

## Застосування гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані для підвищення ефекту очищення дифузійного соку

**С.В. Ткаченко**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту продовольчих ресурсів НААН України

**Л.М. Хомічак**, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи Інституту продовольчих ресурсів НААН України

**Л.М. Вєрченко**, кандидат технічних наук

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

**Т.М. Шейко**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту продовольчих ресурсів НААН України

У статті експериментально встановлено ефективність впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соків попереднього вапнування, основного вапнування, очищеного соку та підвищену стійкість одержаного на попередньому вапнуванні осаду до умов високої лужності основного вапнування.

Встановлено більш ефективну дію гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість очищених соків в порівнянні з дією сульфату алюмінію.

З'ясовано механізм фізико-хімічної дії гідроксиду алюмінію в наноформі на представників основних груп нецукрів дифузійного соку.

Запропоновано спосіб очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані та відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування із застосуванням вапнокарбонізації і розроблено його апаратне оформлення.

Ключові слова: дифузійний сік, очищення, нанореагент, осадження, коагуляція, гідроксид алюмінію, карбонізація, нецукри.

Експериментально встановлено эффективность влияния гидроксида алюминия в наноразмерном состоянии на качественные показатели соков предварительной дефекации, основной дефекации, очищенного сока, а также повышенную устойчивость полученного на предварительной дефекации осадка к условиям высокой щёлочности основной дефекации.

Установлено более эффективное действие гидроксида алюминия в наноразмерном состоянии на качество очищенных соков по сравнению с действием сульфата алюминия.

Изучен механизм физико-химического действия гидроксида алюминия в наноформе на представителей основных групп несахаров диффузионного сока.

Предложен способ очистки диффузионного сока с использованием гидроксида алюминия в наноразмерном состоянии и отделением осадка несахаров до основной дефекации с применением одновременного известкования и сатурации и разработано его апаратное оформление.

Ключевые слова: диффузионный сок, очистка, нанореагент, осаждение, коагуляция, гидроксид алюминия, сатурация, несахара.

Based on the investigation results of physicochemical effect of aluminum hydroxide in the nanodimensional state in conditions of progressive pre - liming on the main representatives of specific groups of nonsugar of raw juice, it was found out the physicochemical mechanism of aluminum hydroxide action in the nanostate on the main representatives of specific groups of nonsugar of raw juice: protein and pectin, saponin, dextran and was proposed the theoretical justification of the aluminum hydroxide action in the nanodimensional state on the macromolecular substances and the substances of colloidal dispersion during pre - liming.

The method of raw juice purification was developed with using aluminum hydroxide in nanostate in the previous progressive liming and cleaning method with using aluminum hydroxide in the nanostate and separation secretion before the main liming with using liming - carbonation.

Keywords: raw juice, purification, nanoreagent, precipitation, coagulation, aluminum hydroxide carbonization, nonsugar.

## ТЕХНІКА &amp; ТЕХНОЛОГІЇ

Бурякоцукрове виробництво є стратегічною та пріоритетною галуззю, котра зумовлює національну незалежність країни та має суттєве соціальне значення. Але в зв'язку із зменшенням попиту на білий цукор в галузі іде широкомасштабне скорочення виробничих потужностей та посівних площ цукрових буряків. Тому науково-технічна політика, яка сьогодні проводиться в цукровій галузі, спрямована на підвищення виробничих потужностей, покращення якості продукції та диверсифікацію виробництва, тобто розширення сфер реалізації як продуктів, напівпродуктів, так і відходів цукрового виробництва. Одним із напрямків такої політики є впровадження у виробництво науково-технічних розробок та інноваційних технологій, зокрема таких, що пов'язані із застосуванням у виробництві цукру речовин в нанорозмірному стані.

Як відомо, якість цукру та його вихід в значній мірі залежать від ефекту очищення дифузійного соку. Зміна технологічної якості бурякової сировини, що має місце в останні десятиліття, та зменшення її кількості спонукають до пошуку додаткових реагентів, які б забезпечили в процесі кальцій-карбонатного очищення більш повне видалення нецукрів із дифузійного соку, скоротили витрату вапна на його очищення і забезпечили підвищення виходу цукру та його якості.

У цукровому виробництві накопичено великий досвід використання додаткових до кальцій-карбонатного способу очищення реагентів: хімічних речовин, природних сорбентів, природних та синтетичних полімерів, які здебільшого сприяють осадженню, коагуляції чи флокуляції нецукрів дифузійного соку. Спираючись на позитивний досвід застосування в технологічних процесах цукрового виробництва додаткових алюмінійвмісних реагентів, а саме, сульфату алюмінію та його похідних [8], в роботі для дослідження було обрано гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані.

Враховуючи, що основна маса нецукрів дифузійного соку: кальцієві солі деяких органічних кислот, РКД та ВМС, осаджуються під час попереднього прогресивного вапнування, гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані додавали саме на цій стадії очищення соку.

Попередньо було встановлено, що ефективна кількість гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку складає **0,0002... 0,0004% (в середньому 0,0003%)  $Al(OH)_3$  до маси соку**. Саме за такої кількості сік попереднього вапнування має найвищі якісні показники [1, 2].

Раціональною зоною вводу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на попереднє прогресивне вапнування є **зона з  $pH_{20}$  9,0...9,5**, що сприяє суттєвому підвищенню чистоти соку попереднього прогресивного вапнування, зменшенню питомої електропровідності та абсолютного значення електрокінетичного потенціалу [1, 2].

Визначившись із ефективною кількістю препарату та оптимальною зоною введення його на попереднє прогресивне вапнування, провели порівняльне очищення дифузійного соку без та з додаванням препарату. Очищенню піддавали дифузійний сік з чистотою 85,5 % за типовою технологічною схемою [3, 4]. Було простежено дію гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соку попереднього та основного вапнування. Фільтровані соки аналізували за методиками [5, 6]. Одержані дані представлені в **таблиці 1**.

Порівняльні дослідження впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соків попереднього та основного вапнування, які очищені за типовою технологічною схемою засвідчили, що оброблення соку під час попереднього прогресивного вапнування сприяє підвищенню – на 1,5% чистоти, зниженню забарвленості на 28%, вмісту білкових речовин на 49,2%, вмісту аніонів кислот на 29%, це підтверджується зниженням питомої електропровідності на 30% та сприяє підвищенню

Таблиця 1

## Порівняльні дані впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соків

Назва показників	Сік після попереднього вапнування		Сік після основного вапнування	
	без $Al(OH)_3$	з $Al(OH)_3$	без $Al(OH)_3$	з $Al(OH)_3$
Чистота, %	88,2	89,7	85,9	89,2
Забарвленість, од. ICUMSA	423	305	501	310
Вміст аніонів кислот, %СаО на 100 г СР	0,192	0,137	0,449	0,398
Питома електропровідність, $См \cdot м^{-1}$	0,152	0,106	0,356	0,316
Вміст білкових речовин, г на 100 г СР	0,250	0,127	0,402	0,269
Локальний ефект очищення відносно дифузійного соку, %	21,1	32,3	3,2	28,6
Локальний ефект очищення відносно соку попереднього вапнування, %	-	-	-23,0	-5,0

Седиментаційно-фільтраційні показники соку I-ї карбонізації та якісні показники соку II-ї карбонізації, які очищені з використанням додаткового реагенту гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані та без нього

Спосіб очищення дифузійного соку	Седиментаційно-фільтраційні показники соку I-ї карбонізації				Якісні показники соку II-ї карбонізації					
	$S_{25}$ , см/хв	$V_{25}$ , %	$F_{Kc}$ , с/см <sup>2</sup>	Швидкість фільтрування під тиском, $W$ , м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·год	Ч, %	Вміст білкових речовин, г на 100 г СР	Вміст аніонів кислот, % CaO на 100 г СР	Вміст солей Ca <sup>2+</sup> , г на 100 г СР	Забарвленість, од. ICUMSA	Ефект очищення, %
Типовий	1,5-1,7	21,0	6,8	0,32	90,1	0,230	0,273	0,292	230	29,0
З Al(OH) <sub>3</sub>	1,7-2,0	23,0	5,5	0,38	91,5	0,118	0,127	0,140	116	40,0

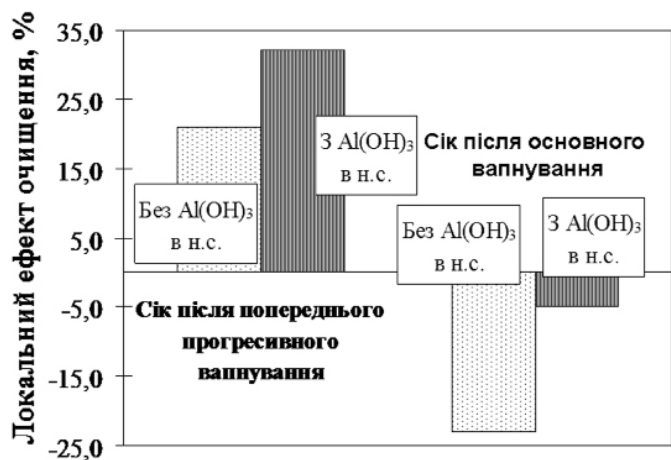


Рис. 1. Локальні ефекти очищення соку попереднього та основного вапнувань

локального ефекту очищення соку попереднього вапнування на 11,2%.

Крім цього виявлено менше зниження якості соку основного вапнування за умов додавання на попередньому вапнуванні гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані порівняно із соком, що не

оброблявся додатковим реагентом, а саме: падіння локального ефекту очищення обробленого соку основного вапнування в 4,6 разів менше ніж необробленого, що є свідченням більшої стійкості одержаного осаду до пептизації за умов високої лужності (рис. 1).

Встановлено, що додавання гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на попереднє прогресивне вапнування сприяє підвищенню показників якості очищеного соку в порівнянні із соком, очищеним за типовим способом, а саме: чистота його вища на 1,4%, вдвічі нижчі показники вмісту білкових речовин, аніонів кислот, кальцієвих солей, забарвленості, показник ефекту очищення більший на 11% (табл. 2).

У випадку використання гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані маємо дещо підвищений об'єм осаду, що є свідченням підсилення флокуляційного процесу, першою і типовою ознакою якого є підвищений об'єм осаду [7]. Гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані підсилює коагуляційний ефект та спричиняє флокуляційну дію.

Таблиця 3

Вплив додаткового реагенту гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на ступінь видалення білкових речовин та загального азоту із дифузійного соку

Назва напівпродукта	Вміст білкових речовин % до маси соку	Видалено білкових речовин з дифузійного соку, %	Вміст загального азоту % до маси соку	Видалено загального азоту з дифузійного соку, %
Дифузійний сік	0,172	-	0,183	-
Сік попереднього вапнування без додаткових реагентів	0,037	78,5	0,150	18,0
Сік попереднього вапнування з додаванням Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,030	82,6	0,110	39,9
Сік попереднього вапнування з додаванням Al(OH) <sub>3</sub>	0,019	88,9	0,060	67,2
Підвищення ступеню видалення білкових речовин та загального азоту під дією Al(OH) <sub>3</sub> в нанорозмірному стані у порівнянні з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O		6,3	-	27,3

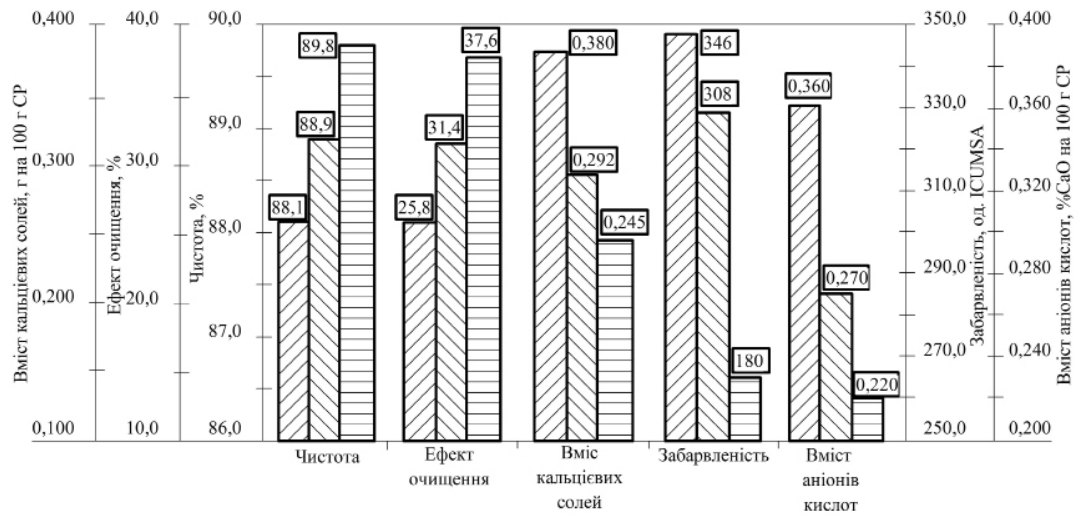


Рис. 2. Порівняльні дані якісних показників соків, які були очищені за різними способами:

▨ - типовий спосіб; ▩ - з додаванням  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ; ▨ - з додаванням водної дисперсії  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані.

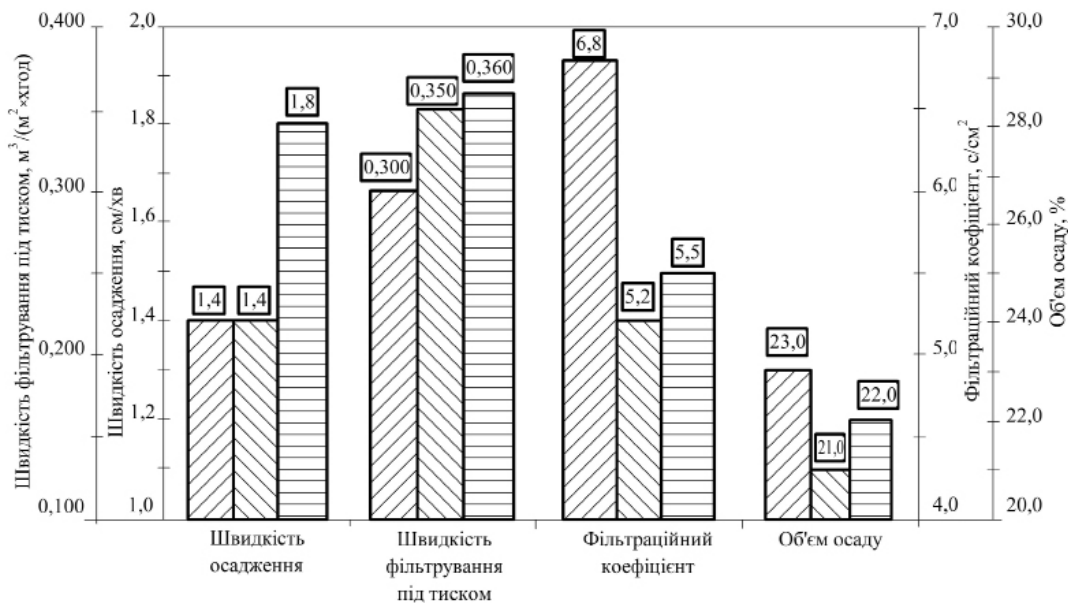


Рис. 3. Порівняльні дані седиментаційно-фільтраційних властивостей суспензій соків І-ї карбонізації, які були очищені за різними способами:

▨ - типовим; ▩ - з додаванням  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ; ▨ - з додаванням водної дисперсії  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані

На основі проведених порівняльних досліджень впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані та сульфату алюмінію (рис. 2, 3), який додавали на попередньому прогресивному вапнуванні в зону з рН<sub>20</sub> 8,2...9,5 у кількості 0,06% до маси соку [8], на якісні показники соку, очищеного за типовим способом, та седиментаційно-фільтраційні властивості соку І-ї карбонізації, підтверджено ефективність впливу сульфату алюмінію на якість очищеного соку, але дія додаткового реагенту гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані виявилася більш ефективною, а саме: чистота очищеного соку підвищилась на 0,9%, вміст кальцієвих солей знизився на 16%, забарвленість знизилась на 42,0%, вміст аніонів кислот знизився на 19,0%, ефект очищення зріс на 6,2%.

Седиментаційно-фільтраційні властивості

суспензії соку І-ї карбонізації, очищеної за способом з додаванням  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані, майже ідентичні у порівнянні із способом очищення з додаванням сульфату алюмінію та мають кращі показники порівняно з типовим способом очищення.

Для з'ясування механізму фізико-хімічного впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на процес очищення та якість очищених соків, а також для порівняння його дії з алюмінійвмісним реагентом, речовина якого не перебуває в нанорозмірному стані – сульфатом алюмінію, вивчено його дію в умовах попереднього прогресивного вапнування на представників основних груп нецукрів дифузійного соку: білкові речовини, вплив на які вивчали на дифузійному соку, а також буряковий пектин, сапонін, дек-



стран, глютамінову кислоту, вплив на які вивчали на 13% модельних цукрових розчинах. Для визначення електрокінетичних характеристик частинок досліджуваних суспензій застосовували прилад Бертона для реалізації електрофорезу та електроосмосу, а також метод Суспензійного ефекту [9, 10].

Встановлено, що додатковий реагент – гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані, сприяє більш повному видаленню білкових речовин на 6,3% із дифузійного соку, що підтверджується збільшенням видаленого із нього загального азоту на 27,3% порівняно із соком обробленим сульфатом алюмінію (табл. 3).

Крім цього одержані дані свідчать про зменшення майже вдвічі абсолютного значення електрокінетичного потенціалу частинок суспензій модельних цукрових розчинів, і зміну знаку його під впливом водної позитивно зарядженої дисперсії гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані, що приводить до додаткової коагуляції та флокуляції розчинених в них речовин.

Це підтверджується більшою кількістю нецукрів, видалених із модельних цукрових розчинів, оброблених гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані в порівнянні з розчинами, обробленими гідроксидом кальцію вапняного молока та сульфатом алюмінію (табл. 4).

Про додаткове видалення сапоніну із модельного цукрового розчину свідчить також висота утвореної піни, яка в зразку, що оброблений гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані, в 5-10 разів менша у порівнянні з вапнованим розчином (рис. 4).

Таким чином було з'ясовано механізм

фізико-хімічної дії гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на представників основних груп нецукрів дифузійного соку, що полягає в нейтралізаційній гетерокоагуляції, складовою частиною якої є зниження абсолютної величини електрокінетичного потенціалу високомолекулярних сполук (ВМС), а також зниження високої поверхневої енергії нанореагенту, котра притаманна особливо тонким дисперсіям, шляхом агрегації та флокуляції колоїдних речовин, що в кінцевому рахунку призводить до дестабілізації, а саме додаткової коагуляції та осадження частинок суспензії соку на стадії попереднього прогресивного вапнування.

Один із варіантів графічного відображення механізму фізико-хімічної дії гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на часточки ВМС дифузійного соку може слугувати зображення на **рисунку 5**.

Так як гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані; сприяє більш повному видаленню нецукрів в осад на стадії попереднього прогресивного вапнування, а також підвищенню седиментаційно-фільтраційних властивостей карбонізованих соків, доцільним є відділення утвореного осаду. Тому запропоновано спосіб очищення дифузійного соку з додаванням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на стадії попереднього прогресивного вапнування та відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування з використанням вапнокарбонізації [11].

Проведено порівняльні дослідження якості соку, очищеного за сучасним типовим способом та за запропонованим способом із відокремленням осаду нецукрів до основного вапнування з до-

Таблиця 4

**Вплив гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на фізико-хімічні властивості і ступінь видалення із розчину основних представників ВМС дифузійного соку**

Назва показника	Назва ВМС			
	Білкові речовини	Буряковий пектин	Сапонін	Декстран
Концентрація у вихідному розчині, % до маси розчину	0,172	0,50	0,12	0,03
Знак електрокінетичного потенціалу частинок суспензії:	без дод. реагенту	/	-	-
	з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	/	-	/
	з Al(OH) <sub>3</sub>	/	+	+
Електрокінетичний потенціал, мВ:	без дод. реагенту	/	-6,0	-8,0
	з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	/	-5,0	-2,0
	з Al(OH) <sub>3</sub>	/	0,0	+5,0
Вміст ВМС у фільтраті, % до маси розчину	без дод. реагенту	0,037	0,101	0,049
	з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0,030	0,078	0,045
	з Al(OH) <sub>3</sub>	0,019	0,006	0,025
Видалено ВМС із розчину, % до вмісту у вихідному розчині:	без дод. реагенту	78,5	79,8	59,2
	з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	82,6	84,4	62,5
	з Al(OH) <sub>3</sub>	88,9	98,8	79,2
Підвищення кількості видалених ВМС під дією з Al(OH) <sub>3</sub> в порівнянні з Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O, %	6,3	14,4	16,7	-

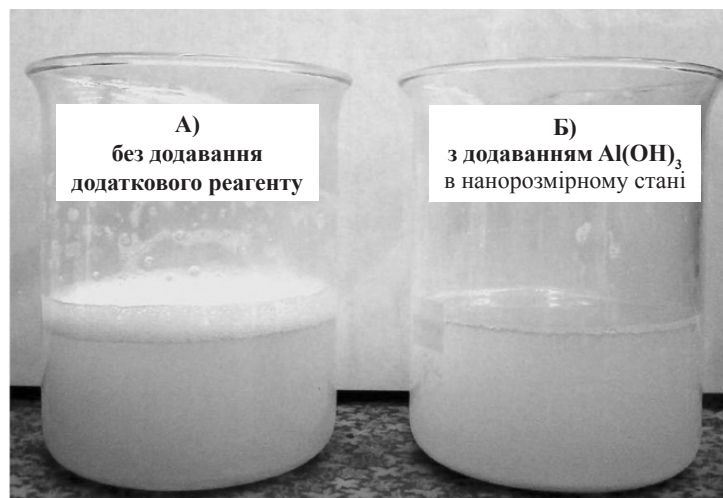


Рис. 4. Висота піни у модельному цукровому розчині сапоніну під час попереднього прогресивного вапнування: А) 10,0-11,0 мм; Б) 1,0-2,0 мм

даванням (табл. 5, Спосіб 2) та без додавання (табл. 5, Спосіб 1) гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на попереднє прогресивне вапнування.

Результати проведених досліджень засвідчили ефективність запропонованого способу, а саме підвищення чистоти для соків погіршеної якості складає 0,7%, кількість солей кальцію та вміст аніонів кислот знижується на 24,0% та 28,0% відповідно, забарвленість знижується на 59,8%, ефект очищення зростає на 4,8%. У випадку очищення більш якісних дифузійних соків встановлено підвищення чистоти очищеного соку на 0,5%, зниження кількості солей кальцію та вмісту аніонів кислот на 22,4% та 26,0% відповідно, зниження забарвленості на 33,3%, зростання ефекту очищення на 4,1%. Соки, очищені за запропонованим способом, мають високу прозорість та іскристість.

Седиментаційно-фільтраційні властивості суспензії соку І-ї карбонізації (табл. 6), одержаної при використанні способу очищення дифузійного соку з додаванням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані і відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування із застосуванням вапнокарбонізації (Спосіб 2), ма-

ють покращені показники в порівнянні з типовим способом очищення та способом очищення з вапнокарбонізацією та відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування без додавання гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані (Спосіб 1).

Оскільки зараз пред'являються суворі вимоги до вмісту токсичних елементів у харчових продуктах та напівпродуктах, то доречним було визначення щодо залишкового вмісту алюмінію у напівпродуктах цукрового виробництва. Якщо врахувати розчинність гідроксиду алюмінію  $2,9 \cdot 10^{-9}$  моль/л то, в сік може перейти 0,00023 мг/л гідроксиду алюмінію, при цьому згідно національного стандарту на питну воду вміст алюмінію у воді повинен знаходитися в межах 0,2-0,5 мг/л (ДСанПіН 2.2.4-171-10), а це в 2000 разів більше від кількості гідроксиду алюмінію яка може перейти в сік. Крім цього відомо [7], що при обробці технічної води і технологічних суспензій алюмінієвими коагулянтами, гідроксид алюмінію із лужного розчину повністю видаляється при рН яке приблизно дорівнює 11,0, що обумовлює його видалення на стадії вапнокарбонізації та І карбонізації.

Очищений за розробленим способом сік було

Таблиця 5

Порівняльні дані якості соків, очищених за різними способами

Показник чистоти диф. соку, %	Спосіб очищення	Вміст солей Ca <sup>2+</sup> , г на 100 г СР	Вміст аніонів кислот, %CaO на 100 г СР	Забарвленість од. ICUMSA	Ч, %	Ефект очищення, %
84,8	Сучасний типовий	0,243	0,223	447	88,8	29,6
	Спосіб 1	0,163	0,143	328	89,5	34,6
	Спосіб 2	<b>0,124</b>	<b>0,103</b>	<b>132</b>	<b>90,2</b>	<b>39,4</b>
87,4	Сучасний типовий	0,220	0,199	279	91,3	33,9
	Спосіб 1	0,152	0,132	162	91,7	37,2
	Спосіб 2	<b>0,118</b>	<b>0,098</b>	<b>108</b>	<b>92,2</b>	<b>41,3</b>

Седиментаційно-фільтраційні властивості суспензій соків I-ї карбонізації за різних способів очищення дифузійного соку

Показник чистоти диф. соку, %	Спосіб очищення дифузійного соку	$S_s$ , см/хв	$V_{25}$ , %	$F_k$ , с/см <sup>2</sup>	Швидкість фільтрування під тиском, $W$ м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·год
84,8	Сучасний типовий	1,7	23,0	5,8	0,480
	Спосіб 1	5,0	14,3	4,3	0,667
	Спосіб 2	5,5	12,8	3,4	0,705
87,4	Сучасний типовий	1,9	21,0	5,5	0,502
	Спосіб 1	5,2	13,2	4,1	0,680
	Спосіб 2	5,8	12,0	3,3	0,712

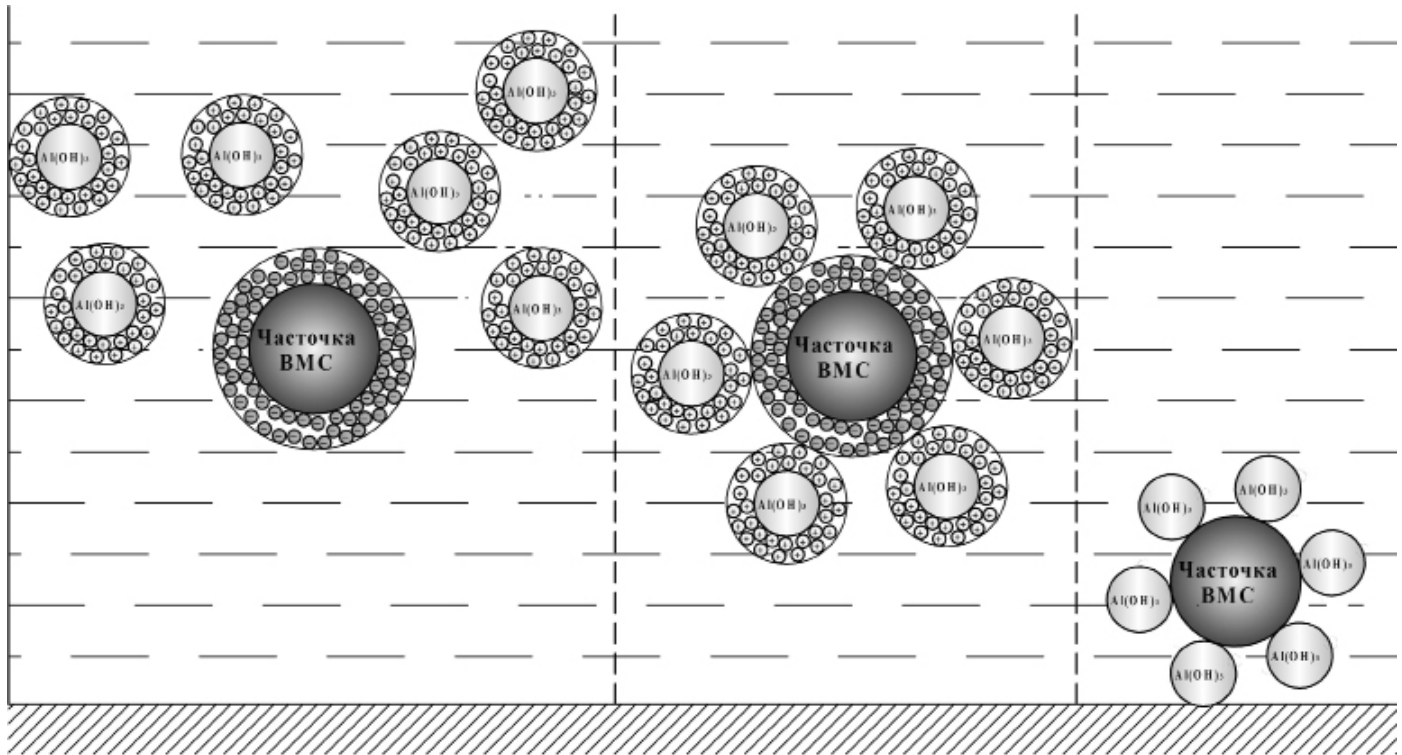


Рис. 6. Графічна інтерпретація механізму фізико-хімічної дії гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на часточку ВМС дифузійного соку

проаналізовано на наявність катіону  $Al^{3+}$ , як за допомогою якісної реакції з груповим реагентом – сульфідом амонію  $(NH_4)_2S$  на всю третю групу катіонів, так і за допомогою специфічного реагенту на катіон алюмінію – ацетату натрію  $CH_3COO-Na$ . Результати аналізів засвідчили відсутність алюмінію в соках.

На основі проведених досліджень розроблено апаратне оформлення способу очищення дифузійного соку з використанням додаткового реагенту – гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані без відокремлення осаду (Схема А) і з відокремленням осаду вапнокарбонізованого соку до основного вапнування (Схема Б) (рис.6).

Відокремлення осаду нецукрів до основного вапнування може реалізовуватися за двома варіантами: з виведенням суспензії осаду вапнокарбонізованого соку для вироблення біоетанолу (варіант І) та з виведенням осаду

вапнокарбонізованого соку у відвал (варіант ІІ).

Обидва варіанти передбачають попереднє прогресивне вапнування дифузійного соку в апараті Бригель-Мюллера 1, куди дозується вапно у вигляді вапняного молока в кількості 0,2...0,3 %  $CaO$  до маси буряків. В метастабільну зону апарата подається 20...30% згущеної суспензії соку I-ї карбонізації і вся згущена суспензія соку II-ї карбонізації. Гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані із збірника 2 подається до напірного збірника 3 та через насос-дозатор 4 надходить в апарат прогресивного теплового попереднього вапнування 1 у зону з  $pH_{20}$  9,0...9,5, що відповідає 4-й секції шестисекційного апарата, та 5-й секції восьмисекційного апарата попереднього вапнування.

За розробленими схемами дифузійний сік після теплового попереднього прогресивного вапнування з додаванням  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані

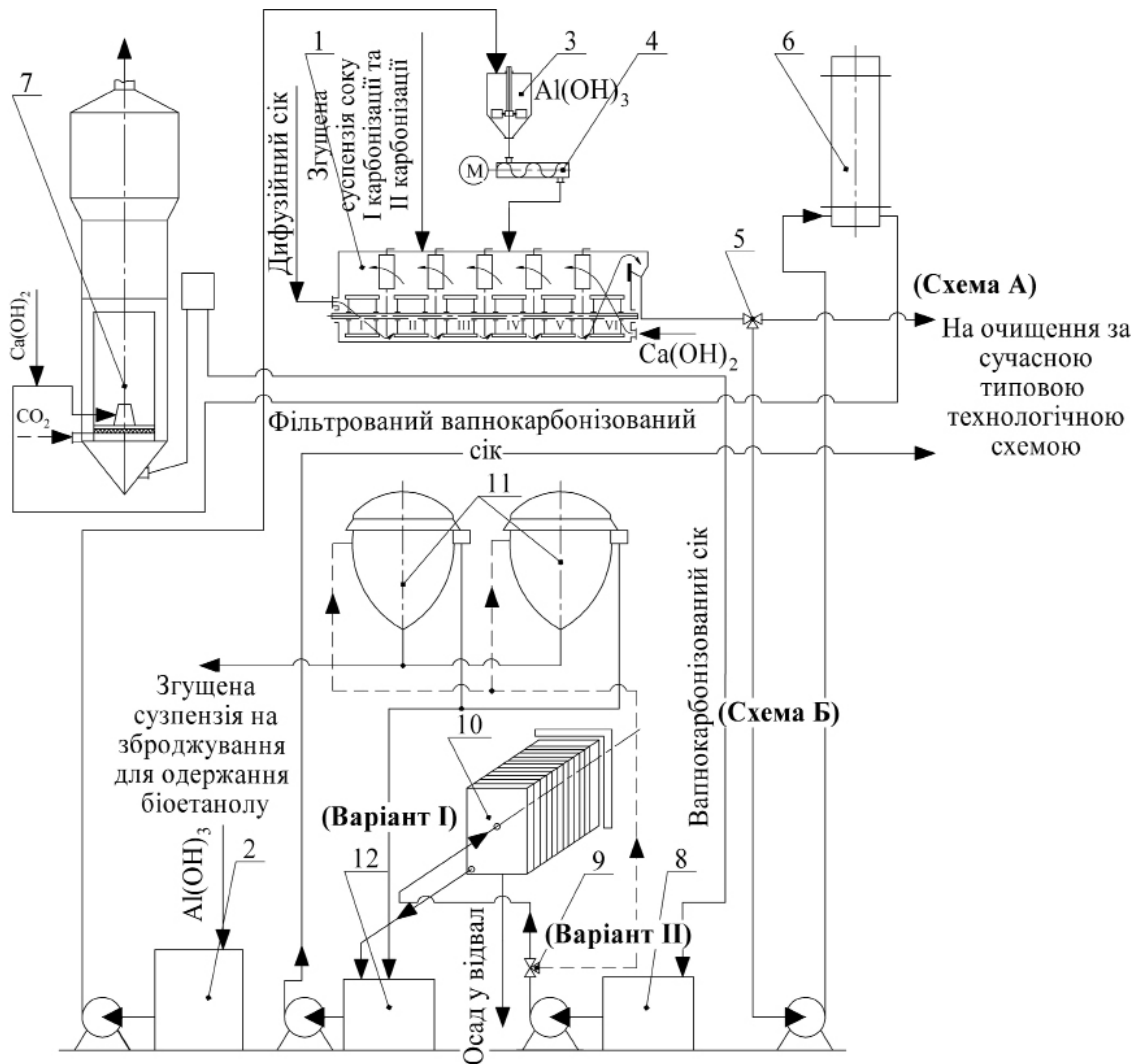


Рис. 6. Схема апаратного оформлення способів очищення дифузійного соку з використанням додаткового реагенту – гідроксиду алюмінію

надходить на очищення за сучасною типовою технологічною схемою (Схема А) або через байпас 5 у теплообмінник 6 (Схема Б), де нагрівається до температури 70...75°C, для запобігання пінення, після чого подається в карбонізатор соку 7, де відбувається його карбонізація при рН<sub>20</sub> 10,8 з одночасним додаванням 0,5% або 0,7% СаО до маси соку в залежності від якості дифузійного соку. Через збірник 8 вапно-карбонізований сік направляється за **варіантом I** на камерний фільтр-прес 10 або за **варіантом II** через байпас 9 на листові фільтри-згущувачі 11. Згущена суспензія соку з листових фільтрів подається на зброджування для одержання біоетанолу. Фільтрований вапнокарбонізований сік після фільтр-пресів та фільтрів-згущувачів через збірник 12 направляється на комбіноване тепло-гаряче вапнування за сучасною типовою технологічною схемою.

На сьогоднішній день метод об'ємного електроерозійного диспергування, за допомогою якого отримують гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані [12], дозволяє отримувати реагент у промислових масштабах з концентрацією твердої фази 2,10±0,01 г/дм<sup>3</sup> [13].

Таким чином теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена ефективність застосування гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані в якості додаткового реагенту для очищення дифузійного соку і розроблено способи очищення дифузійного соку з використанням цього реагенту. ■

### Список використаних джерел

1. Перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві / Л.М. Верченко, С.В. Ткаченко, А.І. Маринін, К.Г. Лопатко // Цукор України. – 2012. – №12(84). – С. 15 – 20.
2. Ткаченко С.В. Підвищення ефективності очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / С.В. Ткаченко. – Київ, НУХТ, 2014. – 21 с.
3. Технологическая схема холодно-горячей



очистки диффузионного сока с усовершенствованными процессами / [Жаринов Н.И., Семенов В.З., Жижина Р.Г. и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 20 с.

4. 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.

5. Інструкція по хіміко-технічному контролю і учёту сахарного производства. – Киев : ВНИИСП, 1983. – 475 с.

6. Технологія цукристих речовин: лабораторний практикум / [М.П. Купчик, Л.П. Рева, Н.І. Штангесва та ін.]. – К.: НУХТ, 2007. – 393 с.

7. Запольский А.К. Очистка воды коагулированием / Запольский А.К. – ЧП «Медоборы – 2006», 2011. – 296 с.

8. А. с. 1240785 СССР, МКИ<sup>4</sup>, С 13 D 3/02. Способ очистки диффузионного сока / В.Н. Шалатов, А.А. Липец, Ю.Б. Навроцкий (СССР). – № 3722400/28 – 13 ; заявл. 04.04.84 ; опубл. 30.06.86, бюл. №24.

9. Савостин А.В. Оперативный метод определения зряда суспензий в сахарном производстве

/ А.В. Савостин, П.Е. Шурай // Сахар. – 2009. – №12. – С. 40-42.

10. Ваньяне молоко в цукровому виробництві: уявне та дійсне / Л.М. Верченко, Л.М. Хомічак, С.В. Ткаченко, Н.В. Сидоренко // Цукор України. – 2013. – №2(86). – С. 18–22.

11. Заводские схемы очистки диффузионного сока с отделением осадка несахаров до основной дефекации: обзорная информация / [Н.И. Жаринов, Ю.В. Аникеев, Р.Г. Жижина и др.]; Сахарная промышленность. – [серия 23, выпуск 10]. – М. : АгроНИИТЭИПП. – 1991. – 32 с.

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

13. Досвід використання наноконструктури алюмінію в умовах бурякоцукрового виробництва / [В.В. Олішевський, А.І. Українець, К.Г. Лопатько, Н.М. Пушанко та ін.] // Цукор України. – 2016. – №11-12(131-132). – С. 11 – 16.

## ЦІКАВІ ФАКТИ

### Відкриття Неона



Неон відкрито англійськими хіміками Рамзем і Траверсом в 1898 році, через кілька днів після відкриття криптону. Вони виділили цей інертний газ «методом виключення» після того, як кисень, азот і всі більш важкі компоненти повітря були скраплені. Вчені відібрали перші бульбашки газу, що утворюється при випаровуванні рідкого аргону, і встановили, що спектр цього газу вказує на присутність нового елемента. У грудні 1910 року французький винахідник Жорж Клод створив газорозрядну лампу, заповнену неонам.

Неон - найменш поширений на Землі.

На Землі найбільша концентрація неону спостерігається в атмосфері -  $1,82 \cdot 10^{-3}\%$ . Причину неонові бідності нашої планети вчені вбачають у тому, що колись Земля втратила свою первинну

атмосферу, яка і забрала з собою основну масу інертних газів, які не могли, як кисень і інші гази, хімічно зв'язатися з іншими елементами в мінерали і тим самим закріпитися на планеті.

Існує легенда, згідно з якою назву елементу дав тринадцятирічний син Рамзая - Віллі, який запитав у батька, як той збирається назвати новий газ, зауваживши при цьому, що хотів би дати йому ім'я повчт (лат. - новий). Його батьку сподобалася ця ідея, проте він вважає, що назва неон, утворена від грецького синоніма, буде звучати краще.

Рідкий неон використовують в якості охолоджувача в криогенних установках. Раніше неон застосовувався в промисловості в якості інертного середовища, але був витіснений більш дешевим аргоном.

Неоном наповнюють газорозрядні лампи, сигнальні лампи в радіотехнічній апаратурі, фотоелементи, подовжувачі.