Udalov, 2022).

- Безпосереднє надходження полютантів від техногенних джерел забруднення: просторовий аналіз інформації щодо розміщення таких об'єктів та їхньої специфіки часто однозначно свідчить саме про таке походження гідрогеохімічних аномалій. Зокрема на сході України яскравим прикладом такого впливу є забруднення підземних вод сполуками азоту (джерело - накопичувач промислових відходів ВАТ «Фарбник» у м. Рубіжному), внаслідок чого був виведений з ладу водозабір Луганський-3; суттєво збільшився сухий залишок у воді водозабору Луганського патронного заводу - до 3,7 г/дм^3, а на водозаборі «Лісова дача» - до 9,0 г/дм^3 тощо. Більшість дослідників в Україні і за кордоном пов’язують погіршення якості води саме із забрудненням, що надходить безпосередньо від антропогенних джерел (Vasneva, 2013; Koshliakova, 2011).

За даними ДНВП Геоінформ України (State of Groundwater, 2021), нині в Україні зафіксовано 191 площинний і 262 локальних осередків забруднення підземних вод. Найбільша кількість водозаборів, що працюють у складних умовах експлуатації, зосереджена в Донецькій - 32 водозабори (18%), Київській - 16 (9%), Черкаській - 16 (9%), Полтавській – 15 (9%) та Львівській – 12 (7%) областях із значним техногенним навантаженням. У тому ж джерелі вказано, що у 2020 р. спостерігався осередковий розвиток промислового забруднення підземних вод на територіях Луганської, Донецької, Дніпропетровської та Запорізької областей, а використання добрив і пестицидів призвело до погіршення якості підземних вод, що має менш інтенсивний, але регіональний характер (Херсонська, Миколаївська, Одеська, Полтавська області) (State of Groundwater, 2021).

- Значне зменшення водовідбору і відновлення рівнів води у неглибоких водоносних горизонтах, в результаті чого до процесів вилуговування залучається додаткова товща порід (Lyutyi, Sanina, 2011).

- Кліматичні зміни, що можуть обумовлювати зміни якісного складу води перших від поверхні напірних водоносних горизонтів як на водозаборах, так і поза їхнім впливом.

- Геохімічні процеси в зоні формування ресурсів підземних вод. Аналіз досвіду експлуатації численних водозаборів, розміщених у різних природно-антропогенних умовах, свідчить, що дуже часто спостерігається стабільне погіршення якості води, яке неможливо пов’язати із впливом певних антропогенних джерел забруднення або іншими переліченими вище причинами. Загалом ці причини можна визначити саме як геохімічні процеси, що відбуваються в зоні формування ресурсів підземних вод, передусім у техногенно зміненій зоні аерації. Природа цих процесів може бути різною.

Так, на Львівщині істотні зміни якості води в мергельно-крейдяній товщі у процесі експлуатації водозаборів є результатом встановлення під час експлуатаційного водовідбору нових балансових відносин масообміну між обсягами інфільтраційної води та розчинними солями в породах зони аерації, де відновлювальна обстановка змінилась на окислювальну; тут найсуттєвіші зміни якості проявляються локально, і найімовірніше пов’язані з окисненням піриту, на який збагачена мергельно-крейдяна товща, особливо в зонах розломів, де його додаткові включення могли з’явитися у постседиментаційний період.

На Луганщині та Донеччині також фіксувалося погіршення якості води у крейдових колекторах, тут воно більш стійке і тривале, причому більшість проблемних водозаборів розташовані поза межами впливу будь-яких промислових чи сільськогосподарських об'єктів. Тут основне джерело надходження речовини до підземних вод (прошарки солей) сформоване в процесі осадконакопичення та подальшого перерозподілу речовини в межах депресійних лійок водозаборів. Інтенсивний винос солей у водоносні горизонти відбувається в результаті зниження рівня підземних вод внаслідок водовідбору. Рівень капілярної кайми в перекриваючих товщах знижується, випаровування практично припиняється, і відбувається зміна процесу сольового накопичення на процес вилуговування раніше накопичених в породах зони аерації солей, що призводить до суттєвого погіршення якості води (Lyuta, Lyutyi, 2011).

Висновки. Для обґрунтованого визначення стійких і значних тенденцій змін якості підземних вод необхідна достатня тривалість спостережень, яка для кожного МПзВ визначається його реагуванням на антропогенний вплив. Погіршення якості води є найчастіше результатом спільної дії природних і антропогенних чинників. При цьому серед них гідродинамічний чинник є провідним і обумовлює суттєві зміни якості води. Для з'ясування причин погіршення якості води для кожного МПзВ необхідно виконувати аналіз режиму та обсягів водовідбору та їхній вплив на зміни якісних показників, а також враховувати особливості техногенного навантаження на геологічне середовище в зоні формування ресурсів підземних вод, речовинний склад водовмісних порід і суміжних компонентів довкілля тощо. Причини змін якості визначають можливість і доцільність реалізації заходів, спрямованих на подолання негативних тенденцій. У разі, якщо джерело надходження забруднювальних речовин є природним, можливі заходи з покращення якості води обмежуються лише регулюванням обсягів видобутку та водопідготовкою перед подаванням води споживачам.

Список використаних джерел:

Васнева О.В. (2013). Факторы формирования химического состава подземных вод Минской агломерации. *Природные ресурсы*. Минск, 2, 30-41.

Директива Європейського Парламенту і Ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики (2000). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text

Кошлякова Т.О. (2011). Зміни хімічного складу питних підземних вод м.Києва в процесі експлуатації. *Збірник наукових праць ІГН НАН України*, 4. 88-93.

Люта, Н. Г., Лютий, Г. Г. (2011). Геохімічні процеси в зоні аерації як фактор формування хімічного складу підземних вод ґрунтових і субґрунтових горизонтів. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 1, 104-116.

Лютий Г.Г., Саніна І.В. (2011). Фактори погіршення якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів в Україні. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 1, 91-103.

Порядок здійснення державного моніторингу вод. (2018). Затв. Постановою Кабінету міністрів України № 758.

Стан підземних вод. Щорічник. (2021). Київ: Державна служба геології та надр України, ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України.

Юровский Ю.Г. (2006). Естественные интрузии морских вод. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 3, 136-142.

Guidance Document No. 15 Guidance on Groundwater Monitoring. (2007). https://circabc.europa.eu/sd/a/e409710d-f1c1-4672-9480-e2b9e93f30ad/Groundwater%20Monitoring%20Guidance%20Nov-2006_FINAL-2.pdf

Guidance Document No. 18 Guidance on Groundwater status and trend assessment. (2009). https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/76543005-ce9e-4b3c-9191-3c3f97b90ab1

Levoniuk S., Udalov I. (2022). Vulnerability assessment of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer under the conditions of quality composition long-term transformation. Visnyk of V. N. *Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology",* (57), 17-27.

References:

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy (2000). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text

Guidance Document No. 15 Guidance on Groundwater Monitoring. (2007). https://circabc.europa.eu/sd/a/e409710d-f1c1-4672-9480-e2b9e93f30ad/Groundwater%20Monitoring%20Guidance%20Nov-2006_FINAL-2.pdf

Guidance Document No. 18 Guidance on Groundwater status and trend assessment. (2009). https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/76543005-ce9e-4b3c-9191-3c3f97b90ab1

Koshlyakova T.O. (2011). Changes in the Chemical Composition of Drinking Groundwater in Kyiv During Exploitation. *Proceedings of the Institute of Geochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine*, 4. 88–93. [in Ukrainian].

Levoniuk S., Udalov I. (2022). Vulnerability assessment of drinking groundwater of buchak-kaniv aquifer under the conditions of quality composition long-term transformation. *Visnyk of V.* N. *Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology",* (57), 17-27.

Lyuta N.G., Lyutyi G.G. (2011). Geochemical processes in the aeration zone as a factor in the formation of the chemical composition of groundwater in uppermost and subsoil aquifers. *Proceedings of the Ukrainian State Geological Research Institute*, 1, 104–116. [in Ukrainian].

Lyutyi G. G., Sanina I. V. (2011). Factors Contributing to the Deterioration of Groundwater Quality During the Operation of Water Intakes in Ukraine. *Proceedings of the Ukrainian State Geological Research Institute*, 1, 91–103. [in Ukrainian].

Procedure for State Water Monitoring. (2018). Approved by Resolution No. 758 of the Cabinet of Ministers of Ukraine. [in Ukrainian].

State of Groundwater. Yearbook. (2021). Kyiv: State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, State Scientific and Production Enterprise “State Geological Information Fund of Ukraine.” [in Ukrainian].

Vasneva O.V. (2013). Factors Influencing the Chemical Composition of Groundwater in the Minsk Metropolitan Area. *Natural Resources*. Minsk, 2, 30–41. [In Russian].

Yurovsky Yu. G. (2006). Natural Intrusions of Seawater. *Proceedings of the Ukrainian Geological Research Institute*, 3, 136–142. [In Russian].