

Світовий досвід використання штучного поповнення запасів підземних вод

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці
e-mail: ingener710@rambler.ru

Анотація. У статті розглянуто проблеми раціонального використання водних ресурсів. Проаналізовано поширення та доцільність застосування методу штучного поповнення запасів підземних вод. Наведені приклади схем штучного поповнення підземних вод і досвід їх експлуатації у світі.

Ключові слова: водоносний горизонт, господарсько-питне водопостачання, поверхнева інфільтрація, штучне поповнення запасів підземних вод.

Вступ

Проблеми використання водних ресурсів у господарсько-питних і промислових системах водопостачання нині виходять на новий рівень. Динаміка зміни кількості населення різних країн зумовлює й потребу переглянути вже усталені на сьогодні норми й погляди на питання подачі води до споживачів. Так забір підземних вод тепер здебільшого перевищує межі їхнього природного відновлення [4; 6; 8], що створює серйозну практичну проблему для водопровідних систем через загрозу повного спрацювання рівнів і зниження дебіту водозаборів до економічно не вигідних. В той же час якість води поверхневих джерел не дозволяє використовувати їх без попередньої обробки, яка підвищує собівартість вихідної води в рази, бо потребує влаштування великого комплексу споруд для водопідготовки, багаторазового помпування, утилізації осадів і відходів тощо.

Увага українських і закордонних науковців ще з середини минулого століття прикута до вирішення зазначених питань і створення рекомендацій для комплексного використання водних ресурсів.

Так В.С. Ковалевський [6, с. 12] зазначає що в разі орієнтування на необмежену в часі та некризову експлуатацію підземних вод «головним критерієм має стати умова водовідбору, яка не перевищує забезпечене природне поповнення, і з мінімальними негативними наслідками в суспільстві». Він також зауважує, що варто звернутися до декількох варіантів забору підземних вод із гарантованим поповненням їх запасів, серед яких виділяє й спосіб штучного поповнення підземних вод.

У розділі 3 (пункт 3.4), чинних в Україні Будівельних норм і правил [10] безпосередньо зазначено: «Для господарсько-питних водопроводів мають максимально використовуватися наявні ресурси підземних вод, які задовольняють санітарно-гігієнічні вимоги. За недостатніх експлуатаційних запасів природних підземних вод слід розглядати можливість їхнього збільшення через штучне поповнення».

Таким чином, використання методу штучного поповнення запасів підземних вод (ШППВ) є надзвичайно важливим питанням, особливо для посушливих регіонів.

Постановка наукової проблеми

На сьогодні штучне поповнення запасів підземних вод є найкращим вирішенням проблеми водозабезпечення в багатьох країнах, зокрема в Україні. Серед держав, які десятиліттями використовують зазначений метод можна виділити Німеччину, Нідерланди, Швецію, Ізраїль, США, Росію та ін. Там накопичені суттєві наукові та практичні доробки щодо збільшення запасів підземних вод та їхнього забору разом із використанням поверхневих вод. Перейнявши в інших країн багаторічний досвід штучного поповнення запасів підземних вод можна не тільки поліпшити водозабезпеченість споживачів, а й поліпшити стан наявних водозаборів, тим самим подовжуючи термін їхньої експлуатації на майбутнє [1; 5; 7; 11].

Так, можемо визначити мету роботи: проаналізувати сучасний стан і досвід використання штучного поповнення запасів підземних вод у світі. Застосовуючи набутий досвід, слід обов'язково враховувати конкретні умови та обставини, що склалися в українських системах водопостачання та водного господарства.

Аналіз останніх досліджень

Зацікавлення методом штучного поповнення в Україні датують тридцятьма роками минулого століття. В світі ж це питання розглядається ще з кінця XIX ст. німецькими та британськими вченими й інженерами. Тепер основи застосованих схем та технологій згаданого методу висвітлені в німецьких, американських і російських публікаціях [1–3; 5; 7; 11]. Методи проектування систем штучного

поповнення запасів підземних вод на підставі вітчизняного та закордонного досвіду викладено у Державних стандартах і нормах [7; 9; 10].

Виклад основного матеріалу

Методи штучного регулювання запасів підземних вод дозволяють вирішити проблеми з питним водопостачанням у багатьох випадках. Власне штучне поповнення запасів підземних вод полягає в переведенні частини поверхневого стоку в підземний. Тому найліпше його застосовувати для населених пунктів, де поблизу протікає річка чи є озеро, водосховище тощо. Річ у тім, що влаштування зазначених схем дозволяє без додаткової обробки поверхневої води (окрім, хіба що відстоювання) досягнути достатньо добрих показників якості. Це, безумовно, є дуже вагомим перевагою цього методу, що й вирізняє штучне поповнення з-поміж інших шляхів очищення вод. Поряд з поліпшенням якості питної води цей метод дозволяє влаштовувати в підземних горизонтах запаси водних ресурсів, які спрацьовуватимуться через деякий час, боротися з засоленням підземних вод, інтрузією морських вод, зниженням рівня ґрунтових вод тощо. Зазначені переваги сприяли поширенню штучного поповнення запасів підземних вод в багатьох країнах світу.

Не є таємницею, що належне водозабезпечення є достатньо важливою проблемою для багатьох регіонів. На деяких територіях взагалі склалася катастрофічна ситуація з водою. Щоб уникнути подальшого поширення водної нестачі докладають зусилля провідні фахівці світу. Обираються різні шляхи, методи та технології водопостачання. І одним з найбільш використовуваних є метод штучного поповнення.

На сьогодні в багатьох країнах світу, де є дефіцит підземних вод, за допомогою систем штучного поповнення забезпечується до 25–50% загального господарського-питного водоспоживання. Наприклад, Німеччині понад 15% питної води подається із застосуванням штучного поповнення [1; 2; 11].

Вперше метод застосовано в м. Хемніц (1875 р.). Берлін забезпечений водою зі схем штучного поповнення з 1916 року, Вісбаден – з 1921 року, Гамбург – з 1928 року. Більшість схем пов'язані з береговою фільтрацією вздовж річок Рейн, Ельба та Рур. Здавна працюють великі водозабори інфільтраційного типу з ШППВ в містах Бохум (1900 р.), Рамшайд (1902 р.), Гельзенкірхен (1902 р.), Франкфурт (1908 р.), Ессен (1914 р.), Дрезден (1929 р.).

Варто підкреслити, що в Німеччині для поповнення значно застосовуються різні типи інфільтраційних споруд, серед них – луги зрошення, інфільтраційні ставки та канали. Проте найбільш поширені капітальні споруди – басейни. Зрідка використовується метод напірної інфільтрації з поглинальних колодязів. Каптажі знаходяться в середньому на відстані 50 м від джерел поповнення [7; 11].

Штучне поповнення в основному використовуються для забезпечення населення питною водою, а також для збереження водно-болотних угідь, підвищення рівня води в озерах і для відновлення ґрунтових вод.

Загалом призначення методів штучного поповнення запасів підземних вод у Німеччині можна уявити з таблиці 1:

Таблиця 1.

Використання ШППВ у Німеччині

Потреби, на які використовується ШППВ	Кількість води від загального значення, %
Забезпечення населення питною водою	74
Підвищення рівня підземних вод	22
Підземне зберігання води	4

Потрібно зауважити, що німецький досвід штучного поповнення запасів підземних вод знаходить застосування і в нашій країні. Так, у м. Чернівці функціонують водозабори такого типу ще з початку ХХ століття. Після часткової реконструкції міські водозабірні споруди облаштували інфільтраційними басейнами на які подається вода з річки Прут. Наразі всі невеликі водозабори місцевого водопроводу переведені на штучне поповнення підземних вод.

Застосування методів штучного поповнення в Чернівцях не поодинокі. Подібні водозабори функціонують у Івано-Франківську, Надвірній, Яремчі, Коломиї та багатьох інших населених пунктах Прикарпаття та Закарпаття. Тут, за твердженням багатьох науковців є дуже сприятливі умови – наявність потужних алювіальних відкладів.

Із 40-х рр. минулого століття застосовують метод штучного поповнення запасів підземних вод у Нідерландах щоб запобігти зниженню рівнів підземних вод. Реалізацію великомасштабних проектів розпочали в 1950-х роках. Об'єм води, одержаний через штучне поповнення запасів підземних вод складає 22% від загального водоспоживання країни. В систему водопостачання Амстердаму подають 60% питної води зі споруд штучного поповнення в дюній зоні. Ця схема полягає в розподілі річкових вод для поповнення ставків площею 86 га [1; 7; 11].

Разом із Німеччиною та Нідерландами розповсюджений метод штучного поповнення запасів підземних вод і в Швейцарії. Тут його почали застосовувати ще наприкінці XIX століття, для водопостачання Базельського кантону, котрий нині увесь (разом із містом Біннінгем) забезпечується водою з споруд штучного поповнення. Характерна особливість подібних систем у Швейцарії – річковими водами, які попередньо профільтровані затоплюють лісові угіддя, на котрих розміщені каптажі.

Ще одним визнаним лідером із застосування штучного поповнення в Європі є Швеція. Приблизно чверть усього населення забезпечена водою з систем штучного поповнення запасів підземних вод. В цій країні водо захватні пристрої відносять якнайдалі від споруд-поповнючів, оскільки водоносним горизонтом є гравійно-галечникові відклади. Переважно використовують два типи інфільтраційних споруд – басейни та траншеї. Потужності водозаборів невисокі.

Поряд із Німеччиною, Нідерландами, Швейцарією та Швецією провідною країною, де застосовується штучне поповнення підземних вод є Ізраїль. Тут проблема постачання водою належної якості постала надзвичайно гостро. Специфіка ізраїльських систем ШППВ – часте поєднання поповнення підземних вод, зрошення з одночасним очищенням стічних вод, що значно підвищує енергоефективність і дозволяє збалансовано використовувати водні ресурси країни. Тому, окрім господарсько-питного споживання системи штучного поповнення призначені також для збільшення запасів води на використання влітку та в інші періоди високого попиту; зменшення дефіциту води і запобігання її засоленню; підвищення ефективності використання надлишків води з озера Кінерет.

Найбільша схема штучного поповнення в Ізраїлі – Dan Region Project, використовує водоносний горизонт для очищення стічних вод м.Тель-Авів. Очищені води використовуються для зрошення. Працює також низка інших систем штучного поповнення запасів підземних вод, в тому числі Nahaley Menashe – на північ від Тель-Авіва. Це канал, по якому стоки прямують до відстійника, а потім випускаються для поповнення басейну в прибережних дюнах. Подібні об'єкти є й у південній пустелі [2].

Понад 30% об'єму загального водоспоживання США теж забезпечується водозаборами з системами штучного поповнення.

Варто зауважити, що США мають давній досвід використання штучного поповнення запасів підземних вод. Особливо багато тематичних досліджень проведені за останні десятиліття. Найстаріша схема штучного поповнення була застосована в Нью-Джерсі й уведена в експлуатацію ще в 1968 році. Здебільшого водоносні горизонти для накопичення запасів є обмеженими, тобто перекриті непроникиним шаром, а свердловини буряться через нього в більш проникну частину водоносного пласта.

Впродовж останніх 20 років спостерігається збільшення кількості систем штучного поповнення запасів підземних вод. Проведені дослідження [2] показують, що в 2001 році нараховувалося 30 діючих схем і ще 10 випробних. Сучасні схеми підвищують ефективність використання систем водопостачання.

Історичний розвиток використання методу штучного поповнення наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Історичний розвиток використання схем ШППВ у США

Рік	Кількість схем
1985	3
1990	10
1995	20
2001	40

Разом зі збільшенням кількості схем штучного поповнення запасів підземних вод, нещодавно почалося запровадження цього методу для задоволення не тільки місцевих, а й регіональних потреб водопостачання. Кількість проектів із використанням штучного поповнення щорічно зростає, – це Еверглейдс (Флорида) продуктивністю 6,4 млн. м³/добу з 330 свердловинами; Нью-Йорк – 0,85 млн. м³/добу; система водопостачання Св. Антоніо, Техас – 0,23 млн. м³/добу; Лас-Вегас – станція відновлення запасів підземних вод потужністю 0,59 млн. м³/добу .

Дослідження American Water Works Association (AWWA) [2] показує, що більшість схем використовується здебільшого для господарсько-питних потреб і для сезонного регулювання. Дуже часто одночасно отримують вторинні вигоди, як-от: відновлення рівня ґрунтових вод, запобігання інтрузії солоної води, захист середовища проживання біологічних видів, що зникають, поліпшення якості підземних вод.

Загалом в 32 штатах використовують штучне поповнення запасів підземних вод. Методи охоплюють весь спектр відомих технологій, але домінує використання інфільтраційних басейнів. Найбільш масштабні об'єкти знаходяться в посушливих регіонах США та областях, у яких зростання населення призвело до перевантаження водозабезпеченості (Каліфорнія, Флорида, Нью-Джерсі, Нью-Йорк).

Метод штучного поповнення не є новиною й для Австралії. Воно використовувалося понад століття в містечку Гамбіер у південній частині країни. Тут система водозабору складалася з понад 300 свердловин вертикального дренажу, розкиданих по всій території населеного пункту.

Характерним прикладом поверхневої інфільтрації є система Burdekin Delta, яка є найстарішою й найбільшою в Австралії. Вона працює з середини 1960 р. і є об'єктом, відповідальним за підтримку виробництва, пов'язаного з австралійською цукровою тростиною. Крім того, її також використовують для запобігання інтрузії солоних вод у водоносні горизонти.

В Австралії, крім того, проводять вагомий науковий дослідження. Вартує уваги одна зі схем в Аделаїді, де міські стоки спрямовують на водно-болотне угіддя, призначене для їхнього очищення перед каптажем [1; 2].

Висновки

Отже, штучне поповнення запасів підземних вод використовується вже впродовж багатьох років, і, безперечно, поширюватиметься й надалі. Попри низку вад (потребу значних площ, кольматація інфільтраційних споруд тощо), цей метод був і залишається одним з найбільш застосованих у світі. В деяких країнах накопичено вагомий теоретичний та практичний досвід штучного поповнення запасів підземних вод. Викладене дозволяє стверджувати, що перейнявши основні доробки країн, які досягли успіху, використовуючи згаданий метод, можна хоча б призупинити процес погіршення якості й кількості водних ресурсів України, підвищити ефективність та енергоощадність робочих і проєктованих водозаборів зокрема і систем водопостачання загалом.

Література

1. David K. Todd. Annotated bibliography on artificial recharge of ground water through 1954 / David K. Todd. – Washington: United States government printing office, 1959. – 119 p.
2. Guide on Artificial Recharge. – NewDelhi, 2000. – 59 p.
3. Бурчак Т. В. Искусственное пополнение подземных вод. Расчет бассейнов и их систем / Т. В. Бурчак. – К. : Будівельник, 1986. – 120 с.
4. Григорійчук В. В. Сучасний стан і перспективи розвитку інфільтраційних водозаборів в Україні / В. В. Григорійчук // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. – Херсон: Айлант, 2009. – Вип.65. – Ч.2. – С. 166-172.
5. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: Учеб. пособие для студентов вузов / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин. [под ред. М.Г. Журбы]. – М.: ООО «Издательство Астрель-АСТ», 2003. – 569 с.
6. Ковалевский В. С. Комбинированное использование поверхностных и подземных вод / В. С. Ковалевский. – М. : Научный мир, 2001. – 332 с.
7. Краткое руководство по проектированию инфильтрационных сооружений для искусственного пополнения подземных вод с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения. – М. : Отдел научно-технической информации АКХ им. К.Д. Памфилова, 1972. – 34 с.
8. Плотников Н. А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Н. А. Плотников, В. С. Алексеев. – М. : Строиздат, 1990. – 256 с.
9. Проектування систем штучного поповнення підземних вод. Підземні водосховища. Посібник до ВБН 46/33-2.5-5-96 «Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Норми проектування». – К.: Держкомітет України по водному господарству, 2005. – 74 с.
10. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 130 с.
11. Усенко В. С. Искусственное пополнение запасов и инфильтрационные водозаборы подземных вод / В. С. Усенко. – Минск, «Наука и техника», 1972. – 256 с.

Анотація. В. В. Григорійчук *Мировой опыт использования искусственного пополнения запасов подземных вод.* В статье рассмотрены проблемы рационального использования водных ресурсов. Проанализировано распространение и целесообразность применения метода искусственного пополнения запасов подземных вод, использования этого метода, а также историю его использования во всем мире. Приведены примеры схем искусственного пополнения и опыт их эксплуатации в мире.

Ключевые слова: водоносный горизонт, хозяйственно-питьевое водоснабжение, поверхностная инфильтрация, искусственное пополнение запасов подземных вод.

Abstract. V. Hryhoriychuk *The international experience of artificial recharge of underground water storage.* The article deals with the problem of rational use of water resources. The distribution and feasibility of the method of artificial replenishment of groundwater was analyzed. These examples schemes artificial groundwater recharge and experience of use it in the world.

Keywords: aquifer, water supply, surface infiltration, artificial recharge of underground water storage.

Поступила в редакцию 28.01.2014 г.