

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

Омар Туркі Мамдох Ершидат

УДК 66.087.97: 664

**РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМЕМБРАННОЇ УСТАНОВКИ ПІДГОТОВКИ
МІНЕРАЛІЗОВАНИХ АРТЕЗІАНСЬКИХ ВОД ДЛЯ ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ**

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

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2002

Дисертацією є рукопис.

Дисертація виконана в Харківській державній академії технології та організації харчування
Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор хімічних наук, професор Торяник Олександр Іванович,

Харківська державна академія технології та організації харчування, завідувач кафедри енергетики та фізики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Гуцалюк Валерій Михайлович, Національний університет харчових технологій, професор кафедри технологічного обладнання харчових виробництв;

доктор технічних наук, професор Шапорев Валерій Павлович, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, завідувач кафедри хімічної техніки та промислової екології

Провідна установа: Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості Мінагрополітики України

Захист відбудеться 2 липня 2002 р. о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

Автореферат розісланий “31” травня 2002 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Михайлов В. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Підприємства харчової промисловості, забезпечуючи високу якість продукції, що випускається, і екологічність виробництва, висувають високі вимоги до сировини і матеріалів. Вода на цих підприємствах використовується як сировина, а також і для санітарної підготовки устаткування, тари, приміщень. Тому вона повинна мати гарні органолептичні властивості і відповідати вимогам державних і галузевих стандартів. З погляду екологічної безпеки підприємства переважно використовують воду з підземних джерел. Це повною мірою відноситься до підземних вод півдня України. На цій території країни спостерігається дефіцит води питної якості, тому некондиційні підземні води тут є альтернативним і найбільш реальним джерелом водопостачання. Аналогічна ситуація складається з водою в пустельних районах Близького Сходу.

Дуже часто артезіанські води мають несприятливі органолептичні властивості і містять підвищені концентрації мінеральних солей. Аналіз сучасних підходів до використання некондиційних за неорганічними компонентами підземних вод для

виробництва харчових продуктів і визначення основних напрямків досліджень по удосконаленню існуючих і розробці нових методів і устаткування для очищення таких вод є актуальною практичною проблемою.

Найбільш розповсюдженими компонентами, що погіршують органолептичні і технологічні характеристики артезіанських вод, є завислі і колоїдні речовини, сірководень, сполуки заліза, високий загальний вміст солей. Якщо з видаленням механічних домішок практично немає проблем, оскільки існує типовий процес фільтрації води через зернисте завантаження, то з видаленням заліза виникають труднощі, тому що відсутня загальна методика обстеження джерел води на з'ясування форм існування заліза.

Досить складною задачею є зниження загального вмісту солей. Для цього зазвичай використовується два мембранних процеси: баромембранний та електромембранний. Електромембранний метод не вимагає глибокої попередньої підготовки води, менш чутливий до коливань солемісту, має більший відсоток корисного використання води й утворює менше стічних вод. На цей час на харчових підприємствах України працюють окремі установки імпортного виробництва, а також реконструйовані електродіалізні установки, що випускалися раніш у СРСР. Однак, навіть модернізовані електродіалізні апарати мають ряд конструктивних недоліків, що не дозволяють значно поліпшити технологічні й економічні показники їхньої роботи. Тому необхідно здійснити розробку конструкції електродіалізного апарата, що дозволить з меншими енерговитратами забезпечувати необхідні технологічні показники очищення некондиційної артезіанської води.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт кафедри охорони праці й екології підприємств харчування Харківської державної академії технології й організації харчування і зв'язана з держбюджетною темою № 9.01.03Б “Кондиціонування підземних вод різного складу Харківської області”.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка енергозберігаючої установки електродіалізного знесолення некондиційних мінералізованих артезіанських вод для використання у виробництві харчових продуктів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розробити методику дослідження і визначення форм заліза у джерелах води;
- розробити найбільш загальні й універсальні рекомендації з попередньої підготовки некондиційних підземних мінералізованих вод;
- дослідити процеси відновлення селективності і провідності іонообмінних мембран, пасивованих сполуками заліза і органічними речовинами;
- дослідити технологічні режими роботи різних конструкцій електродіалізних апаратів;
- дослідити процес електромембранного знесолення мінералізованих вод і визначити фактори, що знижують ефективність процесу знесолення і можливості їхнього усунення;
- розробити конструкцію електродіалізатора з високою енергетичною ефективністю для знесолення мінералізованих вод;
- впровадити результати роботи в практику харчових виробництв.

Об'єктом дослідження є процес електромембранного знесолення води в електродіалізаторах різної конструкції.

Предметом дослідження є природна вода з артезіанських свердловин.

Методи дослідження. Теоретичні методи дослідження електродіалізу, фізико-хімічні методи дослідження складу води, визначення енергетичної ефективності

електродіалізу в апаратах різних конструкцій.

Наукова новизна держаних результатів полягає в:

- розробці методики дослідження форм існування заліза у воді і рекомендацій з його видалення;
- визначенні механізму поляризації і деполяризації мембран у різних конструкціях електродіалізних апаратів;
- визначенні факторів, що знижують ефективність процесу електродіалізного знесолення води, і шляхів їхнього усунення;
- визначенні механізму і кінетики депасивації іонообмінних мембран;
- обґрунтуванні доцільності розробки конструкції електродіалізатора для знесолення мінералізованих вод з підвищеною енергетичною ефективністю.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- розробці методики визначення різних форм сполук заліза у воді;
- розробці послідовності процесів попередньої обробки води для забезпечення високих органолептичних властивостей;
- розробці загальних рекомендацій з попередньої підготовки води перед мембранним знесоленням;
- розробці установки знесолення артезіанських мінералізованих вод;
- модернізації електродіалізного апарата Э 400.01;
- розробці нової конструкції електродіалізного апарата з поліпшеними технологічними й енергетичними показниками.

Реалізація роботи. Технологія попередньої підготовки перевірена і реалізована на Мелітопільському пивоварному заводі (акт від 16.06.2000) та в цеху розливу мінеральної води “Святомиколаївська” підприємства АТ “Полимерагро” (акт передачі рекомендацій від 17.10.2000р).

Реконструйована і впроваджена в експлуатацію установка підготовки мінералізованої артезіанської води для пивоваріння на Мелітопільському пивоварному заводі. У ході виробничих випробувань установки проведена модернізація електродіалізатора Э 400.01 (акт приймальних випробувань від 16.06.2000, акт профілактичної ревізії від 22.05.2001).

На підставі встановленого і доведеного механізму деполяризації мембран розроблена конструкція низьконапірного енергозберігаючого електродіалізатора “Джерело-В”. Робочі креслення апарата передані Харківському заводу “Хартрон-Плант” для виготовлення малої серії апаратів за замовленнями підприємств (акт від 23.01.2002).

Особистий внесок здобувача полягає в: участі у плануванні, постановці наукових експериментів, обробці експериментальних даних, узагальненні отриманих результатів; проведенні досліджень на лабораторній і стендовій електромембранних установках у лабораторії екологічного контролю води; участі у приймальних випробуваннях дослідно-промислової установки на Мелітопільському пивзаводі та у проведенні промислового експерименту на Харківському заводі шампанських вин; проведенні розрахунків окремих складових електродіалізатора з горизонтальним напрямком електричного поля; розробці ескізів проекту.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи заслуговувалися й обговорювалися на науково-технічній конференції “Екологія і здоров'я людини. Охорона водяного і повітряного басейнів. Утилізація відходів” (м. Щелкіно, АР Крим, 2000 р. і 2001 р.), X Всеукраїнській конференції аспірантів і студентів “Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів” (м. Донецьк, 2000 р.), 67 науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Київ, 2001 р.), конференції молодих вчених і фахівців

“Актуальні проблеми сучасної науки в досягненнях молодих вчених” (м. Харків, 2001р.), наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДАТОХ (м. Харків, 2000 – 2001 р.), науково-технічних семінарах (Ізюмський та Мелітопольський пивоварні заводи, Луганський хлібокомбінат “Коровай”).

Матеріали розробки електромембранних процесів були представлені на виставці-ярмарку “Наука Харківщини 2000” і одержали диплом другого ступеня.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 8 наукових праць, з них: 3 статті у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України, 5 тез доповідей на конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 162 найменування, та додатків. Дисертацію викладено на 146 сторінках. Вона містить 25 рисунків та 7 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, показано наукову новизну та практичну цінність роботи.

У **першому розділі** “Електромембранні процеси та їх використання в харчових виробництвах” наведено аналітичний огляд наукової літератури, у якому розглянуто основні вимоги до якості води, яка використовується для виробництва харчових продуктів. Сформульовано основні напрямки підвищення якості води, яка видобувається з артезіанських джерел. Проаналізовані напрямки використання електромембранних методів очищення рідинних середовищ. Показано, що для зниження загальної мінералізації води використовуються мембранні процеси. Найменш вибагливим з них до коливання хімічного складу та параметрів вихідної води є електродіаліз. Тому він більш надійний в умовах експлуатації на харчових підприємствах. У розділі наведено аналіз ефективності електродіалізного устаткування, що випускалося до 1992 р. у колишньому СРСР, а також закордонних аналогів. Розглянуто основні конструктивні особливості електродіалізних апаратів. Показано, що всім серійним електродіалізним установкам властивий загальний недолік: витрати електроенергії на перекачування води приблизно дорівнюють або перевищують витрати на процес знесолення. Це пояснюється необхідністю створювати значні швидкості руху рідини в апараті при високому гідравлічному опорі камер.

Розглянуто основні методи попередньої підготовки води перед електромембранними процесами. Показано, що надійність роботи електродіалізаторів залежить від правильності визначення форм домішок, що пасивують мембрани.

Другий розділ “Об’єкти і методи досліджень” містить характеристику об’єктів, матеріалів і методів досліджень. Експерименти проводилися на створених у лабораторії екологічного контролю якості води Харківської державної академії технології та організації харчування лабораторної та стендової електромембранних установках. Для досліджень використовувались вода Харківського міського водопроводу, артезіанська вода “Святомиколаївська” (Харківська обл.), а також артезіанська вода Мелітопольського пивзаводу. При аналізі проб води використовувались як загальноприйняті методики контролю, так і розроблені нами. Приведено методику роздільного визначення форм існування у воді різних видів сполук заліза і сірководню. У лабораторних, стендових і дослідно-промислових установках використані іонообмінні мембрани МК-40 і МА-40 виробництва АТ

“Щекиноазот”, м. Щекино Тульської обл., Росія. Приведено характеристики зазначених іонообмінних мембран.

У **третьому розділі** “Аналіз основних закономірностей процесу електродіаліза” приведені основні теоретичні положення, що показують істотність впливу напрямку електричного поля на ефективність процесу електродіаліза. Енергетичний баланс процесу електродіаліза показує, що основна частина електричної енергії витрачається на подолання омичного опору примембранних дифузійних шарів. Встановлено фактори зниження ефективності процесу електродіаліза: теплова поляризація і деполіризація мембран, збільшення товщини камер знесолення під дією різниці тиску в камерах апарата, екранування частини поверхні мембран газами, що виділяються з води. Виділення газів спричиняється підвищенням температури води, що обезсолюється, і відповідним зменшенням розчинності газів (CO_2 , N_2 , O_2 - для води поверхневих водоймищ; CO_2 , NH_3 , H_2S - для води з підземних джерел). Показано, що горизонтальний напрямок електричного поля і вертикальне розташування мембран і прокладок дозволить підвищити ефективність роботи електродіаліза.

У **четвертому розділі** “Дослідження процесу електродіаліза мінералізованих вод” приведені результати експериментальних досліджень. Показано, що для видалення з води сірководню найбільш ефективна обробка води повітрям в ежекторі. Така ж обробка добре видаляє залізо в іонній формі. Для видалення залізо-гуматних комплексів рекомендується використовувати коагуляцію сірчанокислим алюмінієм. Необхідна доза коагулянту зменшується зі збільшенням концентрації заліза у воді. Для води з вмістом гуматів заліза 5 мг/дм^3 потрібна доза коагулянту $30 \dots 70 \text{ мг/дм}^3$. Досліджено ефективність використання струму в електродіалізаторі граничного концентрування. Показано, що використання електродіаліза граничного

концентрування дозволяє одержувати висококонцентрований розсіл ($100 \dots 120 \text{ г/дм}^3$), і одночасно підвищити ефективність використання струму на $20 \dots 25\%$.

Досліджено процес електродіалізного знесолення харківської водопровідної і мелітопільської артезіанської води при різних режимах і конструкціях камер електродіалізатора. Доведено, що зниження швидкості руху води в камерах знесолення від 12 до 1 см/с зменшує ефективність електродіаліза в апараті з горизонтальними мембранами і камерами на 40% . Аналогічне зниження швидкості в апараті з вертикальними мембранами зменшує ефективність знесолення на $5 \dots 7\%$ (рис. 1). У той же час втрата напору у вертикальному апараті, а отже, і витрати електроенергії на перекачування води, знижуються в $50 \dots 100$ разів.

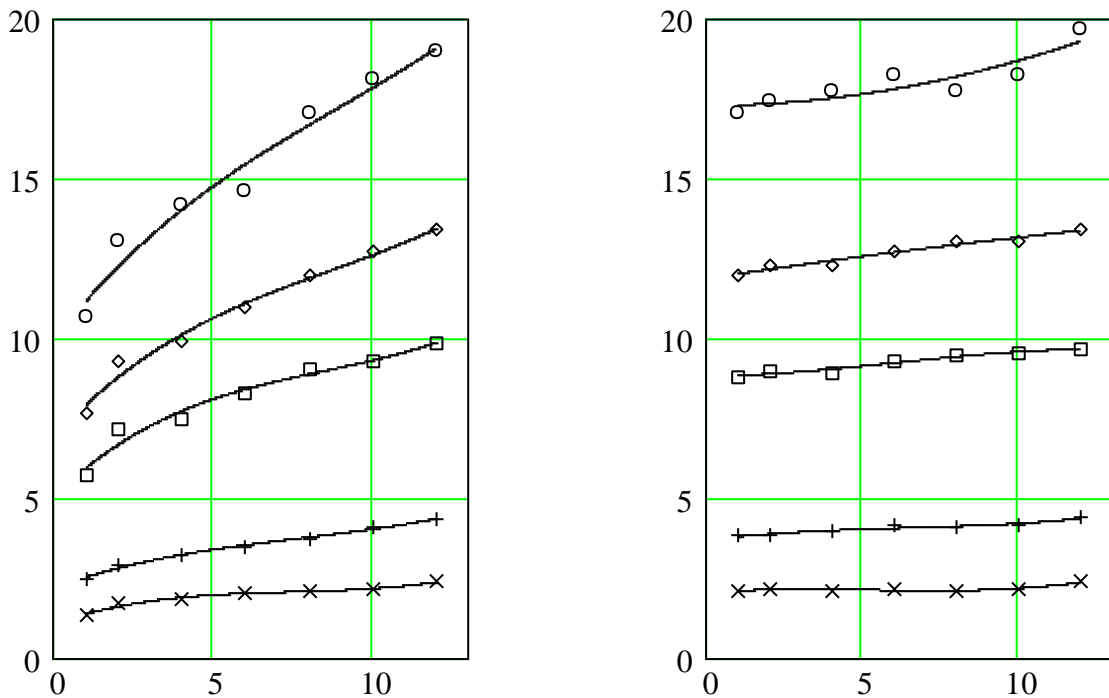


Рис. 1. Залежність густини струму електродіалізу від швидкості потоку знесоленої води: а – горизонтальні мембрани; б – вертикальні мембрани; солеміст вихідної води, мг/дм³: 1 – 100; 2 – 200; 3 – 500; 4 – 700; 5 – 1000

Підтверджено негативний вплив збільшення товщини камер знесолення під дією перепаду тисків і екранування частини мембран (до 10%) газами, що виділяються з води (рис. 2).

Звільнення води від розчинених газів (рис. 3а) і використання жорстких прокладок у камерах концентрування (рис. 3б) підвищують ефективність роботи електродіалізатора. Приведені результати експериментальних досліджень показують, що електродіалізатор з вертикальним розташуванням мембран і робочих камер буде працювати значно краще, ніж традиційні апарати з горизонтальним розташуванням елементів.

У **п'ятому розділі** “Розробка дослідно-промислової установки кондиціонування артезіанських мінералізованих вод” розглянуто технологічну схему дослідно-промислової установки підготовки води на Мелітопільському пивзаводі (рис. 4). Технічні показники установки наведені в табл. 1.

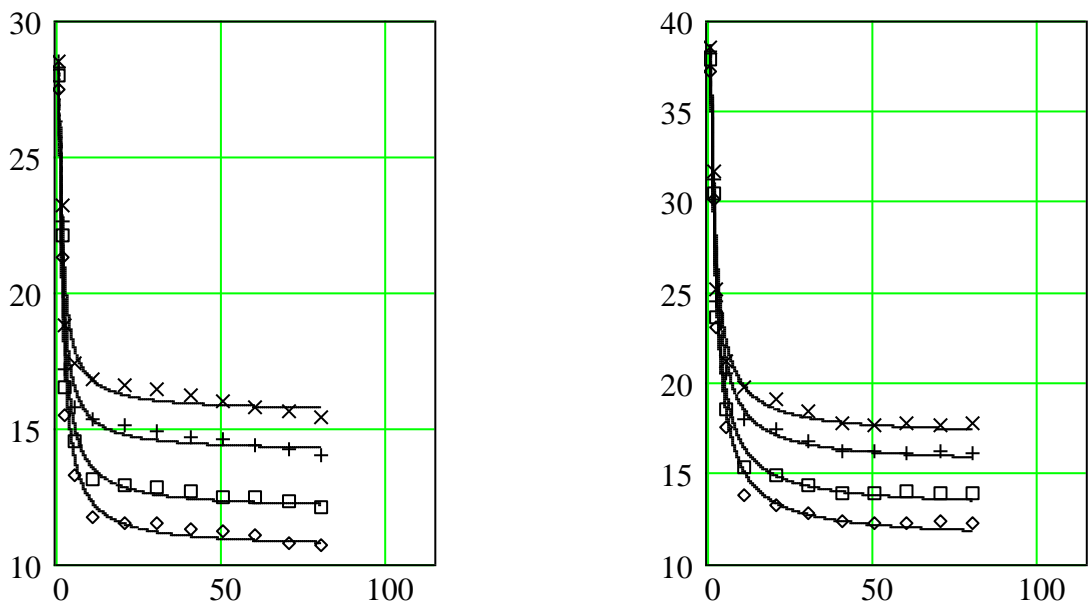


Рис. 2. Кінетика зміни густини струму електродіалізу: а – вода Харківського водопроводу; б – артезіанська вода Мелітопільського пивзаводу. Тиск на вході електродіалізатора, МПа: 1 – 0,05; 2 – 0,1; 3 – 0,15; 4 – 0,2.

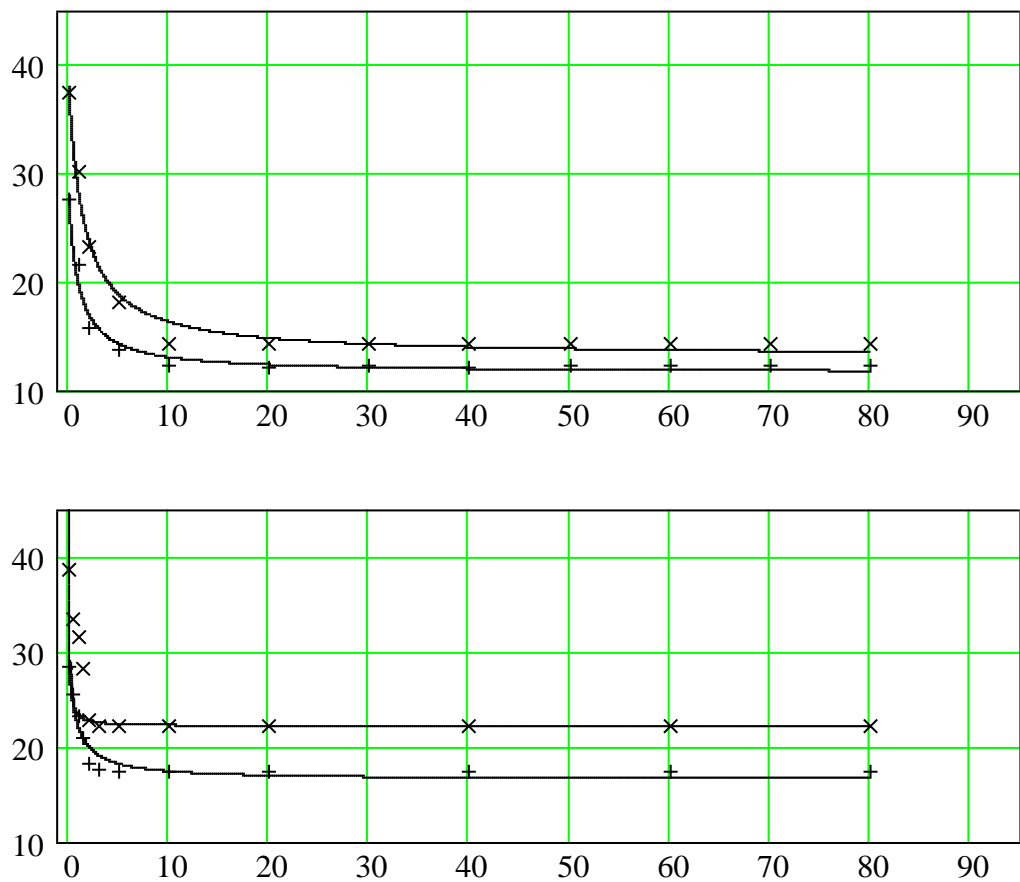


Рис. 3. Кінетика зміни щільності струму електродіалізу води, звільненої від розчинених газів. а – стандартні прокладки концентрування. б – тверді

прокладки концентрування. 1 – вода Мелітопольського пивзаводу; 2 – вода Харківського водопроводу.

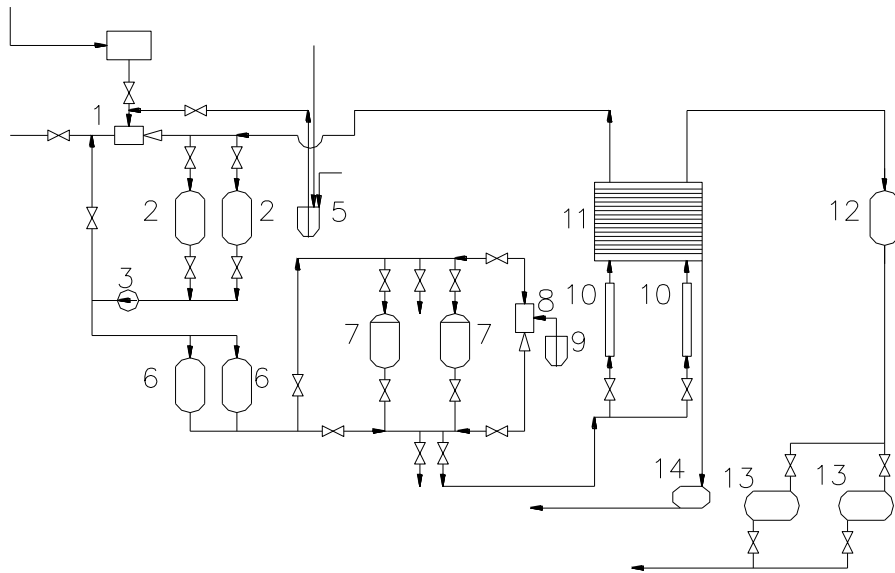


Рис. 4.

Технологічна схема установки кондиціонування води:

1,8 - ежектори; 2 - збірники нагромаджувачі; 3 – насос; 4 - повітряний фільтр; 5 - збірник для готування коагулянту; 6 - піщані фільтри; 7 - катіонітні фільтри; 9 - збірник для готування кислоти; 10 – ротаметри; 11 – електродіалізатор; 12 - вугільний фільтр; 13 - збірники підготовленої води; 14-збірник концентрату

Таблиця 1

Технічна характеристика електродіалізатора Э.400.01
на Мелітопольському пивзаводі

№	Найменування показника	Величина
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10 11	Продуктивність, м ³ /год
		Число пар мембран
		Напруга, В
		Глибина знесолення, %
		Витрати електроенергії, кВтч/м ³ (при базовому солевмісті 1000 мг/дм ³) - на знесолення - на перекачування води -
		усього
		Швидкість руху води в камерах, см/с
		Тиск на вході в апарат, МПа
		Вартість установки, тис. грн
		Габаритні розміри, мм
		Маса, кг
		Максимальний солевміст вихідної води, г/дм ³
		900x650x1700
		350
		20...30

Продуктивність установки складає 3,0 м³/год. До складу установки входять розроблений та виготовлений ежектор продуктивністю 9,0 м³/год, а також модернізований нами електродіалізатор Э.400.01 виробництва Алматинського електромеханічного заводу. Для підвищення ефективності використання струму та надійності роботи апарату, змінено конструкцію колекторів підводу розчинів та замінено електроди. Установку підготовки води укомплектовано фільтруючим обладнанням та збірниками вихідної та очищеної води. Установа працює протягом двох років. Необхідні якісні показники води забезпечуються навіть при значному підвищенні вмісту солей у вихідній воді (табл. 2).

Таблиця 2

Якість води підготовленої на Мелітопольському пивзаводі										
Найменування показника		Одиниці виміру		Червень 2000 г.		Червень 2001 г.				
Вода до підготов-ки		Підготов-лена вода		Вода до підготов-ки		Підготов-лена				
вода										
Загальна жорсткість		Загальна лужність		РН		Сухий залишок		Вміст заліза		Окислюваність
Мг-екв/дм ³		Те саме - Мг/дм ³		Те саме		Мг О ₂ /дм ³				
1,0	5,8	8,2	1180	3,0	2,0	0,3	2,0			
6,0	510	0,2	1,0	1,0	6,2	8,0	2100	2,5	2,8	0,05
0,5	8	20	0,1	1,0	5,8	520	0,1	1,0		

Розроблено технологію регенерації мембран від пасивації солями жорсткості, сполуками заліза та гуміновими кислотами. Мембрани послідовно обробляли у розчині суміші хлориду і карбонату натрію (2:1) з масовою долею 30%, і потім у 5...10% розчині соляної кислоти. Встановлено, що така регенерація дозволяє не тільки відновити електрохімічні властивості іонообмінних мембран, але і їхні геометричні розміри. Це дозволило використати відновлені мембрани в реконструйованому електродіалізному апараті Э.400.01. Електрохімічні показники відновлених мембран стабільні протягом двох років експлуатації установки. У шостому розділі “Розробка енергозберігаючої конструкції низьконапірного електродіалізного апарату” проаналізовано досвід експлуатації установки підготовки води протягом двох років. Проте, незважаючи на модернізацію електродіалізатора, ефективність знесолення була нижчою за досягнуту на стендовому апараті вертикального типу. Проведені експерименти на працюючих електродіалізаторах горизонтального типу підтвердили висновки про те, що удосконалення апаратів з горизонтальним розташуванням мембран не спричинить істотного підвищення їх ефективності. Тому розроблено експериментальний зразок електродіалізатора з вертикальним розташуванням мембран та робочих камер (рис. 5).

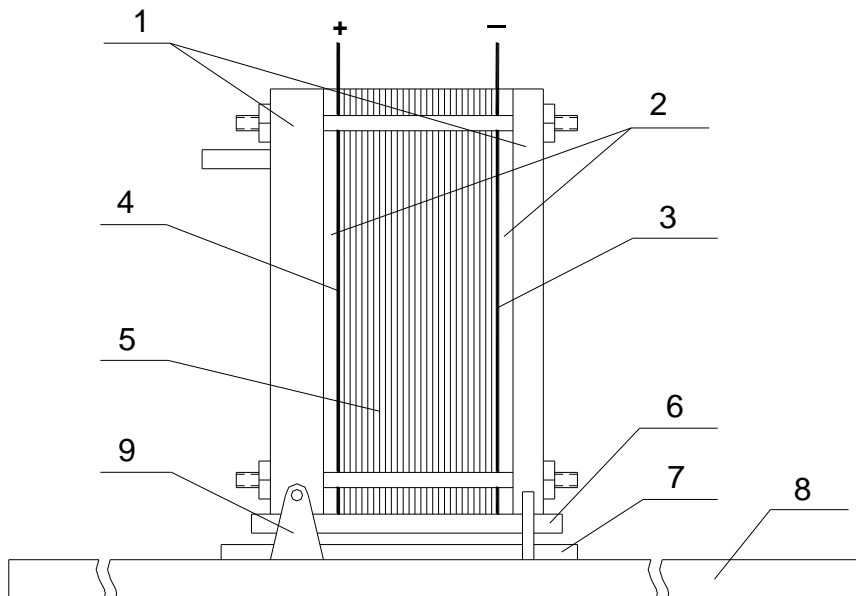


Рис. 5. Електродіалізатор “Джерело-В”. 1 – притискні плити; 2 – ізолюючі прокладки; 3 – катод; 4 – анод; 5 – електродіалізний пакет з мембран і робочих прокладок; 6 – твердий елемент; 7 – піддон; 8 – станина; 9 – поворотний пристрій

Складання апарату для зручності проводиться в горизонтальному положенні, а потім електродіалізатор встановлюють у робоче вертикальне положення. На рис. 6 показана робоча прокладка електродіалізатора “Джерело-В”, яка складається з рамки, виготовленої з поліетиленової плівки 0,8 мм завтовшки. В рамку вварюється поліетиленова сітка тієї ж товщини. Вертикальне розташування мембран та прокладок дозволяє не лише знизити гідравлічний опір апарату, а й лінійну швидкість потоку води в камерах. В результаті загальна втрата напору в електродіалізаторі “Джерело-В” зменшується у 50...100 разів у порівнянні з традиційними електродіалізаторами з лабіринтними робочими камерами. Апарат не має істотного перепаду тисків між камерами. Тому в такій конструкції не відбувається збільшення товщини камер знесолення. Гази, які виділяються в камерах знесолення, мають змогу вільно виходити з камер під дією виштовхувальної сили.

Технічна характеристика електродіалізатора “Джерело-В” наведена в табл. 3.

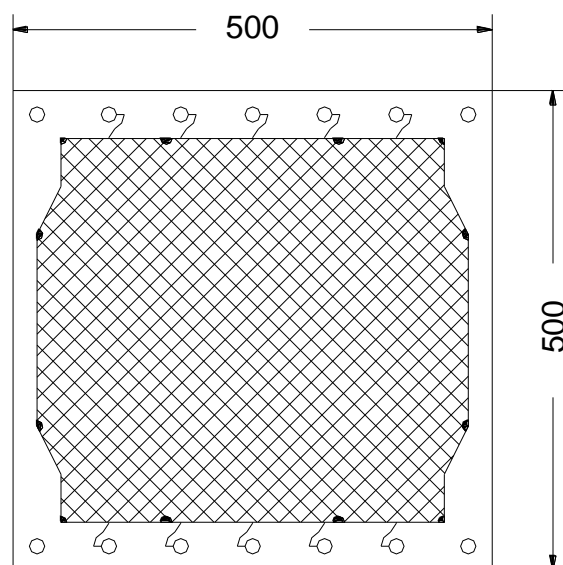


Рис. 6. Робоча прокладка електродіалізатора “Джерело-В”

Таблиця 3

Технічна характеристика електродіалізатора “Джерело-В”

№	Найменування показника	Величина
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10 11	Продуктивність, м ³ /год Число пар мембран Напруга, В Глибина знесолення, % Витрати електроенергії, кВтгод/м ³ (при базовому солемісті 1000 мг/дм ³) - на знесолення - на перекачування води - усього Швидкість руху води в камерах, см/с Тиск на вході в апарат, МПа Зразкова вартість установки, тис. грн Габаритні розміри, мм Маса, кг
		Максимальний солеміст вихідної води, г/дм ³ 1...3 50...230 110...490 50 0,8 0,1 0,9 1 0,01 25...50 900x650x800 120 30...50

Електродіалізатор розроблено у двох модифікаціях. Основна модифікація апарату має анод з платинованого титану. Оскільки серійного виробництва платинованого титану немає не лише в Україні, але й в країнах СНД, друга модифікація електродіалізатору передбачає використання графітового аноду. Катод електродіалізатора виготовлений з листа харчової неіржавіючої сталі. Притискні плити виконано у полегшеному варіанті з ребрами жорсткості. Маса однієї плити не перевищує 45 кг. Прианодна та прикатодна притискні плити ізольовані

одна від одної пластмасовими ізолюючими втулками. Апарат ефективно працює в режимі граничного концентрування.

Робочі креслення електродіалізатора передані на харківський завод “Хартрон-Плант” для виготовлення апаратів за замовленнями підприємств.

ВИСНОВКИ

1. Підприємства харчових виробництв віддають перевагу використанню більш екологічно чистої води підземних джерел. Досить високі вимоги до мінерального складу води потребують її кондиціонування. На підставі аналізу літературних джерел показано, що найбільш ефективними методами зниження мінералізації води є електромембранні процеси, що менш чутливі до наявності у воді домішок різного характеру і більш придатні для обробки багатокомпонентних систем. Упровадженню мембранних процесів у харчові виробництва перешкоджає відсутність в Україні власного мембранного апаратуробудування.
2. Обґрунтовано і розроблено методику дослідження різних форм сполук заліза у воді. В залежності від вмісту залізо-гуматних комплексів визначено необхідні дози коагулянту - сульфату алюмінію $30...70 \text{ мг/дм}^3$, що дозволяють ефективно вилучати залізоорганічні комплекси і сульфідні заліза.
3. Розроблено ефективний спосіб видалення сірководню з води з використанням методу аерації в ежекторі. Обрано конструкцію і розраховано основні параметри ежектора продуктивністю $9,0 \text{ м}^3/\text{год}$.
4. Визначено фактори, що негативно впливають на процес електродіалізу: теплова поляризація мембран, велика різниця тисків у камерах концентрування і знесолення, екранування поверхні мембран газами, що виділяються з води. Доведено, що зниження швидкості руху води в камерах знесолення від 12 до 1 см/с зменшує ефективність електродіалізу в апараті з горизонтальними мембранами і камерами на 40%. Аналогічне зниження швидкості в апараті з вертикальними мембранами зменшує ефективність знесолення на 5...7%.
5. Встановлено, що зміна положення мембран у електродіалізаторі з горизонтального на вертикальне дозволяє зменшити різницю тисків у суміжних камерах до 0,01 МПа, усунути збільшення товщини камер знесолення, а також забезпечити вільний вихід газів, що виділилися.
6. Розроблено спосіб регенерації мембран від пасивації солями жорсткості, сполуками заліза і гуміновими кислотами послідовною обробкою в концентрованому розчині хлориду і карбонату натрію і потім у 5...10% розчині соляної кислоти. Встановлено, що така регенерація дозволяє не тільки відновити електрохімічні властивості іонообмінних мембран, але і їхні геометричні розміри.
7. Розроблено і впроваджено на Мелітопольському пивзаводі дослідно-промислову установку продуктивністю $3 \text{ м}^3/\text{год}$ з глибиною знесолення 50%. Для підвищення ефективності використання струму та надійності роботи модернізовано електродіалізатор Э.400.01 з горизонтально розташованими мембранами. Проведені пуско-налагоджувальні випробовування.
8. На підставі експериментальних досліджень і промислових експериментів розроблено електродіалізний апарат з вертикально розташованими мембранами, здатний працювати в режимі граничного концентрування. Продуктивність апарату

складає $1...3 \text{ м}^3/\text{год}$, загальна питома витрата електроенергії при знесоленні води з базовим вмістом солей (в розрахунку на NaCl) 1000 мг/дм^3 складає $0,9 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$. Робочі креслення нового апарату передані заводу “Хартрон-Плант” для виготовлення.

Список робіт опублікованих за темою дисертації

1. Ершидат Омар Т.М., Юрьев Н.С., Любавина Е.А., Михайленко В.Г., Бондаренко В.Ф. Подготовка воды для пивоварения на Мелитопольском пивзаводе// Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. праць Харківської державної академії технології та організації харчування: У 2-х ч. – Харків. – ХДАТОХ, 2000. – Ч. 2. – С. 75 – 78.
2. Ершидат Омар Т.М., Любавина Е.А., Михайленко В.Г., Юрьев Н.С. О влиянии некоторых конструктивных особенностей электродиализатора на эффективность процесса деминерализации // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр.. Харківської державної академії технології та організації харчування: У 2-х ч. – Харків. - ХДАТОХ, 2001.- Ч. 1. – С. 228 – 231.
3. Любавина О.О., Михайленко В.Г., Ершидат О.Т.М. Эколого-экономические показатели методов водоподготовки // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. праць: У 2-х ч. / Харк. держ. акад.. технол. та орг. харчування. – Харків, 2002.- Ч. 2. – С. 488 – 491.
4. Любавина Е.А., Михайленко В.Г., Юрьев Н.С., Ершидат Омар Т.М. Электромембранные установки подготовки воды в производстве напитков //Научно-техническая конференция “Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов”, 12 – 16 июня 2000 г., г. Щелкино АР Крым. – Харьков, 2000.. – Тр. конф. – Т.Ш.. – С. 548. – 549.
5. Торяник А.И., Ершидат Омар Т.М. Удаление железоорганических комплексов из высокоминерализованных вод // Зб. доп. X Всеукраїнської наук. конф. асп. та студентів “Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів”. – Донецк, 11 – 13 квітня 2000. – Донецьк. – 2000.. – Т.1 – С. 97 – 98.
6. Любавина Е.А., Михайленко В.Г., Ершидат Омар Т.М. Юрьев Н.С., Кондиционирование подземных глубокозалегающих вод Харьковщины // Вісник Харківського університету №506.. – Харків, 2001. – Ч. 1.. – С. 197 – 200.
7. Ершидат Омар Т. М. Особливості експлуатації електродіалізатора в умовах Мелітопольського пивзаводу // Зб. матеріалів 67 наук. конф. студ., асп. і молодих вчених, Ч. II. - Київ, 24 - 25 квітня 2001. - Київ, УДУХТ. - 2001. - С. 147 - 148.
8. Обезжелезивание артезианских вод перед электромембранной обработкой / Е.А. Любавина, Н.С. Юрьев, Омар Т. М. Ершидат, В.Г. Михайленко // Харьковский дом науки и техники: Вестник науки и техники, Вып. 6. – Сер. Электротехника. – Харьков, 2002. – С. 32 – 35.

Анотація

Омар Туркі Мамдох Ершидат. Розробка електромембранної установки підготовки мінералізованих артезіанських вод для харчових виробництв. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – “Харківська державна академія технології та організації харчування”, Харків, 2002.

Дисертація присвячена розробці електромембранної установки та електродіалізного апарату для підготовки води артезіанських джерел у харчових виробництвах. Розроблено методіку роздільного визначення різних форм існування у воді сполук заліза та сірководню. Розроблено рекомендації для їх вилучення. Визначено фактори, які негативно впливають на процес електродіалізу: теплова поляризація мембран; різниця тиску в камерах концентрування та знесолення; екранування поверхні мембран газами, які виділяються з води. Встановлено, що зміна орієнтації мембран та камер з горизонтальної площини на вертикальну дозволяє значно зменшити витрати електроенергії на створення високої швидкості потоку і тиску в камерах знесолення. Розроблено технологію регенерації мембран від пасивації сполуками заліза, органічними речовинами і солями жорсткості.

Розроблено та впроваджено на Мелітопольському пивзаводі дослідно-промислову установку, яка включає блоки накопичення води, вилучення заліза та сірководню, очистку від механічних домішок та електродіалізну демінералізацію. Проведено випробування установки протягом двох років. На основі результатів експлуатації установки та лабораторних досліджень розроблено робочі креслення нового електродіалізатора “Джерело-В”. Креслення передані на підприємство “Хартрон-Плант”, м. Харків для впровадження.

Ключові слова: електромембранна установка, електродіалізатор, знесолення води, мембрани, поляризація, регенерація.

Анотація

Омар Турки Мамдох Ершидат. Разработка электромембранной установки подготовки минерализованных артезианских вод для пищевых производств. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – “Харьковская государственная академия технологии и организации питания”, Харьков, 2002.

Диссертация посвящена разработке электромембранной установки и электродиализного аппарата для подготовки воды артезианских источников в пищевых производствах. Проведен анализ направлений использования мембранных методов очистки воды в пищевой промышленности. Показано, что электромембранные процессы менее требовательны к предварительной очистке исходной воды и колебаниям её солевого состава. Анализ конструкций существующих электродиализаторов показал, что основной их недостаток – большие энергозатраты на перекачивание жидкости.

Рассмотрены основные методы предварительной подготовки воды. Показано, что надежность работы установок подготовки воды зависит от правильности определения форм примесей, пассивирующих мембраны.

Разработана методика раздельного определения различных форм существования в воде соединений железа и сероводорода. Разработаны рекомендации по их удалению. Показано, что для удаления из воды сероводорода и ионных форм железа наиболее эффективна обработка воды воздухом в эжекторе. Для удаления железо-гуматных комплексов рекомендуется использовать коагуляцию серноокислым алюминием.

Определены факторы, отрицательно влияющие на процесс электродиализа в традиционных конструкциях электродиализаторов: тепловая поляризация мембран; разница давлений в камерах обессоливания и концентрирования; экранирование поверхности мембран газами, выделяющимися из воды. Проведены исследования электродиализного обессоливания Харьковской водопроводной воды и Мелитопольской артезианской воды при различных режимах обессоливания в электродиализаторах с различной конструкцией и ориентацией камер. Экспериментально подтверждена значимость каждого из вышеперечисленных факторов. Установлено, что перевод ориентации мембран и камер из горизонтальной плоскости в вертикальное положение позволяет не только значительно уменьшить затраты электроэнергии на создание высокой скорости потока и высокого давления в камерах обессоливания, но и позволяет устранить увеличение толщины камер обессоливания под действием разности давлений, а также обеспечивает свободный выход газов под действием выталкивающей силы. Разработана технология регенерации мембран от пассивации соединениями железа, органическими веществами и солями жесткости.

Разработана и внедрена на Мелитопольском пивоваренном заводе опытно-промышленная установка кондиционирования воды. Установка включает блоки накопления воды, удаления железа и сероводорода, очистки от механических примесей, и электродиализной деминерализации. Производительность установки составляет $3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ по обессоленной воде. Проведен подбор и расчет оборудования. Для удаления сероводорода и окисления ионных форм железа разработан, изготовлен и установлен эжектор производительностью $9,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. В состав установки входит модернизированный электродиализатор Э.400.01 производства Алма-Атинского электро-механического завода. При сборке электродиализатора использовано 240 пар ионообменных мембран. Усовершенствована конструкция токоподводов.

Производственные испытания установки проведены в течение двух лет. Профилактические ревизии, включающие разборку и сборку аппарата показали, что работа установки удовлетворяет предъявляемым требованиям. Степень обессоливания составила 50%. Установка обеспечивает необходимые показатели качества воды для пивоварения даже при значительном колебании входных параметров воды.

На основании результатов эксплуатации установки на Мелитопольском пивзаводе, а также данных лабораторных исследований разработана конструкция вертикального электродиализатора “Джерело-В”. Для лучшего уплотнения пакета мембран и прокладок аппарат собирается в горизонтальном положении с последующей установкой его вертикально. В качестве прокладки использована полиэтиленовая рамка толщиной 0,8 мм с вваренной в нее полиэтиленовой сеткой той же толщины. Аппарат не имеет существенного перепада давлений между камерами. Эффективность обессоливания воды в данном аппарате при низких скоростях движения не ниже, чем в традиционных конструкциях электродиализаторов, использующих высокие скорости воды. В результате общая потеря напора в электродиализаторе “Джерело-В” уменьшается в 50...100 раз. Общие затраты электроэнергии на обработку воды в таком электродиализаторе составляют $0,8 \text{ кВтч}/\text{м}^3$. Аппарат разработан в двух модификациях: с использованием анода из платинированного титана и с графитовым анодом. Прижимные плиты выполнены в облегченном варианте с ребрами жесткости. Масса прижимной плиты составляет 45 кг.

Разработаны рабочие чертежи электродиализатора “Джерело-В”. Производительность

такого аппарата при степени обессоливания 50% составляет 1...3 м³/ч, габаритные размеры - 900x650x800, масса – 120 кг. Чертежи переданы на предприятие “Хартрон-Плант”, г. Харьков для изготовления по заказам предприятий.

Ключевые слова: электромембранная установка, электродиализатор, обессоливание воды, мембраны, поляризация, регенерация.

Annotation

Omar Turki Mamdoh Ershidat. Development of Electromembrane System for Preparation of Mineralised Artesian Water for Food Industry. - Manuscript.

Thesis for scientific degree of Candidate of Technical Sciences (Ph.D. in Engineering) in speciality 05.18.12 Processes and Equipment of Food, Microbiological and Pharmaceutical Productions. - "Kharkiv State Academy of Food Technology and Management", Kharkiv, 2002.

The Thesis is devoted to development of electromembrane system and electro dialysis unit for preparation of water from artesian springs in food production. Developed methods of separate determination of different forms of presence of iron and hydrogen sulphide compounds in water and recommendations how to remove them. Specifies factors that negatively affect the process of electro dialysis: thermal polarisation of membranes; pressure difference in desalting and concentration cells; screening of membrane surface with gases, escaping from water. Found out that transfer of membrane and cell orientation from horizontal plane to vertical position enables to considerably reduce power consumption for creating high-rate flow and high pressure in desalting cells. Developed technology of membrane regeneration from passivation by iron compounds, organic substances and hardness salts.

Experimental industrial system of water conditioning was developed and introduced at Melitopol Brewery. The system is composed of a water-collecting unit, iron- and hydrogen sulphide-removing unit, unit for cleaning from mechanical impurities and electro dialysis demineralisation unit. There were conducted production tests of the system during a two-year period. Basing on results of . system operation and laboratory studies there are developed working drawings of new electro dialysis unit "Dzherelo-B". The drawings were delivered to "Khartron-Plant", Kharkiv, for implementation.

Key words: electromembrane system, electro dialysis unit, water desalting, membranes, polarisation, regeneration.