

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**АКСЬОНОВА ОЛЕНА ФЕДОРІВНА**

УДК 658.513:663.8:628.16

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА  
БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та  
фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент

**Михайленко Володимир Григорович,**

Харківський державний університет харчування та торгівлі, доцент кафедри охорони праці та екології підприємств харчування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

**Погожих Микола Іванович,**

Харківський державний університет харчування та торгівлі, завідувач кафедри енергетики та фізики

кандидат технічних наук, доцент

**Немирович Петро Михайлович,**

Національний університет харчових технологій, професор кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування

Провідна установа: Донецький національний університет економіки

і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, кафедра обладнання харчових виробництв, Міністерство освіти і науки України, м. Донецьк

Захист відбудеться “17” травня 2007 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий “17” квітня 2007 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Дубініна А.А.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Основними споживачами води в харчовій промисловості є підприємства, що виробляють напої. Якість, смак, а також термін зберігання вироблених безалкогольних напоїв значною мірою залежать від складових технологічної води, яка становить до 100% масової частки продукції.

Водопостачання більшості підприємств України, що виробляють напої, здійснюється з артезіанських свердловин. Такі води практично не забруднені речовинами антропогенного походження та протягом тривалого часу зберігають незмінні фізико-хімічні властивості, що повною мірою сприяє одержанню напоїв стабільно високої якості. Склад підземних вод досить різноманітний за вмістом розчинних газів, макро- та мікроелементів, органічних сполук і мікрофлори. Спільною рисою типових для України підземних маломінералізованих вод (ПМВ) є наявність окремих нестабільних речовин (сполук заліза, розчинних газів), а також перевищення допустимих концентрацій фторид-іонів. Це знеможливує застосування таких підземних вод у виробництві напоїв без попереднього коригування вмісту фторид-іонів і сполук заліза.

Традиційно для вилучення фторид-іонів з води використовується процес їх осадження алюмінійвмісними коагулянтами з подальшим використанням процесу фільтрування для відділення завислих домішок. Така обробка води не відповідає сучасним вимогам щодо екологічної безпеки виробництва напоїв, тому що передбачає використання великих концентрацій реагентів, які безпосередньо додаються у технологічну воду. Таким чином, актуальною є розробка процесу селективного видалення фторид-іонів з підземних вод без прямого додавання реагентів у воду. Цей процес може бути реалізований лише за умов фільтрування високофтористої води крізь активне щодо селективної адсорбції фторид-іонів завантаження механічного фільтра.

Для видалення надлишку сполук заліза традиційно використовується процес фільтрування з попередньою аерацією. Такий метод є неефективним для видалення складних комплексних форм заліза, продукти окиснення яких важко відфільтровуються завантаженням механічного фільтра. Тому актуальним є удосконалення процесу видалення з ПМВ складних комплексних форм заліза. Упровадження процесів видалення фторид-іонів і сполук заліза дозволяє удосконалити процес виробництва високоякісних безалкогольних напоїв та розширити сировинну базу щодо технологічної води.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до основних напрямків наукових досліджень ХДУХТ за темами №12-02-04Б “Розділення рідких середовищ за допомогою іонообмінних мембран”, №4-04-06Б “Кондиціонування води по фтору у виробництві напоїв” (№ держреєстрації 0104U002575), №9-02Д “Розробка рекомендацій з підготовки технологічної води для виробництва напоїв та води питної газованої” (№ держреєстрації 0102U006250), №3-04Д “Розробка рекомендацій з підготовки технологічної води для виробництва напоїв та розливу води питної газованої” (№ держреєстрації 0104U002388).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є удосконалення процесу виробництва безалкогольних напоїв шляхом розробки методів підготовки ПМВ для технологічних потреб.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- дослідити процеси вилучення фторид-іонів та сполук заліза з води шляхом фільтрування на експериментальних лабораторних установках;
- дослідити процес видалення методом осадження надлишку фторид-іонів з води різними коагулянтами з метою визначення найбільш ефективного алюмінійвмісного коагулянту;
- вибрати зернисте завантаження (ЗЗ) механічного фільтра та визначити режими модифікації ЗЗ алюмінійвмісним коагулянтом для подальшого проведення процесів видалення фторид-іонів та сполук заліза;
- дослідити механізм процесу та визначити закономірності видалення фторид-іонів шляхом фільтрування крізь модифіковане алюмінійвмісним коагулянтом ЗЗ;
- порівняти ефективність вилучення надлишку фторид-іонів з води методом фільтрування крізь модифіковане зернисте завантаження (МЗЗ) з іншими методами;
- дослідити механізм і закономірності процесу вилучення надлишку комплексних форм заліза шляхом фільтрування крізь МЗЗ;
- розробити функціональні схеми установок видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза з ПМВ шляхом фільтрування;
- упровадити розроблений процес на підприємствах з виробництва безалкогольних напоїв.

*Об'єкт дослідження* – процеси видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза з ПМВ у виробництві безалкогольних напоїв.

*Предмет дослідження* – маломінералізовані води з підвищеним вмістом іонів фтору та заліза.

*Методи дослідження* – сучасні методи з використанням вимірювальних приладів, а також розрахунково-експериментальні методи із застосуванням математичного моделювання процесів фільтрування та сорбції; стандартні й удосконалені методики визначення концентрації фторид-іонів та іонів заліза у підземних водах; стандартні методи визначення фізико-хімічних показників природної та обробленої води; методика математичної обробки результатів експериментів з використанням обчислювальної техніки.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- розроблено спосіб видалення фторид-іонів шляхом фільтрування високофтористої води крізь модифіковане алюмінійвмісним коагулянтом ЗЗ механічного фільтра; як завантаження запропоновано використовувати кримський гірський гранодіоритний пісок та визначено режими його модифікації;
- визначено, що ефективність процесу видалення фторидів на різних типах ЗЗ зумовлена формуванням активної плівки гідроксиду алюмінію на поверхні зерен завантаження;
- встановлено, що видалення фторид-іонів відбувається шляхом іонообмінної сорбції з одночасним утворенням алюмінійфторидних комплексних сполук на поверхні алюміній гідроксиду;

- встановлено залежність ефективності видалення фторидів з води від режимів процесу фільтрування крізь МЗЗ та показників вхідної води, головним з яких є рН;

- встановлено, що видалення комплексних сполук заліза відбувається за механізмом адсорбції комплексних іонів заліза поверхнею модифікованого завантаження;

- розроблено спосіб видалення комплексних сполук заліза шляхом фільтрування крізь МЗЗ та встановлено параметри процесу фільтрування;

- розроблено функціональні схеми фільтрувальних установок видалення з ПМВ надлишку іонів фтору та сполук заліза, визначено режими процесу та наведено перелік обладнання експериментальних установок.

На технічні рішення, запропоновані в дисертаційній роботі, отримано 2 патенти України на корисну модель.

**Практичне значення одержаних результатів.** У результаті проведених досліджень розроблено процеси видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза з типових артезіанських вод України шляхом фільтрування крізь МЗЗ для харчових виробництв.

Визначено вплив концентрації розчину коагулянту, яким модифікується ЗЗ, швидкості фільтрування крізь МЗЗ та рН вхідної води на процес видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза з артезіанських вод. Запропоновані раціональні режимні параметри цих процесів.

Розроблений спосіб дозволяє зменшити витрату коагулянту у випадку видалення фторидів майже в 9 разів, у випадку видалення сполук заліза – у 5...7 разів.

*Реалізація роботи.* Змонтовано та здано до експлуатації дослідно-промислові установки кондиціонування води для виробництва безалкогольних напоїв та води питної газованої на Чугуївському заводі мінеральних вод (акт від 22.11.2004 р.), на підприємствах „Сенді ЛТД” (м. Святогірськ, акт від 10.11.2005 р.) та ПФ „ГАЛС” (м. Харків, акт від 07.02.2006 р.).

Економічний ефект від впровадження установки на Чугуївському заводі мінеральних вод складає 18 904 грн на рік, а на підприємстві „Сенді ЛТД” – 18 600 грн на рік.

**Особистий внесок здобувача** в отриманні наукових результатів полягає в аналізі літератури за темою досліджень, плануванні та проведенні наукових експериментів, обробці експериментальних даних, формулюванні висновків та рекомендацій, підготовці матеріалів до публікацій та участі у впровадженнях дослідно-експериментальних установок кондиціонування підземних вод.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації і результати досліджень доповідались, обговорювались та були схвалені на: Дев'ятій щорічній науковій конференції, яка проходила у межах Днів науки НаУКМА, присвячених 10-річчю відродження Києво-Могилянської Академії (м. Київ, 2003 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Вода для устійливого розвитку общества. Интегрированное управление водными ресурсами” (Україна, АР Крим, м. Щьолкіно, 2003 р.); Міжнародній науково-методичній конференції, присвяченій 35-річчю академії „Стратегічні напрямки розвитку підприємств, харчових виробництв та торгівлі” (м. Харків, 2003 р.); Міжнародній науково-практичній

конференції „Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі” (м. Харків, 2003 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції „Актуальні аспекти харчових технологій і розвитку підприємств торгівлі та ресторанного господарства” (м. Харків, 2004 р.); VII Міжнародній науково-практичній конференції „Вода: проблемы и решения” (м. Дніпропетровськ, 2004 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції „Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі. Екологічні стратегії і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг” (м. Харків, 2005–2006 р.); Міжнародній науково-практичній конференції „Актуальні проблеми харчування: технологія і обладнання, організація і економіка” (м. Донецьк, 2005 р.); 72-й науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті” (м. Київ, 2006 р.); International scientifically-practical conference “The science: theory and practice” (Чехія, м. Прага, 2005 р.); II Mezinarodni vediko-prakticka konference “Perspektivni novinky vedy a technici – 2005” (Чехія, м. Прага, 2005 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Наука та освіта – 2006” (м. Дніпропетровськ, 2006 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції „Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія” (м. Харків, 2006 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 21 наукову працю, у тому числі 12 статей, з них 11 у фахових виданнях, затверджених ВАК України, 2 деклараційні патенти України на корисну модель, 7 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, списку використаних джерел, що включає 177 найменувань, у тому числі 28 іноземних та 7 додатків. Дисертацію викладено на 160 сторінках. Вона містить 34 рисунків та 26 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, показано її актуальність, наукову новизну та практичне значення, сформульовано мету та задачі дослідження.

**У першому розділі** “Прикладні аспекти кондиціонування підземних маломінералізованих вод” відзначено, що вода є основною сировиною у виробництві безалкогольних напоїв. Відмічено, що від її фізико-хімічного складу значною мірою залежать органолептичні показники продукту. Наведено вимоги до складу води, що використовується у виробництві безалкогольних напоїв.

Розглянуто типові води України і, зокрема, Харківської області, доведено, що всі вони належать до типу маломінералізованих. Здебільшого для них характерні підвищені концентрації сполук заліза, фторид-іонів та сірководню, що знеможливило використання подібних вод у виробництві напоїв без попередньої підготовки.

Відмічено, що фторид-іон є фізіологічно активним аніоном, щодо якого як вітчизняні, так і міжнародні стандарти висувають верхню та нижню межі вмісту. Вміст заліза регламентується галузевими вимогами, адже перевищення його концентрації у технологічній воді погіршує якість безалкогольних напоїв.

Наведено типові схеми установок та розглянуто традиційні процеси вилучення фторид-іонів та сполук заліза із води, що використовуються на підприємствах харчової промисловості. Встановлено, що існуючі способи зниження концентрації фторид-іонів та сполук заліза в деяких випадках вимагають великої кількості коагулянту або розчину, що йде на регенерацію фільтра, та суттєво змінюють основні показники природної води. Крім того, такі способи не завжди ефективні стосовно зниження вмісту комплексних сполук заліза та фторидів.

Відмічено, що мембранні методи – зворотний осмос та електродіаліз не підходять для селективного видалення фторид-іонів та сполук заліза, бо знижують загальний солевміст, що не завжди є доцільним.

Відзначено, що дослідження з модифікації цеолітів з метою їх використання для вилучення сполук заліза і фторид-іонів шляхом фільтрування показали, що запропонований процес не може бути використаний у виробництві напоїв унаслідок сильного підлудження води.

Отже, виходячи зі зростаючих вимог щодо якості технологічної води у виробництві безалкогольних напоїв, актуальним є удосконалення фільтрувальних процесів видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза з ПМВ, що може бути досягнуто інтенсифікацією процесів сорбції шляхом модифікації 33 механічних фільтрів.

На основі проведеного аналізу літератури обґрунтовано вибір об'єктів дослідження, методів модифікування, модифікуючих речовин і параметрів квазібезреагентного процесу видалення з води надлишку фторидів та сполук заліза з метою її подальшого використання у процесах виробництва безалкогольних напоїв.

**У другому розділі** “Предмети та методи дослідження” наведено характеристику предметів та методів досліджень. Показники якості води визначалися за методиками, регламентованими діючими стандартами, а саме за ГОСТ 2874-82 “Вода питна”. Наведено характеристики найбільш поширених алюмінійвмісних коагулянтів, що використовують під час кондиціонування води.

Особливу увагу спрямовано на методики визначення фторид-іонів та катіонів заліза в різних формах. Запропоновано визначати заряд комплексних сполук заліза шляхом електрофорезу з іонообмінними мембранами. Вміст фторид-іонів визначали фотометричним і потенціометричним методами. Удосконалено існуючу методику потенціометричного виявлення фторидів, оскільки стандартна методика не дозволяє визначати окремо вміст вільного фториду та загальний вміст фторид-іонів включно з комплексними сполуками.

Наведено схеми розроблених та виготовлених експериментальних лабораторних і стендових установок для дослідження фільтрувальних процесів видалення сполук заліза та фторид-іонів.

У третьому розділі “Дослідження процесу видалення фторидів з підземних маломінералізованих вод” розглянуто теоретичні засади видалення надлишку фторидів з природних вод методом осадження коагулянтами. У лабораторних умовах методом осадження визначено інтервал значень рН, за яких відбувається процес дефторування, тобто закріплення сполук фтору на поверхні коагуляційної структури. Встановлено, що за реагентної коагуляції при  $\text{pH} < 5$  дефторування не відбувається. Залишкова концентрація фториду  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  в цьому інтервалі рН пояснюється зв’язуванням фторид-іонів іонами алюмінію в алюмінійфторидні комплекси. При  $\text{pH} > 5$  починається утворення коагуляційної структури алюміній гідроксиду, тобто утворення осаду. Таким чином, значення рН  $5...7$  відповідають області динамічної рівноваги процесу зменшення концентрації алюмінійфторидних комплексів та зростання концентрації фторид-іонів. Саме у цій області рН і відбувається процес видалення фторид-іонів з води під час застосування способу осадження коагулянтами.

З’ясовано, що саме на розгалуженій поверхні коагуляційної структури і відбувається часткова заміна гідроксильних іонів фторид-іонами. У загальному вигляді цей процес можна навести наступним чином:  $\text{R}(\text{AlOH}^{2+}) + \text{F}^- \Leftrightarrow \text{R}(\text{AlF}^{2+}) + \text{OH}^-$ , де R – “матриця” алюміній гідроксиду, яка утримує на своїй поверхні активний центр, здатний до утворення алюмінійфторидного комплексу.

Таким чином, утворення коагуляційної структури алюміній гідроксиду є обов’язковою умовою дефторування водних розчинів. Але подальше зростання рН розчину призводить до заміни фторид-іонів гідроксид-іонами у комплексних сполуках алюмінію і як слідство – до зростання концентрації фторид-іонів у розчині. З іншого боку, проводити видалення фторид-іонів осадженням коагулянтами за більш низьких значень рН ніж 5 неможливо через те, що за цих умов починається розчинення осаду алюміній гідроксиду.

Досліджено процес видалення фторидів з води шляхом фільтрування крізь МЗЗ. Визначено найбільш ефективний коагулянт для модифікації ЗЗ фільтра та інтервал концентрацій модифікуючого розчину. Цим коагулянтом є алюміній пентаоксихлорид. Концентрація модифікуючого розчину знаходиться в інтервалі  $60...300 \text{ мг/дм}^3$  (за Al). Модифікація ЗЗ здійснюється шляхом його обробки розчином алюміній пентаоксихлориду. Внаслідок цього на негативно зарядженій поверхні зерен завантаження закріплюється активна щодо сорбції фторид-іонів плівка позитивно зарядженого золю алюміній гідроксиду.

Як ЗЗ механічного фільтра випробувано: кварцовий пісок, гідроантрацит, кримський гірський гранодіоритний пісок та попередньо підготований цеоліт Сокирницького родовища. Так, гідроантрацит дозволяє отримати  $12,25$  об’ємів дефторованої води на об’єм завантаження. Аналогічний показник для кварцового піску становить  $19,6$ , для цеоліту –  $38$ , а для гранодіоритного піску –  $39,2$ . Встановлено, що найкращу дефторуючу здібність виявляє кримський гірський гранодіоритний пісок. Причиною цього є розвинена поверхня та полімінеральний склад гранодіоритного піску, що зумовлює збільшену кількість і товщину активної плівки алюміній гідроксиду.

Під час проведення лабораторного експерименту встановлено, що видалення фторид-іонів шляхом фільтрування крізь МЗЗ ефективно відбувається, коли швидкості фільтрування становлять  $2...5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{-год}$ .



Визначено, що спосіб видалення надлишку фторид-іонів з води шляхом фільтрування крізь МЗЗ є більш ефективним, ніж традиційний спосіб осадження алюмінійвмісним коагулянтном, через можливість його проведення за більш низьких значень рН, що дозволить зменшити конкуренцію з боку гідроксид-іонів під час утворення гідроксидних комплексів алюмінію та призведе до більш ефективного видалення надлишку фторидів.

Визначено, що з усіх факторів, що впливають на процес видалення фторид-іонів шляхом фільтрування крізь МЗЗ, найбільш вагомими є: значення водневого показника води, концентрація розчину коагулянту, яким модифікується завантаження фільтру та швидкість фільтрування.

Для визначення раціональних значень параметрів процесу було проведено повний факторний експеримент (ПФЕ-2<sup>3</sup>). На основі його результатів зроблено висновок, що з усіх факторів найбільший вплив на залишкову концентрацію фторид-іону у воді, що пройшла крізь фільтр, чинить рН вхідної води.

Типові залежності залишкової концентрації вільного та загального фтору від питомого об'єму пропущеної води за різних значень рН наведені на рис. 1.

На підставі повного факторного експерименту визначено раціональні параметри проведення процесу видалення фторид-іонів з води шляхом фільтрування крізь МЗЗ: концентрація розчину коагулянту, яким модифікується завантаження, – 228 мг/дм<sup>3</sup>; швидкість фільтрування – 3,40 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год; рН води – 5,43.

З рис. 1 видно, що отримані залежності залишкової концентрації фторид-іонів у воді після обробки шляхом фільтрування крізь МЗЗ від питомого об'єму пропущеної води є подібними до кривих адсорбції у мономолекулярному шарі адсорбенту, тобто можуть бути описані виходячи з основних положень теорії Ленгмюра, яка передбачає, що адсорбційна ємність поверхні фіксована, і більше цієї величини адсорбція неможлива.

Рис. 1. Залежність залишкової концентрації загального фтору ( $C_F$ ) від питомого об'єму пропущеної води ( $V$ ): швидкість фільтрування – 3,4 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год; концентрація коагулянту – 300 мг/дм<sup>3</sup> (за алюмінієм):  $\diamond$  – рН вхідної води 8,2;  $\square$  – рН вхідної води 4,5

Під час адсорбції з розчину, який має фіксовану вихідну концентрацію фторид-іонів, ця ємність буде заповнена не повністю – частина адсорбційних центрів зі слабкою активністю залишиться вільною. Таким чином, максимальна кількість сорбованого за цієї концентрації фтору буде визначатися за рівнянням, аналогічним до рівняння Ленгмюра:

$$\Gamma' = \frac{\Gamma_{\infty} \cdot \epsilon \cdot C}{1 + \epsilon \cdot C}, \quad (1)$$

де  $\Gamma'$  – максимальна кількість фтору, сорбованого за певної вхідної концентрації фторид-іонів у воді, моль/м<sup>2</sup>;  $C$  – концентрація фторидів у вхідній воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $\Gamma_{\infty}$  – максимально можлива сорбція або фіксована ємність поверхні, моль/м<sup>2</sup>;  $\epsilon$  – стала.

Доцільно зробити припущення, що поточна кількість сорбованого фтору буде визначатися об'ємом пропущеної води за тією ж самою формулою. При цьому, чим більше води оброблено, тим більша сорбція ( $\Gamma$ ):

$$\Gamma = \frac{\Gamma' \cdot a \cdot V}{1 + a \cdot V}, \quad (2)$$

де  $a$  – стала у цьому рівнянні;  $V$  – питомий об'єм обробленої води, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Оскільки концентрація фтору в обробленій воді ( $C_{F^-}$ ) пов'язана з сорбцією ( $\Gamma$ ) рівнянням:

$$C_{F^-} \cdot V = C \cdot V - \Gamma, \quad (3)$$

то після його підстановки до формули (3) отримуємо:

$$C_{F^-} = \frac{C \cdot a \cdot V}{1 + a \cdot V}, \quad (4)$$

Оброблення експериментальних даних за цим рівнянням за допомогою програми Mathcad показала, що дефторування води фільтруванням крізь МЗЗ не підпорядковується механізму мономолекулярної сорбції (рис. 2), оскільки експериментальні точки не лежать на розрахованій за рівнянням (4) кривій.

Для описання отриманих експериментальних результатів більше підходить рівняння, що подібне за виглядом до рівнянь іонообмінної сорбції:

$$C_{F^-} = C \cdot (1 - e^{-kV}), \quad (5)$$

де  $k$  – емпіричний коефіцієнт, який враховує у цьому рівнянні вплив концентрації коагулянту, час контакту води із ЗЗ та її рН на процес адсорбції фторид-іонів на поверхні модифікованого завантаження.

На рис. 3 наведено залежність  $C_{F^-}$  від  $V$  за тих же умов проведення процесу дефторування, з якої видно, що експериментальні точки співпадають з кривою. Це підтверджує адекватність рівняння (5) експериментальним даним.

Рис. 2. Залежність  $C_{F^-}$  від  $V$  за моделлю мономолекулярної сорбції:  
○ – експериментальні точки;  
наведена крива розрахована за рівнянням (4)

Порівняно запропонований процес видалення

Рис. 3. Залежність  $C_{F^-}$  від  $V$  за моделлю іонообмінної сорбції:  
○ – експериментальні точки;  
наведена крива розрахована за рівнянням (5)

фторид-іонів фільтрацією крізь МЗЗ з мембранними процесами видалення фторид-іонів під час демінералізації води. Досліджено процес вилучення фторид-іонів, що супроводжує електродіалізне знесолення води. Визначено числа перенесення іонів  $F^-$  через два типи іонообмінних мембран: МА-40 (виробник – ЗАО „Щекиноазот”, мембрана на основі смоли змішаної основності ЕДЕ-10п) та АМІ-7001 (виробник – Membrane International Inc., США, мембрана на базі сильноосновної смоли типу АВ-17-8). Встановлено, що зменшення концентрації фторид-іонів становить 70% від зменшення загальної мінералізації. Натомість у разі знесолення води зворотним осмосом на мембранах CSM фірми „Saehan industries” фторид-іони затримуються на 20% краще, ніж інші аніони ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ).

Таке явище цілком природне, оскільки фторид-іон гідратований значно сильніше, ніж інші аніони солей, і тому має меншу рухомість у фазі іонообмінної мембрани та більше затримується зворотноосмотичною мембраною. Встановлено, що проводити видалення фторид-іонів з води зворотним осмосом або електродіалізом недоцільно через неможливість селективного видалення фтору.

**У четвертому розділі** “Вилучення сполук заліза на модифікованому завантаженні” досліджено процес видалення сполук заліза з води шляхом фільтрування крізь МЗЗ. Як алюмінійвмісний коагулянт було використано алюміній пентаоксихлорид, а як зернисте завантаження фільтра – кримський гірський гранодіоритний пісок.

Розроблено спосіб знезалізнення на МЗЗ, що дозволяє вилучати з води високі концентрації заліза у формі комплексних сполук, які важко вилучаються традиційним способом фільтрування з попередньою аерацією. Процес є квазібезреагентним – безпосередньо у продукційну воду реагенти не додаються.

Встановлено, що в основі видалення надлишку сполук заліза фільтруванням крізь модифіковане зернисте завантаження лежить процес адсорбції комплексних аніонів заліза позитивно зарядженою внаслідок модифікації поверхнею завантаження. Схема взаємодії комплексних сполук заліза з модифікованою поверхнею зернистого завантаження наведена на рис. 4.

Поступове вичерпання адсорбційної ємності робочого шару завантаження підпорядковується основним принципам теорії Ленгмюра.

Визначено режими модифікації ЗЗ, параметри фільтрування води та вид фільтрування під час видалення з води комплексних сполук заліза. Концентрація заліза в обробленій воді не перевищувала

0,05...0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Під час використання розробленого процесу потреба в коагулянті знижується у 5...7 разів порівняно з традиційним методом осадження коагулянтном.

Запропоновано спосіб скорочення часу підготовки фільтра до вилучення невеликих надлишків простих іонних форм заліза після його регенерації. Цей спосіб також передбачає використання попередньої модифікації зернистого завантаження розчином алюміній пентаоксихлориду. При цьому час введення фільтра в робочий режим скорочується у 5 разів.

Рис. 4. Схема взаємодії комплексних сполук заліза з модифікованою поверхнею зернистого завантаження: 1 – зерно завантаження, поверхня якого має негативний заряд; 2 – позитивно заряджена активна плівка, утворена внаслідок гідролізу алюміній пентаоксихлориду; 3 – шар адсорбованих комплексних сполук заліза, де  $Ap^-$  – аніони гумінових кислот

**У п'ятому розділі** “Розробка дослідно-промислових установок кондиціонування води” розроблено функціональні схеми дослідно-промислових установок кондиціонування води для виробництва води питної газованої та безалкогольних напоїв на Чугуївському заводі мінеральних вод, на підприємствах „Сенді ЛТД” і ПФ “ГАЛС”.

Принципову схему установки ресурсозаощаджуючого дефторування води на Чугуївському заводі мінеральних вод (с. Башкирівка, Харківська обл.) наведено на рис. 5.

Особливістю запропонованої схеми є попередня обробка води на Н-катионітовому фільтрі перед фільтруванням крізь модифіковане зернисте завантаження, що дозволяє знижувати рН води.

Продуктивність установок на підприємствах „Чугуївський завод мінеральних вод” та „Сенді ЛТД” складає 10 м<sup>3</sup>/год; на заводі ПФ „ГАЛС” - 30 м<sup>3</sup>/год. Фільтроцикл на підприємствах „Чугуївський завод мінеральних вод”, „Сенді ЛТД” та ПФ „ГАЛС”, відповідно, становить 8, 24 та 80 год. Регенерація зернистого завантаження фільтрів здійснюється шляхом збурюючої промивки із застосуванням стиснутого повітря.

Після цього фільтри модифікують розчином коагулянту та включають їх у робочий режим. Час підготовки фільтра до роботи (включно із модифікацією) складає 40 хв.

Проведено розрахунок та вибір основного обладнання дослідно-промислових установок кондиціонування підземних вод. Дослідно-промислові установки кондиціонування води для виробництва води питної газованої та безалкогольних напоїв змонтовано та здано до експлуатації на Чугуївському заводі мінеральних вод (акт від 22.11.2004 р.), підприємстві „Сенді ЛТД” (акт від 10.11.2005 р.), ПФ „ГАЛС” (акт від 07.02.2006 р.).

Рис. 5. Принципова схема установки видалення фторидів методом фільтрування крізь модифіковане зернисте завантаження: 1 – повітряний фільтр; 2 – ежектор; 3 – збірник-накопичувач; 4 – вентилятор; 5 – насос; 6 – фільтр грубої очистки; 7 – водень-катіонітовий фільтр; 8 – фільтр з тришаровим завантаженням; 9 – збірник коагулянту (коагулянт випускається під торговою маркою ПОЛВАК); 10 – фільтр тонкої очистки; 11 – насос-дозатор; 12 – ультрафіолетова лампа; 13 – збірник-накопичувач для очищеної води

Результати промислових експериментів, проведених на цих установках, дозволили встановити граничну швидкість фільтрування води для ефективного перебігу процесів дефторування та знезалізнення (рис. 6, 7). Загалом експерименти підтвердили результати лабораторних досліджень. На Чугуївському заводі мінеральних вод у ході промислового експерименту встановлено граничну швидкість фільтрування води, яка становить  $10,5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{-год}$ .

Рис. 6. Залежність залишкової концентрації фтору ( $C_F$ ) від швидкості фільтрування ( $x$ ) на Чугуївському заводі мінеральних вод

Рис. 7. Залежність залишкової концентрації заліза ( $C_{Fe}$ ) від швидкості фільтрації води ( $x$ ):  $\blacklozenge$  – на підприємстві „ГАЛС”;  $\blacksquare$  – на підприємстві „Сенді ЛТД”

Ресурсозаощаджуючі установки підготовки води працюють протягом двох років у стабільному режимі. Досягнуті показники якості очищеної води залишаються практично без змін. Економічний ефект від впровадження установки на Чугуївському заводі мінеральних вод складає 18 904 грн на рік, а на підприємстві „Сенді ЛТД” (м. Святогірськ) – 18 600 грн на рік.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що підприємствами харчової промисловості у більшості випадків використовуються води підземних джерел. Значна частина ПМВ України має підвищений вміст фторидів та сполук заліза. Використання цих вод як сировини для виробництва безалкогольних напоїв гальмується через відсутність простих і ефективних методів видалення надлишку фторидів та сполук заліза.

2. Досліджено процес видалення методом осадження фторидів з води різними коагулянтами. Встановлено, що найбільш ефективним коагулянтом для видалення надлишку фторидів є алюміній пентаоксихлорид.

3. Встановлено, що найбільш придатним ЗЗ механічного фільтра є кримський гірський гранодіоритний пісок. Визначено режими його модифікації обробкою коагулянтом (концентрація розчину алюміній пентаоксихлориду у перерахунку на алюміній складає 228 мг/дм<sup>3</sup>, час обробки – 30 хв).

4. Встановлено, що в основі процесу видалення з води фторид-іонів з використанням алюмінійвмісних коагулянтів, зокрема алюміній пентаоксихлориду, лежить механізм іонообмінної сорбції з одночасним утворенням алюмінійфторидних комплексних сполук на поверхні алюміній гідроксиду.

5. Розроблено процес видалення фторид-іонів шляхом фільтрування води крізь МЗЗ. Показано, що найбільший вплив на ступінь вилучення фторид-іонів має рН вхідної води. Встановлено, що видалення

фторид-іонів ефективно відбувається при рН води 5,43. В ході проведення промислового експерименту визначено, що гранична швидкість фільтрування води складає  $10 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$ . Під час використання розробленого процесу витрати коагулянту знижуються майже в 9 разів.

6. Запропоновано математичну модель, що дозволяє розрахувати питомий об'єм води, яка відповідає галузевим вимогам щодо концентрації фторидів, у процесі фільтрування крізь МЗЗ.

7. Порівняння розробленого методу видалення надлишку фторид-іонів фільтруванням крізь МЗЗ з мембранними методами показало, що запропонований метод дозволяє селективно видаляти фторид-іони, у той час як мембранні методи знижують загальний солеміст.

8. Розроблено квазібезреагентний фільтрувальний процес видалення з води комплексних сполук заліза, які важко вилучаються традиційним шляхом фільтрування з попередньою аерацією. Встановлено, що в основі видалення надлишку сполук заліза лежить механізм адсорбції комплексних аніонів заліза позитивно зарядженою внаслідок модифікації поверхнею завантаження.

9. Визначено режими модифікації ЗЗ (концентрація розчину алюміній пентаоксихлориду у перерахунку на алюміній складає  $60 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , час обробки – 30хв), швидкості фільтрування води (для підприємства „Сенді ЛТД” –  $4 \dots 5 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$ , а для ПФ „ГАЛС” –  $11 \dots 12 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{год}$ ) та види фільтрування під час видалення з води комплексних сполук заліза. Після обробки концентрація заліза у воді не перевищує  $0,05 \dots 0,1 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . Під час використання розробленого процесу потреба у коагулянті знижується в 5...7 разів.

10. Розроблено функціональні схеми дослідно-промислових установок кондиціонування води для виробництва води питної газованої та безалкогольних напоїв на Чугуївському заводі мінеральних вод, на підприємствах „Сенді ЛТД” (м. Святогірськ) та на ПФ „ГАЛС” (м. Харків). Зазначені дослідно-промислові установки змонтовано та здано до експлуатації. Економічний ефект від впровадження установки на Чугуївському заводі мінеральних вод складає 18 904 грн на рік, а на підприємстві „Сенді ЛТД” (м. Святогірськ) – 18 600 грн на рік.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф., Юр'єв М.С. Кондиціонування підземних вод для питного водопостачання // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2003. – Ч.1. – С. 379-383.

Здобувачем проаналізовано основний склад підземних вод Харківського регіону, вода яких використовується для виробництва води питної та безалкогольних напоїв.

2. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. Дослідно-промислова установка кондиціонування артезіанської мінералізованої води // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства: Зб. наук. пр. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип.22. – С. 33-38.

Здобувачем запропоновано принципову схему дослідно-промислової установки кондиціювання артезіанської води на Мелітопольському пивзаводі.

3. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. Механізм дефторування води алюміній сульфатом // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 2004. – №55. – С. 59-63.

Здобувачем проаналізовано процеси, що відбуваються під час дефторування води алюміній сульфатом. Запропоновано механізм дефторування за типом утворення комплексної сполуки та конкурентного заміщення гідроксид-іонів фторид-іонами.

4. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. // Дефторування води алюміній пентаоксихлоридом // Вісник Харківського національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – №41. – С. 34-38.

Здобувачем проаналізовано процеси, що відбуваються під час дефторування води алюміній пентаоксихлоридом. Запропоновано механізм дефторування за типом утворення комплексної сполуки та конкурентного заміщення гідроксид-іонів фторид-іонами.

5. Любавіна О.О., Аксьонова О.Ф., Михайленко В.Г. Дефторування підземних вод за допомогою солей алюмінію // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2004. – Ч.1. – С. 259-266.

Здобувачем досліджено процеси, що відбуваються під час дефторування води коагуляцією сульфатом алюмінію, пентаоксихлоридом алюмінію та сумішшю останнього з активною силікатною кислотою.

6. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Торяник Д.О. Оптимізація процесу дефторування підземної води шляхом фільтрування крізь зернисте завантаження // Коммунальное хозяйство городов – К.: Техніка, 2005. – №63. – С. 156-161.

Здобувачем проведено вибір зернистого завантаження та визначено раціональні параметри процесу дефторування підземної води шляхом фільтрування крізь зернисте завантаження.

7. Любавіна О.О., Аксьонова О.Ф., Михайленко В.Г. Зниження вмісту фтору у воді для виробництва напоїв // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДУХТ, 2005. – Вип.1. – С. 322-329.

Здобувачем порівняно процеси, що відбуваються під час дефторування основних типів підземних вод Харківського регіону коагуляцією сульфатом алюмінію, пентаоксихлоридом алюмінію різної основності та сумішшю останнього з активною силікатною кислотою.

8. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф., Торяник Д.О. Особливості використання підземних вод Харківщини у харчових виробництвах // Екологія и промышленность. – 2005. – № 3(4). – С. 38-39.

Здобувачем проаналізовано хімічний склад та органолептичні властивості артезіанських вод Харківщини.



9. Любавіна О.О., Аксьонова О.Ф., Михайленко В.Г. Використання гранодіоритного піску у технології дефторування води // Вісник Харківського національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2005. – №26. – С. 61-66.

Здобувачем запропоновано спосіб дефторування води шляхом фільтрації високофтористої артезіанської води крізь гранодіоритний пісок, оброблений розчином гідроксихлориду.

10. Аксьонова О.Ф., Торяник Д.О., Любавіна О.О., Михайленко В.Г. Побудова математичної залежності дефторування води на модифікованому завантаженні // Вопросы химии и химической технологии. – 2006. – №3. – С. 198-200.

Здобувачем запропоновано емпіричну математичну залежність, яка описує процес фільтрації високофтористої води крізь модифіковане зернисте завантаження.

11. Михайленко В.Г., Любавіна О.О., Аксьонова О.Ф. Вплив природи зернистого завантаження на ефективність знезалізнення води // Вісник Харківського національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2006. – №12. – С. 141-145.

Здобувачем запропоновано спосіб знезалізнення води на модифікованому завантаженні.

12. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Торяник Д.О. Моделювання процесу дефторування води на модифікованому зернистому завантаженні // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2006. – Вип.14. – С.116-121.

Здобувачем запропоновано емпіричну формулу, що дозволяє розрахувати кількість дефторованої води, яку можна отримати з 1 м<sup>3</sup> зернистого завантаження.

13. Деклараційний патент на корисну модель 10615 А Україна, МПК C02F1/58, C02F1/68. Спосіб дефторування води / О.Ф. Аксьонова, О.О. Любавіна, В.Г. Михайленко (Україна). - №200505024; Заявл. 27.05.2005; Опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11. – 3 с.

Здобувачем випробувано промисловий спосіб дефторування води.

14. Деклараційний патент на корисну модель 15039 А Україна, МПК C02F1/64. Спосіб знезалізнення води / О.Ф. Аксьонова, О.О. Любавіна, В.Г. Михайленко (Україна). - №200511387; Заявл. 01.12.2005; Опубл. 15.06.2006, Бюл. № 6. – 3 с.

Здобувачем випробувано промисловий спосіб дефторування води.

15. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г. Вплив солевмісту води на ефективність вилучення фтору // Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 65-річчю з дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва М.І. (19 листопада 2003 р.). – Харків: ХДУХТ, 2003. – С. 239-240.

Здобувачем розглянуто проблему дефторування води за допомогою процесу коагуляції, а також вплив різних солевих форм на ефективність видалення фтору.

16. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. Кондиціонування підземних вод, що містять значні кількості фтору, для виробництва напоїв // Вода для устойчивого развития общества. Интегрированное управление водными ресурсами: Материалы международной научно-практической конференции (23–25 сентября 2003 г.). – Щелкино, Крым, 2003. – С. 57-58.

Здобувачем запропоновано метод одночасного кондиціонування підземних вод щодо вмісту фтору та заліза.

17. Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Аксьонова О.Ф. Фактори погіршення якості води на харчових підприємствах // Вода: проблемы и решения: Материалы VII междунар. науч.-практ. конф. (10 декабря 2004 г.). – Днепропетровск: Гамалія, 2004. – С. 44-46.

Здобувачем розглянуті основні чинники погіршення якості води на харчових підприємствах, розроблено перелік заходів, що попереджають погіршення якості води внаслідок життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів.

18. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г. Роль зернистого завантаження у технології дефторування води // Актуальні проблеми харчування: технологія та обрання, організація і економіка: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (8–9 вересня 2005 р.). – Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2005. – С. 83-86.

Здобувачем розглянуто роль зернистого завантаження у технології дефторування води.

19. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г., Визначення концентрації фторид-іонів у вільному стані та у складі розчинних комплексів алюмінію // Perspektivni novinky vedy a technici – 2005: Materialy II Mezinarodni vediko-prakticka konference (21-29 listopadu 2005 roku). – Praha-Dnepropetrovsk, 2005. – Dil 13. – P. 3-4.

Здобувачем запропоновано удосконалену методику визначення концентрації фторид-іонів у вільному стані та у складі розчинних комплексів алюмінію.

20. Аксьонова О.Ф., Любавіна О.О., Михайленко В.Г. Ресурсозаощаджуючий процес дефторування води на модифікованому завантаженні // Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія: Матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (23–24 травня 2006 р.). – Харків: ХДУХТ, 2006. – Ч.1. – С. 8-10.

Здобувачем встановлено основні закономірності ресурсозаощаджуючого процесу дефторування води на модифікованому завантаженні.

21. Аксьонова О.Ф. Процес дефторування води на модифікованому завантаженні // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: Матеріали 72-ї Наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (17-18 квітня 2006 р.). – Київ: НУХТ, 2006. – Ч. II. – С. 135.

Здобувачем запропоновано математичну залежність, яка описує процес сорбції фторид-іонів під час фільтрації високофтористої води крізь модифіковане зернисте завантаження.

## АННОТАЦІЯ

Аксьонова О.Ф. Удосконалення процесів виробництва безалкогольних напоїв. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2007.

Дисертацію присвячено удосконаленню процесів виробництва напоїв шляхом розробки методів підготовки ПМВ для технологічних потреб.

Досліджено процес видалення методом осадження фторид-іонів з ПМВ різними алюмінійвмісними коагулянтами. Встановлено, що найбільш ефективним коагулянтом є алюміній пентаоксихлорид. Встановлено, що в основі процесу видалення з води фторидів з використанням алюмінійвмісних коагулянтів лежить механізм іонообмінної сорбції з одночасним утворенням алюмінійфторидних комплексних сполук на поверхні алюміній гідроксиду.

Розроблено процеси видалення надлишку фторид-іонів та сполук заліза шляхом фільтрування води крізь МЗЗ. Встановлено, що найбільш ефективним ЗЗ механічного фільтра є кримський гірський гранодіоритний пісок. Визначено режими модифікації завантаження алюміній пентаоксихлоридом та швидкості фільтрування для цих процесів. Показано, що найбільший вплив на ступінь видалення фторид-іонів має рН вхідної води.

Розроблено функціональні схеми дослідно-промислових установок кондиціонування води для виробництва води питної газованої та безалкогольних напоїв.

*Ключові слова:* підземні маломінералізовані води, зернисте завантаження, видалення сполук заліза та фторид-іонів, фільтрування, модифікація, алюмінійвмісний коагулянт.

## АННОТАЦИЯ

Аксенова Е.Ф. Усовершенствование процессов производства безалкогольных напитков. – Рукопись.

Диссертация на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2007.

Диссертация посвящена усовершенствованию процессов производства безалкогольных напитков путем разработки методов подготовки подземных маломинерализованных вод (ПМВ) для технологических потребностей.

Проведен анализ литературы, который показал, что предприятиями пищевой промышленности для производственных нужд в большинстве случаев используются артезианские воды. Значительная часть

артезианских вод Украины содержит избыточные концентрации фторид-ионов и соединений железа. Использование подобных вод в качестве сырья для производства безалкогольных напитков усложняется из-за отсутствия простых и эффективных методов удаления избытка фторид-ионов и соединений железа.

Исследован процесс удаления методом осаждения фторид-ионов из ПМВ разными алюминийсодержащими коагулянтами. Определен наиболее эффективный коагулянт для проведения процесса удаления избытка фторид-ионов из воды – это пентаоксихлорид алюминия. Установлено, что процесс удаления избытка фторид-ионов происходит по механизму ионообменной сорбции с одновременным образованием алюминийфторидных комплексов на поверхности алюминий гидроксида.

Разработан процесс удаления фторид-ионов из ПМВ путем фильтрования через модифицированную зернистую загрузку (МЗЗ) механического фильтра. Разработан способ и режимы модификации зернистой загрузки (ЗЗ) пентаоксихлоридом алюминия. В качестве наиболее эффективной ЗЗ для модификации и дальнейшего дефторирования выбран крымский горный гранодиоритный песок. Установлено, что фактором, наиболее сильно влияющим на эффективность удаления избытка фторид-ионов из воды путем фильтрования через МЗЗ, является рН входной воды. Установлены рациональные режимы для проведения процесса удаления избытка фторид-ионов путем фильтрования через МЗЗ.

Предложена математическая модель, которая позволяет рассчитать удельный объем воды, отвечающей отраслевым требованиям к предельно допустимой концентрации фторид-ионов в процессе фильтрования через МЗЗ.

Сравнение разработанного метода удаления избытка фторид-ионов фильтрованием через МЗЗ с мембранными методами удаления фторидов во время деминерализации воды показало, что предложенный метод позволяет селективно удалять фторид-ионы, в то время как мембранные методы снижают общее солесодержание.

Разработан квазибезреагентный процесс фильтрационного удаления на МЗЗ комплексных соединений железа, которые практически не удаляются традиционным путем. Установлено, что пентаоксихлорид алюминия и крымский горный гранодиоритный песок являются наиболее эффективными коагулянтами и ЗЗ для проведения процесса фильтровального удаления комплексных соединений железа. Установлено, что в основе процесса удаления избытка комплексных соединений железа лежит механизм адсорбции комплексных анионов железа, положительно заряженной вследствие модификации поверхностью ЗЗ.

Определены режимы модификации ЗЗ, скорости и виды фильтрования воды в процессе удаления из воды комплексных соединений железа.

Разработаны схемы опытно-промышленных установок кондиционирования воды. Установки внедрены на предприятиях, которые производят воду питьевую и безалкогольные напитки. Рассчитана экономическая эффективность внедрения установок, которая на Чугуевском заводе минеральных вод составила 18 904 грн в год, а на предприятии „Сенді ЛТД” (г. Славяногорск) – 18 600 грн в год.

Ключевые слова: маломинерализованные подземные воды, зернистая загрузка, удаление фторидов и соединений железа, фильтрация, модификация, алюминийсодержащий коагулянт.

## ANNOTATION

Aksonova O.F. Improvement of processes of production of soft drinks. – Manuscript.

Thesis for Candidate's degree by specialty 05.18.12 – Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2007.

The dissertation is devoted to improvement of processes of production of soft drinks by development of methods of preparation of enough mineralized underground waters for technological necessities.

It is explored process of remove by the method of besieging of fluoride-ions from not enough mineralized underground waters by different aluminum coagulants. The process of remove of fluoride-ions is developed from not enough mineralized underground waters by filtration through the modified grainy load of mechanical filter. A method is developed modifications and modes of modification of grainy load of aluminum pentaoxychloride. As the most effective grainy load for modification and further defluoridation Crimean mountain granodiorith sand is chosen. It is set that by a factor most strongly influencing on efficiency of remove of surplus of fluoride-ions from water by filtration through the modified load is pH entrance water. The process of filtration remove is developed on the modified grainy load of complex compounds of iron, which practically are not deleted by traditional methods. The charts of experimentally-industrial units of conditioning of water are developed. Units are inculcated on enterprises which produces drinkable water and soft drinks.

Keywords: not enough mineralized underground waters, grainy load of mechanical filter, remove of fluoride-ions and compounds of iron, filtration, modification, aluminum coagulant.

Підп. до друку 13.04.07. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. Друк офсет.

Обл.-вид. арк. 1,0. Ум.друк.арк. 1,2. Умов. фарб.-відб. 1,2.

Тираж 100 прим. Заовл. №

---

ДОД ХДУХТ, вул. Клочківська, 333, Харків, 61051