

## РОЗДІЛ III

# МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ТА ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ ДІТЕЙ, ПІДЛІТКІВ І МОЛОДІ

УДК 628.163

**М. В. Бернацький**

Національний університет водного господарства  
та природокористування

### ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ЯК ФАКТОР ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

*За даними ВООЗ природна вода, як із підземних джерел (за рахунок значного антропогенного навантаження), так і з поверхневих містить значну кількість токсичних речовин. Споживання такої води без відповідної технології очищення призводить до підвищення захворювань, а в деяких випадках навіть до смерті людини. Тому особливого значення набуває вибір правильного способу поліпшення якості води, щоб зробити її придатною для вживання й використання в технологічному циклі приготування інших харчових продуктів. Нами були проведені дослідження й виконані роботи з реконструкції очисних споруд очищення артезіанської води на ДП «Козлівський спиртовий завод» з метою зменшення вмісту шкідливих органічних речовин. У результаті проведених робіт якість води відповідає вимогам нормативних документів.*

***Ключові слова:** біологічне забруднення, фільтруюче завантаження, запах і присмак води, сірководень, регенерація фільтрів.*

**Постановка проблеми.** Питна вода є найважливішим фактором здоров'я людини. В Україні використовується вода з поверхневих джерел (близько 70% всього водоспоживання) та з підземних глибин. Найчистіша – підземна вода, але в останні роки й у ній спостерігається підвищення вмісту різноманітних забруднень унаслідок значного антропогенного забруднення довкілля.

**Аналіз актуальних досліджень.** За даними ВООЗ, вода може містити біля 13 тисяч токсичних речовин, водою передається до 80% усіх захворювань, від яких у світі щорічно вмирає до 25 млн. осіб. У реальних умовах вода містить органічні й мінеральні сполуки, мікро- і макроелементи, гази, колоїдні частинки та живі мікроорганізми.

**Мета дослідження** – дослідити можливі шляхи поліпшення якості води як основного фактору здоров'я людини.

**Виклад основного матеріалу.** На підприємствах харчової промисловості вимоги до якості води регламентуються ГОСТ 2874-82 «Вода

питна», ДСанПіН 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» і додатковими вимогами, зумовленими специфікою виробництва. Так, наприклад, у спиртовій і лікєро-горілочній промисловості для виробництва сорткових горілок застосовують воду з твердістю до 0,38 мг-екв/дм<sup>3</sup>, із вмістом заліза та марганцю до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а для виготовлення цукрового сиропу, горілочних виробів найвищої якості, медово-цукрових сиропів, використовують тільки дистильовану воду. На виробництво 1 дм<sup>3</sup> спирту витрачається близько 50 дм<sup>3</sup> води.

На ДП «Козлівський спиртовий завод», воду використовують для технологічних потреб, живлення котлів, охолодження й господарсько-питних потреб. На завод вода подається з трьох артезіанських свердловин (№ 1, № 2, № 3) загальною продуктивністю 120 м<sup>3</sup>/годину, розміщених безпосередньо на території заводу. Глибина свердловин становить у середньому 30–36 м. Характеристика якості води у свердловинах за даними аналізів лабораторії Теропільводоканалу наведена в табл. 1.

Таблиця 1

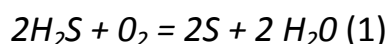
**Результати аналізу води дп «козлівський спиртовий завод»  
від 05.06.2008 р.**

Показник	Од. виміру	Норма	Свердловини		
			№1	№2	№3
Кількість мікроорганізмів ЗМЧ	-	100	4	6	4
COI – індекс	-	3	3	3	3
Запах при 20°C	бали	2	4 сірковод.	3 сірковод.	2 сірковод.
Присмак	бали	2	4 сірковод.	3 сірковод.	2 сірковод.
Каламутність	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	0,35	0,43	0,35
pH	-	6,0 – 9,0	7,2	7,3	7,05
Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	45	-	-	-
Залізо	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,17	0,27	0,26
Жорсткість	моль/дм <sup>3</sup>	7,0	8,1	7,8	11,3
Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	500	5,5	3,3	20,55
Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	350	47	26	63
Аміак	мг/дм <sup>3</sup>	до 2	-	0,32	-
Окислюваність	мг/дм <sup>3</sup>	до 4	3,84	4	3,16
Лужність	мг-екв./дм <sup>3</sup>	не норм.	7,3	7,6	7,3
Кольоровість	градуси	20	5	10	10

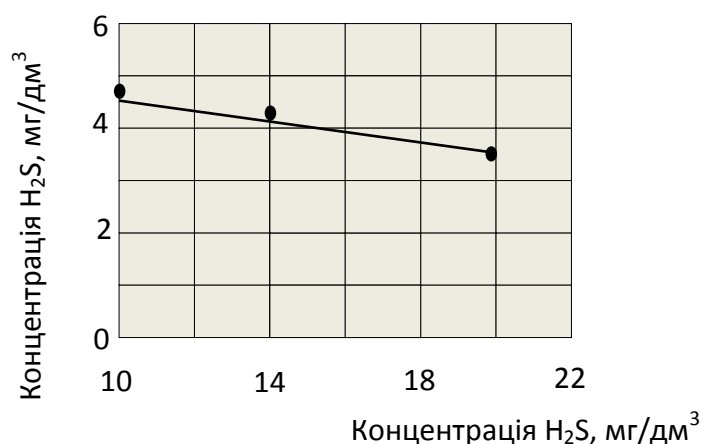
Як видно із даних табл. 1, якість води у свердловинах в основному відповідає ГОСТ, окрім двох показників – запах і присмак. Додаткові

аналізи води за цими показниками показали, що запах і присмак обумовлені підвищеним вмістом сірководню ( $H_2S$ ), кількість якого по свердловинах № 1 і 2 в основному становить 4,3–6,5 мг/дм<sup>3</sup>, а в деякі періоди може досягати навіть 10–10,5 мг/дм<sup>3</sup>. Найменша концентрація сірководню спостерігається у свердловині № 3, яка не перевищувала 1,2–1,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Відомо, що одним із найпростіших методів вилучення сірководню з води є аерація (відбувається часткове окислення сірководню киснем повітря за рівнянням (1), причому до найбільш довершених дегазаторів належить вакуумно-ежекційний апарат.



Під час дослідження цього технологічного методу змінювали питомі витрати повітря в межах 10–20 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Визначення залишкової концентрації сірководню проводили після не менш як 30-ти хвилинного контакту повітря з водою. Отримані результати показані на рис. 1, з якого видно, що ефективність вилучення сірководню не перевищує 26%, а його залишкова концентрація становить 3,4 мг/дм<sup>3</sup> проти початкової 4,6 мг/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 1.** Графік залежності залишкової концентрації сірководню у воді від питомих витрат повітря при аерації

Таку невисоку ефективність можна пояснити так. Сірководневі сполуки у воді залежно від рН можуть складатися з вільного сірководню ( $H_2S$ ), гідросульфідного іону ( $HS^-$ ) і сульфідного іону ( $S^{2-}$ ). При рН води  $\leq 5$  всі сульфідні сполуки у воді наявні у вигляді вільного сірководню, який легко вилучається аерацією. У нашому ж випадку, при рН води = 7,2, наявність вільного сірководню складає не більше 50%. Тому збільшення ефективності вилучення сірководню з води можливе лише за умови попереднього підкислення вихідної води, що потребує витрат кислоти, додаткового обладнання з наступним корегуванням рН води.

Ураховуючи низьку ефективність аерації було прийнято рішення про використання окислювачів, які мають широке використання при очищенні води. Відомо, що найбільш широке використання в практиці водопідготовки мають такі окислювачі: озон, перманганат калію, хлор.

Озон являється найбільш сильним з усіх відомих окислювачів. Проте, використання озону супроводжується утворенням токсичних речовин: формальдегіду, бензальдегіду, кетонів та ін., які створюють негативний вплив на здоров'я людини. Крім того, озонування є досить дорогим способом обробки води.

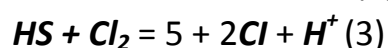
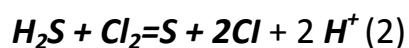
Перманганат калію є менш сильним окислювачем, ніж озон. Так само, як і останній, він не вступає в реакції заміщення. До недоліків перманганату калію варто віднести його порівняно високу вартість, а також небезпеку появи залишкових концентрацій, оскільки марганець нормується в питній воді на рівні досить малих величин.

Хлор – найбільш дешевий і поширений з указаних вище окислювачів, але значно слабкіший. Рідкий хлор є небезпечним для обслуговуючого персоналу внаслідок своєї токсичності й вибухонебезпечності. У зв'язку з цим ведуться пошуки методів і реагентів, виключаючи використання небезпечного рідкого хлору. Одним із таких окислювачів виступає гіпохлорит натрію. Він найменш токсичний і дефіцитний та досить дешевий порівняно з іншими реагентами. Проведені в Україні дослідження показали, що концентрація токсичних органічних сполук на 15–36% менше при використанні гіпохлориту натрію. Крім того, значно зменшується (у 2,5–8,6 рази) корозійна активність води, а це означає, що можна збільшити термін експлуатації трубопроводів із сталевих труб.

Отже, використання гіпохлориту натрію дає можливість підвищити культуру виробництва, екологічну безпеку, надійність і економічність.

Ці фактори обумовили використання гіпохлориту натрію для зменшення концентрації сірководню у воді. Для досліджень використовували гіпохлорит натрію виробництва ОАО «ДнепрАЗОТ» м. Дніпродзержинськ із вмістом активного хлору 15–18 г/дм<sup>3</sup>.

Гіпохлорит натрію подавався безпосередньо в трубопроводи за допомогою дозаторів продуктивністю 4 дм<sup>3</sup>/год. (рис. 2). Ураховуючи, що частина води подається на механічний фільтр (рис. 2), а інша частина – у бак артезіанської води було вибрано хімічні реакції, при яких сірководень окислюється до колоїдної сірки (2, 3):



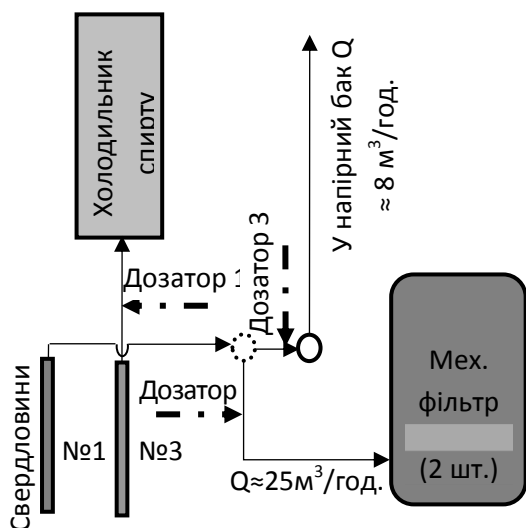


Рис. 1. Схема установки дозаторів гіпохлориту натрію

Локалізація, утвореної в результаті хімічних реакцій сірки, відбувається на механічному фільтрі й у бакові артезіанської води, де вона випадає в осад.

Встановлено, що для того, щоб залишкова концентрація сірководню у воді становила 0,05–0,1 мг/дм<sup>3</sup> витрати активного хлору становлять 2,5–2,9 мг на 1 мг H<sub>2</sub>S, а якщо рахувати, що вміст хлору активного хлору в гіпохлориті натрію становить у середньому

15 г/дм<sup>3</sup>, то витрати останнього будуть становити 16,7–19,4 мг на 1 мг H<sub>2</sub>S. Розрахунок вартості гіпохлориту натрію при ціні 1400 гривень за 1 м<sup>3</sup> показано в табл. 2.

Таблиця 2

#### Розрахунок вартості гіпохлориту зі зменшення концентрації H<sub>2</sub>S у воді на ДП «Козлівський спиртовий завод»

Джерело водопостачання	Вміст H <sub>2</sub> S мг/дм <sup>3</sup>	Доза гіпохлориту натрію, дм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> ·10 <sup>-3</sup>	Витрати гіпохлориту натрію за добу, дм <sup>3</sup>	Вартість гіпохлориту натрію за добу, грн.	Вартість на 1м <sup>3</sup> води, грн.
Свердловина № 1 (Q = 960 м <sup>3</sup> /добу)	6,5	16,7–19,4	16,0–18,6	22,4–26,0	0,023–0,027
Свердловина № 3 (Q = 960 м <sup>3</sup> /добу)	1,4	3,6–4,2	3,5–4,0	4,9–5,6	0,005–0,006

Подальші аналізи якості води показали, що в окремі періоди (під час весняного танення снігу й інтенсивних дощів) спостерігається підвищений вміст органічних домішок біологічного походження – у ці періоди показник БСК<sub>5</sub> досягав значень 4,8–5,6 мг/дм<sup>3</sup>. Поява органічних домішок пояснюється підвищеним антропогенним навантаженням на джерела водопостачання, що останніми роками стає все помітнішим практично на всій території України. У вказані періоди традиційна технологія очищення води з використанням фільтрів із фільтруючим завантаженням з кварцового піску має недостатню бар'єрну функцію по відношенню до органічних сполук. Для уникнення цієї ситуації було вирішено використовувати сорбційний метод водопідготовки, який у даному

конкретному випадку є найбільш надійним, оскільки він базується не на видозміні органічних сполук, а на їх вилученні з води.

Із відомих сорбентів найбільш придатним і ефективним для очищення води є активоване вугілля внаслідок гідрофобності (практичної відсутності поглинання основного компонента – води). Багато інших відомих сорбентів – глина, силікагелі, цеоліти та ін. – гідрофільні й малопридатні для поглинання з води органічних сполук саме тому, що енергія взаємодії їх з молекулами води майже така ж, як і енергія сорбції забруднень, або навіть перевищує її. Активоване вугілля добре поглинає різні органічні речовини, у звичайних умовах може сорбувати неорганічні домішки, а також вилучати з води надлишкову кількість озону, хлору та його сполук.

Застосування вуглецевих сорбентів отримує велике поширення в усіх промислово розвинених країнах не тільки через економічну вигоду, а також для захисту біосфери й раціонального використання природних запасів води.

Сьогодні Міністерством охорони здоров'я України дозволено використовувати в якості сорбційного завантаження фільтрів активоване вугілля марок АГ-3, АГ-М, СКТ-Б, А, антрацитове вітчизняне й імпорфтне активоване вугілля. Вибір виду вугілля залежить від характеру органічних і неорганічних сполук, присутніх у вихідній воді.

На підставі вивчення й аналізу опублікованих матеріалів, а також рекомендацій СНиП 2.04.02-84 замість кварцового піску в якості фільтруючого завантаження було вирішено використовувати гранульоване активоване вугілля марки АГ-3 з такими характеристиками:

- основний розмір зерен, мм 1,5–2,7;
- маса  $1\text{ м}^3$ , т 0,44–0,46;
- вологість, %  $\leq 5$ ;
- пористість, %  $> 75$ .

Висоту вугільного завантаження Нв.з. визначали за формулою:

$$H_{в.з} = v_{р.ф.} \cdot \tau_{в} / 60, (4)$$

де  $v_{р.ф.}$  – розрахункова швидкість фільтрації, яку приймали рівною 10 м/год.;  $\tau_{в}$  – час проходження води через шар вугілля, який залежно від концентрації й виду забруднень і сорбційних властивостей вугілля, а також технологічних досліджень приймали рівним 10 хв.

Під час фільтрування води через вугілля було залишено подачу у вихідну воду гіпохлориту натрію з таким розрахунком, щоб хлорування відбувалося не менше, ніж за 2 хв. до початку процесу фільтрації.

За такої схеми роботи сорбційних вугільних фільтрів вдалося значно поліпшити якість очищеної води, а ефективність зниження показника БСК<sub>5</sub> становила 98,2–99,8%.

Періодичність промивки фільтрів залишили такою самою, як і для піщаних фільтрів – 1 раз за добу. Технологічні параметри процесу промивки були встановлені такі:

- відносне розширення вугільного завантаження, % 35–40;
- інтенсивність промивки,  $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$  14–16;
- тривалість промивки, хв. 8–9.

У процесі роботи фільтрів було помічено, що з часом сорбційна здатність фільтруючого завантаження зменшувалась і через 20–25 діб безперервної роботи якість очищеної води не відповідала встановленим вимогам. Необхідно було виконувати регенерацію активованого вугілля.

На сьогодні рекомендуються такі основні способи регенерації: біологічний, термічний і хімічний.

Біологічний спосіб регенерації базується на життєдіяльності бактерій, мінералізуючих сорбовані вугіллям органічні сполуки, проте цей процес протікає надто повільно. Термічний спосіб полягає у випалюванні сорбованих органічних сполук у спеціальних печах при температурі 800–900°C. Такий спосіб потребує значних енергозатрат, суворого дотримання технологічних режимів і супроводжується втратами вугілля, які становлять 5–7%, а інколи досягають 15–20%. Хімічний спосіб передбачає обробку вугілля лугами або кислотами. Зокрема, рекомендується проводити попередню обробку парою, а потім лугом або кислотою. На сьогодні практично відсутні детальні рекомендації про практичне застосування цього способу, а існуючі дані є досить суперечливими.

У нашому конкретному випадку для регенерації вугільного фільтруючого завантаження було використано 5% або 10% розчин NaOH. Тривалість обробки завантаження розчином лугу становила 20–30 хвилин, після чого фільтр промивали звичайним способом. Дослідження показали, що ефективність регенерації вугілля становила 85–95%, а, очищена на регенованому активованому вугіллі вода, відповідала встановленим вимогам. Стабільна робота фільтрів із сорбуючим вугільним завантаженням спостерігається вже протягом півтора року, а річні втрати вугілля не перевищили 8%.

**Висновки.** Використання гіпохлориту натрію для вилучення з води сполук сірководню та активованого вугілля в якості фільтруючого завантаження дало можливість значно покращити якість очищеної води та

привести її якість у відповідність із гігієнічними вимогами, що регламентуються ГОСТ 2874-82 «Вода питна» та ДСанПіН 383 навіть у ті несприятливі періоди, коли у вихідній воді спостерігався надлишок органічних сполук, а їх локалізація на піщаних фільтрах була мало ефективною.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гончарук В. В. Современные проблемы технологии подготовки питьевой воды / В. В. Гончарук, Н. А. Клименко, Л. А. Савчина и др. // Химия и технология воды. – 2006. – 28, №1. – С. 3–95.
2. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение / Х. Кинле, Э. Бадер. – Л., 1984. – 216 с.
3. Николадзе Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский. – М. : Высш. школа, 1984 – 368 с.
4. Слипченко А. В. Современное состояние методов окисления примесей воды и перспективы хлорирования / А. В. Слипченко, Л. А. Кульский, Е. С. Мацкевич // Химия и технология воды. – 1990.
5. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды / А. Д. Смирнов. – Л., 1982. – 168 с.
6. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М., Стройиздат, 1985. – 136 с.
7. Хоружий П. Перспективы обеззараживания питьевой воды на групповых водопроводах техническим гипохлоритом натрия / П. Хоружий, Ю. Яковенко, В. Хоружий, Е. Мацелюк // Газификация и водообеспечение Украины. – 2002. – № 4.

### РЕЗЮМЕ

**Бернацкий Н. В.** Повышение качества воды как фактор здоровья человека.

*По данным ВООЗ природная вода, как из подземных источников (за счет значительной антропогенной нагрузки), так и из поверхностных содержит значительное количество токсичных веществ. Потребление такой воды без соответствующей технологии очистки приводит к повышению заболеваний, а в некоторых случаях даже к смерти человека. Поэтому особое значение приобретает выбор правильного способа улучшения качества воды, чтобы сделать ее пригодной к употреблению и использованию в технологическом цикле приготовления пищевых продуктов. Нами были проведены исследования и выполнены работы по реконструкции очистных сооружений очистки воды на ГП «Козловский спиртовой завод» с целью уменьшения содержания вредных органических веществ. В результате проведенных работ качество воды соответствует требованиям нормативных документов.*

**Ключевые слова:** биологическое загрязнение, фильтрующая загрузка, запах и привкус воды, сероводород, регенерация фильтров.

### SUMMARY

**Bernatsky M.** Improving the quality of water as a factor of human health.

*According to The World Health Organization natural water as from groundwater sources (due to the significant anthropogenic load) and from surface contains a significant amount of toxic substances. The consumption of such a water purification technology without a corresponding increase leads to diseases and in certain cases even death. Therefore it is particularly important to choose the right method for improving the quality of water to make it suitable for consumption and use in the technology cycle of food*



*preparation. We have conducted studies and works on reconstruction of treatment facilities for water purification SE «Kozlov distillery» in order to reduce the content of harmful organic substances. As a result of this work the water quality meets the requirements of normative documents. The hygienical requirements to quality of water of the centralized economic-drinkable water-supply and by additional requirements have been conditioned by the specific of production.*

*The biological method of regeneration is based on the vital functions of bacteria mineralizing occlusioned coal organic compounds, however, this process flows too slowly. A thermal method consists of burning of occlusioned organic compounds in the special stoves at a temperature 800–900°C. Such a method needs considerable energy expenses, adherence of the technological modes and accompanied by the losses of coal, that present 5–7%, and sometimes arrive at 15–20%. A chemical method envisages treatment of coal meadows or acids. In particular, it is recommended to conduct previous treatment a pair, and then meadow or acid. The detailed recommendations are absolutely absent for today about practical application of this method, and the existent data are contradictory enough.*

*The most strong from all well-known time are oxidants. However, the use of ozone is accompanied by formation of toxic substances: formaldehyde, and others, that create negative influence on a health of man. Except that ozonization is the expensive enough method of treatment of water.*

**Key words:** *biological contamination, filtering media, smell and taste of water, hydrogen sulfide, filter regeneration.*