

## Досвід використання нанокompозиту алюмінію в умовах бурякоцукрового виробництва

**В.В. Олішевський**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій,  
**А.І. Українець**, ректор, доктор технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій

**К.Г. Лопатько**, доктор технічних наук, професор кафедри технології конструкційних матеріалів та матеріалознавства, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Н.М. Пушанко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології цукру та підготовки води, Національний університет харчових технологій

**Є.М. Бабко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій

**А.М. Вільченко**, головний технолог, ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані»

**В.В. Костюченко**, начальник виробництва, ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані»

**А.І. Маринін**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

**Т.В. Никитюк**, аспірант Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій

**С.О. Лапшин**, аспірант кафедри електричних машин і експлуатації обладнання, Національний університет біоресурсів і природокористування України

У статті розглянуто можливість застосування нанокompозиту алюмінію в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки в умовах цукрового виробництва. Встановлено, що додавання нанокompозиту алюмінію в жомопресову воду в кількості 0,0005 % до маси води дозволяє підвищити чистоту дифузійного соку на 2,0%, а чистоту жомопресової води на 7,3%. При цьому ступінь пресування жому підвищується на 2,35%. За рахунок підвищення чистоти сульфитованого соку на 1,7 % спостерігалось підвищення виходу цукру на 0,15% до маси буряку.

Ключові слова: бурякова стружка, екстрагування, нанокompозит алюмінію, ефект очищення.

В статье рассмотрена возможность применения нанокompозита алюминия в процессе извлечения сахарозы из свекловичной стружки в условиях сахарного производства. Установлено, что добавление нанокompозита алюминия в жомопрессовую воду, в количестве 0,0005% к массе воды, позволяет повысить чистоту диффузионного сока на 2,0%, а чистоту жомопрессової воды на 7,3%. При этом степень прессования жома повышается на 2,35%. За счёт повышения чистоты сульфитированного сока на 1,7% наблюдалось повышение выхода сахара на 0,15 % по массе свеклы.

Ключевые слова: свекловичная стружка, экстрагирование, нанокompозит алюминия, эффект очистки.

The possibility of aluminium nanocomposite application during sugar extraction process from sugar-beet was studied in terms of sugar plant. It was established that addition of aluminum nanocomposite into press-water in amount of 0,0005% by weight of water can increase the diffusion juice purity nearly 2,0 %, and the purity of press-water to 7,3 %. This may increase the degree of pulp moisture to 2,35%. By increasing the purity of thin juice to 1,7%, there was increased sugar produces by 0,15% per mb.

Keywords: beet, extraction, aluminum nanocomposite, thin juice purity.

Технологія цукрового виробництва відноситься до технологій, де існує вдаль поєднання інноваційних наукових підходів до традиційних спосо-

бів проведення процесів. Основним завданням сучасного цукрового виробництва на сьогоднішній день залишається досягнення високої якості кін-

# ТЕХНІКА & ТЕХНОЛОГІЇ

цевого продукту одночасно із зниженням матеріальних та енергетичних складових виробництва.

Процес екстрагування сахарози з бурякової стружки передбачає протитечійну обробку сировини спеціально підготовленим екстрагентом [1]. При цьому, одними із основних технологічних показників, які характеризують ефективність даного процесу залишаються чистота дифузійного соку та інших напівпродуктів, та ефект очищення [2]. Ці показники безпосередньо визначають умови проведення послідовних технологічних процесів. Тому, актуальним залишається питання попередження процесу утворення та переходу колоїдів (білкових та пектинових речовин) в дифузійний сік, а розроблення та впровадження ефективних способів екстрагування, що забезпечують зменшення вмісту нецукрів в екстракті, визначають шляхи щодо інтенсифікації даного процесу.

Найбільш простим і ефективним способом інтенсифікації процесу екстрагування є застосування методів попередньої обробки бурякової стружки, в тому числі з використанням хімічних реагентів, що перешкоджають переходу розчинних нецукрів, зокрема білкових та пектинових речовин, в дифузійний сік [3, 4]. Відомо, що іони полівалентних металів ( $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$  та ін.) здатні зв'язувати полісахариди клітинних стінок в нерозчинні з'єднання, знижуючи при цьому їх перехід в дифузійний сік. Тому, використання таких реагентів, в основу яких входять речовини з комплексоутворюючими властивостями, дозволить підвищити чистоту дифузійного соку з одночасним збільшенням модуля пружності бурякової тканини.

В останні десятиліття досить інтенсивно роз-

вивається науковий напрям, пов'язаний з розробкою та використанням наноматеріалів на основі металів (титану, заліза, алюмінію та ін.), які за рахунок нанорозмірного діапазону частинок мають високу хімічну активність, зокрема, високу коагулюючу та комплексоутворюючу здатність [5]. Так, досвід використання гідроксиду алюмінію в наноформі як додаткового реагенту в процесі попереднього вапнування дозволяє підвищити ефект очищення за рахунок додаткової коагуляції високомолекулярних з'єднань та речовин колоїдної дисперсності дифузійного соку [6...8].

Метою даної роботи було підтвердження ефективності застосування в промислових умовах нанокompозиту алюмінію в якості комплексоутворюючого реагенту при екстрагуванні сахарози з бурякової стружки. Дослідження проводилися в умовах ТОВ «Юкрєйніан Шугар Компані» в сезон виробництва 2016 року. При проведенні досліджень використовували нанокompозит алюмінію, одержаний методом об'ємного електроіскрового диспергування гранул алюмінію в рідині з низькою електропровідністю [9].

Попередніми лабораторними дослідженнями [10...11] було встановлено підвищення процесу екстрагування за рахунок додавання нанокompозиту алюмінію в жомпресову воду перед подачею в екстрактор.

В умовах виробництва, для дослідження комплексоутворюючих властивостей нанокompозиту алюмінію в діючу апаратурно-технологічну схему бурякопереробного відділення заводу було встановлено додаткове обладнання (рис.1, I). Основним елементом комплексу додаткового обладнання був генератор розрядних імпульсів 1 (а) з

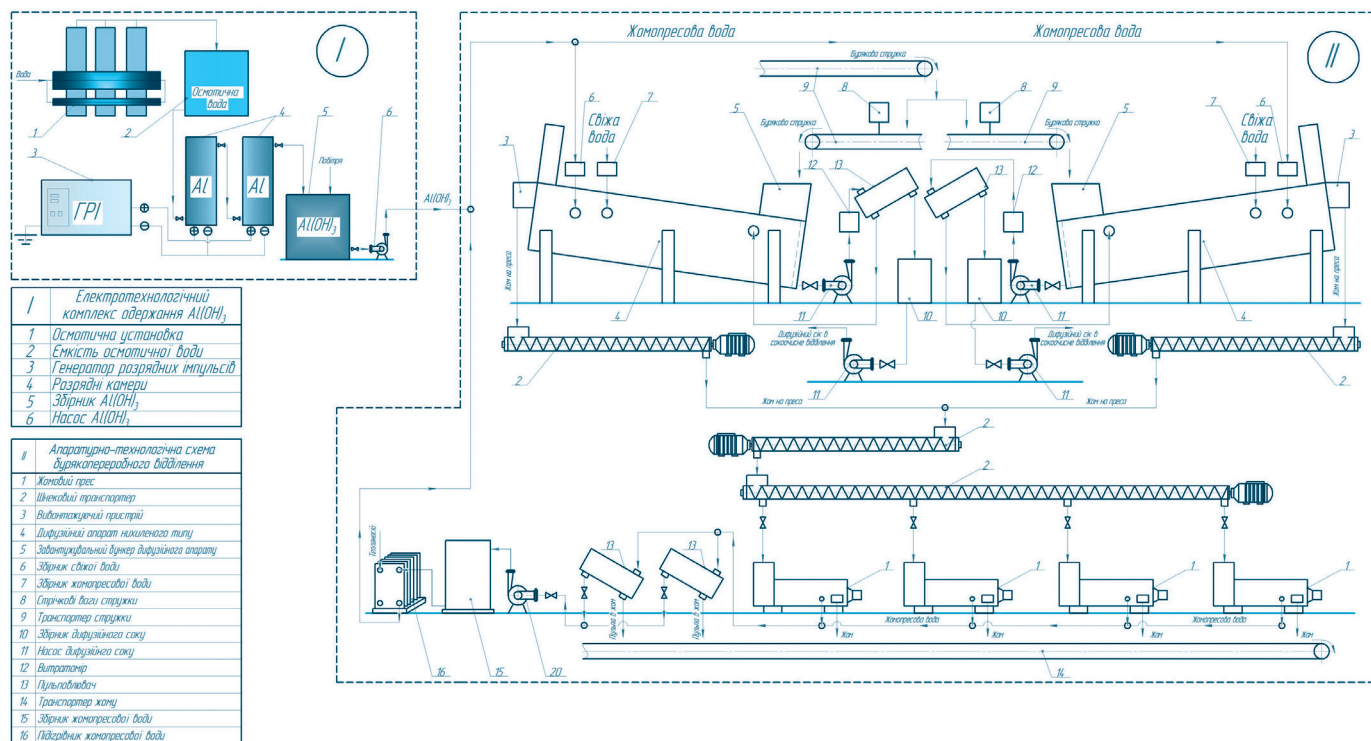
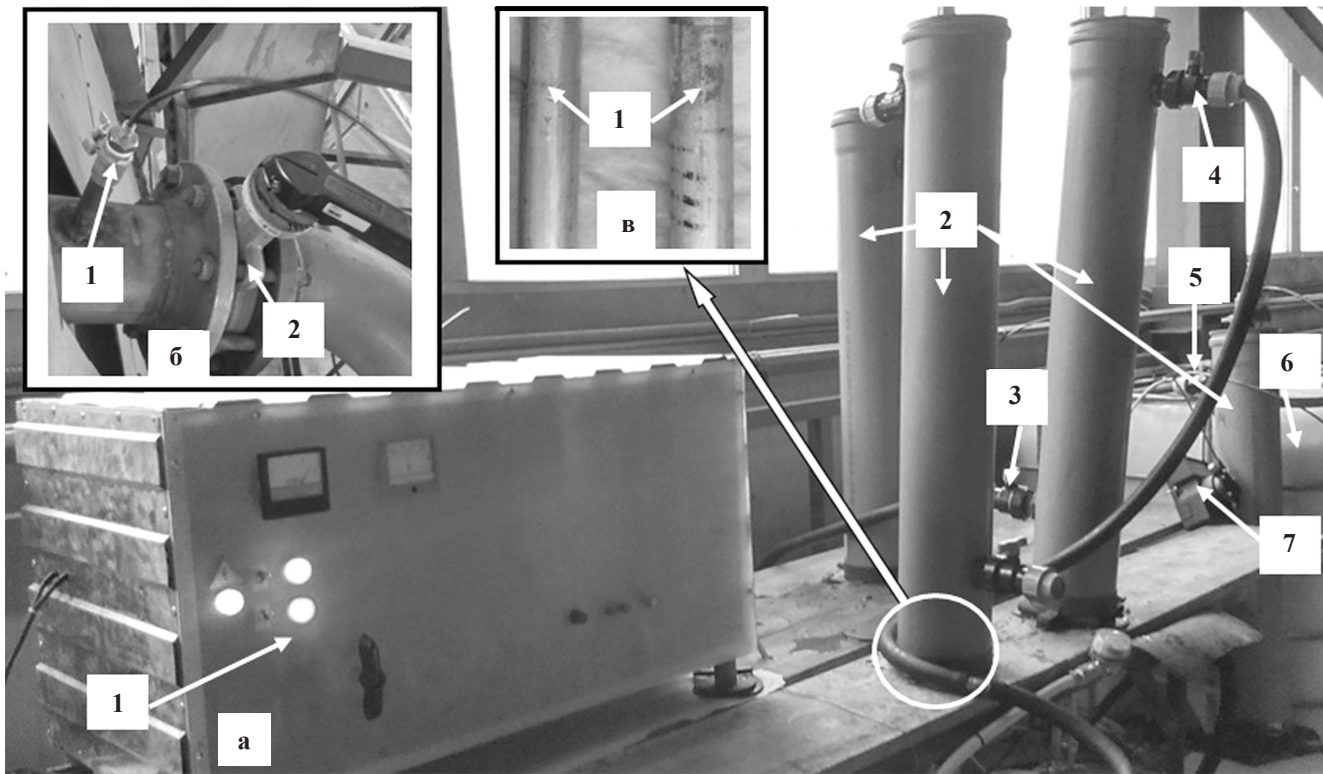


Рис. 1. Апаратурно-технологічна схема процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки заводу ТОВ «Юкрєйніан шугар компанії» (II) зі схемою подачі нанокompозиту алюмінію (I)



**Рис. 2.** Електротехнічний комплекс одержання нанокompозиту алюмінію у виробничих умовах ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані»:

**а:** 1 – генератор розрядних імпульсів; 2 – розрядні камери; 3 і 4 – патрубки подачі води та відведення нанокompозиту алюмінію; 5 – система аерації; 6 – ємкість з нанокompозитом алюмінію; 7 – дозатор нанокompозиту алюмінію; **б:** 1 – патрубок подачі нанокompозиту алюмінію; 2 – система подачі живильної води на екстрагування; **в:** 1 – електродна система

**Таблиця 1**

**Характеристика нанокompозиту алюмінію**

Нано композит	Концентрація металу в розчині, г/дм <sup>3</sup>	Середній гідродинамічний радіус, нм	Електрокінетичний потенціал, мВ	Електропровідність, мкСм/см <sup>2</sup>	pH
Al(OH) <sub>3</sub>	2,10±0,01	125,00±1,2	22,4±0,65	75,15±1,0	7,43±0,01

силовою частиною, побудованою на тиристорній елементній базі (рис.2). Подачу імпульсів струму здійснювали на алюмінієві електроди 1 (в) розрядних камер 2 (а), робочий простір яких заповнювався струмопровідним шаром гранул алюмінію. При роботі генератора осмотична вода через патрубок 3 (а) подавалась в розрядну камеру, а через патрубок 4 (а) колоїд гідроксиду алюмінію направлявся в ємкість 6 з примусовою системою аерації. Характеристика та результати електронної мікроскопії нанокompозиту алюмінію представлено в табл. 1 та на рис. 3.

Апаратурно-технологічна схема процесу екстрагування включала два паралельно працюючих дифузійних апарата 3 (рис.1). Для подачі нанокompозиту алюмінію, в місце подачі жомопресованої води в одному з апаратів було вмонтовано патрубок 1 (б) (рис.2) і дозування реагенту здійснювалось за допомогою мембранного насоса-дозатора 7 (а) (рис.2). Дифузійний сік з двох дифузійних

апаратів після пульпоуловлювачів очищувався за типовою схемою, яка включала прогресивну попередню дефекацію та холодно-гарячу основну дефекацію, I та II сатурацію з фільтруванням на патронних та рамних фільтрах, сульфитацію очищеного соку (див. рис.1).

Результати досліджень впливу нанокompозиту алюмінію на якісні показники напівпродуктів бурякоцукрового виробництва представлено в табл. 2 та на рис. 4 та 5. Визначення технологічних показників напівпродуктів бурякоцукрового виробництва визначали за допомогою методик, рекомендованих в [12, 13].

Як видно з даних табл.2, додавання до жомопресованої води нанокompозиту алюмінію у кількості 0,0005% до маси води дозволяє суттєво підвищити якісні показники соків по «верстату» заводу. Це стосується не тільки покращення якісних показників дифузійного соку (підвищення його чистота на 2%), але й інших напівпродуктів. Так,



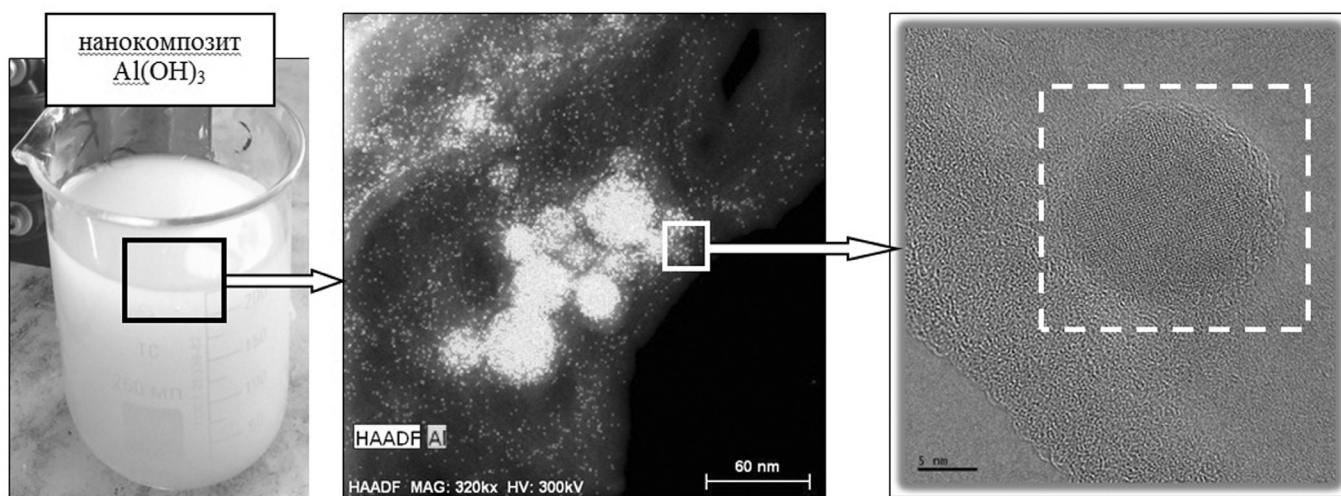


Рис. 3. Електронно-мікроскопічне зображення (STEM-EDS) нанокompозиту алюмінію, одержаного електроіскровим способом

Таблиця 2

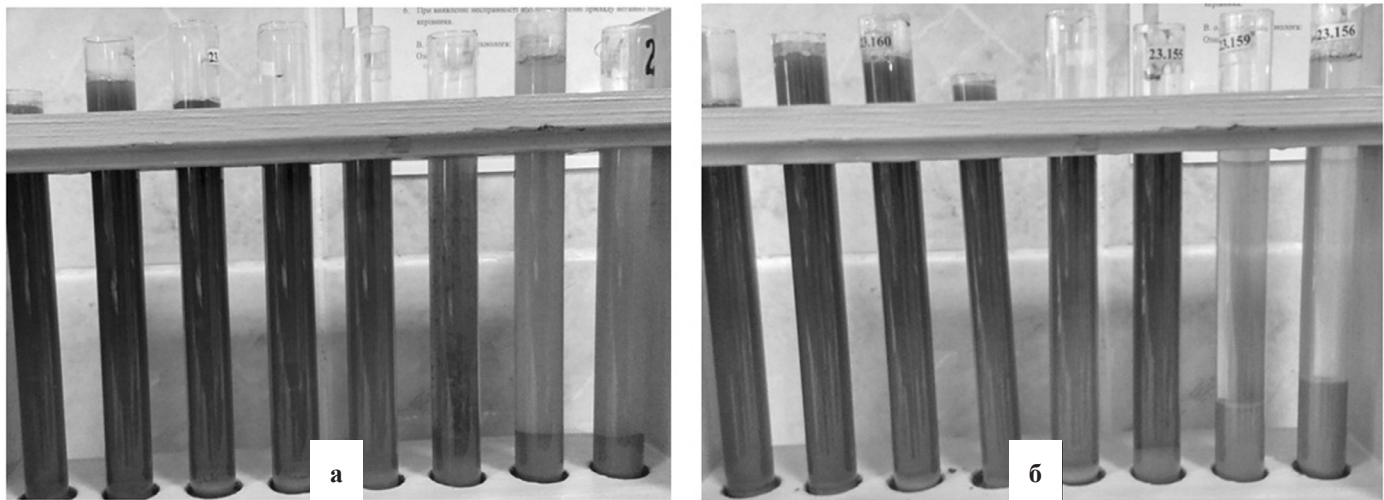
## Вплив нанокompозиту алюмінію на продукти бурякоцукрового виробництва

№ п.п.	Схема екстрагування	Нанокompозит алюмінію, % до м.в.	Переддефекований сік				Чистота, %				Ефект очищення, %		Вихід цукру, % до маси буряку
			pH <sub>20</sub>	швидкість відстоювання, S <sub>3</sub> см/хв	об'єм осаду, V <sub>25</sub> %	СР віджагеного жому, %	жомопресової води буряково соку	Чистота дифузійного соку	Чистота сульфатованого соку	дифузійного соку	сульфатованого соку		
1	Типова схема	-	11,2	3,1	25,3	25,0	75,0	86,0	87,2	89,8	9,83	22,62	13,17
2	З додаванням реагенту	0,0005	11,2	2,6	33,2	27,35	82,3	86,0	89,23	91,5	25,83	23,04	13,32

спостерігалось підвищення чистоти жомопресової води, яка подається в установку, а також покращення роботи жомових пресів з можливістю віджимати жом до вмісту сухих речовин 27%. За рахунок впровадження даного заходу зафіксовано підвищення виходу цукру на 0,15%, що є практичним доказом ефективності додавання нанокompозиту алюмінію. Однак, зафіксовано також зменшення швидкості осадження та збільшення об'єму осаду соку попередньої дефекації. Можливо це пов'язано з утворенням дрібніших часток колоїдів в процесі переддефекації. Це питання ви-

магає додаткового дослідження. Однак при цьому не зафіксовано порушень фільтрувальних властивостей соків, а фільтрат та декантат переддефекованого соку мали меншу кольоровість та кращу прозорість (рис. 4).

Таким чином, досягнутий ефект можна пояснити тим, що нанокompозит алюмінію в процесі екстрагування проникає в стружку по каналам пошкоджених під час різання поверхневих клітин, укріплює клітинні стінки за рахунок утворення міцного нерозчинного пектату алюмінію. Можна припустити, що при потраплянні в наповнені

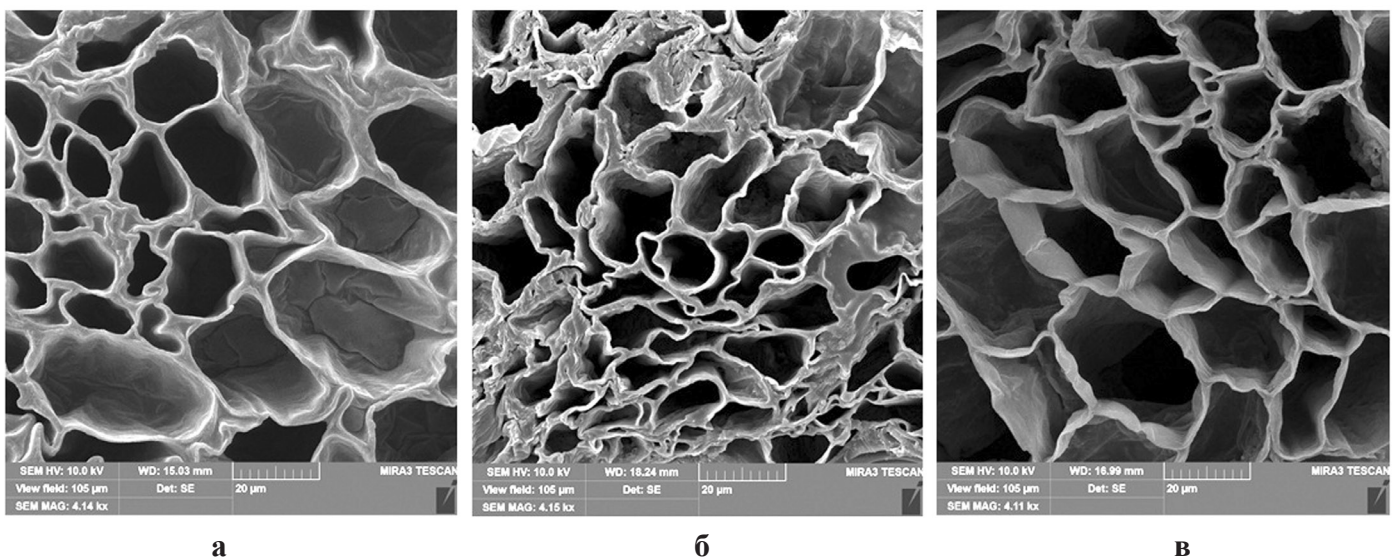


**Рис. 4.** Вплив нанокompозиту алюмінію на властивості соку попередньої прогресивної дефекації у виробничих умовах ТОВ «Юкрейніан Шугар Компані»  
а – типова схема екстрагування; б – з додаванням нанокompозиту алюмінію в процесі екстрагування

клітинним соком вакуолі, реагент частково коагулює високомолекулярні речовини, що покращують дифузію сахарози з клітин в екстрагент. Лабораторні дослідження показали, що клітина структура при цьому практично не змінюється, порівняно з типовою схемою екстрагування (рис. 5). Такі ж комплекси, можливо, утворюються з іншими речовинами колоїдної дисперсності клітинного соку – жирами, сапоніном та ін.

Результати досліджень показали, що застосування нанокompозиту алюмінію, одержаного методом об’ємного електроіскрового диспергуван-

ня при додаванні в жомпресову воду в кількості 0,0005% до маси води дозволяє підвищити чистоту дифузійного соку на 2,0%, а чистоту жомпресової води на 7,3%. При цьому ступінь пресування жому підвищується на 2,35% за рахунок збільшення пружності стружки. Позитивний результат застосування нанокompозиту алюмінію зберігається в подальших технологічних процесах, що дозволило досягти підвищення чистоти сульфатованого соку на 1,7%, а також спостерігалось підвищення виходу цукру на 0,15% до маси буряків. ■



**Рис. 5.** Електронно-мікроскопічне зображення (SEM) клітин стружки цукрового буряку:  
а – до екстрагування (натив); б – типова схема екстрагування; в - з додаванням нанокompозиту алюмінію в процесі екстрагування

**Список використаних джерел**

1. Силин, П. М. Технологія свеклосахарного виробництва / П. М. Силин // Ч.2. – М. : Пищепромиздат, 1948. – 203 с.
2. Сапронов, А. Р. Технологія сахарного про-

изводства. / А. Р. Сапронов. // – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Колос, 1999. – 495 с.

3. Гусятинська, Н. А. Наукове обґрунтування та розроблення фізико-хімічних методів інтенсифікації вилучення сахарози з цукрових буряків : дис. д-ра техн. наук: 05.18.05 / Наталія Альфредів-



на Густинська // – К., 2008. – 627 с.

4. Баранникова, А. Н. Повышение качества очистки сахаросодержащих растворов с применением алюминийсодержащего сорбента: дис. к-та техн. наук: 05.18.05 / Алла Николаевна Баранникова // – М., 2007. – 161 с.

5. Азаренков, Н. А. Наноматериалы, нанопокрывтие, нанотехнологии: Учебное пособие / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк, Л. В. Маликов, П.В. Турбин // – Х.: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. 209с.

6. Патент 104338 UA, МПК C13B 20/00 (2014.01). Спосіб очищення дифузійного соку / В. В. Олішевський, Л. М. Верченко, А. І. Маринін, С. В. Ткаченко, О. В. Ардинський, К. Г. Лопатько; заявник і патентовласник НУХТ. – № a201204314; заявл. 06.04.2012 ; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2, 2014.

7. Верченко, Л. М. Перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві / Л. М. Верченко, С. В. Ткаченко, А. І. Маринін // Цукор України: науково-практичний галузевий журнал. 2012. № 12. С. 15 20.

8. Liapina, K. V. The lime purification of sugar-containing solution using high viscosity colloidal solutions / K. V. Liapina, P. G. Dulnev, A. I. Marynin, N. N. Pushanko, V. V. Olishkevskiy // Biotechnologia Acta, V. 8, No 6, 2015. Pp.71 76.

9. Патент на корисну модель 38461 UA, МПК (2006) B22F 9/08 . Пристрій для отриман-

ня колоїдних розчинів ультрадисперсних порошків металів / К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтандіянц, А. А. Щерба, С. М. Захарченко, С. А. Яцюк, заявник і патентовласник Національний аграрний університет. – № u200810312; заявл. 12.08.2008; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1, 2009.

10. Українець, А. І. Коагуляційне очищення жомопресової води гелем алюмінію / А. І. Українець, В. В. Олішевський, Н. М. Пушанко, К. В. Ляпіна, А. І. Маринін // Наук. пр. Нац. ун-ту харч. технологій. 2015. 21, № 5. С. 237 243.

11. Українець, А.І. Розроблення ресурсозберігаючого процесу екстрагування сахарози з цукрового буряку з використанням нанокompозиту алюмінію / А. І. Українець, В. В. Олішевський, Н. М. Пушанко, Є. М. Бабко, Т. В. Никитюк // Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості : матеріали міжн. наук.-практ. конф., 8-10 листоп. 2016 р., м. Київ / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НУХТ. – К. : НУХТ, 2016. – С. 117-119.

12. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. – К. : ВНИИСП, 1983. 476 с.

13. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики (ПУП) 15.83 37 106:2007 / М. М. Ярчук, М. Ф. Калініченко, В. П. Чупахіна та ін. // Видавництво ТОВ «Інформаційно-аналітичний центр «Цукор України». – К. : 2007. – 420 с.

## ЦІКАВІ ФАКТИ

### Цікаві факти про воду з наукової точки зору



Всі проведені дослідження з водою вказують на те, що вода ще не до кінця вивчена. Її проста структура містить в собі неймовірну кількість секретів і загадок.

Про воду, її фізичні та хімічні властивості часто з'являється нова інформація і звичне уявлення про неї повністю змінюється. А що з цього приводу може сказати наука?

Вода поглинає радіацію, інфрачервоні промені, пропускає спектр світла, видимий неозброєним оком.

У певних умовах замерзання H<sub>2</sub>O відбувається і при плюсовій температурі.

Найбільш висока щільність може бути у рідини, охолодженої до + 4°C.

Білкові форми без води не існують.

Перехід з рідкого стану в тверде збільшує об'єм рідини, що нехарактерно для інших речовин.

У природі H<sub>2</sub>O в чистому вигляді не зустрічається. Будучи чудовим розчинником, вода містить в своєму складі безліч розчинених речовин.

У порівнянні з іншими рідинами, вода має найбільшу теплоємність.

У рідкій фазі вчені налічують п'ять станів води, а в замерзлому вигляді - чотирнадцять.