

УДК 628.1.033:556.3

ІНЖЕНЕРНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОДОСХОВИЩ ДЛЯ ГАРАНТОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Мостова Т. О.¹, студ., Батулін Є. І.², студ., Нестерова О. В.³, канд. техн. наук, доц.

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Українського державного університету науки і технологій

¹ 20010-vv.mostova@365.pdaba.edu.ua,

² 23233-bb.batulin@365.pdaba.edu.ua, ³ nesterova.olena@365.pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сучасні умови зміни клімату, зростання населення та урбанізація посилюють проблему нестачі якісної прісної води. Поверхневі джерела водопостачання стають менш надійними через сезонні коливання стоку, забруднення та високу залежність від погодних умов [3]. У таких умовах виникає потреба у впровадженні альтернативних рішень для сталого водозабезпечення, серед яких особливе місце займають підземні водосховища [1]. Проте проєктування та експлуатація таких об'єктів потребує чіткого науково обґрунтованого інженерного підходу [2].

Мета дослідження. Обґрунтування інженерних підходів до створення підземних водосховищ як елементів гарантованого водопостачання та визначення основних технічних рішень для їх ефективного функціонування.

Підземні водосховища – це гідротехнічні споруди або природно-техногенні комплекси, здатні акумулювати, зберігати та забезпечувати відбір води з мінімальними втратами і високим рівнем захисту від зовнішніх впливів [1]. У практиці водопостачання такі системи використовуються як стратегічний резерв для покриття пікових навантажень, забезпечення водою в періоди посухи або при аваріях на поверхневих джерелах [4].

Інженерні підходи до створення підземних водосховищ охоплюють кілька взаємопов'язаних етапів: початковому етапі здійснюється вивчення геологічної будови, фільтраційних і механічних властивостей порід, гідрогеологічного режиму та вразливості підземних горизонтів. Важливо враховувати рівень природної ізоляваності потенційного водосховища, а також ризики забруднення з поверхні [2].

Застосування числового моделювання дозволяє прогнозувати зміну рівнів, напрямки підземного потоку, зони впливу забору води та ефективність бар'єрних елементів [5]. Це критично важливо для уникнення негативного впливу на прилеглі водоносні горизонти.

Формування штучного підземного резервуара потребує створення надійних гідроізоляційних елементів – геомембран, бетонних екранів, ущільнених глиняних обвалувань. У деяких випадках природні умови дозволяють уникнути додаткової гідроізоляції за рахунок водотривких порід (глин, мергелів) [1; 4].

Для забезпечення сталого водообміну визначаються оптимальні параметри дренажних свердловин, фільтраційних каналів або систем інфільтрації. Зокрема, застосовуються технології керованого поповнення підземних вод (MAR – Managed Aquifer Recharge), які дозволяють цілеспрямовано накопичувати воду у водоносному горизонті під час надлишків і відбирати її в періоди дефіциту [5].

Сучасні системи автоматизованого моніторингу (SCADA) забезпечують безперервний контроль рівня води, тиску, хімічного складу, температури, швидкості фільтрації. Це дозволяє своєчасно виявляти аномалії, уникати втрат або деградації якості води [5].

Регуляція здійснюється шляхом контролю відтоку, використання дренажних пристроїв, блокувальних стінок або повітряних бар'єрів. Повітряні бар'єри створюють зони підвищеного тиску в ґрунтовому середовищі, що обмежує неконтрольований рух води і забезпечує її зосередження у заданому об'ємі [4].

Особлива увага приділяється оцінці екологічних наслідків впровадження підземних водосховищ. Серед основних ризиків – підтоплення прилеглих територій внаслідок підвищення рівня ґрунтових вод, зміна гідрогеологічного режиму, що може призвести до зниження рівнів у сусідніх водоносних горизонтах, а також вплив на біоценози через трансформацію умов вологості ґрунтів, гідрофільних ландшафтів та водозалежних екосистем [3].

З метою недопущення негативного впливу на довкілля застосовується екологічне моделювання, що включає побудову гідрогеоекологічних моделей території, моделювання сценаріїв зміни підземного стоку, а також аналіз чутливості екосистем до змін вологості. Такий підхід дає змогу оцінити не лише інженерні параметри експлуатації водосховища, а й передбачити довгострокові наслідки для довкілля і розробити заходи з пом'якшення ризиків [3].

Природні – використовують існуючі водоносні горизонти з мінімальними інженерними втручаннями; штучні – створені за допомогою інженерних методів (буріння, ущільнення, гідроізоляція); комбіновані – поєднують природні властивості порід із додатковими конструктивними рішеннями [1; 2].

Підземні водосховища можуть відігравати роль стратегічного резервуара, який не піддається поверхневому випаровуванню, менш схильний до забруднення і є надійним джерелом у надзвичайних ситуаціях. Найбільш перспективними з точки зору впровадження таких технологій є південні області України (Одеська, Херсонська, Миколаївська, частково Запорізька), де вододефіцитні умови поєднуються з наявністю сприятливих геологічних передумов – наявністю водотривких відкладів, розвиненої тріщинуватості вапняків, природних депресій, а також розташуванням у межах Причорноморського артезіанського басейну [3].

Висновки. Аналіз існуючих інженерних рішень дозволяє виокремити три основні типи підземних водосховищ: природні (у межах водоносних горизонтів), штучні (створені в підземних виробках або ущільнених ґрунтах) та комбіновані [1; 2]. Для українських умов найбільш перспективними є проєкти із використанням тріщинуватих порід та вапнякових утворень у поєднанні з герметизувальними елементами [3]. Використання підземних водосховищ дозволяє значно підвищити надійність систем централізованого водопостачання у критичних умовах, забезпечити екологічну безпеку та зменшити вплив кліматичних ризиків [3; 5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савченко В. І. *Підземні води : ресурси, охорона і використання*. Київ : Либідь, 2019. 320 с.
2. Грицай М. Д., Кучерук Д. С. *Основи гідрогеології та водопостачання*. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 276 с.
3. Хільчевський В. К., Опалов О. А. *Раціональне використання водних ресурсів у змінному кліматі*. Київ : Ніка-Центр, 2020. 212 с.
4. Tredoux G., Murray E. Underground water banking – principles and practices. *Hydrogeology Journal*. 2020. Vol. 28 (5). Pp. 1345–1359.
5. Dillon P. et al. Managed aquifer recharge: A water supply enhancement strategy. *Water*. 2019. Vol. 11 (6). P. 1102. DOI:10.3390/w11061102.