

DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2025.343421>

УДК 556.38

E-mail:

ekogeol@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-6592-9625>
nlyuta@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-4070-0944>
ekogeol@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0001-6333-4871>
ekogeol@ukr.net
<https://orcid.org/0009-0004-2769-8397>

Ключові слова: моніторинг, підземні води, хімічний склад, захищеність підземних вод, Каховське водосховище.

Keywords: monitoring, groundwater, chemical composition, groundwater protection, Kakhovka Reservoir.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2025. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

© Publisher Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2025. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ХІМІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД У СУББАСЕЙНІ НИЖНЬОГО ДНІПРА І В ЗОНІ ВПЛИВУ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

FEATURES OF THE TECHNOLOGY FOR MONITORING THE CHEMICAL STATUS OF GROUNDWATER IN THE LOWER DNIPRO SUB-BASIN AND IN THE AREA AFFECTED BY THE KAKHOVKA RESERVOIR

**І. В. Саніна, Н. Г. Люта Т. А. Древіна, С. М. Приходько
Iryna V. Sanina, Natalia G. Lyuta, Tetiana A. Drevina,
Svitlana M. Prykhodko**

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55-b O. Honchara Str., Kyiv, Ukraine, 01601

Після підриву греблі та осушення Каховського водосховища, яке тривалий час було активним чинником умов формування ґрунтових і напірних водоносних горизонтів, відбулися значні зміни гідродинамічних і гідрохімічних умов. Ця обставина, а також складні природно-техногенні умови формування та змін хімічного стану підземних вод, у тому числі додатковий вплив на навколишнє середовище внаслідок воєнних дій, обумовлює потребу вдосконалення технології моніторингу підземних вод у суббасейні Нижнього Дніпра. За умови припинення моніторингу з початком війни інформаційне забезпечення його планування та проведення мають здійснюватися на підставі узагальнення та аналізу результатів досліджень попередніх років. Автори статті за допомогою засобів ArcGIS доповнили базу даних та використали її інформацію про хімічний склад ґрунтових вод та інших компонентів довкілля, захищеність водоносних горизонтів від забруднення тощо. За результатами дослідження сформульовано рекомендації для удосконалення технології моніторингу підземних вод з урахуванням специфічних природно-антропогенних умов суббасейну Нижнього Дніпра. Рекомендовано відновлювати спостережну мережу моніторингу з урахуванням захищеності масивів підземних вод. Перелік контрольованих даних має бути розширений з оглядом на вплив воєнних дій на довкілля.

After the explosion of the dam and the drainage of the Kakhovka Reservoir, which had long been an active factor in the formation of unconfined and confined aquifers, the hydrodynamic and hydrochemical conditions were restructured. This circumstance, as well as the complex natural and man-made conditions for the formation and change of the chemical state of groundwater, including the additional impact on the environment as a result of military operations, necessitate the improvement of groundwater monitoring technology in the Lower Dnipro sub-basin. Given the cessation of monitoring with the start of the war, information support for its planning and implementation should be based on the generalization and analysis of the results of previous years' studies. The authors have supplemented and used a GIS database containing information on the chemical composition of groundwater and other components of the environment, the protection of

Цитування: Саніна І. В., Люта Н. Г., Приходько Т. А., Древіна Т. А. Особливості технології моніторингу хімічного стану підземних вод у суббасейні нижнього Дніпра і в зоні впливу Каховського водосховища. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2025. Том 18. Вип. 2. С. 73–84. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2025.343421>.

Citation: Sanina I. V., Lyuta N. G., Prykhodko S. M., Drevina T. A., 2025. Features of the technology for monitoring the chemical status of groundwater in the Lower Dnipro Sub-Basin and in the area affected by the Kakhovka reservoir. Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine. Vol. 18. Iss. 2. Pp. 73–84. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2025.343421>.

aquifers from pollution, etc. The studies conducted made it possible to formulate recommendations for improving groundwater monitoring technology, taking into account the specific natural and anthropogenic conditions of the Lower Dnipro sub-basin. It is recommended to restore the monitoring network, taking into account the protection of groundwater bodies. The list of monitored data should be expanded, taking into account the impact of military operations on the environment.

ВСТУП

Україна впроваджує принципи інтегровано-го управління водними ресурсами за басейновим принципом, передбаченим Водною Рамковою Директивою Європейського Союзу (ЄС) (Директива, 2000). Річкові басейни розглядаються як цілісні багатокомпонентні системи, для яких відповідно до ст. 13 Водного Кодексу України та Угоди про асоціацію Україна – ЄС розроблені та затверджені постановами Кабінету Міністрів України у 2024 р. плани управління річковими басейнами (ПУРБ), які містять аналіз існуючого стану і заходи щодо досягнення належного стану масивів поверхневих і підземних вод (Директива, 2000, Водний кодекс України).

З огляду на значні розміри басейну Дніпра його управління здійснюється за суббасейнами (Прип'яті, Верхнього Дніпра та Десни, Середнього і Нижнього Дніпра), кожен з яких різниться певними особливостями формування підземних вод. Після підриву Каховської ГЕС 6 червня 2023 р. суббасейн Нижнього Дніпра привертає до себе особливу увагу через необхідність вивчення змін стану водних ресурсів, оскільки із середини минулого століття ліквідоване Каховське водосховище було активним чинником умов формування як ґрунтових, так і напірних водоносних горизонтів. Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до докорінної перебудови гідродинамічних і гідрохімічних умов низки водоносних горизонтів. Природні та антропогенні умови формування підземних вод слід враховувати під час планування і проведення моніторингу.

Стан вивчення проблеми. Протягом кількох останніх років екологічним наслідкам підриву греблі Каховської ГЕС було присвячено низку публікацій (Яковлев та ін. 2023; Санина, Люта, 2023; Насєдкін та ін.; 2025 Shumilova et al, 2025), у яких розглянуто проблеми, що виникли внаслідок осушення водосховища, та доцільність його відновлення. Питання технології моніторингу підземних вод з урахуванням нової природно-техногенної обстановки регіону не висвітлювалося.

У довоєнний період спостережна мережа державного моніторингу підземних вод на території суббасейну Нижнього Дніпра, за даними інвентаризації 2018 р., включала 19 спостереж-

них пунктів (9 – на безнапірні, 10 – на напірні масиви підземних вод (МПЗВ)). Нині стан цих свердловин невідомий, вони потребують обстеження і відновлення після припинення війни і звільнення окупованої території. Максимально можливе відновлення колишніх спостережних свердловин є дуже важливим для продовження часових рядів спостережень. У ПУРБ передбачено також організацію спостережень додатково в 45 спостережних пунктах, з них 18 – на безнапірні, 27 – на напірні МПЗВ.

Нерепрезентативність мережі моніторингу, недотримання періодичності спостережень та обґрунтованого переліку контрольованих показників і компонентів складу води у попередній період та повне припинення моніторингу після початку війни обумовили необхідність урахування всього обсягу нагромадженої інформації, що стосується умов формування хімічного складу води та його змін під впливом антропогенного навантаження і створення спеціалізованої бази еколого-гідрогеологічних даних як основи для планування і ведення моніторингу.

Мета роботи. Дослідити хімічний склад підземних вод території суббасейну Нижнього Дніпра та умови їх природної захищеності. Сформулювати пропозиції щодо вдосконалення технології моніторингу хімічного стану масивів підземних вод у межах суббасейну Нижнього Дніпра.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження виконано в результаті збору, систематизації та аналізу фондових та опублікованих матеріалів (Барыбіна, 1991; Грищенко, 1988) стосовно хімічного складу підземних вод у суббасейні Нижнього Дніпра. Також була доповнена і використана база даних, яка створена за допомогою засобів ArcGIS: електронні карти з необхідною для вирішення поставленого завдання атрибутивною інформацією (даними щодо потужності, літологічного складу порід зони аерації та їх фільтраційних параметрів; поширення і потужності водотривких товщ, які залягають у покрівлі перших від поверхні основних водоносних горизонтів і комплексів; хімічного складу та мінералізації перших від поверхні водоносних горизонтів).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Природні умови формування ресурсів підземних вод є складними. Кількість опадів зменшується у напрямку з півночі і північного заходу (зона Лісостепу) на південь і південний схід (зона Степу); середньобогаторічна сума опадів за період 1995–2006 р. становить 450–550 мм. Середній показник мінералізації атмосферних опадів 21,0–22,0 мг/дм³ за період 1995–2006 р. (Осадчий та ін., 2008), хімічний склад переважно гідрокарбонатно–сульфатний кальцієво–натрієвий. Суббасейн розміщується в межах Причорноморської низовини — степової рівнини, полого нахиленої на південь. Рельєф переважно плаский, розчленований рідкою річковою мережею з глибиною врізу долин до 20–30 м. Мінералізація води річок суббасейну здебільшого перевищує 1,0 г/дм³, у Каховському водосховищі вона була значно нижчою — 0,4 г/дм³, гідрокарбонатного магнієво–натрієво–кальцієвого складу. Ґрунтовий покрив представлений середньо- і слабо гумусованими чорноземами; вміст гумусу і глинистих часточок в яких забезпечує низьку міграційну активність важких металів. За порівняно високого природного вмісту вони не становлять загрози для суміжних компонентів довкілля. Вміст важких металів у донних відкладах річок та Каховського водосховища, за даними станом на 1990-ті роки (Люта, 2018), відповідав їх вмісту у ґрунтах водозбірних площ.

Суббасейн знаходиться в межах чотирьох геологічних структур: Українського щита, Дніпровсько–Донецької і Причорноморської западин та Складчастої споруди Донбасу, яким відповідають гідрогеологічні регіони першого порядку — гідрогеологічна область Українського щита, Дніпровсько–Донецький та Причорноморський артезіанські басейни та і Донбаська гідрогеологічна складчаста область.

У процесі підготовки ПУРБ у межах суббасейну було виділено три групи безнапірних МПЗВ, а також шість масивів і вісім груп напірних МПЗВ (Гошовський та ін., 2019). Перелік цих об'єктів й інформацію про їх площу та основні відомості щодо якості води (сухий залишок і тип води за макрокомпонентним складом) наведено у табл. 1.

Безнапірні МПЗВ. У межах суббасейну поширені переважно безнапірні водоносні горизонти в еолово-делювіальних і алювіальних четвертинних відкладах. Глибини залягання рівня ґрунтових вод підпорядковуються чітким природним закономірностям. Найбільш високе їх залягання,

0–3 м, характерне для заплав річок, де у зоні аерації переважають піщані різновиди. На надзаплавних терасах, складених пісками, супісками та піщано-гравійними відкладами, рівні встановлюються на глибині 3–5 м. Найбільш потужна зона аерації закономірно властива вододільним просторам лесових рівнин, на яких переважають суглинисті породи. Тут зафіксовані глибини рівня ґрунтових вод 10–20 і понад 20 м.

Розміщення суббасейну в зоні континентального соленакопичення обумовило високі показники сухого залишку природних вод у природному стані. Склад ґрунтових вод переважно сульфатний натрієвий, у нижній течії — хлоридний кальцієво–натрієвий, переважно з мінералізацією понад 1,5 г/дм³ (рис. 1). З огляду на те, згадана вище карта характеризує якісний стан ґрунтових вод 1990-х років, тобто понад 40 років після заповнення водосховища, зауважимо таке: його опріснювальний ефект на ґрунтові води і зміни хімічного складу на гідрокарбонатний кальцієвий і магнієво-кальцієвий відчутно простежувалися лише на двох ділянках лівобережжя: у південній частині, поблизу м. Каховка та в районі міст Енергодар та Дніпрорудне, що значною мірою зумовлено переважанням там піщанистих різновидів у зоні аерації. На решті території, де склад порід зони аерації суглинистий, домінували води з підвищеним вмістом солей.

Ризик забруднення МПЗВ визначається природною захищеністю та наявністю антропогенних джерел забруднення (Гошовський та ін., 2019). Води безнапірних МПЗВ за своєю природою є незахищеними і відрізняються один від одного лише часом проникнення забруднень з поверхні. На створеній карті часу проникнення забруднювальних речовин у безнапірні МПЗВ води виділено п'ять його градацій, діб: менше 50; 50–250; 250–1000; 1000–3000; понад 3000 (рис. 2). Зважаючи на особливості геологічної будови, найменший час фільтрації (менше як 50 діб) властивий долинам річок — заплавам і терасам. Для присхилових вододільних ділянок, складених легкими суглинками потужністю 10–20 м, час фільтрації становить 50–250 діб. На вододільних просторах, сформованих середніми і важкими суглинками, залежно від потужності порід зони аерації час проникнення забруднювальних речовин сягає 250–1000 та 1000–3000 діб. Ділянки з потужністю зони аерації понад 20 м, зона аерації яких складена важкими суглинками, характеризуються часом фільтрації понад 3000 діб.

Таблиця 1. Групи масивів підземних вод (МПЗВ) у басейні Нижнього Дніпра

Table 1. Groups of groundwater bodies in the Lower Dnipro basin

МПЗВ та групи МПЗВ	Площа МПЗВ, км ²	Сухий залишок, г/дм ³	Хімічний склад
Безнапірні			
В алювіальних четвертинних відкладах	14 441,0	Від 0,1–1,5 до 3–6	HCO ₃ –SO ₄ Na–Ca, HCO ₃ –Cl Ca–Mg, SO ₄ –Cl, SO ₄ –Cl Ca–Na
У водно–льодовикових та еолово–делювіальних четвертинних відкладах	1 490,0	0,3–3,6	HCO ₃ , SO ₄ –HCO ₃ , Cl–SO ₄ Na–Ca
В еолово–делювіальних четвертинних відкладах	63 290,0	Від 0,9–3,0, до 8–10	SO ₄ Na, HCO ₃ Ca–Mg, HCO ₃ –Cl, Mg–Ca–Na, SO ₄ –HCO ₃ –Cl Na, SO ₄ –Cl, Cl–HCO ₃ Na
Напірні			
У середньо–верхньочетвертинних відкладах	467,0	1,8–2,0	SO ₄ –HCO ₃ , HCO ₃ –SO ₄ , Na–Ca, Na–Mg, Cl–HCO ₃
У нижньо–середньочетвертинних відкладах	1 856,0	0,1–0,5 до 3,5–5,8	HCO ₃ , SO ₄ –HCO ₃ , Cl–HCO ₃ –SO ₄
У теригенних відкладах пліоцену	661,0	0,3–1,0	HCO ₃ Ca, Ca–Na, HCO ₃ –SO ₄ , Na
У теригенно–карбонатних відкладах міоцену	22 700,0	0,3–1,0, до 3,0	HCO ₃ Mg–Ca, HCO ₃ SO ₄ Ca–Mg, SO ₄ –Cl Na–Mg, Mg–Na
У теригенних відкладах олігоцену	7 736,0	0,4–2,4	HCO ₃ –SO ₄ , SO ₄ –HCO ₃ Na–Ca, Mg–Na, HCO ₃ Ca–Na
У теригенних відкладах еоцену	17 010,0	0,5–1,5	Cl, HCO ₃ –Cl Cl–HCO ₃ , SO ₄ –HCO ₃ Ca–Na
У теригенних відкладах палеогену	5 913,0	до 1,0	HCO ₃ Ca–Na, Na–Ca, SO ₄ –HCO ₃ , Cl–HCO ₃
У карбонатних відкладах верхньої крейди	1 161,0	1,0–3,0	Cl–SO ₄ Ca–Na
		до 1,0	Cl–HCO ₃ –SO ₄ Na–Ca, HCO ₃ Ca, SO ₄ –HCO ₃ Na–Ca
У теригенних відкладах верхньої крейди	577,0	до 1,0	HCO ₃ Ca
У теригенних відкладах альб–сеноману	6 438,0	0,3–0,7	HCO ₃ Ca–Mg, Ca–Na, HCO ₃ –SO ₄ Na
У теригенних відкладах верхньої–середньої юри	1 110,0	0,4–2,0	SO ₄ SO ₄ –Cl, SO ₄ –HCO ₃ , Cl–SO ₄ , Ca–Na, Na
У теригенних відкладах верхнього тріасу	310,0	0,5–1,8	HCO ₃ , Cl–HCO ₃ –SO ₄ , SO ₄ –Cl, Ca, Na–Ca, Ca–Na, Na
У теригенно–карбонатних відкладах карбону	4 665,0	1,0–1,5	SO ₄ Na–Ca, Cl–SO ₄ ; SO ₄ –HCO ₃ Na–Ca
У зоні тріщинуватості кристалічних порід архею–протерозою	28 410,0	0,5–1,0	HCO ₃ Ca
		до 6,0	SO ₄ Cl

* Виділені сірим — розташовані в зоні впливу Каховського водосховища

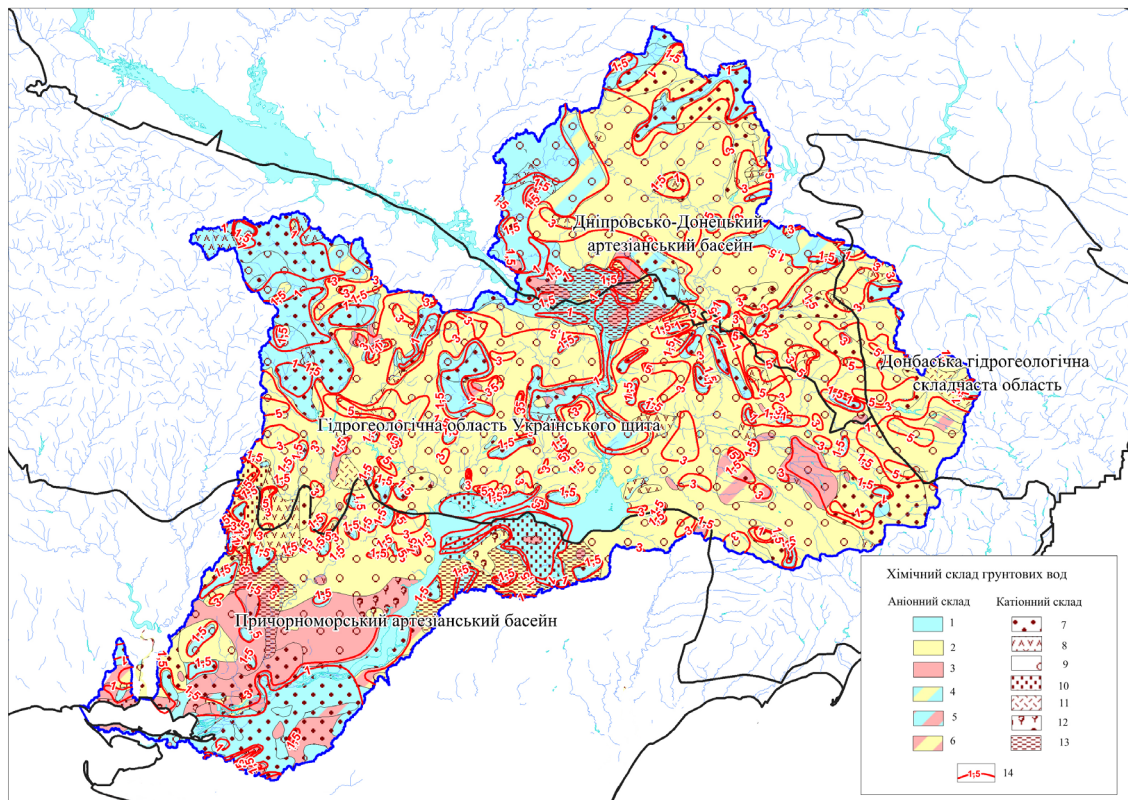


Рис. 1. Хімічний склад і мінералізація безнапірних масивів підземних вод у суббасейні Нижнього Дніпра: аніонний склад: 1 – гідрокарбонатний; 2 – сульфатний; 3 – хлоридний; 4 – змішаний гідрокарбонатний і сульфатний; 5 – змішаний гідрокарбонатний і хлоридний; 6 – змішаний сульфатний і хлоридний. Катіонний склад: 7 – кальцієвий; 8 – магнієвий; 9 – натрієвий; 10 – змішаний кальцієвий і магнієвий; 11 – змішаний кальцієвий і натрієвий; 12 – змішаний натрієвий і магнієвий; 13 – строкатий; 14 – мінералізація ґрунтових вод, г/дм³.

Fig. 1. Chemical composition and mineralization of unconfined aquifers in the Lower Dnipro sub-basin: anions: 1 – hydrocarbonate; 2 – sulfate; 3 – chloride; 4 – mixed hydrocarbonate and sulfate; 5 – mixed hydrocarbonate and chloride; 6 – mixed sulfate and chloride. Cations: 7 – calcium; 8 – magnesium; 9 – sodium; 10 – mixed calcium and magnesium; 11 – mixed calcium and sodium; 12 – mixed sodium and magnesium; 13 – mixed; 14 – Groundwater mineralization, g/l.

Склад і потужність зони аерації в суббасейні Нижнього Дніпра обумовили найдовший час надходження забруднень (понад 3000 діб) порівняно з іншими суббасейнами. Незважаючи на це безнапірні МПЗВ зазнають впливу від точкових і дифузних джерел забруднення.

Антропогенні умови суббасейну визначаються тим, що його територія належить до одного з найбільш розвинутих індустріальних регіонів України. До війни тут проживало 7,4 млн осіб (з них 84% у містах). У суббасейні розміщуються промислові міста: Дніпро, Запоріжжя, Кам'янське, Кривий Ріг і Нікополь. До основних галузей промисловості суббасейну належать енергетична, гірничодобувна, металургійна, харчова промисловість і маши-

нобудування. Для території характерні інтенсивне сільськогосподарське виробництво та високий ступінь розораності земель, який перевищує середній показник в Україні.

Навантаження від точкових джерел забруднення (викиди в атмосферу, скиди стічних вод, складування твердих відходів) відбувається на невеликих ділянках, але воно багаторічне й інтенсивне, тому забруднювальні речовини можуть впливати на підземні води у довготривалій перспективі. За даними офіційної статистики (Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища, 2021), в Україні, в межах суббасейну Нижнього Дніпра розміщено 119 точкових підприємств – найбільших забруднювачів довкілля:

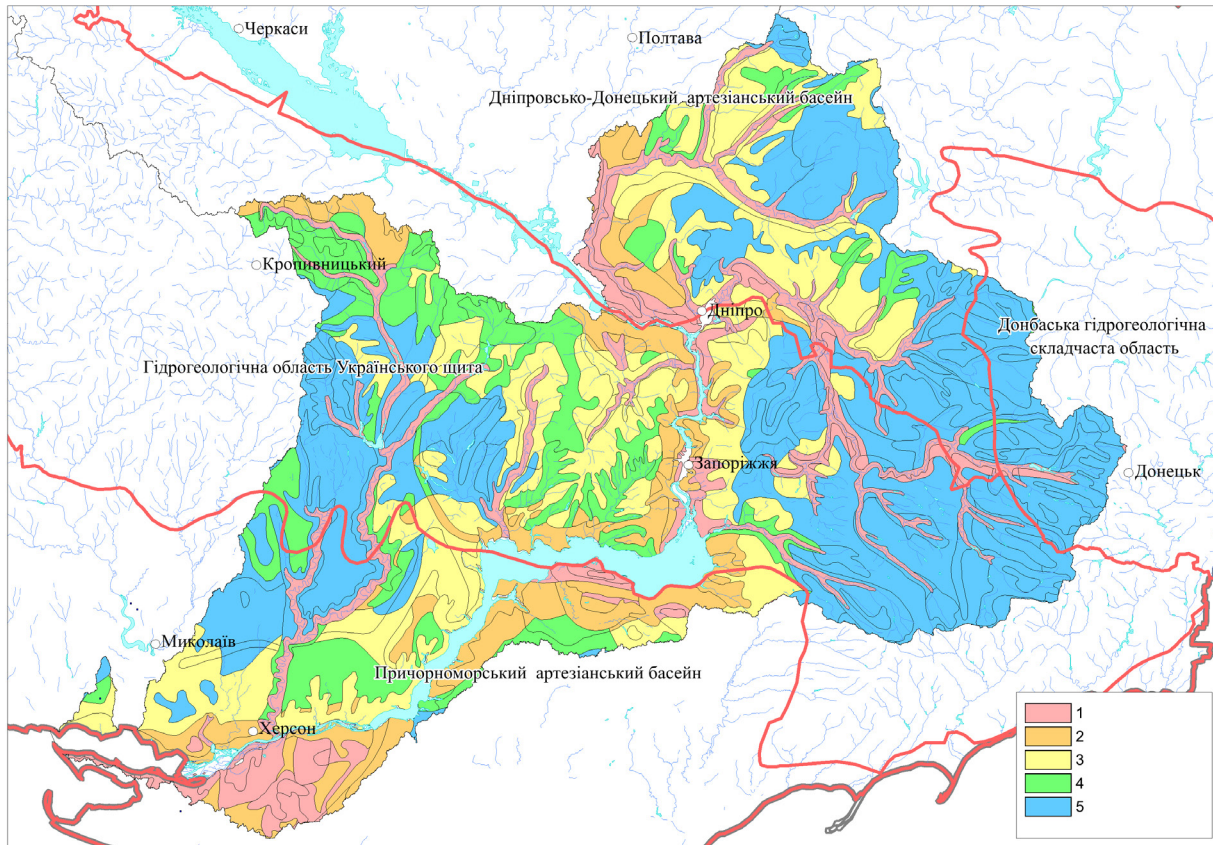


Рис. 2. Час проникнення забруднювальних речовин у безнапірні масиви підземних вод, м/Кф, доба: 1-0-50; 2-50-250; 3-250-1000; 4-1000-3000; 5 – більш як 3 000.

Fig. 2. Time of pollutants penetration into groundwater, m/Kf, days: 1-0-50; 2-50-250; 3-250-1000; 4-1000-3000; 5 – > more 3000.

скиди у водні об'єкти здійснюються 55 об'єктами, викиди в атмосферу – 31 об'єктами, складування твердих відходів – 33 об'єктами. Ці підприємства на території суббасейну здійснюють викиди в атмосферу у кількості 890,3 тис. т, рідких скидів – 299,8 млн м³, твердих відходів – 283 147,2 тис. т (План управління річковим басейном Дніпра). Історично житлова і промислова функціональні зони просторово тяжіють до річкової мережі, тому максимальна кількість точкових джерел забруднення припадає на групу МПЗВ в алювіальних четвертинних відкладах. У них у межах населених пунктів зафіксовано локальні аномалії нітратів, підвищені мінералізація, вміст сульфатів тощо.

Ще більшого навантаження безнапірні МПЗВ суббасейну Нижнього Дніпра зазнають від дифузних джерел забруднення: тут на землі сільгоспугідь вноситься до 2,0 кг/га пестицидів, до 150 т мінеральних добрив у перерахунку на 100% біогенних речовин на 1 га посівної площі та до 1000 тис. т і більше органічних добрив. Унаслідок впливу

дифузних джерел забруднення безнапірні МПЗВ повсюдно характеризуються підвищеним вмістом сполук азоту.

Чинником додаткового негативного впливу на безнапірні МПЗВ є речовини, що потрапляють у довкілля внаслідок воєнних дій – важкі метали, нітрати, нафтопродукти, найрізноманітніші елементи і сполуки, що надходять у довкілля внаслідок руйнування промислових об'єктів. Уточнити перелік цих речовин буде можливо після відновлення моніторингу.

За попередніми експертними оцінками (Гошовський та ін., 2019), хімічний стан усіх трьох груп безнапірних МПЗВ (табл. 1) визначається як поганий.

Напірні МПЗВ. Вода напірних МПЗВ та їх груп, на якій ґрунтується централізоване водопостачання, в межах суббасейну також характеризується високими показниками сухого залишку (табл. 1) у природному стані за вмістом сульфатів, хлоридів і натрію. Проте більшість цих МПЗВ є захищеними

і не уразливими до забруднення (рис. 3), оскільки у їх покрівлі залягають водотривкі відклади потужністю понад 10 м. Підземні води є захищеними за потужності водотривкої товщі > 10 м, умовно захищеними — за потужності водотривку 3–10 м і незахищеними при потужності водотривкового шару < 3 м (Гольдберг, 1980). Додатковим чинником захисту цих МПЗВ від забруднення є напір.

Винятком є група МПЗВ у теригенно-карбонатних відкладах міоцену — ці масиви незахищені в долинах ерозійних врізів (долини річок Дніпро, Інгулець, Висунь, Велика Білозірка), де розмитий перший від поверхні водотривкий шар у відкладах пліоцену, еоплейстоцену і нижнього неоплейстоцену. На схилах ерозійних урізів і на тих ділянках вододілів річок Інгулець–Інгул та Інгул–Висунь, де потужність водотривкої товщі 3–10 м, ці МПЗВ є умовно захищеними.

До незахищених і умовно захищених належать МПЗВ у кам'яновугільних, тріасових і верхньокрейдових відкладах у межах Донбаської гідрогеологічної складчастої області, а в зоні її зчленування з Дніпровсько-Донецьким артезіанським басейном — МПЗВ у кам'яновугільних, тріасових і юрських відкладах у межах річкових долин, де розмиті червоно-бурі глини, що перекривають їх. Слід додати, що МПЗВ у теригенно-карбонатних відкладах карбону тривалий час зазнавав негативного впливу шахтних вод.

Група МПЗВ у зоні тріщинуватості кристалічних порід архею–протерозою також належить до умовно захищених і незахищених і перебуває під ризиком недосягнення доброго якісного стану: вона подекуди зазнає впливу дифузних і точкових джерел забруднення, що позначається на забрудненні нітратами та елементами і сполуками,

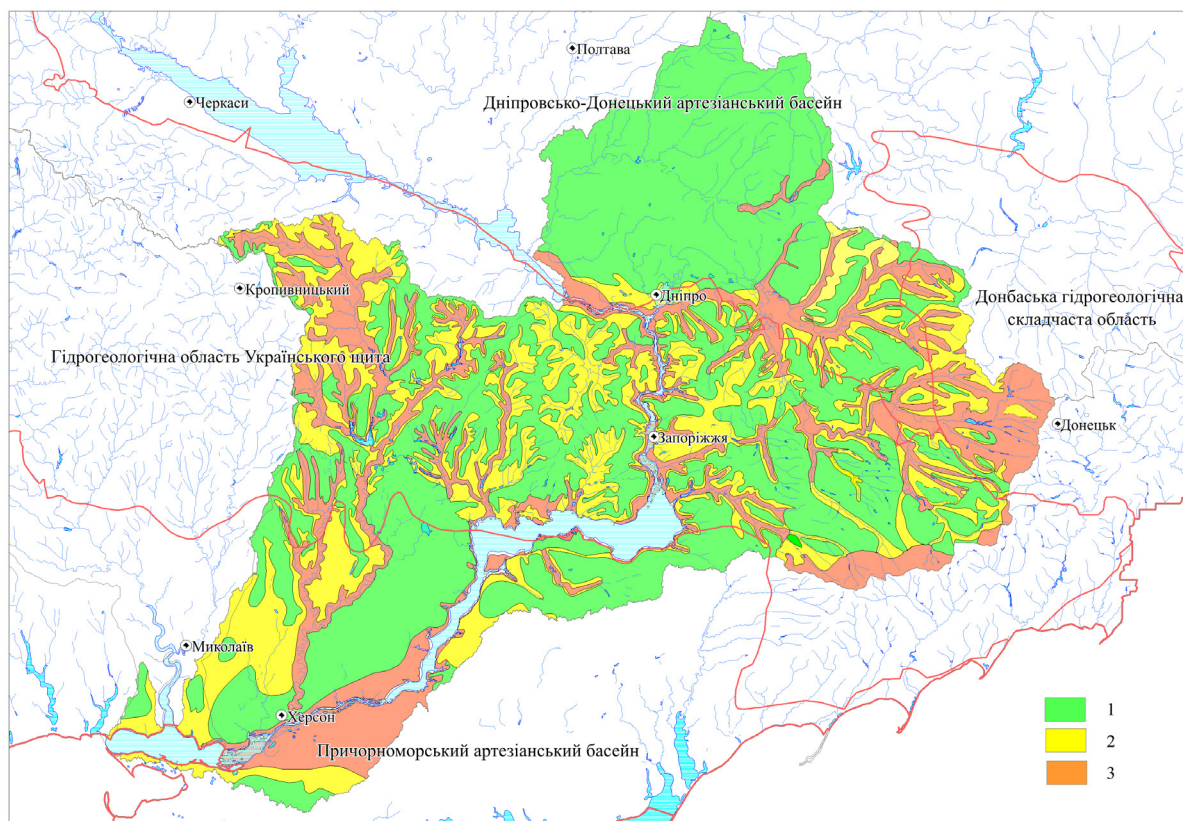


Рис. 3. Захищеність перших від поверхні напірних водоносних горизонтів. Потужність водотриву в покрівлі водоносного горизонту: 1 — понад 10 м (захищені); 2–3–10 м (умовно захищені); 3 — менше ніж 3 м (не захищені).

Fig. 3. Protection of the uppermost confined aquifers. Thickness of the impermeable layer in the roof of the aquifer: 1 — exceeds 10 m (protected); 2–3–10 m (conditionally protected); 3 — less than 3 m (unprotected).

які використовують у технологічних процесах підприємств. Для уточнення переліку контрольованих речовин доцільно в процесі діагностичного моніторингу виконати опробування ґрунтів як найстабільнішого компонента геологічного середовища.

Предметом особливої уваги в процесі моніторингу має бути група МПЗВ у теригенно-карбонатних відкладах міоцену, гідродинамічні і гідрогеохімічні характеристики яких зазнали змін через осушення Каховського водосховища. В роботі (Яковлев та ін., 2023) зазначено, що після його спорудження зменшення мінералізації води в неогенових відкладах на 10–70% на початок 1970-х років відбулось у смузі завширшки не менш ніж 15 км по обидва боки водосховища. Зниження рівнів після осушення водосховища ускладнило умови експлуатації розвіданих родовищ і спричинило активізацію перетоків із незахищених від забруднення ґрунтових водонесних горизонтів. Ті самі автори прогнозують, що за 10–15 років можливе наближення ситуації до колишніх гідрогеологічних умов (часу до заповнення Каховського водосховища), оскільки русло нижнього Дніпра відновить свій регіональний дренальний вплив (Яковлев та ін., 2023). Це відповідно позначиться і на хімічному стані пов'язаних з ним МПЗВ. Тому для з'ясування впливу осушення водосховища на гідродинамічні і гідохімічні показники безнапірних і перших від поверхні напірних МПЗВ нові спостережні свердловини слід облаштовувати за профілями, перпендикулярними до русла Дніпра, і з максимально можливим урахуванням умов природної захищеності масивів підземних вод.

Хоча хімічний склад вод МПЗВ у межах суббасейну Нижнього Дніпра є строкатим, а мінералізація часто перевищує нормовані показники, що потребує проведення водопідготовки. Втім порівняно з поверхневими підземні води мають низку переваг: вони здебільшого захищені від забруднення з поверхні, що робить їх надійним джерелом екологічно безпечного питного водопостачання.

На цей час у суббасейні Нижнього Дніпра в межах 31 територіальної громади семи адміністративних областей розвідано 1213,101 тис. м³/добу питних підземних вод, з яких використовується 108,231 тис. м³/добу (8,92%), тобто існує значний резерв, який можна використати для водопостачання населення (Державний баланс, кн. 5, 9, 15, 22, 2020). Зокрема в межах трьох водогоспо-

дарських ділянок, що знаходяться безпосередньо у зоні впливу Каховського водосховища, розвідано 696,510 тис. м³/добу підземних вод, з яких використовується 96,950 тис. м³/добу (13,92%), що також засвідчує існуючі перспективи забезпечення населення питною водою за рахунок існуючих родовищ підземних вод.

Відновлення видобутку підземних вод не лише дасть змогу покращити водопостачання населення, а й сприятиме отриманню інформації про стан напірних МПЗВ у порушеному режимі. За існуючих умов до моніторингу слід залучити всі водозабори в зоні впливу осушеного водосховища, а не лише ті, видобуток на яких перевищує 100 м³/добу і які в обов'язковому порядку підлягають операційному моніторингу МПЗВ.

Важливим питанням є перелік контрольованих показників хімічного стану МПЗВ. Перелік забруднювальних речовин для визначення хімічного стану МПЗВ в Україні затверджений наказом Мінприроди від 06.02.2017 № 45. До нього входять водневий показник рН, розчинений кисень, нітрати, арсен, кадмій, свинець, ртуть, амоній, хлориди, сульфати, нітроти, фосфор/ортофосфати, трихлоретилен, тетрахлоретилен, електропровідність. Слід зазначити, що деякі показники і речовини (розчинений кисень, трихлоретилен, тетрахлоретилен, електропровідність) практично не визначали в процесі моніторингу впродовж попереднього періоду, зокрема і в суббасейні Нижнього Дніпра, тому референційні рівні для цих речовин відсутні; крім того, є проблеми з відсутністю або недосконалістю їх нормативних показників для питної води.

Дані щодо речовин, вміст яких у підземних водах південних областей України, що входять до території суббасейну Нижнього Дніпра, перевищували нормативи ДСанПіН 2.2.4–171–10 на мережі моніторингових свердловин, наведено у табл. 2 (Стан підземних вод, 2020). За її даними, перелік цих речовин є досить обмеженим, що пов'язано переважно з недосконалістю моніторингу підземних вод і його лабораторної бази зокрема. Значна частина речовин, визначених як забруднювачі, очевидно, має природне походження.

Слід доповнити згаданий обов'язковий перелік речовин і показників з урахуванням специфіки басейну: так, щодо суббасейну Нижнього Дніпра для уразливих МПЗВ необхідно додати ті речовини, що потрапили у довкілля внаслідок функціонування конкретних промислових і аграрних підприємств та воєнних дій (нафтопродукти, метали, органічні

Таблиця 2. Показники якості води, що перевищують нормативи ДСанПіН 2.2.4–171–10, встановлені за даними моніторингу

Table 2. List of pollutants exceeding the standards of State sanitary rules and norms 2.2.4–171–10, established on monitoring data

Область	Перелік показників якості води, що перевищують нормативи, станом на 2020 р.
Дніпропетровська	Мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, бор, фтор, бром, натрій, стронцій, манган, залізо, карбамід, нафтопродукти
Донецька	Мінералізація, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, натрій, амоній, хром, феноли, роданіди, нафтопродукти, залізо, манган
Запорізька	Мінералізація, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, натрій, пестициди, нітрати, нафтопродукти
Кіровоградська	Мінералізація, загальна жорсткість, сульфати, пестициди, нітрати, амоній, нафтопродукти
Миколаївська	Мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, амоній, манган, хром, залізо
Полтавська	Мінералізація, хлориди, натрій, залізо, фтор, нафтопродукти
Харківська	Мінералізація, хлориди, нітрати, амоній, натрій, залізо, марганець, нафтопродукти
Херсонська	Мінералізація, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, нітрати, манган, нафтопродукти

речовини, характерні забрудники із зруйнованих підприємств).

Обов'язковий перелік складається з речовин як природного, так і штучного походження; більшість з перших можуть надходити як з природних, так і з антропогенних джерел забруднення. Тому для оцінювання стану МПЗВ і розробки заходів з його поліпшення, що мають реалістичні цілі, необхідно застосовувати обґрунтовані критерії (Люта та ін., 2025). Такими критеріями є порогові значення (ПЗ) показників стану води та вмісту розчинених елементів і сполук — вони відповідають вмісту забрудників, який не має бути перевищеним для збереження довкілля та здоров'я людей, і можуть розроблятися для кожного окремого МПЗВ. У різних країнах для встановлення ПЗ застосовують різні показники, переважно нормативи для питних вод або природні фони (Scheidleder, 2012). Аналіз природного складу підземних вод території суббасейну Нижнього Дніпра засвідчує, що для всіх МПЗВ щодо сухого залишку (електропровідності), сульфатів і хлоридів доцільно як ПЗ використовувати лише природний фон (а саме максимальне значення фонового інтервалу), оскільки застосування нормативів для питної води призведе до необґрунтовано заниженої оцінки стану МПЗВ.

Природний високий вміст низки компонентів не має означати «поганий» стан МПЗВ. Очевидно, що в разі застосування нормативів питних вод і визнання стану масиву «поганим» не будуть ефективними жодні заходи щодо поліпшення їх стану; за таких умов доцільною є лише водопідготовка перед подаванням води споживачам, що, звісно, не впливає на хімічний стан МПЗВ.

Слід зазначити, що визначення природного фону підземних вод пов'язане з труднощами, обумовленими динамічністю і мінливістю цього компонента геологічного середовища. При цьому потрібно враховувати позицію масиву підземних вод у розрізі, оскільки, як правило, в межах артезіанських басейнів розмах варіювання розчинених макро- і мікрокомпонентів у підземних водах збільшується від нижче- до вище залягаючих МПЗВ (Люта та ін., 2025).

Проте Причорноморський артезіанський басейн відрізняється від класичних передовсім порушеною вертикальною гідрохімічною зональністю. Тут розмаїття природних гідрохімічних умов змушує диференційовано підходити до визначення ПЗ для різних МПЗВ. Зокрема, за даними регіональних гідрогеологічних робіт, проведених наприкінці 1960-х років і узагальнених у звіті

(Гошовський та ін., 2019), мінералізація підземних вод основного неогенового водоносного горизонту в межах Причорноморського артезіанського басейну змінювалася в широких межах: від 0,5–0,7 до 2,8–8,4 г/дм³. Природний вміст хлоридів коливався від 62,7–125,2 до 954,6–1530,8, сульфатів — від 81,6–192,0 до 1691,0–3668,0 мг/дм³. Мінералізація безнапірних підземних вод у алювіальних піщаних відкладах тут змінювалася від 0,6–0,7 до 4,8–13,1 г/дм³, у суглинистих еолово-делювіальних відкладах — від 0,9 до 4,1–7,4 г/дм³, сягаючи 12,6 г/дм³. Кількість хлоридів у алювіальному водоносному горизонті варіювала від 90,45–170,5 до 895,43–2992 мг/дм³, сульфатів — від 20,57–51,44 до 289,7–3000 мг/дм³; у еолово-делювіальному водоносному горизонті вміст хлоридів становив від 34,47–62,3 до 730–3233 мг/дм³, сульфатів — від 7,82–51 до 580,63–5399,0 мг/дм³. Такі значні відмінності найімовірніше змусять у подальшому ділити виділені МПЗВ на дрібніші, з властивими їм особливостями формування хімічного складу і різними пороговими значеннями.

Для встановлення фонових інтервалів вмісту речовин і показників хімічного стану зазвичай потрібно використовувати результати спостережень щонайменше впродовж одного шестирічного циклу моніторингу, а краще — 2–3 циклів. За умови відсутності надійних даних попередніх років і повного припинення моніторингу після 2022 р., єдиним рішенням для встановлення фонових інтервалів (і, відповідно, порогових значень), на першому етапі моніторингу може бути лише залучення результатів хімічних аналізів, виконаних в процесі оцінки родовищ підземних вод. Принаймні для захищених МПЗВ ці дані можна прийняти за природний фон, з подальшим їх коригуванням у разі отримання результатів моніторингових спостережень. Наприклад, згідно з даними табл. 1, для показника сухого залишку МПЗВ у теригенних відкладах палеогену та

верхньої крейди за порогове значення можна прийняти 1 г/дм³, що збігається з нормативом питної води.

ВИСНОВКИ

Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до перебудови гідродинамічних умов та зміни якості води, що має бути враховано в процесі планування і проведення моніторингу підземних вод.

Відновлювати спостережну мережу моніторингу МПЗВ слід з урахуванням умов природної захищеності МПЗВ. Нові спостережні свердловини на безнапірні та МПЗВ у теригенно-карбонатних відкладах міоцену потрібно споруджувати за профілями, перпендикулярними до русла Дніпра.

Перелік контрольованих показників і речовин має бути розширений з урахуванням даних щодо перебігу воєнних дій і специфіку зруйнованих підприємств. Для уточнення переліку в процесі діагностичного моніторингу доцільно вивчити склад ґрунтів у місцях розташування спостережних свердловин.

Порогові значення речовин природного походження в умовах суббасейну Нижнього Дніпра необхідно встановлювати на підставі природних геохімічних фонів. На етапі відновлення, під час проведення діагностичного моніторингу для цього слід використовувати фондову інформацію зі звітів з розвідки родовищ підземних вод.

Збільшення використання підземних вод для забезпечення питних потреб населення має супроводжуватися проведенням операційного моніторингу масивів підземних вод.

Дослідження проведено в рамках виконання геологічного завдання Інституту геологічних наук НАН України за темою «Розробка та впровадження сучасних методологій моніторингу та стратегій відновлення геологічного середовища для розвитку економіки України» (державний реєстраційний номер: 0125U002502).

REFERENCES

Barybina Z. S., 1991. Hydrogeological and engineering-geological characteristics of the aeration and non-pressure filtration zone of the territory of the Ukrainian SSR on the scale of 1:500,000. Report. Kyiv: SE "Geoprognoz". 197 p. (In Russian).

Water Code of Ukraine dated 06.06.1995. No. 213/95 — SC. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>. (In Ukrainian) (Accessed 3 November 2025).

Барыбина З. С. Гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика зоны аэрации и безнапорной фильтрации территории Украинской ССР масштаба 1:500 000 [Звіт]. Київ: ЦТЭ ГлавКГУ "Укргеология", 1991. 197 с.

Водний кодекс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> [Дата звернення: 03.11.2025].

Goldberg V. M., 1980. Methodological recommendations for hydrogeological research and forecasts for monitoring groundwater protection. Moscow, MingeoUSSR, VSEGINGEO. 99 p. (In Russian).

Goshovsky S. V., Sanina I. V., Lyuta N. G., 2019. Identification and delineation of groundwater bodies in the Dnipro River Basin in Ukraine, Technical Report. (In Ukrainian) (Accessed 3 November 2025) https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO_UA_final.pdf.

Gryshchenko G. I., 1988. Compilation of summary map of groundwater natural protection in the territory of the Ukrainian SSR. Report. Kyiv: SE "Geoprognoz". 256 p. (In Russian).

State balance of mineral reserves of Ukraine as of January 1, 2021. Drinking and technical groundwater. Iss. 19. Book 5. Dnipropetrovsk region. Kyiv, Geoinform of Ukraine. 22 p. (In Ukrainian).

State balance of mineral reserves of Ukraine as of January 1, 2021. Drinking and technical groundwater. Iss. 19. Book 9. Zaporizhzhia region. Kyiv, Geoinform of Ukraine. 32 p. (In Ukrainian).

State balance of mineral reserves of Ukraine as of January 1, 2021. Drinking and technical groundwater. Iss. 19. Book 15. Mykolaiv region. Kyiv, Geoinform of Ukraine. 17 p. (In Ukrainian).

State balance of mineral reserves of Ukraine as of January 1, 2021. Drinking and technical groundwater. Iss. 19. Book 22. Kherson region. Kyiv, Geoinform of Ukraine. 39 p. (In Ukrainian).

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 2000. European Parliament and of the Council. (Accessed 3 November 2025). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text.

Lyuta N., 2018. Features of the distribution of heavy metals in the bottom sediments of Ukrainian rivers. Mineral Resources of Ukraine. No 1. Pp. 28–32. <https://doi.org/10.31996/mru.1.28-32>. (In Ukrainian).

Lyuta N. G., Sanina I. V., Phykhodko S. M., Drevina T. A., 2025. Criteria for assessing the chemical state of groundwater bodies // Geological structure and mineral deposits of Ukraine: Abstracts of All-Ukrainian Scientific Conference (Kyiv, September 16–17, 2025). NAS of Ukraine, M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. Kyiv. Pp. 315–318. (In Ukrainian) <https://igmr.org.ua/pdf/Abstracts.2025.pdf>. 2025.315–318.

Nasedkin Ye., Havryliuk R., Balinsky V., Fedorenko L., 2025. Ecological aspects of assessing the consequences of Kahovka reservoir destruction. Mineral Resources of Ukraine. No 3. Pp. 66–70. (In Ukrainian). <https://doi.org/10.31996/mru.2025.3.66-70>.

National Report on Environment State in Ukraine in 2021, 2022. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Kyiv (In Ukrainian). (Accessed 3 November 2025) <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>.

Osadchy V. I., Nabyvanets B. Y., Osadcha N. M., Nabyvanets Y. B., 2008. Hydrochemical reference book. Surface waters of

Гольдберг В. М. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод [Звіт]. Москва: Мингео СССР, ВСЕГИНГЕО, 1980. 99 с.

Гошовський С. В., Саніна І. В., Люта Н. Г. Ідентифікація та розмежування підземних водних об'єктів у басейні річки Дніпро в Україні [Технічний звіт]. 2019. Режим доступу: https://www.euwipluseast.eu/images/2019/04/GWB-Delineation-DNIPRO_UA_final.pdf [Дата звернення: 03.11.2025].

Грищенко Г. І. Составление сводной карты естественной защищенности подземных вод территории Украинской ССР [Звіт]. Київ: ЦТЭ ГлавКГУ "Укргеология", 1988. 256 с.

Державний баланс запасів корисних копалин на 01.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. Вип. 19. Кн. 5. Дніпропетровська область. Київ: ДНВП "Геоінформ України", 2021. 22 с.

Державний баланс запасів корисних копалин на 01.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. Вип. 19. Кн. 9. Запорізька область. Київ: ДНВП "Геоінформ України", 2021. 32 с.

Державний баланс запасів корисних копалин на 01.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. Вип. 19. Кн. 15. Миколаївська область. Київ: ДНВП "Геоінформ України", 2021. 17 с.

Державний баланс запасів корисних копалин на 01.01.2021 р. Підземні питні і технічні води. Вип. 19. Кн. 22. Херсонська область. Київ: ДНВП "Геоінформ України", 2021. 39 с.

Директива Європейського парламенту і ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 року про встановлення рамок заходів Співтовариства в галузі водної політики [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text [Дата звернення: 03.11.2025].

Люта Н. Г. Особливості розподілу важких металів у донних відкладах річок України. Мінеральні ресурси України, 2018, № 1. С. 28–32. <https://doi.org/10.31996/mru.2018.1.28-32>.

Люта Н. Г., Саніна І. В., Приходько С. М., Древіна Т. А. Критерії оцінки хімічного стану масивів підземних вод [Тези конференції]. Геологічна будова та корисні копалини України: Збірник тез Всеукраїнської наукової конференції (Київ, 16–17 вересня 2025 р.) / НАН України, Ін т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ, 2025. С. 315–318. Режим доступу: <https://igmr.org.ua/pdf/Abstracts2025.pdf> [Дата звернення: 03.11.2025].

Наседкін Є. І., Гаврилюк Р. Б., Балінський В. М., Федоренко Л. В. Геоекологічні аспекти оцінки наслідків знищення Каховського водосховища. Мінеральні ресурси України, 2025, № 3. С. 66–70. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.3.66-70>.

Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> [Дата звернення: 03.11.2025].

Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води

- Ukraine. Hydrochemical calculations. Methods of analysis. K.: Nika-Center. Pp. 656 (In Ukrainian). Україна. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. Київ: Ніка-Центр, 2008. 656 с.
- Dnipro River Basin Management Plan for 2025–2030., 2024. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 1, 2024. No. 1077. (In Ukrainian). (Accessed 3 November 2025). https://davr.gov.ua/fls18/PURBDnipro7_ukr.pdf. План управління річковим басейном Дніпра на 2025–2030 роки [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://davr.gov.ua/fls18/PURBDnipro7_ukr.pdf [Дата звернення: 01.10.2025].
- Sanina I. V., Lyuta N. G., 2023. Environmental consequences of the Kahovka hydroelectric power plant dam explosion and ways to improve water supply to the population. *Mineral Resources of Ukraine*. No 2. Pp. 50–55. (In Ukrainian). <https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55>. Саніна І. В., Люта Н. Г. Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України*, 2023. № 2. С. 50–55.
- The state of groundwater of Ukraine. Yearbook. 2021. Kyiv: Geoinform of Ukraine, 124 p. (In Ukrainian). Стан підземних вод України. Щорічник. 2021. Київ: ДНВП “Геоінформ України”.
- Yakovlev Ye., Rogozhin O., Stefanyshyn D., Kreta D., 2023. Geocological and economic consequences of creation, drainage and possible variants of restoration the Kahovsky reservoir. Environmental safety and natural resources. No 4 (48). Pp. 91–116. (In Ukrainian) <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001465335>. Яковлев Є. О., Рогожин О. Г., Стефанишин Д. В., Крета Д. Л. Еколого геологічні і економічні наслідки створення, осушення та можливих варіантів відновлення Каховського водосховища. *Екологічна безпека та природокористування*, 2023, № 4. С. 91–116. Режим доступу: <http://www.esjournal.in.ua> [Дата звернення: 03.11.2025].
- Scheidleder A., 2012. Groundwater Threshold Values In-depth assessment of the differences between the groundwater threshold values established by the Member States. Umweltbundesamt GmbH, Vienna. <https://doi:10.13140/2.1.2305.6164>. Scheidleder A. Groundwater Threshold Values In depth assessment of the differences between the groundwater threshold values established by the Member States [Report]. Umweltbundesamt GmbH, Vienna, 2012. <https://doi:10.13140/2.1.2305.6164>.
- Shumilova O., Sukhodolov A. and Osadcha N., 2025. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. Vol. 387 (6739). Pp. 1181–1186. <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, 2025, Vol. 387 (6739). Pp. 1181–1186. <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>.

Manuscript received October 29, 2025;
revision accepted December 4, 2025.

Інститут геологічних наук НАН України,
Київ, Україна