

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика іонного складу отриманих зразків опрісненої води та спортивних напоїв виробництва Великобританії [1]

Готові напої, опріснена мінеральна вода	Концентрація іонів	
	Натрій, мг/дм ³	Калій, мг/дм ³
Isostar	690	195
Powerade	529	78
Gatorade	460	117
Опріснена вода, отримана за умов: температурний режим холодоносія в кристалізаторі $t_x = \{-2 \dots -3 \dots -4\}$ °С, концентрація CO ₂ та рН у воді до опріснення - 3,7 г/л та 4.88 од. рН, сепарування твердої фази відсутнє	736	14,22
Опріснена вода, отримана за умов: температурний режим холодоносія в кристалізаторі $t_x = \{-2 \dots -3 \dots -4\}$ °С, концентрація CO ₂ та рН у воді до опріснення - 3,7 г/л та 4.88 од. рН, сепарування твердої фази протягом 60 хв	469,3	8,8

Разом з тим, стверджувати, що наведені в табл. 2 умови проведення процесу опріснення мінеральної води виморожуванням є найкращими, поки що не можна. Адже для кожного виробника важлива не лише якість готового продукту, але і його вартість. Оскільки грошові витрати на опріснення мінеральної води виморожуванням суттєво залежать від техніко-економічних характеристик процесу, то окремо планується розглянути взаємозв'язок між ними та якістю опрісненої води. І лише з урахуванням результатів такого аналізу можна буде формулювати рекомендації щодо доцільних технологічних режимів опріснення води способом виморожування для технології виробництва спортивних напоїв.

Література

1. Пакен П. (ред.-сост.) *Функциональные напитки и напитки специального назначения* / П. Пакен (ред. сост.). – Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2010. – 496 с.
2. Беленький С.М. и др. *Технологии обработки и розлива минеральных вод* / С.М. Беленький, Г.П. Лаврешкина, Т.Н. Дульнева. – 2-е. изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 151 с.
3. Плотников В.Т. *Разделительные вымораживающие установки* / В.Т. Плотников, В.П. Филаткин – М.: Агропромиздат, 1987. – 352 с.
4. Бурдо О.Г. *Холодильные технологии в системе АПК* / О.Г. Бурдо. – Одесса: Полиграф, 2009- 288 с.
5. Коваленко Е.А. *Научно-технические основы процессов низкотемпературного разделения жидких систем пищевых производств* : дисс. докт. техн. наук: Одесса, 2007.
6. Зелинская Е.В. *Теоретическое обоснование и разработка технологий селективного извлечения щелочных и щелочноземельных металлов из подземных рассолов*: дисс. докт. техн. наук: Иркутск, 2003.
7. Василів О.Б. Опріснення води виморожуванням в установці зі змінною в циклі температурою холодоносія / О.О. Василів, О.С. Тітлов, С.В. Іщенко // *Науково-виробничий журнал «Харчова наука і технологія»*, Одеса, №4(17) 2011, грудень. – С. 103-107.
8. Коваленко Е.А. Эффективность разделения минерализованных растворов способом вымораживания [Текст] / Е.А. Коваленко, И.В. Курчевич, О.Б. Васильев // *Сборник трудов «Международные научные чтения «Белые ночи - 2012»*. Проблемы безопасности XXI века и пути их решения». – К.: УНО МА-НЭБ, 2012 р. – С. 237-243.

УДК [628, 161.2:546.72]: 544.77.051.1

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СПОСОБУ АЕРАЦІЇ ВОДИ З КРАПЕЛЬНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ У ВІДЦЕНТРОВАНОМУ ПОЛІ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛІЗА

**Шалигін О.В., асистент, Стрікаленко Т.В., д-р мед. наук, професор, Дудник Ю.В., ст. лаборант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Проведено аналіз робіт останніх років, присвячених актуальності проблеми зниження вмісту заліза у природних водах України. Розглянуто ключові позиції проблеми впливу надлишку заліза у воді на есте-

тичні показники її якості, стан систем водопостачання та фізіологічний стан людини. Сформульовано мету та завдання перспективних досліджень, запланованих у рамках обґрунтування нового способу зниження вмісту заліза у воді. Розглянуто перелік результатів, які очікується одержати в результаті проведення досліджень та аналізу.

The works last recent years devoted to actual problems of iron quantity reducing in natural waters of Ukraine was analyzed. Considered The key position problem of the water iron influents for aesthetic indicators of water quality and physiological state are researched. The purpose and tasks of new method for water iron quantity reducing have been formulated. The perspective results of analyze and investigations were consider.

Ключові слова: вміст заліза у природних водах, методи знезалізнення води, оптимізація процесу знезалізнення, економічна доцільність вдосконалення систем підготовки води у харчовій галузі.

Вступ. Характерною особливістю водних ресурсів України є нерівномірність розподілу як поверхневих, так і, особливо, підземних вод. У Дніпропетровсько-Донецькому та Волино-Подільському артезіанських басейнах зосереджено 65 % ресурсів підземних вод. У розрахунку на 1 людину найбільша кількість підземних вод (5,54 м³/добу) припадає на Чернігівську область, а найменша (0,28 – 0,43 м³/добу) – на Одеську, Дніпропетровську, Кіровоградську, Донецьку, Миколаївську, Житомирську та Вінницьку області [1]. Близько 25 % населення України споживає води, з яких понад 30 % мають підвищені концентрації заліза. Причому переважна більшість останніх має високу концентрацію заліза – біля 5 мг/дм³. Це значно більше, ніж регламентовано нормативними вимогами до вмісту заліза у питній воді – ≤0.2 мг/дм³ [2], у напоях, приготованих з використанням води [3] тощо.

Залізо відноситься до показників якості води, які є несприятливими через те, що його присутність у підвищених концентраціях небажана з естетичних та побутових поглядів. Такий вміст заліза надає воді жовто-бурого забарвлення, гіркуватого металевого присмаку, каламутності. У побутовому використанні таких вод утворюються плями іржі на білизні та санітарних пристроях. Суттєве значення має і той факт, що вода, яка містить підвищені концентрації заліза, сприяє розвитку залізобактерій, при відмиранні яких в порожнині труб утворюється щільний осад, що зменшує їхній діаметр. Відкладення накопичень залізобактерій на стінках трубопроводів та гіркувато-металевий присмак води стають помітними вже при концентрації заліза понад 0.3 мг/дм³ [4].

Залізо займає ключове місце в багатьох біохімічних процесах і наявне в усіх клітинах організму людини. Залізо є важливою складовою гемоглобіну, міоглобіну та ряду ферментів, бере участь у транспорті кисню, є кофактором у гемовмісних (каталази та цитохромі С) і негемових ферментах (альдолази, триптофаноксигенази та інших оксидазах) [5].

Організм людини має три унікальних механізми збереження балансу заліза та захисту від розвитку його дефіциту: (1) постійне використання заліза з клітин, що катаболізують в організмі; (2) присутність специфічного білка – феритину та (3) регуляція абсорбції заліза: підвищення при його дефіциті та зниження при надлишку надходження ззовні. Важливим є те, що легше абсорбуються прості солі заліза (Fe²⁺), тоді як лужне середовище кишківника призводить до утворення нерозчинних гідроксида заліза. В організмі близько до 4,5 г заліза, а щоденна необхідна кількість споживання складає близько 1 мг; для здорових жінок — вдвічі більше. Оскільки з харчів абсорбується близько 10 – 20% заліза, його вміст в продуктах харчування має складати 10 – 20 мг/добу [6].

Хоча залізо є життєво необхідним елементом, та його надлишок може, на думку ряду дослідників, спричинити ряд захворювань. При надходженні у плазму крові надвеликої кількості заліза, воно починає накопичуватись у тканинах у вигляді феритину або гемосидерину, спричиняючи утворення з'єднання тривалентного заліза з білком, що не піддаються розчиненню у воді. В такому вигляді залізо накопичується в різних тканинах та органах, в першу чергу – у печінці, селезінці та кістковому мозку [7].

Механізми токсичності заліза на молекулярному рівні включають процеси окислення заліза в крові (Fe²⁺ у Fe³⁺). Як тільки концентрація іонів (Fe³⁺) перевищує необхідну для зв'язування з трансферином (K_{ув} = 10³⁰), (Fe³⁺) випадає в осад у вигляді лужних солей., відповідні реакції гідролізу сприяють зниженню рН до 6,7. Утворення малорозчинних колоїдних часток може ініціювати підвищення згортання крові та появу тромбів, особливо при найменшій дегідратації організму чи проявах серцевої недостатності. Встановлено здатність заліза інгібувати глюкозо-6-фосфатазу, сукцинатдегідрогеназу та ряд інших ферментів [8].

У токсичних дозах залізо викликає інактивацію ферментів циклу Кребса і накопичення лактату та інших кислот у крові і тканинах організму, що також сприяє підвищенню кислотності крові, розвитку метаболічного ацидозу [9]. Діючи на мукоцити, іони заліза призводять до їхньої загибелі, що викликає руйнування стінок капілярів та клітин печінки [8].

Відомо також, що іони заліза сприяють росту багатьох мікроорганізмів, а тому надлишкове надходження заліза може активувати розмноження навіть незначної кількості патогенних мікроорганізмів, що майже завжди присутні у кишківнику [10].

Згубно впливає надлишок заліза і на перебіг хвороб Паркінсона і Альцгеймера (зазначений мікроелемент накопичується в структурах, які уражаються під час хвороби), ревматоїдного артрити, цукрового діабету другого типу тощо. При постійному використанні води із концентрацією заліза понад 5 мг/дм³ встановлено підвищення проявів алергічних реакцій, особливо у дітей та осіб похилого віку [11].

Надлишок заліза в організмі пов'язаний, найчастіше, із захворюваннями печінки. Біологічний період напіввиведення заліза з організму людини складає близько 800 діб, проте він досить різний для різних органів: так, із селезінки, легень та кісток він складає, відповідно, 600 – 3200 та 1680 діб. Проте, навіть при надлишковому надходженні заліза з продуктами харчування у людей похилого віку може спостерігатися анемія, що пов'язана з перерозподіленням заліза в організмі (коли залізо витрачається на «харчування» якогось запального чи інфекційного процесу, зростання пухлини тощо).

Таким чином, актуальність проблеми знезалізнення води не викликає сумнівів, а її нерозуміння може призводити до серйозних проблем при експлуатації систем водопостачання та при виготовленні харчових продуктів, до наявності постійного невдоволення водою у споживачів, що використовують воду для господарсько-побутових цілей, а також до погіршення самопочуття, до зниження продуктивності праці та загострення ряду патологічних станів хворих людей тощо [12, 13].

Серед відомих методів знезалізнення води найбільш поширеними є безреагентні, реагентні, катіонообмінні, мембранні та біохімічні. Найдешевшими і ефективними є фізико-хімічні методами – безреагентні та реагентні, що передбачають введення окислювачів заліза (у першому випадку окислювачем є кисень, у другому – розчини хімічних реагентів (хлор, озон, перманганат калію) [12].

Для зниження концентрації заліза у воді до нормованої, важливо знати форми присутнього у воді заліза, тому що вірне знання форми заліза є дуже важливим етапом для вибору ефективного методу знезалізнення води. Крім цього, слід враховувати ряд чинників, що впливають на вибір адекватного методу: концентрацію заліза, рівень рН, місце очисних споруд у системі водопостачання та її продуктивність

Складність адекватного врахування реальних окисно-відновних умов водного середовища є головною аргументацією на користь проведення спеціальних пробних досліджень на об'єкті. Проблеми, що пов'язані з вилученням заліза з підземних вод, відноситься й до деманганції таких вод, тобто вилучення з них надлишкових кількостей марганцю, що досить часто супроводжує підвищені концентрації у воді заліза. Наявність у підземних водах цих двох компонентів зумовлює застосування двоступеневих схем водоочищення [14, 15].

Метою роботи є обґрунтування доцільності використання для знезалізнення води оригінального пристрою з крапельним диспергуванням природної води в процесі її обробки.

Для досягнення цієї мети та вибору оптимальних режимів знезалізнення води необхідно виконати такі поточні завдання:

- відпрацювати методику визначення концентрації розчиненого кисню у модельному розчині [16];
- апробувати експрес-методи визначення кількості заліза у воді та порівняти їхні результати з даними, отриманими при використанні арбітражного методу аналізу [17];
- розробити динамічну ешюру та дослідити апріорну модель для розрахунку розмірів крапель при розбризкуванні рідини у повітря під впливом відцентрованої сили;
- обґрунтувати вибір форми робочих органів пристрою для крапельного диспергування води в процесі її обробки та виконати апріорну оптимізацію співвідношення технологічних характеристик процесу диспергування;
- розробити матрицю проведення експериментальних досліджень та програму в табличному процесорі для математичної обробки експериментальних даних;
- обґрунтувати склад модельних розчинів, виконати дослідження та обробити їхні результати,
- побудувати математичну модель та встановити оптимальні співвідношення чинників процесу знезалізнення;
- обґрунтувати раціональну доцільність використання розробленого пристрою для обробки води шляхом аерації рідини у дрібнодисперсному стані.

Методи дослідження. Для визначення вмісту кисню у воді буде використано спосіб, що базується на окисленні марганцю киснем у лужному середовищі [16]. Розглянутий спосіб досить простий і чутливий, а його перевагами є те, що вміст іона йоду (продукту відновлення марганцю у розчині) можна визначити з точністю до 10⁻⁶ моль/л за допомогою йод-селективного електроду (комплектуючий до іономеру И-130).

Для визначення заліза у воді вибрано роданідний спосіб, що базується на утворенні окрашених комплексів заліза з роданід-іонами [17].

Динамічна схема векторів сил, що діють на краплю у відцентрованому полі та полі тяжіння, буде побудована як рівнодіюча сил тяжіння, відцентрованої, поверхневого натягу та сили Кориоліса. Балансове рівняння дасть можливість розрахувати розмір краплі диспергованої рідини.

Для проведення експерименту планується використання рототабельної матриці з відповідними значеннями зіркових плечей [18]. Будуть розглянуті чотири чинники процесу знезалізнення: вихідна концентрація заліза, температура, рН води, кінетична характеристика процесу. Заплановано проведення не менше трьох досліджень у характеристичних точках матриці експерименту для оцінки однорідності дисперсії і виключення випадкових похибок (за критерієм Кохрена) [18] та вагомості коефіцієнтів емпіричного рівняння (за критерієм Стюдента) [19]. Адекватність одержаної математичної моделі буде встановлено на підставі критерію Фішера [20]. Пошук оптимального співвідношення чинників процесу знезалізнення плануємо здійснювати методом крутого сходження по поверхні відгуку [21].

Після визначення оптимальних режимів роботи пристрою для обробки води шляхом аерації рідини у дрібнодисперсному стані будуть проведені дослідження на зразках води (із свердловин ряду регіонів України), що використовується для постачання води для підприємств харчової промисловості та населення.

Раціональну доцільність пристрою заплановано оцінювати на підставі оцінки економічної ефективності інноваційного проекту, який ґрунтується на визначенні строків окупності вкладень на розвиток системи водопідготовки підприємств харчової галузі.

Очікуваними результатами досліджень мають бути (1) визначення оптимальних геометричних параметрів робочого органа пристрою для крапельного диспергування рідини у відцентрованому полі; (2) одержання рівнянь, що описують залежність параметрів процесу знезалізнення води від розглянутих чинників (температури, рН рідини, концентрації іонів заліза, температури, кінетичних характеристик процесу), та повнофакторних математичних моделей, що описують процес знезалізнення води і дозволяють прогнозувати рівень концентрації іонів після обробки; (3) прогнозування ефективності процесу в залежності від сезону року (літні та зимні умови — на підставі врахування фактору температури); (4) встановлення оптимального співвідношення характеристик процесу знезалізнення для одержання води, що задовольняє нормативам за вмістом заліза для підприємств харчової промисловості, та (5) визначення строків окупності інноваційного проекту щодо впровадження додаткового елемента у систему підготовки свердловинної води для підприємств харчової галузі.

Література

1. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: Підручник для студ. вищих навч. закладів. / А.В.Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова, І.А. Папенюк. – К.: Генеза, 2007. – 360 с.
2. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Державні санітарні правила і норми. ДСанПіН 2.2.4-171-10.
3. Газированные безалкогольные напитки. Рецептуры и производство. / Под ред. Дэвида П.Стинна, Ф.Р. Эшхерста. – Перевод с англ. – СПб.:Профессионал, 2008. – 416 с.
4. Руководство по гигиене водоснабжения./ Под ред. С.Н. Черкинского. – М.: Медицина, 1975. – 328 с.
5. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. – М.: Медицина, 1985. – 288 с.
6. Ершов Ю.А., Плетенева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
7. Общая токсикология. / Под ред Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М.: Медицина, 2002. – 608 с.
8. Elinder C.-G., Piscator M. Iron. // Handbook on the toxicology of metals. / Ed. L.Friberg. – Elsevier, 1979. – P. 435-450.
9. Venugopal B., Luckey T. Metal toxicity in mammals. – New York: Plenum Press, 1978. – V. 2. – 409 p.
10. Emery T. Iron metabolism in human and plants. // Amer. Sci. 1982. – V.70. – P. 626-632.
11. Рашитова Г.С. Гигиеническая оценка биологических эффектов железа в воде при пероральном и накожном воздействии на организм. /Автореф. дис... канд. мед. наук. – М.: 1989. – 18 с.
12. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.
13. Павлинова И.И., Баженов В.И., Губий И.Г. Водоснабжение и водоотведение. /Учебник для ВУЗов. 4-е изд., дополн. и перераб. – Москва: Юрайт, 2012. – 472 с.
14. Орлов В.О., Мартинов С.Ю. Аераційні методи знезалізнення води // Вода і водоочисні технології. 2011. – № 2 (4). – С. 42 – 52.
15. Орлов В.О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с.
16. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб: НПО «Крисмас +» 1998.

17. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. ДСТУ ISO 6332-2003. Якість води. Визначання заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенатроліну (ISO 6332:1988, IDT).
18. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологи. Учеб. пособие для хим.-технол. спец. ВУЗов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. Шк., 1985. – 327 с.
19. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёрст, Б. Рёнц, пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 301 с.
20. Батунер Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батунер, М.Е. Позин. – Л.: Госхимиздат, 1960. – 640 с.
21. Бояринов А.И. Методы оптимизации в химической технологи / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. – М.: Химия, 1969. – 564 с.

УДК 641.827:642.58.57.36.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СУПІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКЛАСТЕРНОЇ ВОДИ

**Пересічний М.І., д-р техн. наук, професор, Федорова Д.В., канд. техн. наук., доцент,
Козачишена О.О., асистент**

У статті науково обґрунтовано інноваційні технології супів для військовослужбовців оздоровчого призначення з використанням електроактивованої води з резонансною мікрокластерною структурою та фізіологічно функціональних інгредієнтів рослинного походження, що дозволило оптимізувати нутрієнтний склад супів за вмістом дефіцитних у раціонах військовослужбовців есенціальних нутрієнтів, надати супам антиоксидантних властивостей.

In this article scientifically found and innovative technologies developed for military soups preventive purposes using of elektroactivated water with mikroklaster resonance structure and physiologically functional ingredients of vegetable origin, thereby optimizing the composition nutrients soups the contents of diets deficient in military esentsinyh nutrients to soups antioxidant properties.

Ключові слова: супи-пюре оздоровчого призначення для військовослужбовців, електроактивована вода з резонансною мікрокластерною структурою, окислювально-відновний потенціал, овочеві композиції, фізіологічно функціональні інгредієнти, есенціальні нутрієнти, антиоксидантні властивості.

Повноцінне харчування військовослужбовців – одне з важливих соціальних завдань сьогодення. Здорове харчування забезпечує нормальний розвиток організму, визначає розумовий і фізичний розвиток, оптимальне функціонування всіх органів і систем, формування імунітету й адаптаційних резервів організму, що є актуальним для військовослужбовців. Для виконання завдань військовослужбовці повинні мати високий рівень професійного здоров'я, під яким слід розуміти здатність організму зберігати компенсаторні та захисні можливості в екстремальних умовах.

Сучасне харчування військовослужбовців можна оцінити як недостатнє за основними нутрієнтами. Добовий раціон військовослужбовців незбалансований за основними харчовими речовинами. Недостатнім є вживання продуктів тваринного походження, що спричиняє дефіцит таких важливих нутрієнтів, як повноцінний білок, залізо, кальцій, вітаміни А, групи В тощо. Виявлено також дефіцит поліненасичених жирних кислот, мікронутрієнтів (йод, залізо, цинк, тощо), вітамінів-антиоксидантів, клітковини. Такий стан харчування військовослужбовців призводить до зниження працездатності, швидкої фізичної та психічної втомлюваності, зниження фізичної сили, зростання хронічних неінфекційних захворювань: (серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, хвороб обміну речовин, онкологічних), зниження стійкості організму до інфекційних і вірусних захворювань тощо.

У зв'язку з вищезазначеним корекція та профілактика наявних дефіцитів у харчуванні військовослужбовців, оптимізація кількісного і якісного складу їхніх раціонів - одне з невідкладних завдань охорони здоров'я, яке повинно стати пріоритетом держави в стратегії зміцнення здоров'я військовослужбовців України. При цьому ефективним способом оптимізації раціону харчування є впровадження продуктів оздоровчого призначення з підвищеним вмістом концентратів повноцінного білка, вітамінів, макро- та мікроелементів, харчових волокон, що дозволить знизити дефіцит есенціальних речовин, спрямовано змінюва-