

# Централізоване ПІТНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ: історія, сучасний стан, перспективи розвитку

**П**итна вода є нині фактором, який лімітує розвиток людської діяльності, і таким чином — однією з найголовніших перепон на шляху сталого розвитку будь-якої країни та всього людства.

Специфіка проблеми забезпечення населення України питною водою полягає не в дефіциті водних ресурсів,

а в їх забрудненні та деградації. Недостатня ефективність водоочисних споруд у поєднанні з антропогенним забрудненням природних водних об'єктів — джерел питного водопостачання призводить до високого рівня захворюваності кишковими інфекціями, гепатитом, а також сприяє підвищенню ступеня ризику впливу канцерогенних факторів на організм людини.

Ефективність вирішення проблеми забезпечення належної якості питної води не тільки безпосередньо впливає на стан здоров'я населення, але й визначає рівень екологічної безпеки, зумовлюючи виникнення соціальної напруженості. Це було зрозуміло ще в давні часи. Саме тому найпотужніша індустрія виготовлення води для питних і побутових цілей була створена в античному Римі. В період розвитку в цьому місті мешкало з різних джерел від шестисот тисяч до мільйона людей. Водоспоживання на одного мешканця становило до 1000 л на добу, що перевищує водоспоживання в сучасному Римі майже в 3 рази. Такі великі обсяги водоспоживання були зумовлені тим, що окрім питних потреб водоочисні споруди і водопровід постачали воду для суспільних і приватних фонтанів, бань (терм), купалень, спеціальних акваріумів-садків для розведення морських і річкових риб, а також для заповнення водовідвідних каналів.

Перший водопровід у Римі (Aqua Appia) був споруджений в 312 році до н.е. *Аппієм Клавдієм*. Цей водопровід мав довжину близько півтори милі під землею та близько кілометра в самому Римі (на арках). Другий, розпочатий у 273 році до н.е. більшою частиною проходив під землею. Третій (Aqua Marcia), який спорудили в 146 році до н.е. мав довжину близько 7 миль, з яких приблизно 1,5 милі були зроблені

на арках. Четвертий водопровід (Aqua Terula) був заснований у 127 році до н.е. Всього в античному Римі було споруджено дев'ять водопроводів, які забезпечували щодня подачу 5,5 млн. відер чистої води.

Водопроводи або акведуки будували наступним чином. На доволі високому місці знаходили багате водою джерело та робили заглиблення у вигляді великого водоймища, в якому збиралася вода. З цього водоймища вода надходила до загального чи приватного водопроводу по підземних трубах або по надземних водовадах. Окрім водоводів, системи античного водопостачання мали окремі водойми-відстійники для очищення води і в кінці водоводу особливий гідравлічний пристрій для зручного розподілення води по місту.

В Російській імперії перший централізований водопровід з'явився на початку XIX сторіччя в м. Москві, а в Україні перший водопровід був збудований в Одесі в 1849 році. В Києві централізований водопровід був споруджений 1872 р. для постачання в місто дніпровської води. Крім того, в 1885 році Київське товариство водопостачання зробило в місті і першу діючу підземну свердловину. Але ще раніше в 1857 році для потреб Київського військового училища з озерецької річки Либідь за допомогою парових насосів почали качати воду в цистерни, звідки вона потім надходила в житлові та навчальні корпуси.

У 1872 році до Київського водопроводу було підключено лише 83 садиби, а довжина його становила 24 км. Воду спочатку досить якісно очищали на піщаних фільтрах англійського виробництва, які необхідно було міняти шість разів на рік. Але внаслідок недотриманості цієї технологічної вимоги водопровідна вода через відносно



**Наталія Мешкова-Клименко**

доктор хім. наук,  
професор,  
гол. наук. співр.

Інституту колоїдної хімії  
та хімії води  
ім. А.В. Думанського  
НАН України,  
м. Київ

невеликий проміжок часу втратила свою якість і наблизилась до вихідної дніпровської води. Цьому ж сприяло і перевищення розрахункової потужності фільтрів внаслідок неконтрольованого приросту споживачів води. В 1890 році загальна довжина водопроводу становила 60 км, воду подавали вже в 2 тисячі садиб. Потужностей дніпровського водопроводу не вистачало, а якість води була незадовільною. Це призвело до будівництва нового артезіанського водопостачання, на яке місто далі надовго перейшло. До киян почала надходити найчистіша артезіанська вода в будь-якій кількості. Але ж перехід на артезіанське водопостачання мав і негативний бік. Почалося самовільне буріння артезіанських свердловин на території деяких київських підприємств, зокрема на Деміївці (рафінадні заводи, пивоварний завод) і в інших районах Києва. Артезіанську воду навіть використовували при виробництві цегли і плавленні металу. Вчені були занепокоєні тим, що запаси високоякісної артезіанської води витрачаються нерационально, і вважали за доцільне удосконалити фільтрування дніпровської води. Повністю перейти на артезіанське водопостачання місту не вдалося, й у 1906 році кияни пили як дніпровську воду, так і воду з 10 артезіанських свердловин. Удосконалення системи централізованого водопостачання в Києві розпочалося в 1914 році, але наступні історичні події цьому завадили. І лише в 1922 році місту вдалося наблизитися до довоєнних показників забезпечення водою мешканців міста і підприємств.

Але зі зростанням чисельності населення і розвитком промисловості ані потужність водопроводу, ні якість води не відповідали потребам міста. Тому в 1939 році була збудована Дніпровська водопровідна станція, і місто перейшло на змішане водопостачання. В 1961 році була збудована Десянська водопровідна станція, частка якої з 1964 року в загальному обсязі питної води для Києва стала головною.

Нині загальна подача води місту становить 1350-1400 м<sup>3</sup>/добу, з них 83% забезпечується з поверхневих джерел і 17% — з артезіанських. Фактичне споживання води в м. Києві на одну людину становить в середньому 430 л/добу. З них 80% (347 л/добу на людину) використовується на побутові потреби. Таке споживання води населенням значно перевищує середню величину водоспоживання в інших країнах Європи.

Якість води в системах централізованого водопостачання визначається головним чином трьома факторами: якістю води в природних джерелах водопостачання; санітарною й екологічною безпекою технологій водопідготовки; якістю питної води, яка проходить через розподільчі мережі та надходить до споживача.

Таким чином, вода, яку відбирають із джерела водопостачання, має бути придатна як сировина для виробництва високоякісної питної води. Для об'єктивної оцінки стану джерел питного водопостачання Інститутом колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України був розроблений нормативний документ — Національний стандарт України ДСТУ 4808:2007 “Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання”.

Згідно з цим нормативним документом виділено 4 класи якості води в джерелах централізованого водопостачання. *Води I класу* відповідають відмінній, бажаній якості води, і такі води збереглися в дуже небагатьох джерелах питного водопостачання, які, вірогідно, збереглися ще в гірській місцевості Криму й українських Карпат. Вода в них за багатьма показниками відповідає кондиціям питної води і потребує мінімальної очистки.

*Води II і III класів* є добрими, прийнятними і задовільними та прийнятними відповідно. До них належить переважна більшість поверхневих вод України. Підготовка питної води з джерел цих класів потребує застосування складнішої технології, яка міс-

тить декілька процесів обробки води та їх багатоступеневе застосування.

*Води IV класу* відносяться до посередніх, обмежено придатних, з небажаною якістю води. На жаль, вони відповідають численним ділянкам водних об'єктів, особливо в індустріально розвинених регіонах країни, вода в яких непридатна як сировина для одержання питної води за технологічних, екологічних і гігієнічних умов.

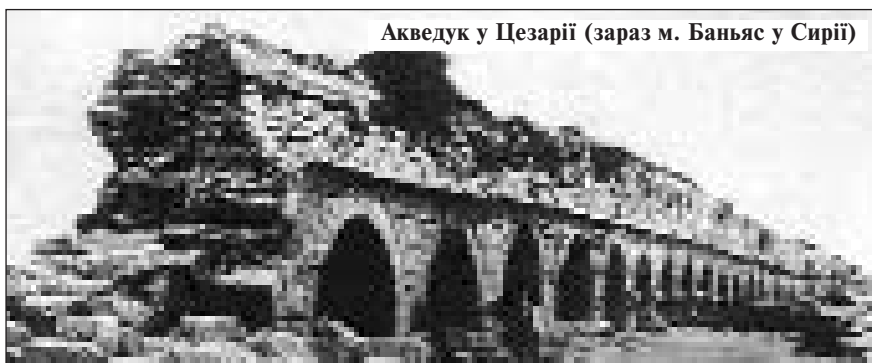
*В більшості випадків вимогам I класу якості відповідають підземні води.* Але особливістю питного водопостачання в Україні є те, що воно на 70% ґрунтується на використанні поверхневих вод і лише на 30% — підземних вод, тоді як у країнах Європи цей показник досягає 90%. Дуже низьким залишається рівень забезпеченості сільського населення гарантованим водопостачанням. Тільки 23% сільських населених пунктів мають централізовані системи водопостачання.

Технологія водопідготовки з поверхневих джерел на централізованих станціях питного водопостачання є типовою практично для всіх регіонів України і становить так звану традиційну або класичну технологію, яка була розрахована на якість води в джерелі водопостачання I класу. Вона містить попереднє хлорування води, введення в воду реагентів (солей алюмінію) і флокулянтів з подальшим їх гідролізом і осадженням (так званий процес коагуляційної обробки води), фільтрування води і завершальне знезараження хлором.

Така технологія підготовки питної води в сучасних умовах не задовольняє вимогам як світових, так і вітчизняних нормативних документів.

Однією з найгостріших проблем у сучасній технології водопідготовки є утворення побічних хлорорганічних продуктів при хлоруванні води, яка містить розчинені органічні речовини. Особливо гостро ця проблема постає для вод басейна Дніпра, для якого характерний підвищений вміст розчиненого органічного вуглецю (в деякі пори року до 30-40 мг/дм<sup>3</sup>), що відповідає III-IV класу якості. Відомо, що навіть при невеликому вмісті розчинених органічних сполук у водах джерел питного водопостачання США в питній воді знайдено 309 сполук, 74 з яких мають канцерогенні, мутагенні і тератогенні властивості (2-4 мг/дм<sup>3</sup>).

Таким чином, хлорування Дніпровської води супроводжується утворенням цілої низки ряду токсичних хлорорганічних сполук. Після технологічної обробки води на станціях централізованого питного водопостачання за класичною технологією, яку



Акведук у Цезарії (зараз м. Баньяс у Сирії)

застосовують нині в Україні, у воді залишається близько 20-30% розчинених органічних сполук. Наявність їх у воді після фільтрування і хлорування не гарантує відсутності можливості вторинного забруднення води в розподільчих мережах при транспортуванні води. Втрата якості води в розподільчих мережах пов'язана з наявністю в ній залишкових кількостей розчинених органічних речовин, які зумовлюють ріст бактерій і утворення на поверхні труб біоплівки. Введення хлору навіть у кількості  $<3 \text{ мг/дм}^3$  має обмежену дію на вже сформовану біоплівку і не виключає можливості її утворення на чистій поверхні. Потрапляння в воду фекальних бактерій призводить до їх фіксації і розвитку на вже утвореній біоплівці. При великих об'ємах води, яку виробляють на централізованих станціях водочистки, процес дезінфекції часто не може повністю виключити присутність у воді патогенів або індикаторних мікроорганізмів.

Потенційні патогени мають здатність виживати, відтворюватися і формувати біоплівку навіть в умовах кондиційної питної води. Таким чином, роль хлору в пригніченні біологічної активності в мережі не є вирішальним фактором, тому що біологічна активність пов'язана з присутністю у воді розчиненого органічного вуглецю, який добре розкладається біологічно. Якщо забезпечити повне вилучення органічного вуглецю з питної води, то можна суттєво знизити або зовсім відмовитися від завершального хлорування. Зрозуміло, що досягти повного вилучення розчинених органічних речовин з води II-III або IV класів шляхом застосування технології для підготовки води I класу неможливо.

Для одержання високоякісної питної води з поверхневих вод з високим рівнем забрудненості необхідні корінні модернізація і реконструкція систем централізованого водопостачання.

Всю послідовність процесів очищення можна фактично розглядати як підготовку води до ефективного й надійного знезараження. На підставі вищевикладеного Всесвітня організація охорони здоров'я сформулювала концепцію створення технологій підготовки якісної питної води, яка полягає:

— у створенні множинних бар'єрів у процесі водоочищення для повного видалення патогенних агентів, що забруднюють воду і біодоступних сполук до проведення завершального знезараження;

— в оптимізації використання хімічних реагентів і розробці фізичних або біологічних методів очищення води для зниження необхідних доз хімічних реагентів.

На основі розглянутої концепції розвиток сучасних технологій підготовки якісної питної води орієнтований нині на створення багатоступневих технологічних схем із використанням фільтрування води через різноманітні фільтруючі обладнання або перегородки. При цьому фільтруючі завантаження або перегородки виконують функції механічного, фізико-хімічного або біологічного бар'єра для вилучення забруднювальних домішок із води. Все більшу увагу надають використанню й інтенсифікації природних шляхів самоочищення води від органічних сполук шляхом їх біоокислення на фільтруючих матеріалах або перегородках різної хімічної природи. Такий підхід до створення багатоступневої технології підго-

товки якісної питної води призводить до максимально можливого зниження застосування хімічних реагентів, у тому числі й хлору.

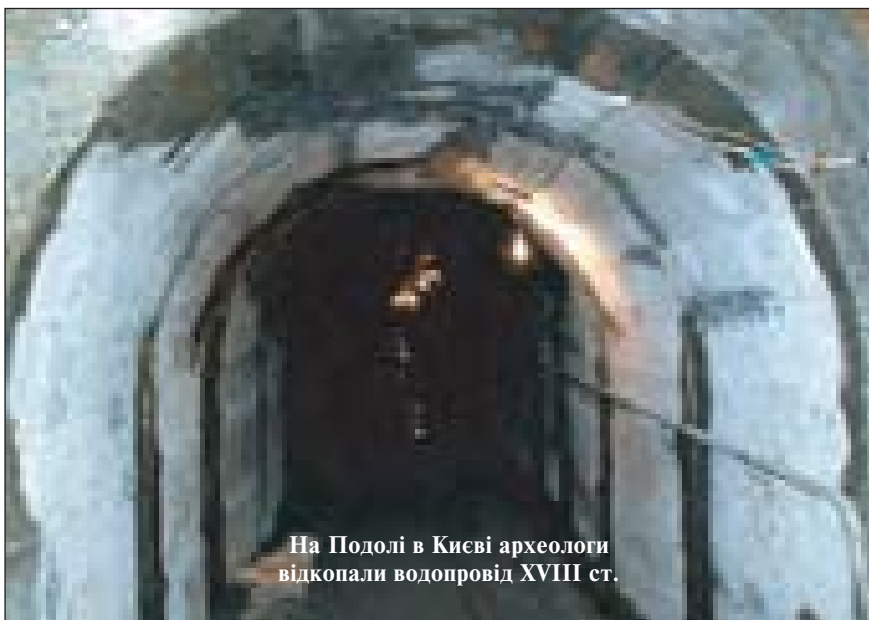
Відповідно до цієї концепції традиційні схеми водопідготовки питної води в останні роки включають, крім основних процесів, такі методи, як повільне фільтрування через пісок або інше завантаження, фільтрування через активне вугілля в більшості випадків у комбінації з озонуванням, фільтрування через біологічно активне вугілля, мембранне фільтрування.

При багатоступневому застосуванні вищезгаданих процесів цілком можлива й починає впроваджуватися у світовій практиці безхлорна технологія підготовки води з іншими методами знезараження.

В Україні, наприклад, у Києві, така корінна перебудова технології централізованого водопостачання навряд чи може бути реалізована за наявних економічних умов. Водопровідні і каналізаційні мережі Києва дуже зношені і перебувають у вкрай незадовільному стані. Перевірки показали, що зношеність основних фондів Дніпровської і Деснянської водопровідних станцій досягає 60%. На київських системах водопостачання дотепер діють ділянки, запущені в експлуатацію в 1872 році. Деякі зі старих труб не привидили до належного стану понад 50 років.

Таким чином, навіть дуже поверхневий аналіз наявного становища в галузі централізованого водопостачання в Україні говорить про те, що необхідно розвивати нові підходи до постачання населенню якісної питної води з урахуванням економічної ситуації в країні. Основні положення такого підходу полягають у тому, що для питного водопостачання треба виробляти воду високої якості в місці споживання в обсягах, достатніх для задоволення питних потреб (3-5 л на добу) без подачі її в розподільчу мережу, де якість води погіршується. Питну воду централізованого водопостачання доцільно готувати переважно з поверхневих джерел головним чином для санітарно-гігієнічних потреб людини.

Така постановка питання не знімає проблеми одержання високоякісної питної води на централізованих станціях водопостачання з поступовим втіленням на них нових технологій водопідготовки на основі найновіших досягнень науки і техніки. В перспективі якість води, одержаної на централізованих системах водопостачання, повинна зближуватися з якістю води з локальних систем водопостачання.



На Подолі в Києві археологи відкопали водопровід XVIII ст.