

УДК 628.16

## АЕРАЦІЙНО-ДЕГАЗАЦІЙНА ПІДГОТОВКА ПІДЗЕМНИХ ВОД

**Ю. С. Лозанюк**

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, група ВВ-41,  
навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Науковий керівник – д.т.н., професор С. Ю. Мартинов

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**Проаналізовано наявність розчинних газів у підземних водах та їхній вплив на технології очищення, наведено конструкцію та описано принцип роботи перспективного пристрою аераційно-дегазаційної підготовки води.**

**Ключові слова:** підземні води, розчинені гази, дегазація, аерація, ежекція.

**The presence of soluble gasses in groundwater and their impact on treatment technologies is analyzed, the design is given and the principle of operation of a promising device for aeration-degassing water treatment is described.**

**Keywords:** groundwater, dissolved gasses, degassing, aeration, ejection.

Джерелами централізованого водопостачання можуть бути лише води у вільному стані, які накопичуються у надрах землі шляхом інфільтрації з поверхневих джерел або з поверхні землі та, частково, шляхом конденсації. Склад підземних вод суттєво залежить від характеру контактування надр із земною поверхнею [1].

**Метою роботи** є аналіз розчинності газів у природних водах і розробка конструкції компактного та енергоекономного пристрою аераційно-дегазаційної обробки підземних вод.

**Основними газами**, які розчинені в прісних підземних водах, є кисень, азот, вуглекислий газ та сірководень [2].

Вільна вуглекислота знаходиться у ґрунті в зв'язаному стані у вигляді карбонатів: вапняк, доломіт, залізний карбонат тощо, і може розчинитися у воді в різних пропорціях [3]. У підземних водах вільна вуглекислота може з'являтися в результаті розкладу органічних речовин або біохімічних процесів. Вуглекислота присутня у підземних водах в кількості до сотень мг/дм<sup>3</sup> (частіше 15–70 мг/дм<sup>3</sup>). Залежно від водневого показника вуглекислота може бути вільною, кислотою, напівзв'язаною у вигляді бікарбонат-іонів, зв'язаною у вигляді карбонат-іонів. При низькому значенні водневого показника вся вуглекислота знаходиться у формі розчиненого СО<sub>2</sub>. Із збільшенням водневого показника доля СО<sub>2</sub> зменшується і одночасно збільшується доля НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>. Розчинена у воді вуглекислота утримує залізо у розчиненому стані. Видалення з води частини розчиненої вуглекислоти сприяє підвищенню лужності та прискорює перехід двовалентної форми заліза у тривалентну. Різні форми вуглекислоти, звичайно, пов'язані динамічною вуглекислотною рівновагою.

Кисень потрапляє в природні води найчастіше внаслідок контакту із повітрям. В артезіанських водах кисень практично відсутній [4].

Негативно впливає на властивості води сірководень, який погіршує органолептичні показники і викликає інтенсивну корозію металевих труб та іншого устаткування [5]. Сірчисті з'єднання в підземних водах знаходяться у вигляді молекулярно-розчиненого у воді сірководню, гідросульфіді іону і сульфіді іону. Вони неорганічного походження і утворюються в результаті відновлення і розпаду гіпсу, сірчаного колчедану й інших

з'єднань. У підземних водах неглибоких шарів із живленням з боліт – сірководень органічного походження, який утворюється в результаті гниття органічних залишків. Через погіршення якості води, розвитком сіркобактерій і інтенсифікації процесів корозії сірководень повинен повністю видалятися з води, яка використовується для господарсько-питного водопостачання. При одночасній присутності у воді сульфід-іонів і заліза, утворюється чорна тонкодисперсна завись сульфїду заліза.

Отже, основними хімічними елементами в технологічних процесах видалення важких металів є кисень, вуглець, сірководень [6]. При підготовці питної води найчастіше, і особливо в сільській місцевості, її потрібно знезалізнювати з одночасним видаленням сірководню та вільної вуглекислоти.

Розчинність газів у воді,  $\text{кг/м}^3$ , досить різна і в першому наближенні визначається за законом Генрі

$$G = \alpha \cdot P / P_0, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт абсорбції газу водою, що залежить від його природи та температури,  $\text{кг/м}^3$ ;  $P$  – парціальний тиск газу над поверхнею води, Па;  $P_0$  – нормальний атмосферний тиск, Па.

Видалення розчинених газів з води можливо фізичними або хімічними методами. Фізичні методи видалення з води розчинених газів ґрунтуються на контакті води з повітрям (аерація), в якому парціальний тиск газу, що видаляється, достатньо малий, та на створенні таких умов, при яких різко знижується розчинність у воді газу, що видаляється. Таким методом аерації, як правило, видаляються вуглекислота, сірководень та метан. Видалення з води розчинених газів фізичними методами здійснюється в дегазаторах наступних типів: бризкальні басейни; плівкові; барботажні дегазатори; вакуумні дегазатори.

Аераційні пристрої повинні бути не тільки ефективними, але й порівняно недорогими, простими та зручними в експлуатації [3].

**В цьому сенсі** доцільними можуть виявитися аератори ежекційного типу (водо-повітряні ежектори), які достатньо компактні, нескладні у виготовленні та експлуатації і забезпечують достатньо високу ефективність аерації води [7]. Під водо-повітряними ежекторами розуміють струминні апарати, які використовують як робоче середовище рідину (воду), а ежект – різні гази (повітря).

Нижче на рисунку наведено пропонування аератор-дегазатор, який складається з підвідного трубопроводу 1, що з'єднаний з дифуззором 2, на кінці якого розміщене сопло 3, приймальної камери 4 з повітряним патрубком 5, камери змішування 6, відбійної чаші 7, утримуючих стержнів 8.

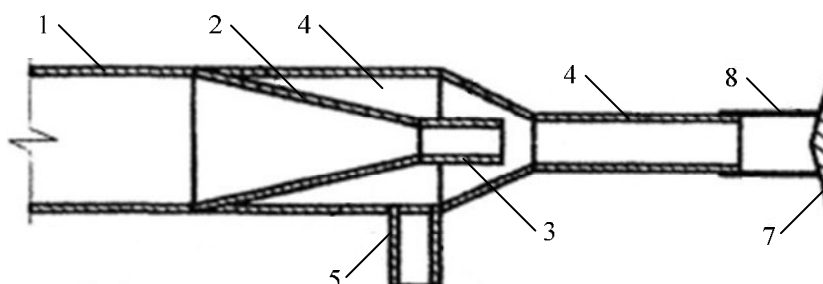


Рисунок. Схема аератора-дегазатора

Дане технічне рішення дозволяє забезпечити двоступінчасту аерацію і дегазацію води. На першому етапі в зоні між виходом з сопла і входом у камеру змішування створюється депресія за рахунок великої швидкості потоків, і відповідно, спостерігається утворення вакууму. Розміщення повітряного патрубка відразу над камерою змішування дозволяє

зменшити висоту підсмоктування атмосферного повітря та збільшити інтенсивність даного процесу. На цьому етапі спостерігається видалення з води основної маси газоподібних речовин, та забезпечення необхідної інтенсивності аерації води. На другому етапі проходить постдегазація та додаткова аерація води шляхом відбивання потоку води від відбійного щита. В результаті удару вода розбризкується на елементарні струминки, збільшується поверхня контакту «вода-повітря» та відбувається остаточне видалення із води газоподібних речовин.

Аналіз літературних джерел [2; 3; 5; 7] дозволяє зробити висновок про те, що при зміні в широких межах параметрів роботи водо-повітряних ежекційних апаратів (тиски робочої, тої, що інжектуються, стисненої субстанції, масової витрати повітря) зберігається достатньо стабільний коефіцієнт інжекції, тому для визначення коефіцієнта інжекції доцільно використовувати формулу

$$u = V_n / V_e, \quad (2)$$

де  $V_n$  – об’ємна витрата повітря;  $V_e$  – об’ємна витрата води.

Раціональне співвідношення перерізів камери змішування ( $f_{зм}$ ) та робочого сопла ( $f_c$ ) визначається за формулою

$$f_{зм} / f_c = 1,25 \cdot u + 1. \quad (3)$$

Мінімальний тиск води на вході в апарат, при якому відбувається робота ежектора, визначається за формулою

$$P_{min} = P_c / 2 \cdot f_{зм} / f_c, \quad (4)$$

де  $P_c$  – тиск після дифузора.

Об’ємна продуктивність водо-повітряних ежекційних апаратів може бути визначена за рівнянням

$$G = R \cdot V_e \cdot T_p / (P - P_n), \quad (5)$$

де  $R$  – газова стала;  $P_n$  – тиск насиченого повітря;  $T_p$  – температура води.

**Використання аератора-дегазатора** даної конструкції дозволяє забезпечити підвищену концентрацію розчиненого кисню у воді та більш повніше видалення розчинних газів з неї, що забезпечує покращення органолептичних показників, сприяє підвищенню стабільності рідини та збільшенню ефективності подальшого очищення води. Крім того, відпадає необхідність застосування компресорів та витрат пов’язаних з використанням десорбуючих агентів, що зменшує капітальні та експлуатаційні витрати на будівництво всього водоочисного комплексу.

1. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання. К. : Знання, 2009. 735 с.
2. Тугай А. М., Олійник О. Я., Тугай Я. А. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу. Харків : ХНАМГ, 2004. 240 с.
3. Підготовка води на пінополістирольних фільтрах : монографія / Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Орлова А. М. та ін. ; за заг. ред. С. Ю. Мартинова. Рівне : НУВГП, 2017. 175 с.
4. Twort A. C., Ratnayaka D. D., Brandt, M. J. Water Supply. Fifth Edition. London : IWA Pub-lishing, 2006. 676 p.
5. Water Treatment Handbook, 7th Edition. 2 Volume Set. Hardcover. Publisher : Lavoisier, 2007. 1904 p.
6. Martynov S. Yu., Poliakov V. L. Experimental studies of iron transformations kinetics and autocatalysis during its physicochemical removal from underground water. *Water Supply*. 2022. 22(3). P. 2883–2895.
7. Соколов Е. Я. Зингер Н. М. Струйные аппараты. 3-е изд., перераб. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 352 с.