

асортименту продукту, який заморожується, визначення раціональних режимів роботи, вдосконалення конструктивних параметрів та обладнання покращення його експлуатаційних характеристик.

#### *Список літератури*

1. Шампиньоны [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <<http://www.morozim.ru/field-mushroom.html>>.
2. Семенов, Д. П. Сучасний стан ринку заморожених продуктів та пвидкозаморожувального обладнання [Текст] / Д. П. Семенов, В. А. Куценко // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Харків, 2008. – Вип. 1(7). – С. 200–208.
3. Замораживание продуктов [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.icesom.kiev.ua/index.php>>.
4. Заморозка овощей и фруктов [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.fabs.ru/produkcija/shokovaja-zamorozka.html>>.
5. Белокрылова, Л. В. Качество дикорастущих грибов при замораживании [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 18.12.06 / Л. В. Белокрылова. – Новосибирск, 2006. – 18 с.
6. Sodium lactate CAS : 72-17-3 [Електронний ресурс]. Online Informational Database of Chemicals from China. – Режим доступа : <<http://www.chemblink.com/products/72-17-3.html>>.
7. Список опасных и безопасных Е-кодов продуктов питания [Електронний ресурс]. Общество защиты прав потребителей. – Режим доступа : <<http://www.ozpp.ru/consumer/useful/article5.html>>.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© Д.П. Семенов, В.А. Куценко, М.П. Головки, 2009.

УДК 658.513:663.8:628.16

**О.О. Любавіна**, канд. техн. наук (*НТУ «ХПИ», Харків*)

**В.Г. Михайленко**, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

**О.Ф. Аксьонова**, канд. техн. наук (*ХДУХТ, Харків*)

### **ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВА УСТАНОВКА КОНДИЦІОНУВАННЯ ВОДИ**

*Розроблено функціональну схему дослідно-промислової установки кондиціонування води для виробництва води питної газованої та безалкогольних напоїв на підприємстві „Чугуївський завод мінеральних вод”. Проведено промисловий експеримент, який підтвердив результати лабораторних досліджень. Визначено допустимі швидкості фільтрування води.*

*Разработана функциональная схема опытно-промышленной установки кондиционирования воды для производства воды питьевой газированной и безалкогольных напитков на предприятии „Чугуевский завод минеральных вод“. Проведен промышленный эксперимент, который подтвердил результаты лабораторных исследований. Определены допустимые скорости фильтрации воды.*

*The function chart of trial installation of conditioning of water for manufacture of water drinking and beverages on manufacture "Chuguev factory of mineral waters " is developed. The industrial experiment is carried out which has confirmed results of laboratory researches. The allowable speeds of filtering of water are determined.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Зазвичай, підприємства харчової промисловості надають перевагу використанню у виробництві артезіанських вод. Але, навіть ці екологічно чисті води досить часто потребують коригування сольового складу та органолептичних показників. У більшості випадків артезіанські води мають неприємний запах сірководню, високі показники жорсткості та лужності, великі концентрації фторид-іонів та металевий присмак, обумовлений великим вмістом сполук заліза. Такі води потребують дезодорації, пом'якшення, видалення лужності, сполук заліза та дефторування. У харчовому виробництві, зокрема у виробництві безалкогольних напоїв, вода суттєво впливає на режими технологічного процесу а також визначає майбутні органолептичні показники продукту. Вода підземних джерел Харківського регіону не повністю відповідає вимогам ГОСТу 2874-82 «Вода питна» [1] та галузевим вимогам ТІ – 14297558-291-2003 для виробництва напоїв [2]. Видобуток води підприємствами харчової галузі у Харківській області здебільшого здійснюється з глибинного Сенюманського горизонту, який залягає на глибині від 300 до 800м. Ці води містять підвищені концентрації заліза (до 5 мг/дм<sup>3</sup>), мають низьку та середню жорсткість (до 5 мг-екв/дм<sup>3</sup>), мінералізацію (до 500 мг/дм<sup>3</sup>), підвищений вміст фтору (до 3 мг/дм<sup>3</sup>), відчутний або сильний запах сірководню.

Подібний сольовий склад артезіанської води робить неможливим її використання у виробництві безалкогольних напоїв без попереднього кондиціонування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вода, що використовується у виробництві харчових продуктів, крім характерного хімічного складу повинна мати відмінні органолептичні показники: відсутність забарвлення, каламуті, присмаків та запахів, надлишкових

мінеральних та органічних домішок. Для отримання води з такими властивостями можуть використовуватися різні способи очистки. Але на відміну від процесів знебарвлення та освітлення, які добре досліджені, розроблені та впроваджені у виробництво, методи дезодорації води або покращення її смакових показників на цей час використовуються недостатньо. У той же час проблема покращення смакових властивостей артезіанської води набуває великого значення у зв'язку із забрудненням навколишнього середовища не тільки в нашій країні, але й в усьому світі. До фізичних методів поліпшення органо-лептичних властивостей належить аерація. Цим методом видаляють з води сірководень та оксид карбону (IV). В основі хімічних методів очистки питної води від сірководню лежить використання окисників. Сірководень може видалятися з води аерацією або хлоруванням [3]. Під час кондиціонування підземних вод зазвичай коригують не один показник, а декілька, тому проблему треба розв'язувати комплексно, наприклад, поєднуючи хлорування із дехлоруванням та сорбцією на активованому вугіллі, окислення та фільтрацію, дефторування, пом'якшення та зниження солемісту.

Дефторування води солями алюмінію та магнію досить добре відомо, розробці цих процесів присвячено багато робіт. Цей метод можна назвати класичним методом вилучення фтору з води. В його основі лежить конкурентна обмінна сорбція фторид-іонів осадам алюмінію або магній гідроксиду. Особливого розповсюдження набули методи дефторування солями алюмінію – алюміній сульфатом та алюміній пентаоксихлоридом. При цьому також знижуються концентрації сполук заліза. Відомий метод дефторування води фільтруванням крізь фторселективні матеріали. Метод заснований на обмінній адсорбції іонів, за умов якої фтор видаляється в процесі пропускання води крізь сорбент. Для цього використовують синтетичні та природні сорбенти (морденіт, апатит, кальцій фосфат та їх суміші). Або воду фільтрують крізь зернисте завантаження, попередньо оброблене алюміній сульфатом.

Широко використовується іонообмінна технологія декарбонізації, яку доцільно використовувати коли вміст солей у воді складає 1,5 г/дм<sup>3</sup>. Зниження лужності відбувається пропусканням води крізь шар слабокислотного катіоніту, при цьому певним чином вибирається швидкість протікання та висота шару смоли. У результаті такої обробки лужність повністю видаляється, а також знижується жорсткість води [4].

**Мета та завдання статті.** Метою роботи є покращення якості води – сировини для виробництва напоїв. Поставлена мета досягається

шляхом розробки та впровадження дослідно-промислової установки кондиціонування води.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вода Чугуївського заводу мінеральних вод (глибина свердловини – 100 м) потребує одночасного зменшення концентрацій сполук фтору (вміст до 2 мг/дм<sup>3</sup>) та заліза (вміст до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>), а також усунення запаху сірководню та надмірної лужності (4,4 мг-екв/дм<sup>3</sup>).

Для того, щоб вода відповідала вимогам ГОСТу 2874-82 «Вода питна» та галузевим вимогам (сухий залишок – до 500 мг/дм<sup>3</sup>, лужність – до 2,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>, залізо – не більше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, фтор – 0,7...1,5 мг/дм<sup>3</sup>, запах сірководню – відсутній), технологічний процес підготовки води на Чугуївському заводі мінеральних вод має включати такі стадії:

1. Видалення сірководню аерацією.
2. Видалення сполук заліза окисленням та фільтруванням.
3. Видалення механічних домішок фільтруванням.
4. Видалення лужних іонів та солей жорсткості іонним обміном.
5. Видалення фторидів фільтруванням крізь модифіковане завантаження.

Стадія 4 – видалення солей лужності та жорсткості водень-катионуванням – є обов'язковою умовою кондиціонування цієї води для виробництва напоїв. Для реалізації цього процесу було застосовано слабокислу катионообмінну смолу МАС-3. Цей катіоніт застосовують при необхідності одночасного зниження жорсткості разом з лужністю для води з невеликим вмістом аніонів сильних кислот. Загальна жорсткість вхідної води не повинна перевищувати 5 мг-екв/дм<sup>3</sup>. У процесі іонообміну на смолі МАС-3 переважно захоплюються іони Са<sup>2+</sup> та Mg<sup>2+</sup>, а відповідні гідрокарбонатні аніони утворюють слабку вугільну кислоту. Обмін на слабокислом катіоніті відбувається до зниження рН води до 4,5, а лужність обробленої води не перевищує 1 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Застосування водень-катионування на слабокислом катіоніті МАС-3 дозволило провести дефторування у слабокислій області рН 4,5...5. Цей інтервал рН є оптимальним для видалення надлишкового вмісту фторидів шляхом фільтрування крізь модифіковане зернисте завантаження. Принципова технологічна схема установки ресурсозаощаджуючого дефторування води на Чугуївському заводі мінеральних вод (с. Башкирівка, Харківської обл.) наведена на рис. 1.

Установка працює наступним чином. Вхідна вода з підвищеним вмістом фторидів та сірководню потрапляє в ежектор (2), де змішується з повітрям. Атмосферне повітря попередньо очищується на

повітряному фільтрі (1). Вода, змішана з повітрям, подається в збірник (3). Тут відбувається відділення відпрацьованого повітря від частково очищеної води. Відпрацьоване повітря, що містить сірководень, відсмоктується вентилятором (4) та викидається в атмосферу. Частково очищена вода насосом (5) подається на фільтр грубої очистки (6) та на наступне водень-катіонування у фільтрі (7). Водень-катіонітовий фільтр завантажений слабокислотою смолою МАС-3 фірми „Dow Chemical”, яка періодично регенерується розчином соляної кислоти. Вода після водень-катіонування має понижену жорсткість (менше 2 мг-екв/дм<sup>3</sup>) та лужність (менше 2 мг-екв/дм<sup>3</sup>). рН такої води складає 4,5...5,0. Такі показники води відповідають оптимальним умовам проведення процесу дефторування.

Після водень-катіонування вода спрямовується на зернистий фільтр з тришаровим завантаженням (8). В якості завантаження використано гравій (висота шару – 0,3 м), гранодіоритний пісок (висота шару – 1 м) та антрацит-фільтрант (висота шару – 0,3 м). Перед пропусканням води зернисте завантаження модифікують розчином коагулянту ПОЛВАК з концентрацією алюмінію 230 мг/дм<sup>3</sup>. Розчин коагулянту готують у збірнику коагулянту (9) та за допомогою насоса-дозатора (11) подають у тришаровий фільтр. Відпрацьований розчин коагулянту повертається у збірник коагулянту (9). Концентрація відпрацьованого розчину коагулянту відновлюється додаванням концентрованого розчину ПОЛВАКУ.

Після цього розчин може використовуватися повторно.

Очищена на фільтрі (8) вода направляється на фільтр тонкої очистки (10) та після знезараження в ультрафіолетовій лампі (12) подається у збірник-накопичувач (13) і далі у цех приготування напоїв. Концентрація фтору у вхідній воді складає 1,7...2,2 мг/дм<sup>3</sup>, а після очистки знаходиться в межах 1,2...1,4 мг/дм<sup>3</sup>. Регенерація та модифікація зернистого фільтра (8) проводиться один раз на зміну. Продуктивність установки складає 10 м<sup>3</sup> очищеної дефторованої води на годину.

Вихідними параметрами для вибору та розрахунку технологічного обладнання установки кондиціонування води є задана продуктивність, вихідний склад води та вимоги до її якості [3;4]. Розрахункова продуктивність установки кондиціонування води на Чугуївському заводі мінеральних вод складає 10 м<sup>3</sup>/год, режим експлуатації – тримісний, 24 години на добу.

Відповідно до вимог складу підготовленої води кондиційована вода не повинна мати запаху та містити заліза – не більше 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, жорсткості – не більше 0,5 мг-екв/дм<sup>3</sup> та лужності – не більше 1,0 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

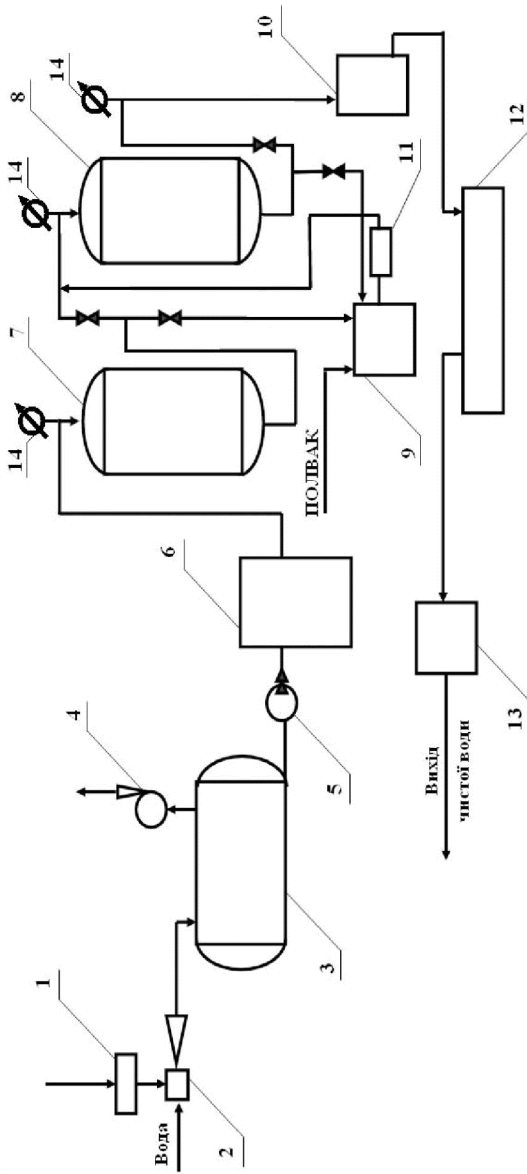


Рисунок 1 – Технологічна схема установки дефторування води методом фільтрування крізь модифіковане зернисте завантаження (с. Банкіровка): 1 – повітряний фільтр; 2 – ежектор; 3 – збірник-накопичувач; 4 – вентилятор; 5 – насос; 6 – фільтр грубої очистки; 7 – водень-каціонний фільтр; 8 – фільтр з тришаровим завантаженням; 9 – збірник коагулянту (коагулянт випускається під ТМ "ПО.ЛВАК"); 10 – фільтр тонкої очистки; 11 – насос-дозатор; 12 – ультрафіолетова лампа; 13 – збірник накопичувач для очищеної води; 14 – манометри

Установка комплектується:

- блоком дегазації та видалення механічних домішок і заліза, що складається з аераційного ежектора продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год, збірника-накопичувача місткістю 50 м<sup>3</sup> та фільтра грубої очистки продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год.;

- блоком пом'якшення та нейтралізації води, що складається з водень-катионітового фільтра діаметром 1000 мм, площею фільтрування 0,785 м<sup>2</sup> з висотою шару катіоніту 1500 мм (об'єм завантаження 1,18 м<sup>3</sup>);

- блоком дефторування, що складається зі збірника коагулянту місткістю 150 дм<sup>3</sup>, насоса-дозатора та фільтра діаметром 1400 мм (площа фільтрування 1,77 м<sup>2</sup>), завантаженого модифікованим кримським гранодіоритним піском;

- блока тонкої фільтрації;

- блока ультрафіолетового знезараження води.

У ході лабораторних досліджень процесу дефторування води фільтруванням не вдалося визначити межі швидкості фільтрування, оскільки лабораторна установка мала недостатню висоту шару завантаження. Тому при підготовці установки до здачі в експлуатацію був виконаний промисловий експеримент, суть якого полягала у наступному.

Вода після аерації, вилучення грубих домішок та іонообмінного пом'якшення піддавалася дефторуванню шляхом фільтрування крізь модифіковане зернисте завантаження з різною швидкістю. Результати (рис. 2) доводять, що гранична швидкість, по досягненні якої дефторуючий ефект починає швидко знижуватися, складає 10 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год.

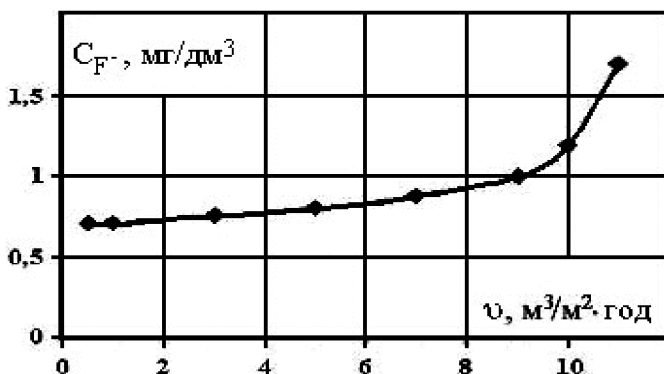


Рисунок 2 – Залежність середньої залишкової концентрації фтору ( $C_F$ ) від швидкості фільтрування води ( $v$ ) на Чугуївському заводі мінеральних вод

Установка була здана в експериментальну промислову експлуатацію із швидкістю фільтрування води  $9 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{-год}$ . За термін експлуатації установки якість вихідної води істотно не змінилася, установка добре підтримує робочі параметри. Оскільки підготовлена вода має низьку жорсткість (до  $1 \text{ мг-екв}/\text{дм}^3$ ) та лужність (до  $1 \text{ мг-екв}/\text{дм}^3$ ), значно знижується витрата лимонної кислоти на нейтралізацію цих солей. Так, при вхідних значеннях цих показників витрати лимонної кислоти складала б  $250 \text{ г}/\text{м}^3$  підготовленої води. Реально на цей час витрата лимонної кислоти на нейтралізацію солей жорсткості та лужності складає  $23 \text{ г}/\text{м}^3$ . Таким чином, на кожен млн дал. напоїв додатково економиться близько  $2,168 \text{ т}$  лимонної кислоти.

**Висновки.** Таким чином впровадження установки кондиціонування підземної маломінералізованої води на Чугуївському заводі мінеральних вод дало можливість використовувати екологічно чисту підземну воду для виробництва високоякісної продукції. Широкий асортимент напоїв, що виробляються на підготовленій воді, має приємний смак, відповідає галузевим вимогам та користується популярністю у населення.

#### *Список літератури*

1. ГОСТ 2874 – 82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Текст] // ГОСТ : [сборник]. – М. : Госком СССР по стандартам, 1984. – С. 8.
2. ТП 14297558 – 291 2003. Технологічна інструкція підготовки води для виробництва пива та безалкогольних напоїв [Текст]. – К. : Укр. галузева компанія ЗАТ «Укрпиво», 2003. – 38 с.
3. Высоцкий, С. П. Удаление из воды соединений железа, марганца и сульфидов [Текст] / С. П. Высоцкий // Аква Україна – 2005 : наук.-практ. конф. III міжнар. водного форуму, 4-7 жовтня 2005 р. : [матеріали]. – Київ, 2005. – С. 106-110.
4. Жужиков, В. А. Фильтрование : Теория и практика разделения суспензий [Текст] : монография / В. А. Жужиков. – М. : Химия, 1980. – 400 с.
5. Водоподготовительное оборудование для ТЭС и промышленной энергетики [Текст] : отраслевой каталог. – М. : НИИ ЭИНФОРМ-ЭНЕРГОМАШ, 1983. – 359 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© О.О. Любавіна, В.Г. Михайленко, О.Ф. Аксьонова, 2009.