

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Київський національний університет будівництва і архітектури

КРАВЧЕНКО МАРИНА ВАСИЛІВНА



УДК 628.16.08

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ НА
ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЕННЯ БАРОМЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ

21.06.01 – Екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному інженерно-екологічному комплексі Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник доктор хімічних наук, професор
ЗАГРАЙ Ярослав Михайлович,
Київський національний університет будівництва
і архітектури, професор кафедри охорони праці
та навколишнього середовища

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ГУМНИЦЬКИЙ Ярослав Михайлович,
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
професор кафедри екології та охорони навколишнього
середовища

кандидат технічних наук, доцент
МАДЖД Світлана Михайлівна
Інститут екологічної безпеки Національного
авіаційного університету, м. Київ
доцент кафедри екології

Захист відбудеться 14 березня 2012 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.05 «Основи та фундаменти. Будівельні матеріали та виробн. Екологічна безпека» Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури, 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий 14 лютого 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



М.В. Суханевич

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За результатами роботи, проведеної Громадським рухом України «За право громадян на екологічну безпеку», міжнародними та українськими експертами було зроблено важливі висновки, які визначають актуальність поставлених в дисертаційній роботі задач і методів вирішення проблем питної води, особливо на локальному рівні: а) «...Відсутність чистої води несе відповідальність за більшу кількість випадків смерті у світі, ніж війна. У деяких країнах, половина населення не має доступу до безпечної питної води і, як результат, має поганий стан здоров'я...»; б) На основі аналізу більше, ніж 200 проб води з водопровідних кранів міст України зроблено висновок про те, що на Україні «...ми споживаємо не питну воду, а рідину, яка завдає неабиякої шкоди здоров'ю. Це стосується понад 35 мільйонів українців...».

Сучасне розуміння сутності поняття «питна вода» як гігантських (до 0,1 мкм) впорядкованих кластерних структур – субмолекулярних комплексів, названих «гігантськими гетерофазними кластерами води (ГГКВ)», вимагає спеціальних досліджень, поглядів і розробок зі створення принципово нових технологій і методів підготовки питної води. Така постановка проблеми вимагає нової формалізації таких понять, як «природна» та «підготовлена» питна вода – розбавлених водних розчинів зі строго заданим кількісним і якісним складом та співвідношенням компонентів.

Термін «очистка води» в цьому розумінні є не цілком коректним, оскільки мова, по суті, повинна йти про корегування складу розбавлених водних розчинів.

Основними при корегуванні складу розбавлених водних розчинів можуть бути економічно привабливі і широко використовувані баромембранні методи, зародження яких було викликано, зокрема, необхідністю знесолення солених вод, підготовкою особливо чистої води для промислових операцій, очистки і розділення речовин.

Наукоємність баромембранних технологій, з одного боку, надзвичайно висока, а одночасно спроби описати їх, з точки зору окремих питань, виявилися не зовсім вдалимими. Враховуючи новітні знання і вимоги до питної води як розбавленого водного розчину, виникає необхідність, з наукових позицій, розглянути можливі нові технології з використанням баромембранних методів, які вимагають суттєвого наукового і технологічного вдосконалення на основі вивчення і встановлення механізмів протікання цих процесів, розширення концентраційних меж їх використання, створення вербальної моделі для складних багатофакторних систем типу «питна вода (розбавлений водний розчин) – мембрана».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрям проведених досліджень дисертаційної роботи є складовою частиною програм фундаментальних досліджень, що виконуються у Державному інженерно-екологічному комплексі (ДІЕК) Київського національного університету будівництва і архітектури:

- тема № 5 ДБ-2006. Теоретичні основи та умови створення нових багатошарових плівкових модифікованих композитів для здійснення процесів в еко- і біосистемах (№ держреєстрації 0106U000645);

- тема № 5 ДБ-2009. Розробка нових полімерних мембран методом пошарової полімеризації та технології їх виробництва для підготовки екобезпечної питної води, очистки та розділення речовин (№ держреєстрації 0109U002733);
- тема № 2 ДБ-2011. Розробка умов, модифікація процесів та обґрунтування основ функціональної технології підготовки питної води і доведення її до еталонної якості, як основа здоров'я людини (№ держреєстрації 0111U002225).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є обґрунтування і розробка нової технології підготовки питної води – корегування складу розбавлених водних розчинів на основі вдосконалення баромембранних процесів, створення нових методів дослідження складних багатофакторних процесів в системі «вода (розбавлений водний розчин) – мембрана».

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати наступні задачі:

- визначити основні принципи формування технології підготовки питної води як основи гіпотези багатостадійної поетапно-функціональної технології корегування складу розбавлених водних розчинів на основі вдосконалення баромембранних методів;
- обґрунтувати основну стадію технології підготовки питної води (розбавлених водних розчинів) – корегування компонентів неорганічної складової розбавлених водних розчинів, їх кількісного і якісного складу, співвідношення компонентів та показника рН;
- створити нові методи дослідження (прилад, методика) складних багатофакторних систем «вода (розбавлений водний розчин) – мембрана»;
- вдосконалити баромембранні процеси на основі доопрацювання методу теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів у відповідності з функціональною залежністю між активністю, коефіцієнтом активності та концентрацією розчину;
- дослідити вплив концентрації і складу розбавленого водного розчину, мембрани, як основного елементу баромембранних процесів, та умов протікання цих процесів на корегування складу розбавлених водних розчинів;
- обґрунтувати та визначити механізм протікання баромембранних процесів в системі «вода (розбавлений водний розчин) – мембрана»;
- створити вербальну модель баромембранних процесів;
- розробити рекомендації з використання баромембранних методів при корегуванні складу розбавлених водних розчинів – підготовці питної води.

Об'єктом дослідження є система «питна вода (розбавлений водний розчин) – мембрана».

Предметом дослідження є баромембранні методи, теоретичні засади і технології підготовки питної води.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження з вивчення процесів в системі «мембрана – розбавлені водні розчини - питна вода» здійснені на основі створеного, за участю автора, приладу та розробленої методики на базі програмного забезпечення «T2401PReader».

Теоретичне обґрунтування і вдосконалення баромембранних методів виконано на основі теоретичного розрахунку та уточнення експериментально визначених коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів для розрахунку і створення баромембранних апаратів в широкому діапазоні концентрацій.

Розрахунок коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів виконувався з допомогою програми Maple 7.

Системні експериментальні дослідження питних вод різних джерел водопостачання в Україні здійснено на основі оцінки їх кількісного і якісного складу та співвідношення компонентів за нормативними методиками.

Наукова новизна одержаних результатів:

- створено гіпотезу багатостадійної поетапно-функціональної технології підготовки питної води – корегування складу розбавлених водних розчинів на основі вдосконалення баромембранних методів з необхідністю використання типорозмірного ряду мембран з вибірковою селективністю;

- сформульовано терміни «природна питна вода» як розбавлений водний розчин, «підготовлена питна вода» як розбавлений водний розчин зі строго збалансованим якісним і кількісним складом та співвідношенням компонентів та термін «очистка води» як корегування складу розбавлених водних розчинів;

- вдосконалено баромембранні процеси на основі доопрацювання методу теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів у відповідності з функціональною залежністю активності від коефіцієнта активності та концентрації розчину;

- розроблено нові методики дослідження баромембранних процесів, які базуються на визначенні таких основних параметрів цих процесів, як концентрація водного розчину, тиск, селективність мембрани, з використанням вихідних кривих для систем «мембрана – модельні однокомпонентні розчини, модельні багатоконпонентні розчини, води різних джерел водопостачання»;

- визначено механізм протікання баромембранних процесів в системі «природна питна вода (розбавлений водний розчин) – мембрана – підготовлена питна вода (розбавлений водний розчин)», згідно з яким в такій системі реалізуються процеси фільтрації та їх впливу на вихідні криві селективності мембрани, де рушійною силою є прикладений тиск, а в якості фільтрувального елемента виступає мембрана з універсальною селективністю;

- створено вербальну модель баромембранних процесів.

Практичне значення отриманих результатів:

- створено новий прилад для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода»;

- на основі доопрацьованого методу теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності розраховано і уточнено з експериментально визначеними коефіцієнти активності компонентів водних розчинів підвищених концентрацій для створення та використання баромембранних методів і апаратів при корегуванні складу концентрованих розчинів;

- розроблено рекомендації з екобезпечного використання локальних баромембранних установок (виробництва США, ФРН, Росії) для корегування складу розбавлених водних розчинів – підготовки питної води;

- результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес НТУУ КПІ при виконанні дипломних проектів бакалавра, спеціаліста та магістерської дисертації зі спеціальності «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів», спеціалізації «Комп'ютерне проектування обладнання біохімічних виробництв», а також використано при розробленні промислового обладнання для забезпечення населення питною водою нормативної якості; рекомендації по використанню баромембранних процесів впроваджені у виробничу діяльність (підготовку питної води) ПП ЛВТ.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні механізму баромембранних процесів, вербальної моделі цих процесів, проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів, теоретичному розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів із підвищеними концентраціями, створенні нового приладу і практичному впровадженні результатів досліджень. Особистий внесок здобувача в опублікованих роботах:

- обґрунтовано конструкцію новоствореного приладу і розроблено методику для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода» [5, 7];

- вдосконалено метод теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів підвищених концентрацій [4];

- здійснено теоретичний розрахунок коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів з підвищеними значеннями загальної концентрації та уточнено їх з експериментально визначеними [1];

- сформульовано терміни «природна питна вода», «підготовлена питна вода» як розбавлені водні розчини та термін «очистка води» як корегування складу розбавлених водних розчинів [1, 2];

- досліджено вплив основного елементу баромембранних процесів – мембран на якісний та кількісний склад розбавлених водних розчинів - питної води, на зміну концентрації і співвідношення фундаментальних компонентів і показника рН та встановлено нерівномірності розподілу фізико-хімічних властивостей по всій поверхні мембранного полотна [1];

- обґрунтовано необхідність створення типорозмірного ряду мембран на основі нових полімерів із заданими фізико-хімічними та хімічними властивостями, особливо, вибірковою селективністю до окремих компонентів або їх груп [3, 10, 11];

- визначено механізм протікання процесів в системах «мембрана – розбавлені водні розчини» та створено вербальну модель цих процесів [1, 6];

- обґрунтовано стадійність і поетапну функціональність баромембранних процесів при корегуванні неорганічної складової розбавлених водних розчинів - питної води [1];

- здобувач був одним із виконавців програм фундаментальних досліджень ДЕК КНУБА, за замовленням МОНмолодьспорту України (тема № 5 ДБ-2006, тема № 5 ДБ-2009, тема № 2 ДБ-2011).

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища» (м. Київ, КНУБА, 2008 р., 2009 р.), Всеукраїнській молодіжній науковій конференції «Вода – источник жизни на Земле» (м. Алчевск, 2007 р.), Науковій конференції молодих, аспірантів і студентів (м. Київ, КНУБА, 2006 р., 2008 р., 2010 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 друкованих праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях, 1 патент України, 1 стаття у матеріалах конференції, 5 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота викладена на 190 сторінках друкованого тексту, у тому числі основний текст на 124 сторінках, включає 26 рисунків на 11 сторінках, 9 таблиць на 7 сторінках, список використаних джерел із 121 найменувань на 12 сторінках та 10 додатків на 54 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито актуальність теми, наведені мета і задачі досліджень, об'єкти і методики досліджень, наукова новизна роботи, практичне значення одержаних результатів, а також апробація результатів дисертації і публікації.

У **першому розділі** проаналізовано стан розробки теми та наукові передумови досліджень.

Наданий аналіз джерел літератури, який показує проблему якості питної води в глобальному масштабі і, зокрема, в Україні. Значний внесок у постановці теорії і методів вирішення цих проблем внесли Кульський Л.А., Шевченко М.О.

Наукові основи стану і структури води (розбавленого водного розчину) закладені Гончаруком В.В., Успенською О.В., Канарьовим Ф.М., Мосіним О.В. (теоретичні основи структури води).

З урахуванням існуючих наукових і практичних результатів обґрунтовано доцільність заміни терміну «питна вода» на термін «розбавлений водний розчин» як відкритої динамічної структурно-складної кластерної системи зі строго збалансованим якісним і кількісним складом та співвідношенням природних компонентів, рН середовища, які склалися в процесі еволюції і в результаті життєдіяльності людини, а також необхідність заміни терміну «очистка води» на термін «корегування складу розбавлених водних розчинів».

Наведений аналіз джерел літератури з моніторингу зміни якісного і кількісного складу природних питних вод, зокрема вод таких джерел водопостачання України, як Дніпро, Десна, Дністер, Сіверський Донець, Бахмут та одержані автором дані по контролю якості води вказаних річок свідчать про суттєву різницю у кількісному і якісному складі цих вод.

Встановлено, що у воді річок Бахмут і Сіверській Донець більшість фізико-хімічних показників якості води не відповідають вимогам і значно відрізняються від показників води річок Дніпро, Десна і Дністер.

Показано, що баромембранні методи є сьогодні ефективними при корегуванні складу розбавлених водних розчинів - підготовці питної води. Баромембранним методам присвячено наукові праці таких вітчизняних та зарубіжних авторів, як Дитнерський Ю.І., Брик М.Т., Кучерук Д.Д., Духін С.С., Первов А.Г., Дерягін Б.В., Мулдер М., Брок Т., Міарс, Сурірджан.

Одним із недоліків при використанні баромембранних методів є й те, що відсутня закінчена теорія механізму їх протікання, що створює труднощі при розрахунках і використанні, особливо для складних сумішей і зміни концентрацій в широкому діапазоні. Для створення науково-технічних основ і аналізу баромембранних методів, які протікають у всій області зміни основних параметрів (тиску, концентрації, якісного і кількісного складу), не існує як відповідних методик, так і приладів для вивчення цих процесів, що і визначено однією із основних задач дисертаційної роботи.

Розглянуто сучасні технології підготовки питної води на основі баромембранних методів з оцінкою їх достоїнств та недоліків. Проаналізовано ультра-, нанофільтраційні та зворотноосмотичні установки, в тому числі фірми Rochem (ФРН) з модулями, фірми Filmtec (США), частково Росії, на базі яких здійснюється виробництво мембранних модулів в Україні. Основним недоліком таких установок є використання модулів на основі мембран з універсальною, а не вибірковою селективністю на всі компоненти питної води – розбавленого водного розчину, що в процесі корегування складу питної води приводить до зміни співвідношення і концентрації фундаментальних її компонентів, а також зниження рН.

Другий розділ присвячено вдосконаленню теорії і практики баромембранних методів при підготовці питної води, зокрема вирішенню однієї із основних наукових проблем – теоретичного розрахунку коефіцієнту активності γ в широкому діапазоні концентрацій для всієї гамми компонентів, які присутні у водах джерел водопостачання, що дозволить значно вдосконалити і розширити застосування баромембранних методів при корегуванні складу розбавлених водних розчинів.

Доопрацьовано метод теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів γ у відповідності із функціональною залежністю $a = \gamma \cdot c$.

На основі теорії Дебая і Хюккеля отримано формулу теоретичного розрахунку коефіцієнту активності компонентів водного розчину γ :

$$\gamma = \exp \left(- \frac{1}{kT} \cdot \frac{z_i^2 e^2 k a_i}{8\pi\epsilon\epsilon_0 a_i (1 + k a_i)^2} \cdot \frac{n_i}{n_i + n_j} - \frac{1}{kT} \cdot \frac{z_j^2 e^2 k a_j}{8\pi\epsilon\epsilon_0 a_j (1 + k a_j)^2} \cdot \frac{n_j}{n_i + n_j} \right) \quad (1)$$

де: k – постійна Больцмана, $\frac{Дж}{К}$; T – абсолютна температура, $К$; z_i – валентність i -го іона; z_j – валентність j -го іона; e – елементарний заряд, $Кл$; k – дебаєвський радіус екранування, $м$; ϵ_0 – діелектрична стала, $\frac{Ф}{м}$; ϵ – діелектрична проникність води; a_i – радіус i -го іона, $м$; a_j – радіус j -го іона, $м$; n_i , n_j – число іонів сорту, відповідно, « i -го» та « j -го», на які розклалася молекула електроліту.

Здійснено теоретичний розрахунок коефіцієнтів активності таких неорганічних компонентів водних розчинів, як NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, ZnCl₂, CdCl₂, AlCl₃, CrCl₃, Mg(NO₃)₂, Zn(NO₃)₂ в широкому діапазоні концентрацій від 0,0001 до 4,0 моль/дм³ (табл. 1).

При порівнянні теоретично розрахованих і довідникових значень коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів показана їх суттєва різниця.

Так, у випадку «1 – 1» валентних розчинів (NaCl, KCl) значення теоретично розрахованих коефіцієнтів активності (ТРКА) зменшуються зі збільшенням концентрації розчину, а довідникових (ДКА) – до певного значення концентрації зменшуються, а починаючи від концентрації 2,0 моль/дм³ починають збільшуватися.

Для «2 – 1» валентних розчинів (CaCl₂, MgCl₂, ZnCl₂, CdCl₂, Mg(NO₃)₂, Zn(NO₃)₂) ТРКА і ДКА не співпадають, а для низьких концентрацій майже для всіх розчинів ДКА відсутні. Значення як ТРКА, так і ДКА зростають, починаючи від концентрації 2,0 моль/дм³.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів активності у компонентів водних розчинів

Водний розчин	Величина γ для C, моль/дм ³ : $\frac{\text{розраховані}}{\text{(довідникові)}}$							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,5	1,0	2,0	4,0
NaCl	0,988 (-)	0,964 (0,965)	0,898 (0,874)	0,753 (0,778)	0,619 (0,681)	0,569 (0,657)	0,530 (0,668)	0,508 (0,783)
KCl	0,988 (-)	0,964 (0,966)	0,899 (0,901)	0,760 (0,770)	0,640 (0,651)	0,598 (0,604)	0,571 (0,573)	0,561 (0,577)
CaCl ₂	0,960 (-)	0,885 (0,840)	0,704 (0,580)	0,428 (0,518)	0,281 (0,448)	0,248 (0,500)	0,235 (0,792)	0,241 (0,890)
MgCl ₂	0,960 (-)	0,884 (-)	0,698 (-)	0,404 (0,528)	0,234 (0,497)	0,189 (0,569)	0,162 (1,051)	0,152 (5,530)
ZnCl ₂	0,960 (-)	0,884 (-)	0,700 (-)	0,411 (0,515)	0,248 (0,380)	0,207 (0,339)	0,184 (0,289)	0,179 (0,307)
CdCl ₂	0,960 (-)	0,884 (-)	0,703 (-)	0,424 (0,228)	0,274 (0,114)	0,238 (0,067)	0,223 (0,044)	0,227 (0,030)
AlCl ₃	0,919 (-)	0,771 (-)	0,471 (-)	0,154 (-)	0,051 (0,313)	0,034 (0,539)	0,025 (2,536)	0,022 (-)
CrCl ₃	0,919 (-)	0,772 (-)	0,474 (-)	0,161 (-)	0,060 (0,300)	0,042 (0,481)	0,034 (-)	0,033 (-)
Mg(NO ₃) ₂	0,960 (-)	0,884 (-)	0,699 (-)	0,406 (0,522)	0,236 (0,465)	0,192 (0,536)	0,165 (0,835)	0,155 (2,59)
Zn(NO ₃) ₂	0,960 (-)	0,884 (-)	0,700 (-)	0,413 (0,530)	0,251 (0,467)	0,210 (0,533)	0,187 (0,814)	0,182 (2,30)

Примітка: (-) інформація відсутня.

Для «3 – 1» валентних водних розчинів ($AlCl_3$, $CrCl_3$) спостерігається зниження значень ТРКА з підвищенням концентрації, тоді як величини ДКА збільшуються з ростом концентрації. Крім того, в області низьких концентрацій водних розчинів значення ДКА відсутні, що створює значні труднощі при розрахунках і використанні баромембранних методів.

Відмінність між ТРКА і ДКА компонентів водних розчинів можна пояснити тим, що при теоретичному розрахунку максимально враховані всі параметри процесів, які протікають у водних розчинах, а точність експериментально визначених коефіцієнтів активності обмежується методиками, які не завжди відповідають такій точності.

У розділі показано, що для вдосконалення баромембранних методів при підготовці питної води – корегуванні складу розбавлених водних розчинів необхідно створення типорозмірного ряду мембран з вибірковою селективністю до окремих компонентів питної води чи їх груп.

Наведено характеристики мембран відомих виробників (США, ФРН, Японія, Росія) з універсальною селективністю, що є їх суттєвим недоліком. Виділено такі основні характеристики мембран, як селективність ϕ , продуктивність G , коефіцієнт зниження концентрації K_{K3} .

Показано необхідність дослідження впливу сучасних мембран (США, ФРН) на якісний і кількісний склад розбавлених водних розчинів – питної води, на зміну концентрації і співвідношення компонентів цих розчинів та показника рН середовища з використанням відповідних приладів та методик.

У третьому розділі наведено об'єкти і методики експериментальних досліджень. Об'єктом досліджень була система «розбавлені водні розчини – мембрана». Для проведення експериментальних досліджень використовувалися модельні однокомпонентні водні розчини, модельні багатоконпонентні водні розчини та вода різних джерел водопостачання. В якості мембран були взяті мембрани фірми Filmtec (США) та фірми Koch Membrane Systems (ФРН).

Для проведення експериментальних досліджень було створено прилад (рис. 1) по визначенню технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода».

Розроблено методики дослідження основних параметрів баромембранних процесів з модельними однокомпонентними розчинами при змінному тиску, модельними багатоконпонентними розчинами при постійному тиску, на реальних водах: річок Дніпра та Десни, води, що пройшла очистку на станціях централізованої водопідготовки, води локальних джерел водопостачання та бутильованої води.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням в системах «розбавлені водні розчини – мембрана».

Отримано результати експериментальних досліджень, представлені у вигляді графіків функціональних залежностей основних параметрів процесу зворотного осмосу (C , ϕ , K_{3K}) від тиску (P) та часу (τ).

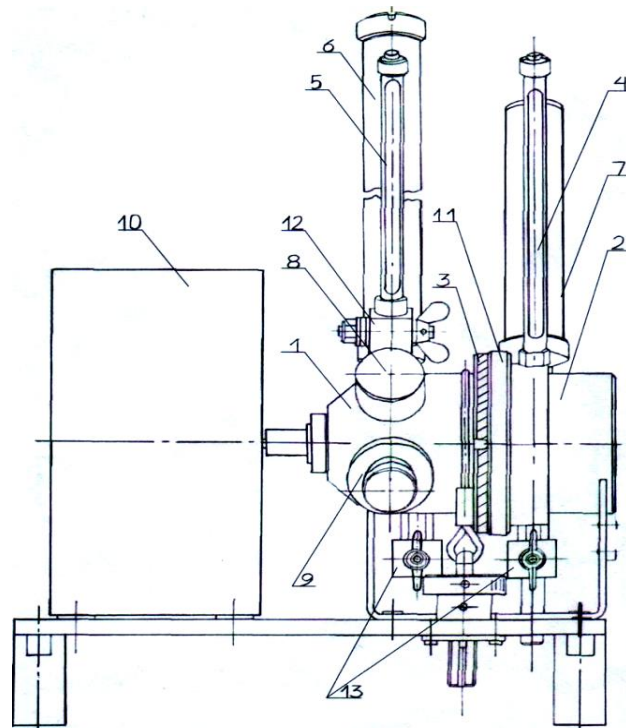


Рис. 1. Прилад для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна)»: 1 – камера розчину; 2 – камера розчинника; 3 – мембрана; 4, 5 – контрольні капіляри; 6 – додатковий резервуар розчину; 7 – додатковий резервуар чистої (питної) води; 8 – датчик Холла; 9 – високоточний програмний датчик тиску; 10 – магнітна мішалка; 11 – накидна гайка; 12, 13 – кулькові крани високого тиску.

Наведені (рис. 2) приклади параметральних кривих для модельного однокомпонентного розчину КСІ показують, що на промислових мембранах виробництва США залежність селективності мембрани від тиску проявляється тільки, починаючи з концентрації $2,0 \text{ г/дм}^3$. Із зростанням концентрації від $2,0$ до $8,0 \text{ г/дм}^3$ чітко виявляються всі складові кривих від зони розгону до зони завершення процесу. Отже, в цій області концентрацій проявляється вплив як процесу фільтрації, так і властивості селективності до даного компоненту, що дозволяє регулювати селективність мембрани, змінюючи тиск в баромембранному процесі.

Встановлено, що у випадку параметральної залежності «концентрація – час» ($C_{\text{вх}} - \tau$) для багатоконпонентного модельного розчину аніони і катіони, у відповідності із селективністю мембрани, розташовуються в наступний ряд: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ (рис. 3). Для залежності «селективність – час» ($\phi - \tau$) аніони і катіони розташовуються в ряд: $\text{Ca}^{2+} > \text{HCO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^-$ (рис. 4).

В області концентрацій до $10,0 \text{ мг/дм}^3$ для компонентів Ca^{2+} і Mg^{2+} у вигляді хлоридів і карбонатів на характер параметральних кривих ($C_{\text{вих}} - \tau$) селективність мембрани не впливає і вони носять зростаючий лінійний характер, що властиво для фільтраційних процесів, а в області концентрації $20,0 \text{ мг/дм}^3$ для цих компонентів характерний вид кривих лінійного ступінчато-зростаючого характеру, що говорить про вплив на процеси в цій області концентрацій селективності мембрани.

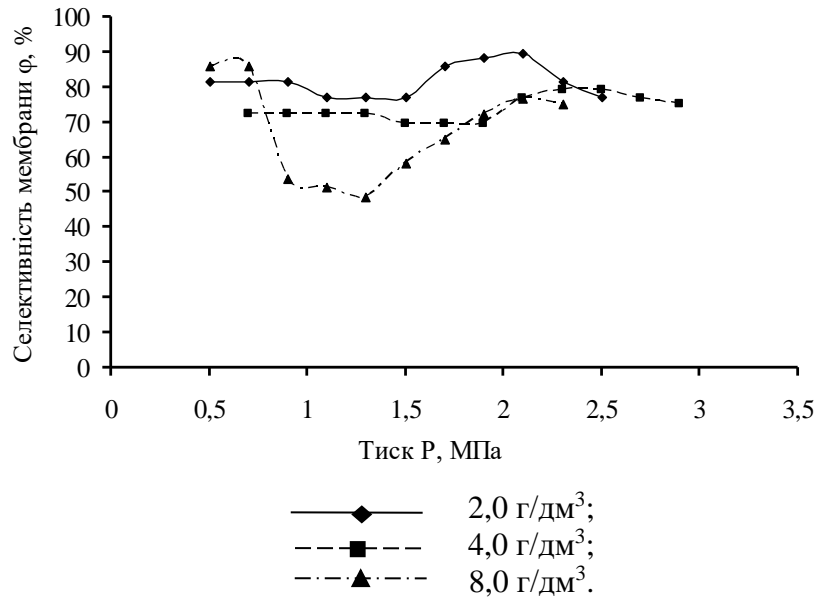


Рис. 2. Залежність селективності (ϕ) мембрани Filmtex типу TW30-1812-50 від тиску (P) та концентрації розчину KCl

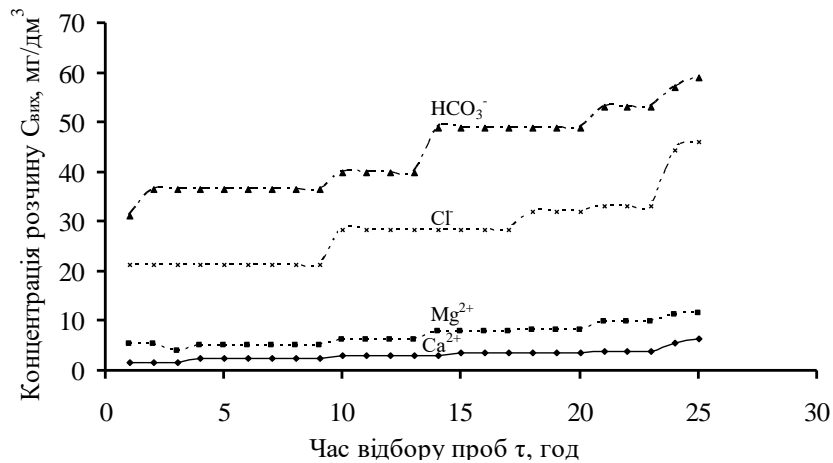


Рис. 3. Залежність концентрації компонентів ($C_{\text{вих}}$) «модельного багатоконпонентного розчину» від часу (τ) на мембрані Filmtex TW30-1812-50 при тиску $P=18$ атм

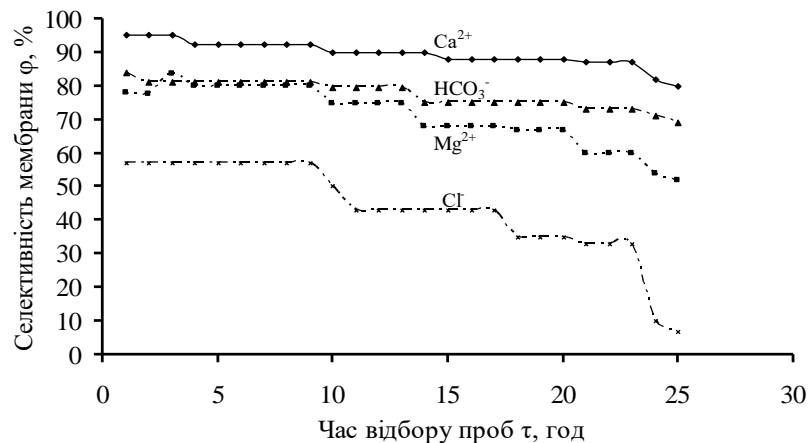


Рис. 4. Залежність селективності (ϕ) мембрани Filmtex TW30-1812-50 від часу (τ) для компонентів «модельного багатоконпонентного розчину» при тиску $P=18$ атм

Представлено результати експериментальних досліджень зміни показників бутильованої води (табл. 2), води річок Дніпро та Десна, води, яка пройшла очистку на станції централізованої водопідготовки, води локальних джерел водопостачання (табл. 3) з часом (τ) після зворотного осмосу.

Результати експериментальних досліджень дозволили зробити висновки про вплив основного елементу баромембранних процесів – мембран на зміну якісного і кількісного складу корегованого розбавленого водного розчину (питної води) і, особливо, зміну концентрації і співвідношення його фундаментальних компонентів та показника рН.

В процесі корегування складу розбавлених водних розчинів співвідношення і концентрації фундаментальних компонентів Ca^{2+} і Mg^{2+} змінюються на значення, що не рекомендовані для фізіологічної повноцінності людини. Виявлено також значне зниження величини рН після мембрани до 6,0 – 6,6 замість нормативного 6,5 – 8,5.

Підтверджено проблеми вимивання органічних речовин із шарів мембрани у оброблюваний розбавлений водний розчин в процесі зворотного осмосу та нерівномірності розподілу властивостей мембрани по всій поверхні її полотна.

Методи усунення виявлених недоліків представлені у вигляді рекомендацій з використання баромембранних процесів для корегування складу розбавлених водних розчинів – підготовки питної води, направлених у зацікавлені проектно-виробничі організації.

Таблиця 2

**Зміна показників бутильованої води з часом (τ) після зворотного осмосу
(мембрана Koch Membrane Systems)**

Показники	Бутильована вода, тиск P=10 атм					
	Вихідна вода	Проби після зворотного осмосу				
		1	2	3	4	5
Водневий показник рН	7,83	7,64	8,05	8,22	8,22	8,3
HCO_3^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	359,9 (5,9)	100,0 (1,64)	112,2 (1,84)	224,5 (3,68)	224,5 (3,68)	305,0 (5,0)
Cl^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	30,53 (0,86)	17,75 (0,5)	17,75 (0,5)	28,4 (0,8)	28,4 (0,8)	29,82 (0,84)
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	3,8	0,64	0,64	1,44	1,68	2,48
Mg^{2+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	8,51 (0,7)	4,86 (0,4)	4,86 (0,4)	8,51 (0,7)	10,7 (0,88)	16,5 (1,36)
Ca^{2+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	62,12 (3,1)	4,8 (0,24)	4,8 (0,24)	6,0 (0,3)	16,0 (0,8)	22,4 (1,12)
Fe^{3+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NO_3^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NO_2^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NH_4^+ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
Окислюваність (KMnO_4), мг/дм ³	1,6	2,08	1,2	1,84	1,84	2,0
Сухий залишок, мг/дм ³	405,52	127,4	83,5	155,1	167,3	221,2

Таблиця 3

Зміна показників води різних джерел водопостачання з часом (τ) після зворотного осмосу (мембрана Filmtec)

Показники	Вода р. Дніпро, тиск P=18 атм					Вода р. Десна, тиск P=18 атм				
	Вихідна вода	Проби після зворотного осмосу				Вихідна вода	Проби після зворотного осмосу			
		1	2	3	4		1	2	3	4
Водневий показник рН	8,12	6,73	6,73	6,76	6,78	8,6	6,2	6,12	6,0	6,0
HCO_3^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	201,3 (3,3)	39,04 (0,64)	41,5 (0,68)	53,68 (0,88)	53,68 (0,88)	264,3 (4,3)	48,8 (0,8)	48,8 (0,8)	48,8 (0,8)	48,8 (0,8)
SO_4^{2-} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	39,04 (0,81)	20,0 (0,41)	20,0 (0,41)	24,8 (0,51)	24,8 (0,51)	104,0 (2,16)	56,0 (1,16)	56,0 (1,16)	56,0 (1,16)	68,7 (1,43)
Cl ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	22,4 (0,63)	14,2 (0,4)	14,2 (0,4)	15,62 (0,44)	15,62 (0,44)	28,4 (0,8)	14,2 (0,4)	14,2 (0,4)	14,9 (0,42)	14,9 (0,42)
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	3,9	0,73	0,73	0,8	0,8	6,0	0,53	0,60	0,60	0,66
Mg^{2+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	12,16 (1,0)	4,98 (0,41)	4,98 (0,41)	5,35 (0,44)	5,35 (0,44)	29,2 (2,4)	4,0 (0,33)	4,62 (0,38)	4,62 (0,38)	5,22 (0,43)
Ca^{2+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	58,1 (2,9)	6,4 (0,32)	6,4 (0,32)	7,21 (0,36)	7,21 (0,36)	72,1 (3,6)	4,0 (0,2)	4,4 (0,22)	4,4 (0,22)	4,64 (0,23)
Fe^{3+} , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	0,01	0,06	0,03	0,01	0,01
NO_3^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	7,5 (0,12)	6,0 (0,08)	6,0 (0,08)	6,0 (0,08)	6,0 (0,08)
NO_2^- , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
NH_4^+ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	0,23 (0,012)	0,08 (0,004)	0,03 (0,001)	0,02 (0,001)	0,02 (0,001)	0,28 (0,015)	0,15 (0,008)	0,15 (0,008)	0,15 (0,008)	0,15 (0,008)
Окислюваність (KMnO ₄), мг/дм ³	2,4	1,76	1,28	1,36	1,84	2,0	2,0	1,36	0,96	0,96
Сухий залишок, мг/дм ³	232,6	65,2	66,3	79,8	79,8	373,7	108,84	109,8	110,5	124,04

Продовження таблиці 3

Показники	Водопровідна вода, тиск P=18 атм					Вода колодязя, тиск P=22 атм				
	Вихідна вода	Проби				Вихідна вода	Проби			
		1	2	3	4		1	2	3	4
Водневий показник рН	7,62	6,53	6,53	6,85	6,65	8,2	7,1	7,33	7,56	7,6
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	161,0 (2,63)	48,8 (0,8)	48,8 (0,8)	52,8 (0,86)	61,0 (1,0)	222,65 (3,65)	32,94 (0,54)	35,38 (0,58)	39,04 (0,64)	68,32 (1,12)
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	110,4 (2,3)	83,2 (1,7)	80,0 (1,6)	80,0 (1,6)	110,4 (2,3)	50,4 (1,05)	36,8 (0,76)	36,8 (0,76)	42,3 (0,88)	42,3 (0,88)
Cl ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	32,0 (0,9)	14,2 (0,4)	15,0 (0,42)	15,0 (0,42)	19,17 (0,54)	15,89 (0,44)	14,2 (0,4)	14,2 (0,4)	14,2 (0,4)	14,2 (0,4)
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	4,32	0,53	0,56	0,73	0,93	4,8	0,56	0,64	0,72	1,08
Mg ²⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	12,64 (1,03)	4,0 (0,33)	4,0 (0,33)	6,0 (0,5)	6,4 (0,53)	9,73 (0,8)	4,25 (0,35)	4,25 (0,35)	4,37 (0,36)	4,8 (0,4)
Ca ²⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	65,7 (3,27)	4,0 (0,2)	4,6 (0,23)	4,6 (0,23)	8,0 (0,4)	80,16 (4,0)	4,25 (0,21)	5,81 (0,29)	7,21 (0,36)	13,6 (0,68)
Fe ³⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³ (мг-екв/дм ³)	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.	Відс.
Окислюваність (KMnO ₄), мг/дм ³	1,36	2,24	1,76	1,60	1,36	2,0	2,2	1,8	1,6	1,6
Сухий залишок, мг/дм ³	301,2	129,8	128,0	132,0	174,5	271,63	76,0	78,7	87,6	113,4

У п'ятому розділі обґрунтовано і запропоновано механізм протікання баромембранних процесів (рис. 5).

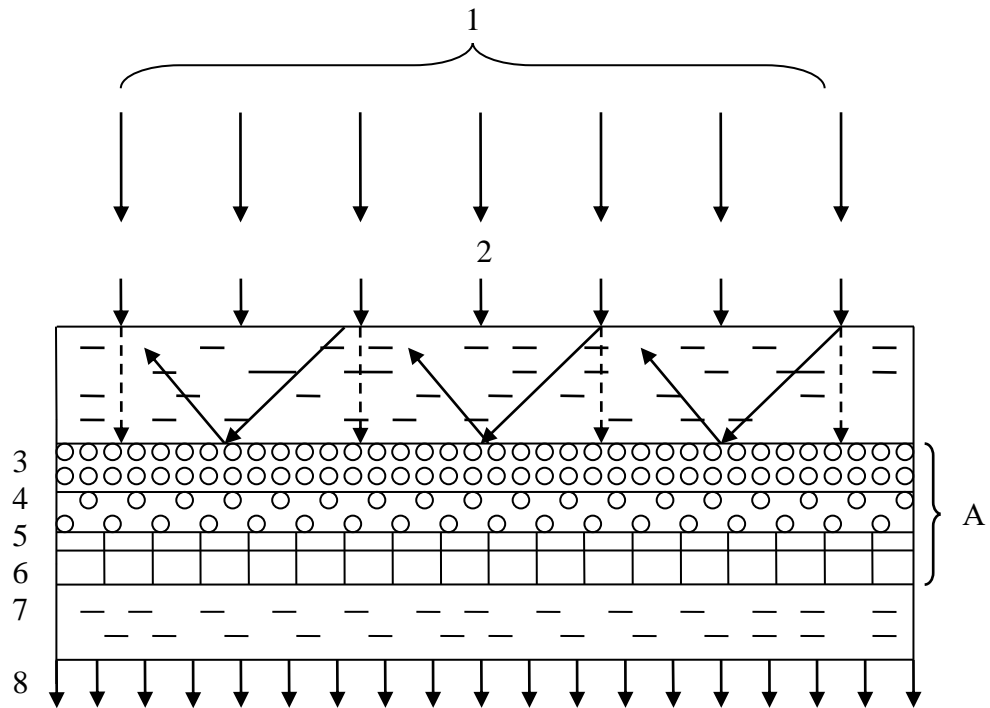


Рис. 5. Механізм протікання баромембранних процесів в системі «природна питна вода (розбавлений водний розчин) – мембрана – підготовлена питна вода (розбавлений водний розчин)»: «А» - зовнішній чинник – мембрана; 1 – рушійна сила баромембранного процесу у вигляді прикладеного тиску в межах 0...60 атм, який забезпечує сумісне протікання процесів фільтрації і теоретичної їх основи та впливу селективності мембрани на баромембранні процеси; 2 – вхідний розбавлений водний розчин (питна вода); 3 – поверхневий шар води, що втратила свою властивість розчинності; 4 – поліамідний шар з водою, що втратила свою властивість розчинності, в об'ємі мембрани; 5 – шар полісульфону на поверхні підложки мембрани; 6 – шар полісульфону в об'ємі підложки мембрани; 7 – вихідний розбавлений водний розчин (питна вода), скорегований мембраною; 8 – вихід розбавленого водного розчину (питної води), скорегованого мембраною; 3 – 4 – селективна основа баромембранних процесів; 5 – 6 – часткові процеси селективної основи баромембранних процесів; 6 – 7 – фільтраційна основа баромембранних процесів; 7 – 8 – процес фільтрації і, як результат, вихід водного розбавленого розчину – питної води.

Встановлений механізм протікання баромембранних процесів покладено в основу вербальної моделі для системи «вихідний розбавлений водний розчин (питна вода) – мембрана, як зовнішній чинник впливу – розбавлений водний розчин (підготовлена питна вода)», в якій реалізовано підхід до природних питних вод, як відкритих водних систем, дуже чутливих до впливу зовнішніх чинників. Ця модель є теоретичною основою реалізації одночасного протікання процесів фільтрації і селективного видалення компонентів із розбавленого водного розчину. Базовою

основою моделі є поєднання процесів фільтрації в умовах їх реалізації у мембранах з універсальною селективністю, що створює певні труднощі при їх використанні. Виникає обов'язкова необхідність створення типорозмірного ряду мембран із одночасним поєднанням вибіркової селективності та сприятливими умовами для процесів фільтрації.

Представлено загальну багатостадійну поетапно-функціональну технологію корегування складу розбавлених водних розчинів (підготовки питної води) на локальному рівні на основі вдосконалених баромембранних методів (рис. 6) з розподілом її на функціональні етапи.

Основними етапами представленої технології є етап видалення завислих та колоїдного ступеню дисперсності частинок, етап корегування органічного складу, етап корегування неорганічного складу компонентів, етап впливу на розбавлені водні розчини енергетичних полів та природних мінералів та заключний етап – біологічної адаптації води до її природних властивостей шляхом фільтрації через фільтр з іммобілізованими на його наповнювачах пробіотичними бактеріями.

Функціональні етапи



Рис. 6. Багатостадійна функціонально-поетапна технологічна схема корегування складу розбавлених водних розчинів – підготовки питної води

ВИСНОВКИ

1. Створено гіпотезу багатостадійної поетапно-функціональної технології підготовки питної води – корегування складу розбавлених водних розчинів на основі вдосконалення баромембранних методів та необхідності використання типорозмірного ряду мембран з вибірковою селективністю.
2. Вдосконалено баромембранні методи при підготовці питної води на основі доопрацьованого методу теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів високих концентрацій у відповідності з функціональною залежністю $a = \gamma \cdot c$, де a – активність, γ – коефіцієнт активності, c – концентрація розчину, за яким розраховано і уточнено, з експериментально визначеними, коефіцієнти активності γ компонентів водних розчинів підвищених

концентрацій для створення і використання баромембранних методів і апаратів при корегуванні складу концентрованих розчинів.

3. Отримано ряд параметральних залежностей, що характеризують баромембранні процеси в цілому, а саме, залежності концентрації розчинів ($C_{вх}$), селективності мембрани (ϕ) та коефіцієнту зниження концентрації ($K_{КЗ}$) від тиску (P) та часу (τ).
4. Виявлено вплив основного елементу баромембранних процесів – мембрани на зміну якісного і кількісного складу розбавлених водних розчинів, а саме:
 - вплив на співвідношення і концентрації фундаментальних компонентів Ca^{2+} і Mg^{2+} , які змінюються на значення, що не рекомендовані для фізіологічної повноцінності людини;
 - вплив на величину показника рН, яка, в процесі корегування розбавленого водного розчину – питної води значно знижується;
 - підтверджено, що в процесі зворотного осмосу відбувається вимивання органічних речовин із шарів мембрани у оброблюваний розбавлений водний розчин – питну воду;
 - виявлено проблему нерівномірності розподілу властивостей мембрани по всій поверхні її полотна.
5. Визначено механізм баромембранних процесів, який полягає в тому, що рушійною силою їх реалізації є прикладений тиск, який забезпечує процес фільтрації, а мембрана, за рахунок своєї універсальній селективності, видаляє компоненти з розбавленого водного розчину і створює, внаслідок своєї структури, опір фільтрації.
6. Створено вербальну модель баромембранних методів, теоретичними засадами якої є одночасне протікання процесів фільтрації і селективного видалення компонентів із розбавленого водного розчину.
7. Для дослідження складних і багатофакторних баромембранних процесів та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода» створено прилад, в якому передбачено систему вимірювання і регулювання тиску, вдосконалено систему контролю і регулювання перемішування розбавленого водного розчину, застосовано циліндричну форму корпусу, що дає можливість ліквідації застійних зон і забезпечує рівномірне перемішування розчину та ефективність протікання баромембранних процесів.
8. Розроблено нові методики дослідження баромембранних процесів, які базуються на визначенні основних параметрів цих процесів (C , P , ϕ) з використанням вихідних кривих для систем «мембрана – модельні однокомпонентні розчини, модельні багатокомпонентні розчини, води різних джерел водопостачання».
9. Розроблено рекомендації з екобезпечного використання локальних баромембранних установок (виробництва США, ФРН, Росії) для корегування складу розбавлених водних розчинів – підготовки питної води.
10. Використано нові погляди на питну воду як розбавлений водний розчин, що включає гігантські гетерофазні кластери води (ГГКВ). Як наслідок, сформульовано терміни «природна питна вода» як розбавлений водний розчин, «підготовлена питна вода» як розбавлений водний розчин зі строго

збалансованим якісним і кількісним складом і співвідношенням компонентів та термін «очистка води» як корегування складу розбавленого водного розчину.

11. Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес НТУУ КП при виконанні дипломних проектів бакалавра, спеціаліста та магістерської дисертації зі спеціальності «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів», спеціалізації «Комп'ютерне проектування обладнання біохімічних виробництв», а також використані при розробленні промислового обладнання для забезпечення населення питною водою нормативної якості; рекомендації по використанню баромембранних процесів впроваджені у виробничу діяльність (підготовку питної води) ПП ЛВТ.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

1. Кравченко М.В. Корегування складу водних розбавлених розчинів (питної води) баромембранними процесами: позитивні та негативні сторони / М.В. Кравченко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2011. - №18. – С. 6 – 25.
2. Безпека життєдіяльності та проблеми і задачі забезпечення людини питною водою / О.В. Гапула, М.В. Камченко, О.П. Величенко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2008. – № 10. – С. 19 – 24.
3. Кравченко М.В. Баромембранні процеси при підготовці питної води (аналіз гіпотез і механізмів) / М.В. Кравченко, О.В. Гапула, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2008. – № 11. – С. 12 – 24.
4. Дослідження процесів в системі «напівпроникна мембрана - розчин» в технології підготовки питної води / М.В. Камченко, О.В. Гапула, О.П. Величенко, Я.М. Заграй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2007. – № 9. – С. 42 – 48.
5. Пат. 93623 України, МПК G01N13/04. Прилад для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода / Я.М. Заграй, М.В. Кравченко, О.В. Гапула. – № а200913375; заявл. 23.12.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. №4.– 6 с.
6. Кравченко М.В. Дослідження процесів в системі «напівпроникна мембрана – вода» як основа екобезпеки життєдіяльності людини / М.В. Кравченко / Тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, 16 – 18 листопада 2010 р.). – К.: КНУБА, 2010. – С. 193 – 194.
7. Кравченко М.В. Науково-технічне забезпечення реалізації мембранних технологій для підготовки питної води / М.В. Кравченко / Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища. Зб. тез Міжнародної наук. - практ. конф. молодих вчених і студентів, (Київ, 27 – 29 квітня 2009 р.) – К.: КНУБА, 2009. – С. 54 – 57.
8. Кравченко М.В. Процеси в системі «мембрана-вода» при підготовці питної води / М.В. Кравченко / Тези доповідей наукової конференції молодих вчених,

- аспірантів і студентів (Київ, 4 – 6 листопада 2008 р.) – К.: КНУБА, 2008. – С. 146 – 147.
9. Камченко М.В. Осмотичні процеси як основа підготовки питної води заданої якості / М.В. Камченко / Підвищення ефективності використання водних, теплових та енергетичних ресурсів та охорона навколишнього середовища. Зб. тез Міжнародної наук. - практ. конф. молодих вчених і студентів, (Київ, 12 – 14 травня 2008 р.) – К.: КНУБА, 2008. – С. 35 – 37.
10. Камченко М.В. Дослідження процесів в системі «мембрана (фільтраційний матеріал) - вода» та їх моделювання при підготовці питної води заданої якості / М.В. Камченко / Вода – источник жизни на Земле. Зб. наук. праць Всеукраїнської молодіжної наукової конференції (Алчевськ, 25 січня 2007 р.). – Алчевськ: ДонГТУ, 2007. – С. 67 – 69.
11. Камченко М.В. Дослідження умов, механізмів і моделювання процесів в об'ємі і на границі розділу фаз в системі «рідина-мембрана» / М.В. Камченко / Тези доповідей наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (Київ, 17 – 19 жовтня 2006 р.). – К.: КНУБА, 2006. – С. 93 – 94.

АНОТАЦІЯ

Кравченко М.В. Розробка функціональної технології підготовки питної води на основі вдосконалення баромембранних процесів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2012.

В дисертаційній роботі наведено теоретичні обґрунтування та результати експериментальних досліджень, присвячених створенню багатостадійної поетапно-функціональної технології підготовки питної води – корегування складу розбавлених водних розчинів на основі вдосконалення баромембранних процесів, які протікають в системі «вода (розбавлений водний розчин) – мембрана».

Сформульовано терміни «природна вода», «підготовлена питна вода» як розбавлені водні розчини та термін «очистка води» як корегування складу розбавлених водних розчинів. Доопрацьовано метод теоретичного розрахунку коефіцієнтів активності компонентів водних розчинів підвищених концентрацій. На основі цього методу розраховано і порівняно, з експериментально визначеними значеннями, коефіцієнти активності γ компонентів водних розчинів підвищених концентрацій для створення та використання баромембранних методів і апаратів при корегуванні складу концентрованих розчинів.

Створено прилад і розроблено методику для наукових досліджень та визначення технологічних параметрів процесів в системі «вода джерел водопостачання – мембрана – чиста (питна) вода». Встановлено, що в процесі корегування складу розбавлених водних розчинів, співвідношення і концентрації фундаментальних компонентів змінюються на значення, які не рекомендовані для фізіологічної повноцінності людини.

Визначено механізм протікання баромембранних процесів та створено вербальну модель цих процесів.

За результатами досліджень, проведених в дисертаційній роботі, розроблено ряд рекомендацій з використання баромембранних методів для корегування складу розбавлених водних розчинів – підготовки питної води.

Ключові слова: гіпотеза, багатостадійна функціонально - поетапна технологія, питна вода, розбавлений водний розчин, теоретичний розрахунок, коефіцієнт активності, баромембранні методи, мембрана, механізм, вербальна модель.

АННОТАЦІЯ

Кравченко М.В. Разработка функциональной технологии подготовки питьевой воды на основании совершенствования баромембранных процессов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Киев, 2012.

В работе сформулированы термины «природная вода» и «подготовленная питьевая вода» как разбавленные водные растворы, а также термин «очистка воды» как корректировка состава разбавленных водных растворов.

Для исследования таких сложных и многофакторных процессов как баромембранные создан прибор и разработаны соответствующие методики для научных исследований и определения технологических параметров процессов в системе «вода источников водоснабжения - мембрана - чистая (питьевая) вода».

Приведено решения одной из основных научных проблем, с точки зрения практического использования баромембранных процессов в области повышенных концентраций растворов – проблему теоретического расчета коэффициента активности γ в широком диапазоне концентраций растворов, что значительно позволит усовершенствовать и расширить применение баромембранных процессов. Теоретически рассчитаны коэффициенты активности компонентов водных растворов с повышенными концентрациями.

Изучено влияние основного элемента баромембранных процессов - мембраны на качественный и количественный состав разбавленных водных растворов, на соотношение и концентрации фундаментальных компонентов Ca^{2+} и Mg^{2+} , а также на показатель pH. Подтверждено, что в процессе обратного осмоса происходит вымывание органических веществ из слоев мембраны в обрабатываемый разбавленный водный раствор, а также выявлено проблему неравномерности распределения свойств мембраны по всей поверхности ее полотна, что значительно снижает эффективность баромембранных методов.

Установлен механизм протекания баромембранных процессов и создана вербальная модель этих процессов.

Создано гипотезу многостадийной поэтапно-функциональной технологии подготовки питьевой воды - корректировки состава разбавленных водных растворов

на основе совершенствования баромембранных методов и необходимости использования типоразмерного ряда мембран с избирательной селективностью.

Разработаны и предложены рекомендации по использованию баромембранных процессов для корректировки состава разбавленных водных растворов – подготовки питьевой воды.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс НТУУ КПИ и в производственную деятельность ЧП ЛВТ.

Ключевые слова: гипотеза, многостадийная функционально - поэтапная технология, питьевая вода, разбавленный водный раствор, теоретический расчет, коэффициент активности, баромембранные процессы, мембрана, механизм, вербальная модель.

ANNOTATION

Kravchenko M.V. Development of functional technology of drinking water by improving baromembranes processes. – On rights for a manuscript.

Dissertation is submitted to obtain the scientific degree of Candidate of Technical Sciences by specialty 21.06.01 - ecological safety. - Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kyiv, 2012.

Theoretical grounds and results of experimental researches devoted to creation of a multistage stage to stage technologies of drinking water - correction of dilute aqueous solutions by improving baromembranes processes that occur in the system "water (dilute aqueous solution) - the membrane" are resulted in dissertation.

Terms "natural water", "prepared by the drinking water" as diluted aqueous solutions and the term "water treatment" as a correction of dilute aqueous solutions formulated. Theoretical calculation method aqueous solutions of high concentrations components activity coefficient elaborated. Based on this method calculated and compared with experimentally determined values, activity coefficients γ of high concentration aqueous solutions components to create and use baromembranes methods and apparatus for correction of the concentrated solutions.

A device and method for scientific research and technological parameters processes determining in the system "water supply sources - the membrane - clean (drinking) water" designed. Found, that in the process of dilute aqueous solutions correction, ratio and concentration of the fundamental components change on value that are not recommended for the full value of human physiology.

A mechanism of flow baromembranes processes defined and a verbal model of these processes created.

According to research carried out in dissertations, developed a number of recommendations for the use of baromembranes methods for correction of dilute aqueous solutions - drinking water.

Keywords: hypothesis, many-functional - phased technology, drinking water, dilute aqueous solution, theoretical calculation, activity coefficient, baromembranes processes, membrane, mechanism, the physical model.