

# Перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для додаткового очищення дифузійного соку в бурякоцукровому виробництві

**Л.М. Верченко**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій.

**С.В. Ткаченко**, аспірант, Національний університет харчових технологій.

**А.І. Маринін**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Проблемна науково-дослідна лабораторія, Національний університет харчових технологій.

**К.Г. Лопатько**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

*В лабораторних умовах досліджено вплив додаткового реагенту – гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на очищення дифузійного соку. Встановлено його ефективну кількість та раціональну зону вводу на попереднє прогресивне вапнування, визначено якісні показники фільтрованих соків попереднього, основного вапнування та якість соку II карбонізації.*

*Ключові слова: дифузійний сік, очищення, нанореагент, осадження, коагуляція.*

*В лабораторных условиях исследовано влияние дополнительного реагента – гидроксида алюминия в наноразмерном состоянии. Установлено его эффективное количество и рациональная зона ввода на прогрессивное предварительное известкование, определены качественные показатели фильтрованных соков предварительного, основного известкования и качество сока II карбонизации.*

*Ключевые слова: диффузионный сок, очистка, нанореагент, осаждение, коагуляция.*

*The effect of the additional reagent was studied in the laboratory. It was an aluminum hydroxide in the nanostate. It was also found out its effective amount and rational zone of input on the preliminary liming, and was identified the qualitative indicators of filtered juices in the preliminary, ground liming and the quality of the second carbonization juice.*

*Keywords: diffusion juice, purification, nanoreagent, precipitation, coagulation.*

За останні декілька десятиліть спостерігається погіршення якості цукрового буряку, а саме: зниження чистоти клітинного соку і відповідно продуктів, що одержують при його переробці; збільшення вмісту загального азоту, більша частина якого належить до шкідливої форми, тобто до розчинних сполук, котрі не видаляються в процесі дефекосації; збільшення вмісту редукувальних речовин; зниження натуральної лужності з переходом її в область від'ємних величин [1]. Щоб одержати цукор із такого буряку технологи-практики і технологи-науковці вже не перший рік удаються як до внесення змін в технологічний процес, так і до застосування додаткових

реагентів для очищення дифузійного соку [2]. Останнє пов'язано з тим, що наш традиційний реагент гідроксид кальцію вапняного молока у разі перероблення буряків погіршеної технологічної якості не забезпечує високий ефект видалення нецукрів. Це зумовлено неповними коагуляцією та осадженням речовин, які знаходяться в колоїднодисперсному та розчиненому стані, під час попереднього вапнування та частковим руйнуванням зкоагульованих агрегатів з переходом їх у розчин, тобто пептизацією під час основного вапнування. Спроба видалити значну частину нецукрів на подальших етапах очищення призводить до перевитрат вапна та втрати цукро-

зи. Тому пошук ефективних додаткових реагентів для очищення дифузійного соку залишається досить актуальним.

Сьогодні в зв'язку з розвитком нанотехнологій з'явилися препарати, речовини в яких знаходяться в нанорозмірному стані, тобто в стані надвисокого подрібнення [3]. Розмір частинок таких речовин коливається від долей до десятків нанометра ( $10^{-9}$  м), тобто від долей до десятків мілімікрон. Рідинні розчини речовин в нанорозмірному стані утворюють наносистеми (НС). Тверда фаза НС за рахунок високої подрібненості має високорозвинену питому поверхню та характеризується підвищеною хімічною активністю.

В цукровому виробництві майже протягом трьох десятиліть застосовують для очищення дифузійного соку алюмінійвміщуючі сполуки, а саме сульфат алюмінію  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  та його похідні: дігідроксосульфат алюмінію  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$  та основний сульфат алюмінію – суміш сульфату  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  та гідроксосульфату алюмінію  $\text{Al}_2(\text{OHSO}_4)_3$  [4,5]. Висока ефективність очищення дифузійного соку алюмінійвміщуючими сполуками пояснюється активною комплексоутворюючою здатністю полівалентного катіона  $\text{Al}^{3+}$ , а також його коагулюючою та флокулюючою дією одночасно [6]. Це стало підґрунтям того, що наш вибір препарату в нанорозмірному стані випав саме на алюмінійвміщуючу речовину.

Для очищення дифузійного соку був використаний колоїдний розчин гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані. Препарат був одержаний в лабораторних умовах Національного уні-

робленому пристрої [7]. Концентрація  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в препараті складала  $100 \text{ мг/дм}^3$ , реакція середовища препарату – слаболужна з  $\text{pH}_{20}$  8,2, розмір частинок твердої фази  $\text{Al}(\text{OH})_3$  не перевищував  $317,0\text{--}320,0 \text{ нм}$ , електрокінетичний потенціал твердої фази – позитивний  $+41,2 \pm 3,0 \text{ мВ}$ , питома поверхня твердої фази  $774,0 \text{ м}^2/\text{г}$ . Рентгеноструктурний аналіз препарату засвідчив, що алюмінійвміщуюча сполука в ньому на 99,75% представлена гідроксидом алюмінію у формі гідраргіліту. За даними електронної мікроскопії препарату гідроксиду алюмінію по морфологічних ознаках більшість його частинок переважно мають пірамідальну та сферичну форму (рис. 1).

Гідраргіліт, але тільки з більш крупними кристалами, зустрічається і в природі, особливо в осадових гірських породах таких, наприклад, як вапняки. В породах він представлений променисто – листуватими агрегатами, або суцільними монолітами із прихованою кристалічною структурою [8].

долей до десятків мілімікрон [3]. Препарат з частинками розміром  $317,0\text{--}320,0 \text{ мілімікрон}$  точніше було б назвати субнано-системою, тобто системою, яка за своєю дисперсністю дуже наближена до НС [9].

Враховуючи, що максимальна кількість нецукрів видаляється із дифузійного соку під час попереднього вапнування, а чистота фільтрованого соку попереднього вапнування майже така, як і очищеного соку II карбонізації [10], додатковим реагентом – гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані перш за все оброблявся сік попереднього вапнування. Крім того, в слаболужному середовищі найкраще проявляється коагулююча та флокулююча дія  $\text{Al}^{3+}$  [11]. Для експерименту використовували свіжий дифузійний сік з чистотою 84,0%, який був одержаний в лабораторних умовах екстракцією бурякової стружки. Спочатку в дифузійному соку було проведено тепле прогресивне вапнування ступінчастим додаванням 0,25%  $\text{CaO}$  у

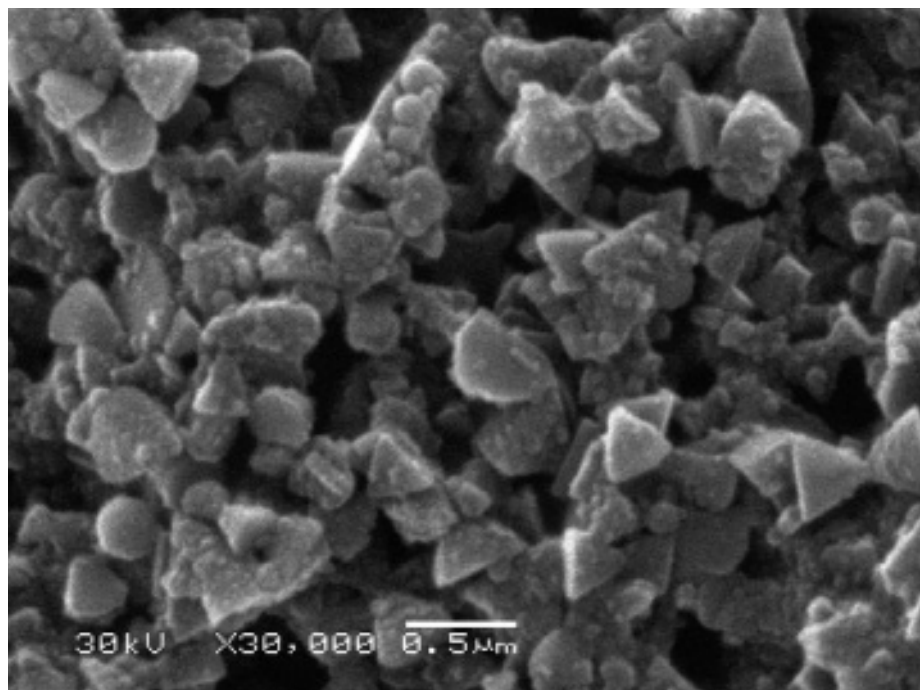


Рис. 1. Електронна мікрофотографія частинок  $\text{Al}(\text{OH})_3$  у нанорозмірному стані. Збільшення  $\times 30\,000$  разів.

верситету біоресурсів та природокористування України методом об'ємного електроерозійного диспергування гранул чистого алюмінію в спеціально роз-

Чітко висловлюючись, одержаний препарат гідроксиду алюмінію ще не належить до НС, бо НС утворюють, як вище було згадано, частинки з розміром від

вигляді вапняного молока. Після цього переддефекований сік поділявся на шість порцій рівного об'єму. Ефективна кількість препарату визначалась шляхом

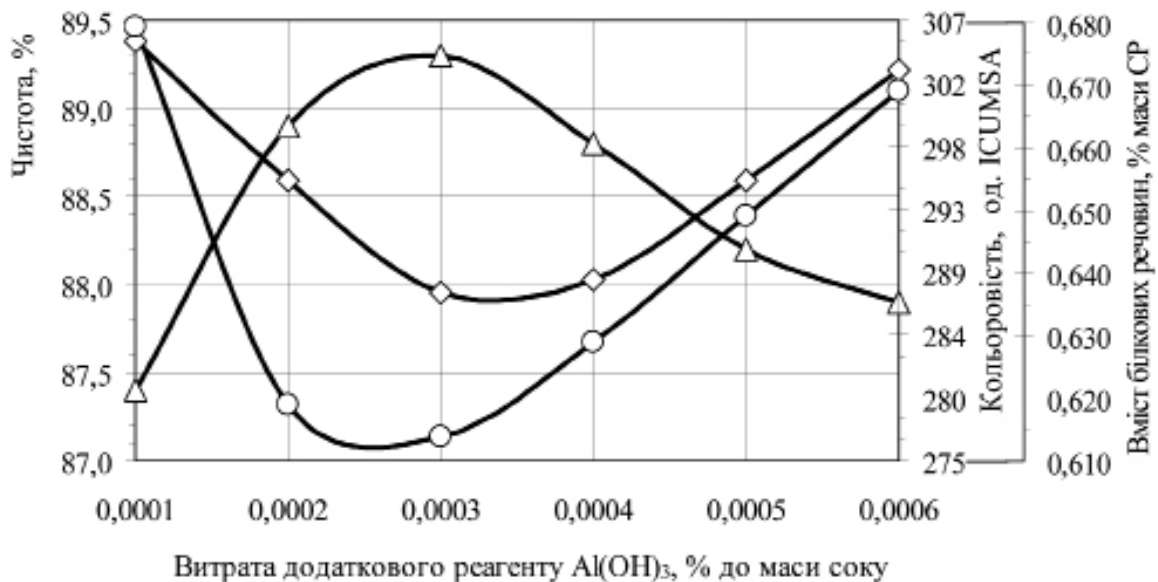


Рис. 2. Залежність якості соку попереднього прогресивного вапнування від кількості доданого реагенту  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані:

- ▲— чистота фільтрованого соку попереднього вапнування, %;
- ◆— кольоровість фільтрованого соку попереднього вапнування, од. ICUMSA;
- вміст білкових речовин, % маси СР

додавання послідовно наростаючої дози його від 0,0001 до 0,0006%  $Al(OH)_3$  до маси соку в кожну послідовую пробу. Після додавання відповідної дози препарату в кожній пробі за постійного перемішування витримувалась п'ятихвилинна пауза, після чого проби фільтрувались. У фільтратах визначались чистота, забарвленість та вміст білкових речовин. Результати одержаних даних представлені на рис. 2.

Як свідчать експериментальні дані, найефективнішою виявилась доза препарату від 0,0002 до 0,0004%  $Al(OH)_3$  до маси соку (в середньому 0,0003%  $Al(OH)_3$  до маси соку). Саме за такої кількості препарату фільтрований сік попереднього вапнування має найвищу чистоту та саму низьку забарвленість.

За типовою технологічною схемою очищення дифузійного соку [12], попереднє вапнування проводиться в прогресивному режимі. За такого режиму в сокові почергово створюються оптимальні умови коагуляції та осадження різних груп нецукрів, які мають неоднаковий оптимум рН як осадження так і коагуляції. Найбільш повна коагуляція нецукрів досягається, якщо за прогресивного підлужування соку в інтерва-

лі рН<sub>20</sub> 8,0–10,0 протягом 2–3 хв. витримують рН–паузу. Це необхідно для стабілізації гідрофільних речовин колоїдного ступеня дисперсності та високомолекулярних сполук (в подальшому РКД та ВМС). Цю зону звуть ще метастабільною [10]. Саме в ній частина РКД і ВМС дегідратується, тобто звільняється від гідратної оболонки, і деяка з них, наприклад, поліелектроліти кислотного характеру, збільшують свій від'ємний заряд, бо підсилюється дисоціація карбоксильних груп [13]. В цей момент в метастабільну зону і бажано вводити позитивно заряджені центри коагуляції. Вважається, що цю роль виконують частинки  $CaCO_3$  у вигляді згущеної суспензії соку I або II карбонізації. Але, як свідчать фактичні дані [14], електрокінетичний потенціал цих осадів здебільшого має від'ємне значення. Тому доречним є введення в метастабільну зону додаткового реагенту  $Al(OH)_3$  в нанорозмірному стані, який має позитивний електрокінетичний потенціал. Слід нагадати, що електрокінетичний потенціал є характеристикою дисперсних систем, яка вказує на стійкість дисперсних частинок до осадження [9]. Необхідною умовою їх

осадження та коагуляції є зниження електрокінетичного потенціалу, наприклад дією різних електролітів переважно з полівалентними іонами. Тому, визначаючи зону рН попереднього вапнування, в яку слід вводити додатковий реагент в нанорозмірному стані, ми керувались не тільки значенням рН<sub>20</sub>, з якого починається різке збільшення чистоти та зниження питомої електропровідності [10], але й самим низьким від'ємним значенням електрокінетичного потенціалу суспензії. Дослідження проводились на дифузійному сокові з чистотою 85,7%. Для більш точного визначення оптимальної зони рН, в яку слід вводити додатковий реагент на попереднє прогресивне вапнування, треба було забезпечити плавне підвищення рН по зонах. Для цього загальна кількість вапна, якою треба було обробити весь об'єм досліджуваного соку, загашувалась водою з великим її надлишком. Для імітації процесу теплового прогресивного вапнування в шість порцій дифузійного соку рівного об'єму за температури 60 °С подавалось рідке вапняне молоко, починаючи з 10 см<sup>3</sup> для першої порції і закінчуючи 35 см<sup>3</sup> для шостої. Після додавання вапняного молока

Визначення зони введення препарату  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в сік попереднього вапнування

Найменування показників	Зона $\text{pH}_{20}$ соку попереднього вапнування					
	7,5-7,9	8,0-8,7	9,0-9,5	9,8-10,2	10,8-11,0	11,2-11,4
Чистота, %	86,9	87,6	89,0	89,8	90,6	90,9
Питома електропровідність соку, $\text{См}\cdot\text{м}^{-1}$	0,321	0,313	0,270	0,268	0,265	0,262
Електрокінетичний потенціал, мВ	-12,8	-10,8	-6,69	-6,62	-6,60	-6,56

в кожну порцію вносились вже визначена ефективна кількість препарату гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані, а саме 0,0003%  $\text{Al}(\text{OH})_3$  до маси соку. При постійному перемішуванні проби витримували 15 хв. Після охолодження у нефільтрованих пробах визначали електрокінетичний потенціал, у фільтратах –  $\text{pH}_{20}$ , чистоту та питому електропровідність. Електрокінетичний потенціал та питому електропровідність визначали за допомогою аналізатора ZetasizerNano-ZS (Великобританія), вимірювання електрокінетичних показників в якому засновано на методі електрофорезу. Результати одержаних даних (табл. 1) свідчать, що раціональною зоною, в яку слід додавати на попереднє прогресивне вапнування препарат гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані, є зона з  $\text{pH}_{20}$  9,0–9,5.

Інтервал  $\text{pH}_{20}$  9,0–9,5 виявився саме тим порогом, з якого в сокові попереднього прогресивного вапнування за умов оброблення його додатковим реагентом – гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані починається суттєве підвищення чистоти, зменшення питомої електропровідності та абсолютного значення електрокінетичного потенціалу.

Введення в метастабільну зону додаткового реагенту із високорозвиненою питомою поверхнею та позитивним електрокінетичним потенціалом призводить до часткової нейтралізації негативно заряджених РКД і ВМС ще і тому, що гідроксид алюмінію в нанорозмірному стані за рахунок гідролізу присутній в розчині у вигляді аквагідроксокомплексу,

частка міцели якого має формулу  $[\text{Al}_{18}(\text{H}_2\text{O})_{72}(\text{OH})_{42}]^{12+}$  [16]. За рахунок введення такої сполуки у стабілізаційну зону не тільки зменшується негативне значення електрокінетичного потенціалу РКД і ВМС, але й відбувається агломерація осаду, частинки якого, перетворюючись на більш крупні та щільні, утворюються флокули. Фільтрат такого соку стає більш світлим та іскристим. Важливим при цьому є пояснення причини взаємодії однойменнозаряджених частинок РКД і ВМС, оскільки вони повинні під час зіткнень відштовхуватись. Зіткнення їх відбувається завдяки інтенсивному броунівському руху. При зіткненні відбувається гідролітична взаємодія аквагідроксокомплексів додатково введеного реагенту в нанорозмірному стані із вже дегідратованими міцелами РКД та ВМС з утворенням водневих зв'язків [16]. Міцели додатково коагулюють, утворюючи стійкі агрегати як за рахунок сил Ван-дер Ваальса, так і за рахунок водневих зв'язків.

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 [12]. Враховуючи, що вплив додаткового реагенту в нанорозмірному стані на якість очищених соків досліджується вперше, було простежено його дію на якість соку попереднього та основного вапнування. Тепле прогресивне вапнування проводили за температури 60 °С обро-

бленням соку 0,25%  $\text{CaO}$  у вигляді вапняного молока протягом 15 хв. з додаванням в стабілізаційну зону 1% осаду соку II карбонізації, тепле основне вапнування проводили протягом 15 хв. з додаванням 1,5%  $\text{CaO}$  у вигляді вапняного молока, що в сумі з вапном, яке було додане на попереднє вапнування, складало 80% до маси нецукрів дифузійного соку. Гаряче основне вапнування за температури 85 °С проводили протягом 5 хв. Фільтровані соки аналізували за методиками [17, 18], питома електропровідність визначалась за допомогою прецизійного кондуктометра Radelkis (Угорщина). Одержані дані представлені в таблиці 2.

Як свідчать одержані дані, оброблення соку на попередньому прогресивному вапнуванні додатковим реагентом гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані порівняно із необробленим соком сприяє суттєвому – на 11,0% підвищенню локального ефекту очищення переддефектованого соку, зниженню на 28,0% його забарвленості та зниженню на 32,0% вмісту білкових речовин. Це підтверджується зниженням на 29,0% питомої електропровідності обробленого фільтрованого переддефектованого соку порівняно із необробленим. Але основне, що привертає до себе увагу, це незначне зниження якості соку основного вапнування в разі оброблення переддефектованого соку додатковим реагентом в нанорозмірному стані порівняно із соком, який не оброблявся додатково під час переддефектації. Незначний вплив пептизації під час основного вапнування на сік, який під час попере-

Порівняльні дані впливу гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на якість соків попереднього та основного вапнування

Найменування показників	Сік попереднього вапнування		Сік основного вапнування	
	Без оброблення додатковим реагентом	З обробленням додатковим реагентом	Без оброблення додатковим реагентом	З обробленням додатковим реагентом
Чистота, %	88,2	89,7	85,9	89,2
Кольоровість, од. ICUMSA	423	305	501	310
Питома електропровідність, См·м <sup>-1</sup>	0,380	0,270	0,480	0,378
Вміст білкових речовин, % СР	0,780	0,530	0,800	0,510
Локальний ефект очищення відносно дифузійного соку, %	21,1	32,1	3,2	28,6

днього вапнування оброблявся додатковим реагентом, є наслідком високої агрегативної стійкості одержаного осаду до високої лужності.

В соках, які були одержані після попереднього та основного вапнувань, проводили I карбонізацію. З врахуванням вихідної чистоти дифузійного соку – 86,5% процес I карбонізації вели до рН<sub>20</sub> 11,1 [19]. Карбонізацію проводили з використанням лабораторного пристрою [15], в якому завдяки блоку автоматичного титрування, процес закінчувався за чітко визначеного рН. Щоб запобігти дезорієнтуючого впливу будь яких додаткових реагентів на седиментаційно-фільтраційні властивості соків I карбонізації та виявити безпосередній вплив гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані на ці показники, в сік I карбонізації флокулянтів не додавали. Філь-

трований сік I карбонізації підігрівали до температури 92 °С та проводили в ньому протягом 5 хв. вапнування перед II карбонізацією з додаванням 0,5% СаО у вигляді вапняного молока. Для проведення II карбонізації також використовували лабораторний пристрій [15]. Процес у всіх досліджах закінчувався за рН<sub>20</sub> 9,3. Порівняльні дані седиментаційно-фільтраційних властивостей суспензії соку I карбонізації та якісні показники очищеного соку II карбонізації за умов додаткового оброблення соку попереднього вапнування гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані та без нього представлені в таблиці 3.

Одержані дані свідчать, що седиментаційно-фільтраційні показники суспензії соку I карбонізації за умов оброблення соку попереднього прогресивного вапнування додатковим ре-

агентом в нанорозмірному стані мають прийнятні властивості навіть без додаткових флокулянтів. Якість очищеного соку в цьому разі значно перевищує якість соку контрольного варіанту, а саме: чистота його на 1,4% вища, він має майже вдвічі нижчі показники по забарвленості та вмісту солей кальцію. Ефект очищення додатково обробленого соку на 11,0% більший ніж необробленого.

Таким чином, перший досвід застосування реагенту в нанорозмірному стані для очищення дифузійного соку засвідчив його високу ефективність. Оброблення соку попереднього прогресивного вапнування гідроксидом алюмінію в нанорозмірному стані забезпечує не тільки високу агрегативність одержаного на попередньому вапнуванні осаду, стійкість його до пептизації за умов високої лужнос-

Таблиця 3

Якісні показники соків I та II карбонізації, які очищені з використанням додаткового реагенту гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані

Спосіб очищення дифузійного соку	Седиментаційно-фільтраційні показники суспензії соку I карбонізації			Якісні показники соку II карбонізації			
	Швидкість осідання S <sub>5</sub> , см/хв	Об'єм осаду, V <sub>25</sub> , %	Фільтраційний коефіцієнт, F <sub>K</sub> , с/см <sup>2</sup>	Чистота, %	Кольоровість, од. ICUMSA	Кальцієві солі, % маси СР	Ефект очищення, %
Без додавання реагенту в нанорозмірному стані	1,5 -1,7	29,0	6,8	90,1	230	0,292	29,0
З додаванням реагенту в нанорозмірному стані	1,7 -2,0	21,0	5,5	91,5	116	0,140	40,0

ті під час основного вапнування, але й підвищену якість очищеного соку. На спосіб очищення дифузійного соку з використанням гідроксиду алюмінію в нанорозмірному стані одержано патент на корисну модель [20].

Швидкість, з якою іде розвиток нанонауки, не залишає сумніву, що майбутнє в техніці буде належати нанотехнологіям. Але сьогодні, в зв'язку з відсутністю в нашій країні промислових способів одержання та широкомасштабного виробництва хімічних препаратів в нанорозмірному стані, використання їх, зокрема і в цукровому виробництві, незважаючи на високу ефективність та малу витрату, ще досить дороге та потребує подальших досліджень.

#### Список використаних джерел

1. *Переработка свёклы пониженного качества* / А.Д. Голубева, А.К. Карташов, Л.М. Верченко [и др.] // Сахарная промышленность. – 1969. – № 10. – С. 55-60.
2. *Оляньська С.П.* Удосконалення технології очищення дифузійного соку з використанням високоєфективних флокулянтів / С.П. Оляньська, В.В. Цирюльникова // Цукор України. – 2010. – №2. – С. 29 – 35.
3. *Коллоидно-химические основы нанонауки*: [Кол. авторов под редакцией акад. Шпака А.П. и проф. Ульберг З.Р.]. – Киев: Академперіодика, 2005. – 462 с.
4. *В.Н. Шалатонов, А.А. Липец, Ю.Б. Навроцкий.* Применение сульфата алюминия для очистки диффузионного сока, полученного из свеклы пониженного качества / Шалатонов В.Н., Липец А.А., Навроцкий Ю.Б. // Сахарная промышленность. – 1985. – №11. – С. 29–31.
5. *Декларацийний патент на винахід 46398А Україна МПК6 С13С1/00. Спосіб очищення дифузійного соку* / Липец А.А., Гусятинська Н.А., Навроцкий Ю.Б., Чагайда А.О.; заявник і патентовласник Український державний університет харчових технологій. – № 2001074772; заявл. 09.07.2001; опубл. 15.05.2002, Бюл. №5.
6. *Запольский А.К.* Очистка воды коагулированием / Запольский А.К. – ЧП «Медоборы – 2006», 2011. – 296 с.
7. *Применение объемного электроискрового диспергирования для получения седиментационно устойчивых гидрозолей биологически активных металлов* / А.А. Щерба, С.М. Захарченко, К.Г. Лопатько, Е.Г. Афтандиянц // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К. : ІЕД НАНУ. – 2009. – № 22. – С. 74-79.
8. *Кузин М.Ф.* Полевой определитель минералов / М.Ф. Кузин, Н.И. Егоров. – М.: Недра, 1983. – 258 с.
9. *Фридрихсберг Д.А.* Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1974. – 350 с.
10. *Сапронов А.Р.* Технология сахарного производства: [учебник для ВУЗов] / А.Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 495 с.
11. *Запольский А.К.* Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
12. *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.
13. *Н. Brieghel-Müller* Besonderheiten der prozessführung der vorkalkung / Н. Brieghel-Müller // Zeitschrift für die Zuckerindustrie. – 1954. – №2. – S. 194-198
14. *Хомичак Л.М.* Совершенствование известковоуглекислотной очистки сока на основе изучения электроповерхностных свойств карбоната кальция: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.18.05 «Технология сахара и сахаристых веществ» / Хомичак Любомир Михайлович. – К., КТИПП, 1985. – 23 с.
15. *Патент на корисну модель 18761U Україна МПК7 B01L 5/00.* Лабораторний пристрій для проведення процесу карбонізації / Гусарук Т.С., Верченко Л.М., Хомічак Л.М.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій – № 200606058; заявл. 01.06.2006; опубл. 15.11.2006, Бюл. №11.
16. *Запольский А.К.* Физико-химическая теория коагуляционной очистки воды / А.К. Запольский. - К.: НУПТ, 2010. – 45 с.
17. *Инструкция по химико-техническому контролю и учёту сахарного производства.* – Киев: ВНИИСП, 1983. – 475 с.
18. *Технологія цукристих речовин: лабораторний практикум* / [М.П. Купчик, Л.П. Рева, Н.І. Штангеева та ін.]. – К.: НУХТ, 2007. – 393 с.
19. *Рева Л.П.* Фізико-хімічні основи технології процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру / Л.П. Рева. - К.: НУХТ, 2012. – 371 с.
20. *Патент на корисну модель 74359 U Україна МПК11 С13В 20/02.* Спосіб очищення дифузійного соку / Олішевський В.В., Верченко Л.М., Маринін А.І., Ткаченко С.В., Ардинський О.В., Лопатько К.Г.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій – № 201204330; заявл. 06.04.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. №20.

Рецензент: Л.М. Хомічак,  
д.т.н., проф.