

References

1. Ivanitskiy, H. K., Hozhenko, L. P. *Analiticheskoe issledovanie usloviy vozniknovenia kavitatsii v trube pulsatsionnoho disperhatora udarnogo tipa* [The analytical study of the conditions for cavitation in the tube of a pulsating dispersant of impact type]. *Prom. teplokhnik* [Industrial heat engineering]. 2014. Vol. 36, № 6, pp. 5 – 12.
2. Ivanitskiy, H. K., Chayka, O. I., Hozhenko, L. P. *Zastosuvannya kavitatsiynoho reaktora pulsatsionnoho typu dlia ekstrahuvannya z roslynnoi syrovyny* [The use of pulsating cavitation reactor type for extraction of plant raw material]. *Naukovi pratsi ONAKHT* [Scientific Works]. Odesa: 2015. Issue 47. Vol. 2, pp. 138 – 142.
3. Ivanitskiy, H. K., Korchynskiy, A. A., Matiushkin, M. V. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov v pulsatsionnom disperhatore udarnogo tipa* [The mathematical modeling of processes in pulsating dispersant of impact type]. *Prom. teplokhnik* [Industrial heat engineering]. 2003. Vol. 25, № 1, pp. 29 – 34.
4. Vitenko, T. M. (2009), *Hidrodinamichna kavitatsia u masoobminnykh, chimichnykh i biolohichnykh protsessakh* [The hydrodynamic cavitation in mass transfer, chemical and biological processes]. Ternopil Ivan Puliuy National Technical University, Ternopil, Ukraine, 220 p.
5. Dolinskiy, A. A., Ivanitskiy, H. K. (2008), *Teplomassoobmen i hidrodinamika v parozhidkostnykh dispersnykh sistemakh. Teplofizicheskie osnovy diskretno-impulsnoho vvoda enerhii* [Heat and mass transfer and hydrodynamics in vapour-liquid disperse systems], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine, 381 p.
6. P. R. Gogate, S. Mededovic-Thagard, D. McGuire, G. Chapas, J. Blackmon, R. Cathey, Hybrid reactor based on combined cavitation and ozonation: from concept to practical reality, *Ultrason. Sonochem.* 21 (2014) 590–598.
7. Shahin Roohinejad, Mohamed Koubaa, Francisco J. Barba, Ralf Greiner, Vibeke Orlien, Nikolai I. Lebovka Negative pressure cavitation extraction: A novel method for extraction of food bioactive compounds from plant materials Review Article Trends in Food Science & Technology, Volume 52, June 2016, Pages 98 – 108.
8. Nakorchevskiy, A. I., Basok, B. I. (2001), *Hidrodinamika i massoperenos v heterohennykh sistemakh i pulsiruiushchikh potokakh* [Hydrodynamics and heat and mass transfer in heterogeneous systems and pulsating flows], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine, 345 p.
9. Basok, B. I., Novitskaia, M. P., Chayka, O. I. (2014), *Hidrodinamika i teploobmen pry pnevmopulsatsionnom vozdeystvii na zhydkie sistemy* [Hydrodynamics and heat transfer in case of pneumatic pulsation action on liquid systems], Kalyta, Kyiv, 140 p.

УДК 66.021.3.086:[66.061.3–035.2:615.451.1]

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОЄМНИХ КОНЦЕНТРОВАНІХ ФІТОПРЕПАРАТІВ

Бурдо А. К.¹, к.т.н., доц., Альхурі Юсеф¹, аспірант,
Ананійчук Е. Ю.¹, інженер, Гончаров Д.С.², хімік-хроматографіст
¹Одеська національна академія харчових технологій
²ПАО "Іллічівський олійножировий комбінат"

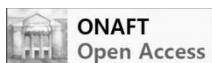
INVESTIGATION OF NON-ENERGY-INTENSIVE CONCENTRATED PHYTOPREPARATIONS PRODUCTION PROCESSES

Burdo A. K.¹, Ph.D, Associate Professor, Alhuri Yusef¹, postgraduate st.,
Ananiychuk E. Yu.¹, engineer, Goncharov D.S.², chemist-chromatographer
¹Odessa National Academy of Food Technologies
²Public Joint Stock Company «Illichevsky maslozhirkombinat»

Copyright © 2017 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Анотація. Обговорено перспективи фітопрепаратів, їх концентрати із рослинної сировини. Аналізуються традиційні технології та способи переробки плодів шипшини, пектинових розчинів. Показано, що недоліками відомих технологій є громіздкість обладнання та низька ефективність використання енергії. Зроблено висновок про необхідність удосконалення цих технологій. В першу чергу необхідні нові підходи до проведення процесів тепломасоперенесення. В роботі розглядаються проблеми сучасних технологій концентрування розчинів, випарних апаратів. Представлено концепцію доцільності використання адресної доставки енергії до елементів рослинної сировини для здійснення зневоднення розчинів. На основі такої концепції формулюється наукова гіпотеза, суть якої полягає в переході від класичної теплопередачі до принципів об'ємного підведення енергії. Пропонується здійснювати обробку сировини за допомогою електромагнітних генераторів енергії мікрохвильового діапазону. Розглянуто схему екс-

периментальної установки та методику проведення дослідів. В основі установки вакуумний мікрохвильовий апарат. Передбачається автоматизований збір даних та комп'ютерна обробка результатів, візуалізація термограм, поточних значень вилучення волози та паропроодуктивності на екрані дисплея. Представлено залежності цих параметрів від часу. Досліди проведено на екстрактах: із плодів шипшини, вичавок яблук та кісточок винограду. Проведено порівняння кінетичних залежностей. Зроблено аналіз результатів експериментальних досліджень та їх цінність для переведення технологій фітопрепаратів на нові принципи енергетичної дії.

Abstract. The prospects of phytopreparations, their concentrates from plant raw materials were discussed. The traditional technologies and methods of processing of wild rose, pectin solutions are analyzed. It is shown that the drawbacks of known technologies are the cumbersome equipment and low energy efficiency. The conclusion is made on the need to improve these technologies. First and foremost, new approaches to heat and mass transfer processes are needed. The paper considers the problems of modern technologies of concentration of solutions, evaporators. The concept of expediency of the use of targeted energy delivery to elements of plant raw material for dehydration of solutions is presented. On the basis of such a concept, a scientific hypothesis is formulated, the essence of which is the transition from classical heat transfer to the principles of volumetric energy supply. It is proposed to process raw materials using electromagnetic energy generators of the microwave range. The scheme of the experimental installation and the method of carrying out experiments are considered. At the base of the installation is a vacuum microwave oven. Automated data collection and computer processing of results, thermogram visualization, current values of moisture removal and vapor recovery on the display screen are foreseen. The dependencies of these parameters on time are presented. The experiments were carried out on water extracts: from hipster, vinegars of apples and grape seeds. A comparison of kinetic dependencies was made. The analysis of the results of experimental researches and their value for transfer of technologies of phytopreparations to new principles of energy action is made.

The process of extraction and concentration in a vacuum microwave machine of alcohol extract from coffee slurry has been separately investigated. The extraction process was carried out at a temperature of 50 °C. The final concentration of the solution was 22.5%. Evaporation in the microwave field was carried out at a temperature of 40 °C. The resulting solution was analyzed on a chromatographic mass spectrometer of Agilent 6890 with a selective detector 5975 Inert MSD. After passage of chromato-masses of the system it is determined that, the sample contains 97.7% of caffeine.

Ключові слова: фітопрепарати, випаровування, екстракти рослинної сировини, енергоефективність, мікрохвильовий вакуумний випарний апарат.

Key words: Phytopreparations, evaporation, extracts of plant material, energy efficiency, microwave vacuum evaporator.

Вступ. У сучасній медицині лікарські засоби, вироблені із сировини рослинного і тваринного походження, становлять 25%. У терапії серцево – судинних захворювань частка таких препаратів доходить до 70% [1]. Останнім часом зросла роль лікарських рослин в парфумерії та косметології. Жирні масла з рослинної сировини використовуються в харчовій промисловості, касторове масло використовується в авіаційній промисловості. Розширюється номенклатура рослинних препаратів, вдосконалюється методика аналізу і технологія виробництва [2]. Тому вивчення та удосконалення технологій вироблення фітопрепаратів наразі є дуже актуальним для освоєння потенціалу природи. Ключовим процесом в технологіях фітопрепаратів є концентрування екстрактів та соків. В роботі досліджуються процеси концентрування екстрактів із плодів шипшини, з вичавок яблук та виноградних кісточок.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Технологія комплексної переробки плодів шипшини на вітамінні препарати була розроблена Шнайдманом Л.О. [3] і складалася з наступних технологічних ліній: отримання концентрату з вітаміном С, отримання концентрату з вітаміном групи Р та отримання каротиноїдних препаратів (каротиноїдний пігмент у вигляді пасти або, якщо екстракцію пігменту ведуть рослинним маслом - каратолін). Ця технологія приваблива тим, що в досить повній мірі використовує ресурс вихідної сировини з випуском широкого кола готових продуктів. Технологія реалізується в екстракторах Гузенко, фільтрпресі, в трьохступеновому випарному апараті, в розпилювальній та вакуумвальцьовій сушарці.

В останні роки приділяється значна увага з'ясуванню структури пектинових речовин у зв'язку з їх цінними технічними властивостями і високою фізіологічною активністю. Спектр їх біологічної дії широкий: пектини мають імуномодулюючу дію, здатні виводити з організму важкі метали, біогенні токсини, анаболіки, ксенобіотики, продукти метаболізму і біологічно шкідливі речовини, які здатні накопичуватися в організмі (холестерин, ліпіди, жовчні кислоти, сечовину). Різноманітність властивостей пектинів, що володіють новими фізико-хімічними та фізіологічними властивостями, може бути досягнуто за рахунок хімічної модифікації: етерифікації, амідування. Пектин декларується як харчова добавка Е440. Він широ-

ко використовується в харчовій промисловості як стабілізатор консистенції, згущувача, сполучного агента в джемах, молочних, кисломолочних і інших продуктах. Але традиційне обладнання для концентрування характеризується громіздкістю та енергоємністю [3].

Формулювання проблеми та наукової гіпотези. Серйозною проблемою при виробництві концентрованих фітопрепаратів є енергоефективне обладнання для зневоднення. Наразі в теплотехнологіях випаровування є серйозні протиріччя. Традиційне апарати для випарювання засновані на контактному підводі енергії. Із ростом концентрації підвищується в'язкість розчину, більшим стає товщина приграничного шару у поверхні нагріву, росте термічний опір процесу теплопередачі. В результаті – утворюється пригар на стінках апарату, з'являється присмак варки. А це знижує можливості використання концентрату фітопрепаратів в харчовій промисловості і медицині.

В останні роки росте інтерес до технологій термічної обробки сировини в електромагнітному полі. Одним із способів такої технології є екстрагування в мікрохвильовому полі (МХП) [4]. Тривалість процесу з підводом мікрохвильової енергії суттєво зменшується, знижується мікробіологічне забруднення продукту [5, 6]. Але, апарати для концентрування розчинів в МХП тільки з'являються, їх застосування в технологіях фітопрепаратів не відомо.

Пропонується гіпотеза, що ефективним принципом зневоднення із розчинів має стати принцип об'ємного підведення енергії за допомогою МХП, використання джерел енергії електромагнітних генераторів, які спроможні на адресну доставку енергії безпосередньо до вологи. А це дасть змогу вирішення протиріч, що виникають при традиційній теплопередачі. Гіпотезу підтверджено результатами експериментальних дослідів.

Результати дослідження та їх обговорення. Об'єкти та діапазони досліджень наведено у таблиці 1. Екстракт 3 заливався в герметичну камеру 1, в якій здійснювалось випаровування. Температури поверхні камери 1 та пари на вході в конденсатор 5 контролювались за допомогою датчиків типа Dallas DS 18B20. Дані з датчиків температур і ваг TBE-0,21-0,01 обробляються в контролері 9 і надходять на планшет CHUWI CW1506 10. Розроблено програму яка реалізує візуалізацію процесу, а також збереження в базі поточних даних.

Таблиця 1 – Діапазон експериментального моделювання процесу випарювання

Водні екстракти	Тиск, кПа	Температура, T , °C	Кінцева концентрація, %
шипшини	5	40	50
вичавок яблук	12	70	54,3
кісточок винограду	7	55	80
спиртовий із шלאму кави	18	40	22,5

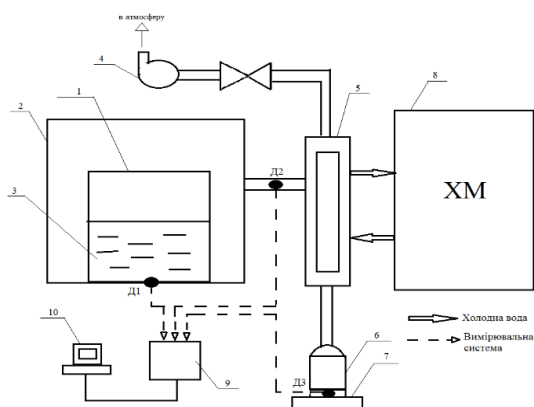


Рис. 1. Експериментальний стенд мікрохвильової випарної установки.

коливання) збільшується температура екстракту. При досягненні температури кипіння утворюється пара, яка конденсується та збирається в ємності 6. Поточна вага конденсату (яка дорівнює витратам вторинної пари із камери 1) вимірюється пристроєм 7 та передається на планшет 10.

На екрані планшета відображаються термограми та кінетика пароутворення (яка визначається по масі конденсату). Проводиться обробка даних та визначається паропроодуктивність (вихід пари в одиницю часу) та поточна концентрація екстракту. Результати експериментів представлено на рис. 2 – 5.

В досліді фіксувалось тривалість процесу, температура і концентрація розчину в час обробки.

Випарювання екстракту із плодів шипшини з початковою концентрацією розчину 4,5 % проводилось при тиску 7 кПа і при температурі в камері 40 °С (рис.2). Об'єм екстракту в камері складав 1300 мл. Зміни ключового параметру процесу – паропродуктивності наведено на рис.3.

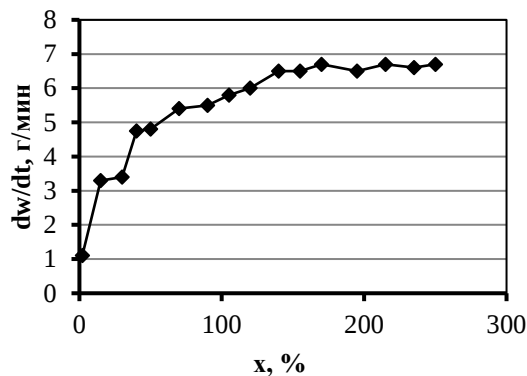


Рис. 2. Термограми процесу випарювання.

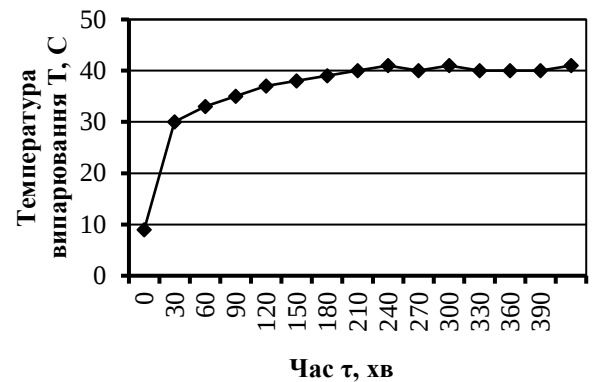


Рис. 3. Паропродуктивність при випарюванні.

У відповідності до табл.1 проводились експерименти із іншими екстрактами. Отримано якісно подібні залежності, але зафіксовано кількісні відмінності. На рис. 4 наведено порівняння первинних даних експериментів (які реєструвались за допомогою ваг) – зміни маси конденсату. Процес випарювання екстракту шипшини йде при найнижчих температурах (рис.5). Повільний вихід пари характерне для екстракту із чичавок яблук. Пояснюється цей факт тим, що в цьому екстракті значна концентрація пектинових речовин, що обумовлює стале підвищення в'язкості розчину. Тому процес випарювання йде при більших температурах, а вихід пари найменший (рис.4, 5).

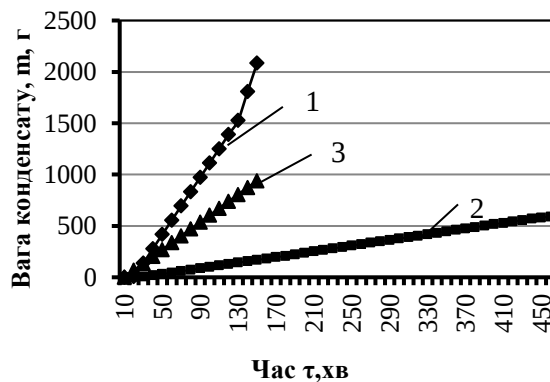


Рис. 4 Зміна маси конденсату.

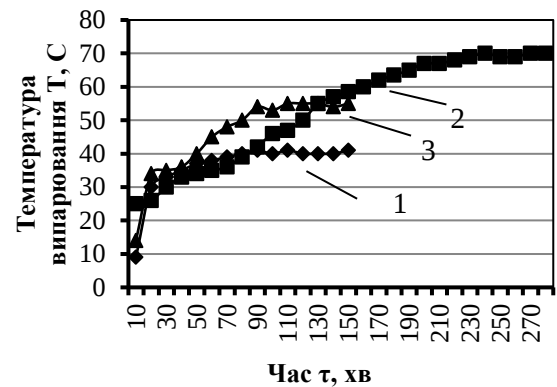


Рис. 5 Термограми процесів випарювання.

На рис.6 приведено порівняння основного параметру – паропродуктивності.

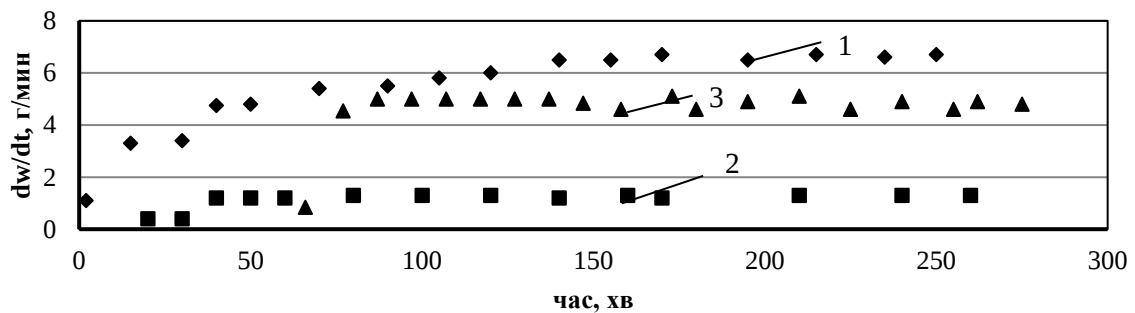


Рис. 6. Паропродуктивність апарата з МХП.

Початковий об'єм профільтованого екстракту із яблучних вичавок складав 700 мл. Процес випарювання проводили при температурі в камері 70 °С (рис.6). За період досліду випарувалось 590 (900)мл конденсату (рис.5).

Після випарювання отримано екстракт – густа коричнева маса, консистенцією нагадує згущене молоко, при підвищенні температури стає все більш текучим, має властивість желювання. Екстракт пектину, упарений до достатньої густоти.

На установці (рис.1) проведено випарювання спиртового екстракту із шלאму кави. Екстракт мав темний окрас, що свідчить про перехід розчинних речовин шלאму в екстракт. Оптична щільність визначена за допомогою рефрактометру НІ 96801, і дорівнювала 22,5 Вгіх. Випарювання із екстракту вели під вакуумом при температурі 40 °С.

В результаті отримано темно-коричневу маслянисту рідину із ярко вираженим запахом кави. По-перше, проведено жирно кислотний состав продукту, який показав, що олія в розчині відсутня. Далі для ідентифікації продукту використано хроматографічну систему мас-спектрального аналізу. Для цього, пробу масою 0,05 г розчинили в 1 мл метанолу. Отриманий розчин аналізували на хромато-мас спектрометрі Agilent 6890 із селективним детектором 5975 Inert MSD при наступних умовах: колонка довжиною 30м та діаметром 0,25 мм, газ носій гелій з постійним потоком 1,0 мл/хв. Температура випарювання T=280°C. Термостат: початкова температура 100 °С, витримка 2 хв, далі нагрівання при швидкості 15 °С /хв. До температури 280 °С, витримка 2 хв. Енергія іонізації становила 70 еВ. Температура іонного джерела сягала 230 °С. Температура квадруполя дорівнювала 150 °С.

Після проходження хромато-мас системи визначено, що зразок містить 97,7% кофеїну.

Висновки. Отримані результати свідчать, що на базі МХП доцільна розробка технології концентрування рослинної сировини. Можна очікувати мінімізацію часу проведення процесу і енерговитрат. Концентрати після МХП випарювання є безпечний в харчовому відношенні за мікробіологічними та фізико-хімічними показниками. Розроблена технологія є доступною для підприємств харчової і переробної промисловості, і легко впроваджується вже в існуючі технологічні лінії виробництва продуктів харчування та фітопрепаратів.

Література

1. Неумывакин И.П. Шиповник на страже здоровья. Литера, 2008. 1283 с.
2. Николайчук Л.В., Матусевич Н.М., Желясков Р.П. Целебные деревья и кустарники // Современное слово, 2002. 224 с.
3. Білобородов В.В., Брик В.Н., Прокоф'єв А.В. Витяг біологічно активних речовин з пряноароматичних сировини в системі процесів екстрагування-віджимання // Масложирова промисловість. 1995. № 3-4. С. 24-27.
4. Массоперенос при экстрагировании из лечебного растительного сырья в электромагнитном поле / Бурдо О.Г. и др. // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2016. Т.80, вип. 1. С. 59 – 67.
5. Бурдо О.Г., Пищевые нанотехнологии – Херсон, 2013. 294 с.
6. Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Бандура В.Н. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях // Научный информационно-аналитический инженерный журнал «Problemele energetici regionale (Проблемы региональной энергетики)». 2015. №1 (27). С.79–85.

References

1. Neumyvakin I.P. Shipovnik na strazhe zdorovya (2008) Litera, 1283.
2. Nikolaychuk L.V., Matusevich N.M., Zhelyaskov R.P., (2008). Tselebnyie derevya I kustarniki 224.
3. Biloborodov V.V., Brik V.N., Prokof'ev A.V. (1995). Vityag biologichno aktivnih rechovin z pryanoaromatichnih sirovini v sistemi protsesiv ekstraguвання-vidzhimannya. Maslozhirova promislovist. 3-4, 24-27.10
4. Burdo O.G., Burdo A.K., Alhuri Yusef, Sirotuk I.V. (2016). Massoperenos pri ekstragirovanii iz lechebnogo rastitel'nogo syrya v elektromagnitnom pole. Odesa, ONAHT, Naukovi pratsi, 80, 59 – 67.
5. Burdo O.G. (2013) Pischevyie nanoenergotehnologii. Herson, 294.
6. Burdo O.G., Terziev S.G., Bandura V.N. (2015). Printsipy napravlenogo energeticheskogo deystviya v pischevyih nanotekhnologiyah. Nauchnyiy informatsionno-analiticheskiy inzhenernyiy zhurnal «Problemele energetici regionale (Problemyi regionalnoy energetiki)» – Kishinev, 1(27), 79–85.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ АЕРАЦІЙНО-ОКИСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО
ТИПУ НА ПРОЦЕС ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ**

Ободович О. М. д. т. н., Сидоренко В. В., к. т. н.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

**RESEARCHES OF INFLUENCE OF DESIGN FEATURES AND
HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF AERATION-OXIDIZING UNIT OF
ROTARY TYPE ON IRON REMOVAL FROM DRINKING WATER**

Obodovych O. M., Sydorenko V. V.

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine

Copyright © 2017 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Анотація. В даний час для питного водопостачання використовується все більше води з артезіанських свердловин (підземні води). Це пов'язане з погіршенням екологічної обстановки в Україні, яка призвела до зараження поверхневих вод важкими металами, радіоактивними елементами, нітратами, нітридами і т. ін. На більшості підприємств харчової промисловості для технологічного водозабезпечення також використовуються підземні води. Одним з основних недоліків підземних вод є підвищений вміст в них заліза. Зважаючи на це, важливою задачею в процесі водопідготовки залишається пошук, розробка та впровадження ефективних та енергоощадних способів знезалізнання підземних вод питного призначення. В статті наведені результати досліджень по обробці артезіанської води в аераційно-окиснювальній установці роторного типу з метою знезалізнання. Представлена схема та принцип роботи установки.

Установка реалізує процес знезалізнання води окисненням двовалентного заліза киснем повітря, що подається в установку через ежектора рахунок ефекту Вентурі. Основним елементом представленої установки є аератор-окиснювач, що складається з роторно-пульсаційного вузла та крильчатки відцентрового насоса. Роторно-пульсаційний вузол складається з двох роторів, що з'єднані в один роторний вузол, та статору, що виконані у вигляді обичайок із поперечними щілинними отворами прямокутного перерізу. Між роторами та статором передбачений зазор. Аератор-окиснювач є апаратом, що реалізує принцип дискретно-імпульсного введення енергії, який передбачає обробку середовища шляхом введення енергії у вигляді коротких, потужних імпульсів. В системах рідина-рідина, газ-рідина введення енергії таким чином призводить до комплексу тепломасообмінних та гідродинамічних ефектів впливу на середовище. В процесі аерації це призводить до інтенсивного дроблення бульбашок повітря, значно-му збільшенню сумарної поверхні контакту фаз, інтенсивному перемішуванню.

В роботі експериментально визначено вплив конструктивних параметрів аератора-окиснювача на швидкість знезалізнання. Одним з таких параметрів є швидкість обертання роторного вузла. Зміна швидкості обертання при сталих значеннях кількості перерізів та товщині міжциліндрового зазору призводить як до зміни частоти пульсацій потоку в каналах роторів та статору, так і до зміни характеру течії водно-повітряної суміші в міжциліндрових зазорах. Збільшення швидкості обертання роторного вузла призводить також до збільшення кількості повітря, що подається на аерацію.

Abstract. Currently, for drinking water supply the more water from artesian wells (ground water) is used. This is caused by the deterioration of ecological situation in Ukraine, which led to the contamination of surface water with heavy metals, radioactive elements, nitrates, nitrites, and so on. Most of the food industry for process water supply also uses groundwater. One of the major drawbacks of groundwater is the high content of iron. Therefore, an important task in the process of water treatment is the search, development and implementation of effective and energy efficient iron removal methods from groundwater for drinking purposes. The article presents results of research on the treatment of artesian water in aeration-oxidizing unit of rotor type for the purpose of iron removal. The scheme and the principle of the unit are presented. The unit realizes an iron removal from water by oxidation of ferrous by air oxygen supplied to the system through ejector by the "Venturi" effect. The main element of unit is aerator-oxidizer, consisting of rotary pulsation unit and impeller of centrifugal pump. Rotary pulsation unit consists of two rotors assembled to one element and stator the form of hollow cylin-