УДК 551.491.4

<https://doi.org/10.31996/mru.2021.3.20-23>

Г. Г. ЛЮТИЙ, канд. геол.-мінерал. наук, провідний науковий співробітник відділу гідрогеологічних та еколого-геологічних досліджень (УкрДГРІ),
Н. Г. ЛЮТА, канд. геол.-мінерал. наук, асистент кафедри гідрогеології та інженерної геології ННІ "Інститут геології" КНУ імені Тараса Шевченка, nlyuta@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4070-0944>,
І. В. САНИНА, завідувачка відділу гідрогеологічних, інженерно-геологічних та еколого-геологічних досліджень (ВП Український геологорозвідувальний інститут ДП "Українська геологічна компанія"), ekogeol@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>

G. LYUTYI, PhD (Geol. & Mineral.), leading researcher (Ukrainian State Geological Research Institute),
N. LYUTA, PhD (Geol. & Mineral.), Assistant of Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, nlyuta@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4070-0944>,
I. SANINA, Head of the Department of Hydrogeological, Engineering- geological and Environmental Geological Research (Ukrainian Geological Research Institute of the UGC), ekogeol@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>

ОЦІНКА ЗМІН ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО АРТЕЗІАНСЬКОГО БАСЕЙНУ

ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY CHANGES IN THE AQUIFERS OF THE DNIPROVSKO-DONETSKYI ARTESIAN BASIN

Методичними документами Водної рамкової директиви Європарламенту передбачено лише два класи якості підземних вод – “добра” і “погана”. Очевидно, що для оцінювання та картографування змін якості води цих двох градацій не досить. Тому було використано класифікацію Національного стандарту України “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил вибирання” (ДСТУ 4808:2007), згідно з якою підземні води за показниками хімічного складу поділяють на чотири класи: “відмінна”, “добра”, “задовільна” і “посередня”.

Щоб оцінити зміни якості підземних вод у часі, було порівняно гідрогеохімічні характеристики, отримані за результатами гідрогеологічного вивчення підземних вод на етапі розвідувальних робіт у період 60–70-х років ХХ сторіччя та гідрогеологічного довивчення раніше закартованих площ у 2000–2010 рр. Зіставлені дані за різні часові відтинки наочно засвідчили інтенсивний перебіг процесу забруднення підземних вод у четвертинних відкладах у межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (ДДАБ). Водночас негативних тенденцій змін якості підземних вод більш захищених – напірних водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах за період 1970–2010 рр. виявлено не було. Апробовані підходи картографічного оцінювання змін якості підземних вод у часі, рекомендовані ДСТУ 4808:2007, можна разом із іншими методами ефективно використовувати під час моніторингу підземних вод в Україні.

Ключові слова: підземні води, Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн, класи якості, блокові індекси.

According to the Water Framework Directive methodological documents, identification of only two classes of groundwater quality – “good” and “bad” is provided. Obviously, these two gradations are insufficient for assessing and mapping of water quality changes. Therefore, for this purpose, the approaches defined in the National Standard of Ukraine “Sources of Centralized Drinking Water Supply. Hygienic and Environmental Requirements for Water Quality and Selection Rules” (SSTU 4808:2007), which proposes the division of groundwater in terms of chemical composition into four classes: excellent, good, satisfactory and mediocre, were applied.

The article discusses the results of assessing the groundwater quality using an original methodology that allows assessing the quality of groundwater of different age aquifers and at different intervals, as well as predicting the direction of their changes over time. The authors have created hydrogeochemical maps characterizing the quality of the Quaternary aquifer water within the Dniprovsko-Donetskyi artesian basin (DDAB) in different periods of time according to the methodology justified by the National Standard of Ukraine “Sources of Centralized Drinking Water Supply. Hygienic and Environmental Requirements for Water Quality and Selection Rules” (SSTU 4808:2007).

To assess changes in the quality of groundwater in time, a comparison of the hydrogeochemical characteristics obtained from the results of the hydrogeological study of groundwater in the course of exploration work in the 60–70s of the last century and the hydrogeological study of the previously mapped areas in 2000–2010 was made. Comparison of data for different periods of time clearly showed the intensive course of the process of groundwater pollution in Quaternary sediments within the DDAB. At the same time, negative tendencies of changes in the quality of groundwaters of more protected – confined aquifers in the Eocene and Lower Cretaceous-Cenomanian sediments for the period from 1970 to 2010 were not detected. The approaches for the cartographic assessment of changes in groundwater quality over time, recommended by SSTU 4808:2007, can be effectively used together with other methods for monitoring groundwater in Ukraine.

Keywords: groundwater, Dniprovsko-Donetskyi artesian basin, quality classes, block indexes.

Вивченню змін якості підземних вод упродовж останніх десятиліть було присвячено чимало робіт, однак більшість з них стосувалася окремих родовищ, переважно в процесі оцінювання запасів підземних вод, або ж досить обмежених за площею територій. Водночас майже не було спроб показати зміни хімічного складу підземних вод у межах великих таксономічних одиниць – наприклад, гідрогеологічних регіонів, хоча саме такі дослідження дають змогу оцінити масштаби

змін якості підземних вод унаслідок антропогенного впливу упродовж тривалого періоду.

Щоб оцінити й наочно показати зміни якості підземних вод, в УкрДГРІ із застосуванням картографічного підходу створили спеціалізовану гідрохімічну карту території ДДАБ у два різні періоди [1].

Ідея картографічних оцінок полягала в обробленні вибірки хімічних аналізів підземних вод, які було виконано до 1970 р., коли на території України інтенсивно проводили гідрогеологічні знімання масштабу 1:200 000, а також вибірки

хімічних аналізів періоду проведення гідрогеологічного до-
вивчення аналогічного масштабу після 2000 р., і зіставленні
отриманих даних. Загалом для виконання поставлених за-
вдань було опрацьовано та проаналізовано матеріали більш
як 100 звітів.

Зазначимо, що методичними документами Водної рам-
кової директиви Європарламенту передбачено лише два
класи якості підземних вод – “добра” і “погана” [3]. Очеви-
дно, що показати зміни якості води за допомогою цих двох
градацій не видається можливим. Тому було використано
підходи, визначені у Національному стандарті України
“Джерела централізованого питного водопостачання. Гігі-
єнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил виби-
рання” (ДСТУ 4808:2007), зокрема запропонований у ньому
поділ підземних вод за показниками хімічного складу на
чотири класи: “відмінна”, “добра”, “задовільна” і “посередня”
якість [2]. Водночас до останнього класу входять води з мі-
нералізацією більш як 1,5 г/дм³.

В Україні, особливо в південних і східних регіонах, попри
таку якість води (із сухим залишком 1,5–3,0 г/дм³), її широко
використовують для потреб господарсько-питного водопо-
стачання за умов щорічного отримання дозволу органів сані-
тарно-епідеміологічної служби на користування некондицій-
ними водами. Зауважимо, що донедавна Державна комісія
України по запасах корисних копалин не розглядала експлу-
атаційні запаси підземних вод для питних потреб, якщо сухий
залишок перевищував 1,5 г/дм³. Однак нині через широке
впровадження ефективної системи очищення води методом
зворотного осмосу, запаси затверджують навіть у разі, коли
сухий залишок води сягає 4,5 г/дм³ [1].

Стандарт ДСТУ 4808:2007 передбачає оцінювання яко-
сті води за сімома групами показників: органолептичними,
загальносанітарними, гідробіологічними, мікробіологічними,
паразитологічними, токсикологічними (органічними
і неорганічними) та показниками радіологічної безпеки.
Під час побудови карти використано лише загальносані-
тарні показники, які масово визначали, вивчаючи якість
підземних вод упродовж проведення як регіональних гідро-
геологічних, так і пошуково-розвідувальних робіт на воду.

У такий спосіб оцінювання якості підземних вод здійсню-
валося не за інтегральним, а за блоковим індексом, проте
це неповне оцінювання компенсувалося великою кількістю
фактичних даних.

Оскільки інформаційна забезпеченість 2001–2010 ро-
ків набагато гірша, порівнюючи з попереднім періодом,
сучасний гідрохімічний стан був охарактеризований фра-
гментарно. Найдокладніше було вивчено території, де після
2000 року проводили гідрогеологічне довивчення масшта-
бу 1:200 000, зокрема території аркушів М-36-ХІІІ (Київ) і
М-36-ХІV (Переяслав-Хмельницький).

Визначення класів і підкласів якості води за окремими
показниками полягає у зіставленні фактичних загальноса-
нітарних показників з відповідними критеріями, наведеними
у згаданому вище стандарті (табл. 1). На основі проведено-
го зіставлення середніх і найгірших значень за кожним по-
казником (у разі наявності відповідної вибірки) визначають
класи й підкласи якості води. У підсумкових розрахунках
використовують усі емпіричні значення окремих показників
складу підземних вод у варіанті середніх і максимальних ви-
явів і на основі середньоарифметичних обчислень визнача-
ють класи й підкласи води.

Попереднє оброблення даних хімічних аналізів поляга-
ло в підготуванні для кожної вибірки карт сухих залишків у
масштабі, який забезпечується наявною інформацією. Поле
таких карт було розбите на блоково-однорідні ділянки, у ме-
жах яких підраховували індивідуальні для кожного показни-
ка хімічного складу блокові індекси й загальні – як середньо-
арифметичні за всіма показниками хімічного складу.

За визначеними індексами було побудовано карти оцінки
якості, що характеризують період 60–70-х років ХХ століття,
а також 2001–2010 рр. Для ДДАБ було виконано картогра-
фічні побудови для характеристики якості води водоносних
горизонтів у четвертинних, буцацьких та альб-сеноманських
відкладах.

На рисунку наведено результати картографічних оцінок
якості води у водоносному горизонті в четвертинних відкла-
дах на території Київського й Переяслав-Хмельницького ар-
кушів масштабу 1:200 000 на лівобережжі Дніпра, за якими

Таблиця 1. Схема визначення класів і підкласів якості води в джерелах централізованого питного водопостачання (ДСТУ 4808:2007)

Позначення класів якості води	Середні значення блокових індексів	Позначення підкласів якості води	Характеристика класів і підкласів якості води
1	1,00–1,25 1,26–1,50	I I (2)	“Відмінна”, дуже чиста вода “Відмінна”, дуже чиста вода з ухилом до класу “доброї”, чистої води бажаної якості
2	1,51–1,75 1,76–1,99 2,00–2,25 2,26–2,50	I–II II (1) II II (3)	Вода перехідна за якістю від “відмінної”, дуже чистої, до “доброї”, чистої “Добра”, чиста вода з ухилом до класу “відмінної”, дуже чистої “Добра”, чиста вода прийнятної якості “Добра”, чиста вода з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості
3	2,51–2,75 2,76–2,99 3,00–3,25 3,26–3,50	II–III III (2) III III (4)	Вода перехідна за якістю від “доброї”, чистої, до “задовільної”, слабо забрудненої “Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “доброї”, чистої “Задовільна”, слабо забруднена вода прийнятної якості “Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “обмежено придатної”, небажаної якості
4	3,51–3,75 3,76–3,99 4,00	III–IV IV (3) IV	Вода перехідна за якістю від “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості до “обмежено придатної”, небажаної якості “Обмежено придатна”, небажаної якості з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої води прийнятної якості “Посередня”, обмежено придатна небажаної якості

наявна найбільш представницька гідрогеохімічна інформація за період 2000–2010 рр.

У період 60–70-х років XX століття ґрунтові води в межах території цих двох аркушів характеризувалися високою якістю, а середні значення блокових індексів тут становили до 2,25. Надалі, як видно з рисунку, на цій території відбулися суттєві негативні зміни якості ґрунтових вод. Води “відмінної” якості в долині р. Дніпра після 2000 року тут не зафіксовано, хоч у попередні роки вона була досить поширена. На сьогодні залишилася лише вузька смуга поширення такої води уздовж р. Супій. Водночас на ділянках, де в 70-х роках XX сторіччя фіксували наявність води “відмінної” якості й перехідної за якістю до дуже чистої і доброї, прийнятної якості (блокові індекси 1,26–2,25), отримали розвиток води від слабко забруднених добрих до “задовільної” якості (блокові індекси 2,26–2,75), а на окремих ділянках – до слабко забруднених прийнятної якості і “задовільної”, слабко забрудненої води з ухилом до класу “обмежено придатної”, небажаної якості (блокові індекси 2,76–3,35). Отже, зіставлені дані за різні періоди наочно засвідчили перебіг процесу забруднення підземних вод у четвертинних відкладах на цій території.

Зазначимо, що подібні тенденції були спостережені й у межах території Кобеляцького та Кременчуцького аркушів масштабу 1:200 000.

Отже, картографічні побудови досить наочно зафіксували зміни якості підземних вод четвертинного водоносного горизонту в часі, що, найімовірніше, засвідчує негативний антропогенний вплив.

Застосування ГІС-технологій дає змогу швидко й точно визначати площу територій з різними класами й підкласами якості води. Результати таких обчислень наведено в табл. 2. Ця інформація доповнює карти якісної оцінки й дає змогу схарактеризувати спрямованість і темп змін якості води за період 1970–2010 рр.

Дані, наведені в табл. 2, наочно ілюструють масштабність і незворотність змін, яких зазнає хімічний склад підземних вод четвертинних горизонтів. За період, що минув після проведення гідрогеологічних робіт у 1960–1970 рр., майже зникли води підкласу I (2), площа поширення води підкласів I–II та II зменшилася вп'ятеро та в понад три рази відповідно. Проте на 16 % збільшилася площа поширення води підкласу II (1) і майже в 33 рази – води підкласу II (3). За цей відтинок часу закартографовано нові площі поширення води підкласів II–III, III (2), III. Тобто простежується впевнена тенденція до переходу води від “відмінної”, бажаної, а також “доброї”, прийнятної якості, до якості “задовільної”, прийнятної.

У воді першого від поверхні водоносного горизонту на території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький у період

Рисунок. Зіставлення карт оцінки якості води водоносного горизонту в четвертинних відкладах на лівобережжі Дніпра в межах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну: а) – за даними робіт 1960–1975 рр., б) – за даними робіт 2000–2010 рр.

Таблиця 2. Зміни якості підземних вод за площею (території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький у межах ДДАБ)

Клас якості води	Підклас якості води	Характеристика класів і підкласів якості води	Відсоток території аркушів Київ і Переяслав-Хмельницький (у межах ДДАБ), %	
			Період до 1970 р.	Період 2000–2010 рр.
I “Відмінна”, бажаної якості	I (2)	“Відмінна”, дуже чиста вода з ухилом до класу “доброї”, чистої води бажаної якості	5,8	0,7
II “Добра”, прийнятна якість води	I–II	Вода перехідна за якістю від “відмінної”, дуже чистої, до “доброї”, чистої	44,8	8,8
	II (1)	“Добра”, чиста вода з ухилом до класу “відмінної”, дуже чистої	32,1	48,0
	II	“Добра”, чиста вода прийнятної якості	17,2	4,8
	II (3)	“Добра”, чиста вода з ухилом до класу “задовільної”, слабо забрудненої прийнятної якості	0,2	32,7
III “Задовільна”, прийнятна якість води	II–III	Вода перехідна за якістю від “доброї”, чистої, до “задовільної”, слабо забрудненої	–	3,4
	III (2)	“Задовільна”, слабо забруднена вода з ухилом до класу “доброї”, чистої	–	1,0
	III	“Задовільна”, слабо забруднена вода прийнятної якості	–	0,6

випробувань 2000–2010 рр. майже скрізь наявне перевищення вмісту нітратів (на рівні 1,2–4,0 ГДК). У деяких випадках нітрат-іон навіть визначає тип води, оскільки входить до формули її сольового складу. Водночас водопункти з умістом нітратів, що не перевищує нормативний показник 50 мг/дм³, виявлені лише поблизу Дніпра. Грунтові води з природним гідрокарбонатним кальцієвим складом трапляються рідко й просторово тяжіють до долин річок. Натомість часто трапляються води трикомпонентного – гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридного аніонного складу. Все це свідчить про антропогенне походження забруднення, пов’язане, зважаючи на специфіку землекористування території, з впливом дифузних джерел забруднення в межах агроландшафтів.

Водночас варто зауважити, що негативних тенденцій змін якості підземних вод більш захищених – міжпластових водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах унаслідок антропогенного впливу в період 1960–1970 рр., а також 2001–2010 рр. у межах територій перелічених аркушів виявлено не було. Зіставлення карт якісної оцінки води цих водоносних горизонтів у згаданий період показало їхню майже повну ідентичність.

Висновки

Отже, зіставлення засвідчило масштабні зміни якості підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту впродовж останніх 30–40 років і водночас добру захищеність водоносних горизонтів в еоценових і нижньокрейдово-сеноманських відкладах. Методичні підходи щодо оцінки якості води, викладені в стандарті ДСТУ 4808:2007, попри деякі недоліки, зокрема наявність надто великої кількості підкласів без виразної конкретизації їхніх змістовних відмінностей, видаються прийнятними для опрацювання гідрохімічної інформації та побудови відповідних карт. Зіставлення різночасових умовних кількісних показників дає змогу оцінити зміни якості води в кожній просторовій точці, а в разі врахування періоду між вибірками – і темп зміни якості в цих точках. Апробовані підходи картографічного оцінювання змін якості підземних вод у часі, рекомендовані ДСТУ 4808:2007, можна разом із іншими методами, ефективно використовувати під час моніторингу підземних вод в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лютий Г. Г. Картографічне оцінювання змін якості підземних вод у часі//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2016. – № 1. – С. 65–71.
2. Національний стандарт України “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правил вибирання” (ДСТУ 4808:2007).
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy 23 October 2000 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>

REFERENCES

1. Lyutyj G. G. The cartographic assessment of temporal changes of groundwater quality//Zbirnyk naukovykh prats UkrDhRI. – 2016. – № 1. – P. 65–71. (In Ukrainian).
2. National standard of Ukraine “Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological demands to quality and choice regularities” (SSTU 4808:2007). (In Ukrainian).
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy 23 October 2000 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>

Рукопис отримано 13.09.2021.

Колектив журналу
нагадує авторам
і читачам, що триває
передплата на журнал
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
на I півріччя 2022 р.

Передплатний індекс
за Каталогом періодичних
видань України –
48336

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ**