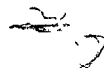


На правах рукописи



СОРОКИНА ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
САХАРАТОВ И РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОЧИСТКИ  
САХАРСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ**



Специальность 05.18.05 – Технология сахара и сахаристых  
продуктов

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Воронеж – 2003

Работа выполнена на кафедре физической и коллоидной химии Воронежской государственной технологической академии

Научные руководители: доктор технических наук, профессор **Перелыгин Виктор Михайлович**  
доктор технических наук, профессор **Подгорнова Надежда Михайловна**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор **Лосева Валентина Александровна**  
доктор химических наук, профессор **Селеменев Владимир Федорович**

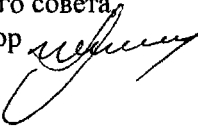
Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова

Защита диссертации состоится «14» ноября 2003 года в 13 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.035.01 при Воронежской государственной технологической академии по адресу: 394000 Воронеж, пр. Революции 19, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВГТА.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять в адрес Ученого совета ВГТА

Автореферат разослан «10» октября 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор  **А.А. Шевцов**

2003-А  
15578

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Для повышения выхода и качества товарного сахара необходимо развитие теории и совершенствование технологии известково-углекислотной очистки сахарных соков.

Одним из принципиальных теоретических вопросов технологии сахарного производства является взаимодействие сахарозы с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов. Изучением реакций, протекающих между сахарозой и основаниями, занимались многие ученые: П.М. Силин, С.Е. Харин, А.Р. Сапронов, Д.В. Озеров, Р.С. Решетова, М.И. Даишев, Ю.И. Молотилин, Л.Д. Бобровник, Р.Ц. Мишук. Разработаны различные теории взаимодействия сахарозы с основаниями: замещения, комплексообразования, коллоидная и др. Хотя в литературе имеется достаточно сведений о строении и механизме образования сахаратов, остается нерешенным ряд задач. Например, до настоящего времени не предложено теоретически обоснованных методов расчета растворимости гидроксида кальция в водно-сахарных растворах и состава насыщенных растворов.

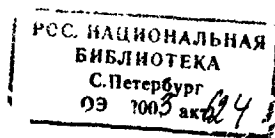
Перспективным направлением повышения эффективности очистки диффузионного сока является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ). К преимуществам ПАВ можно отнести высокую технологичность и возможность широкого применения на сахарных заводах в связи с незначительными капитальными затратами. В настоящее время использование ПАВ для повышения эффекта адсорбционной очистки сахаросодержащих растворов недостаточно распространено. Применяемые с этой целью поверхностно-активные вещества (АМГС, ФПМ и др.) имеют ряд недостатков и не обеспечивают высокого качества очистки сахарных соков.

Таким образом, изучение равновесий в системе вода-сахароза-основание и разработка эффективных способов очистки сахаросодержащих растворов – весьма актуальные задачи.

**Цель и задачи работы.** Цель исследования – развитие теоретических основ и разработка способов очистки сахарных соков.

Исходя из поставленной цели, решались задачи:

– уточнение данных о растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в водно-сахарных растворах;



– измерение рН насыщенных и ненасыщенных гидроксидом кальция водно-сахарных растворов и систем вода-сахароза-гидроксид натрия;

– расчет ионного произведения воды в зависимости от содержания сахарозы в растворе;

– разработка методов расчета растворимости гидроксида кальция в водно-сахарных растворах и равновесного состава систем вода-сахароза- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и вода-сахароза- $\text{NaOH}$ ;

– исследование влияния добавок поверхностно-активных веществ (эфиров сахарозы и их смесей с фосфатидами подсолнечного масла) на процесс очистки сахаросодержащих растворов.

**Научная новизна** работы заключается в том, что

– предложено уравнение для расчета коэффициентов активности воды в зависимости от концентрации сахарозы в температурном интервале  $298,15 \leq T \leq 353,15 \text{ K}$ ;

– определены константы равновесия реакций взаимодействия сахарозы с гидроксидами кальция и натрия в интервале температур  $298,15 \leq T \leq 353,15 \text{ K}$ ;

– предложены уравнения для расчета коэффициентов активности ионов в растворах вода-сахароза-электролит;

– разработан метод расчета растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в водно-сахарных растворах;

– разработан метод расчета равновесного состава насыщенных и ненасыщенных гидроксидом кальция водно-сахарных растворов, а также смесей вода-сахароза-гидроксид натрия.

**Практическая значимость.**

По результатам исследований влияния ПАВ на процесс очистки диффузионного сока разработаны и испытаны на производстве способы очистки сахаросодержащих растворов с применением эфиров сахарозы и их смесей с фосфатидами подсолнечного масла:

– способ очистки, предусматривающий введение в дефектованный сок эфиров сахарозы в количестве 0,001 – 0,005 % к массе раствора (заявка № 2003104002/13 на патент РФ);

– способ очистки, предусматривающий введение в дефектованный сок смеси эфиров сахарозы и фосфатидов подсолнечного масла с соотношением компонентов соответственно

1:1 – 1:9 в количестве 0,001 – 0,005 % к массе раствора (заявка № 20031044211/13 на патент РФ).

Предложенные способы позволяют повысить эффект очистки сахаросодержащих растворов и увеличить выход сахара.

#### **Апробация работы.**

Отдельные разделы работы выполнены по НИР 204.04.03.033 «Повышение утилизации диоксида углерода при осуществлении инъекторной сатурации сахаросодержащих растворов и разработка аппаратов с высоким эффектом адсорбционной очистки» подпрограммы 204 «Технологии живых систем» НТП Минобразования России. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных отчетных научных конференциях Воронежской государственной технологической академии 2000 – 2003 годов; научно-практических конференциях в Угличе (2002), Набережных Челнах (2003), Хургаде (Египет) (2003) и Воронеже (2003).

#### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ.

#### **Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 139 страницах, содержит 18 рисунков, 31 таблицу. Библиографический список включает 147 источников.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, рассмотрены научная новизна и практическая значимость исследований.

**В первой главе** проведен анализ литературных данных по растворимости гидроксида кальция в воде и водно-сахарных растворах; проанализированы имеющиеся в литературе сведения о характере взаимодействия сахарозы с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов и свойствах систем вода-сахароза и вода-сахароза-электролит. Рассмотрены существующие способы повышения эффективности известково-углекислотной очистки, выявлены их недостатки и преимущества.

**Во второй главе** дана характеристика исходных веществ; описаны методики и приведены результаты исследований.

Изучение растворимости гидроксида кальция и измерение рН насыщенных и ненасыщенных гидроксидом кальция водно-сахарных растворов, а также смесей вода-сахароза-гидроксид натрия осуществлялось в изолированной от окружающей среды установке (рис. 1), которая продувалась инертным газом.

Равновесия в системе вода-сахароза- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  изучались в температурном интервале  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К при содержании сахарозы 0,03 – 3,0 моль/1000 г  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  от 0,004 моль/1000 г  $\text{H}_2\text{O}$  до его концентрации в насыщенных растворах.

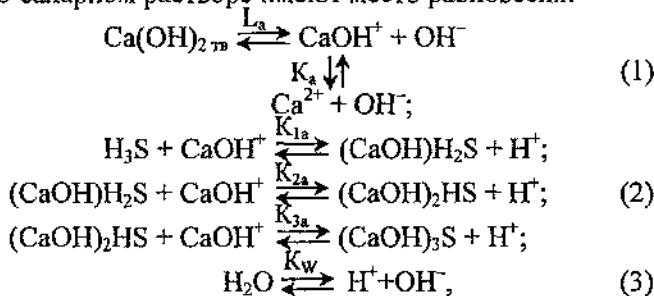
Величины рН тройных смесей вода-сахароза- $\text{NaOH}$  измерялись в температурном интервале  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К при содержании сахарозы 0,03 – 2,95 моль/1000 г  $\text{H}_2\text{O}$  и гидроксида натрия 0,0021 – 0,3321 моль/1000 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

Эфиры сахарозы синтезировали по известной методике при атмосферном давлении в отсутствие растворителя.

Качественные показатели сахарных соков (рН, СВ, концентрация сахарозы, цветность, содержание солей кальция) определялись по общепринятым в сахарном производстве методикам.

**В третьей главе** проведен анализ равновесий в системе вода-сахароза-гидроксид кальция на основе предположения об ионообменном характере взаимодействия сахарозы и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Молекула сахарозы содержит три наиболее подвижных атома водорода, следовательно, в насыщенном гидроксидом кальция водно-сахарном растворе имеют место равновесия:



где  $L_a$  – произведение активностей гидроксида кальция;

$K_a$  – термодинамическая константа диссоциации иона  $\text{CaOH}^+$ ;

$\text{H}_3\text{S}$  – сахароза;

$(\text{CaOH})\text{H}_2\text{S}$ ,  $(\text{CaOH})_2\text{HS}$ ,  $(\text{CaOH})_3\text{S}$  – моно-, ди- и тризамещенные сахараты кальция;

$K_{1a}$ ,  $K_{2a}$ ,  $K_{3a}$  – термодинамические константы ионного обмена;

$K_w$  – термодинамическая константа диссоциации воды.

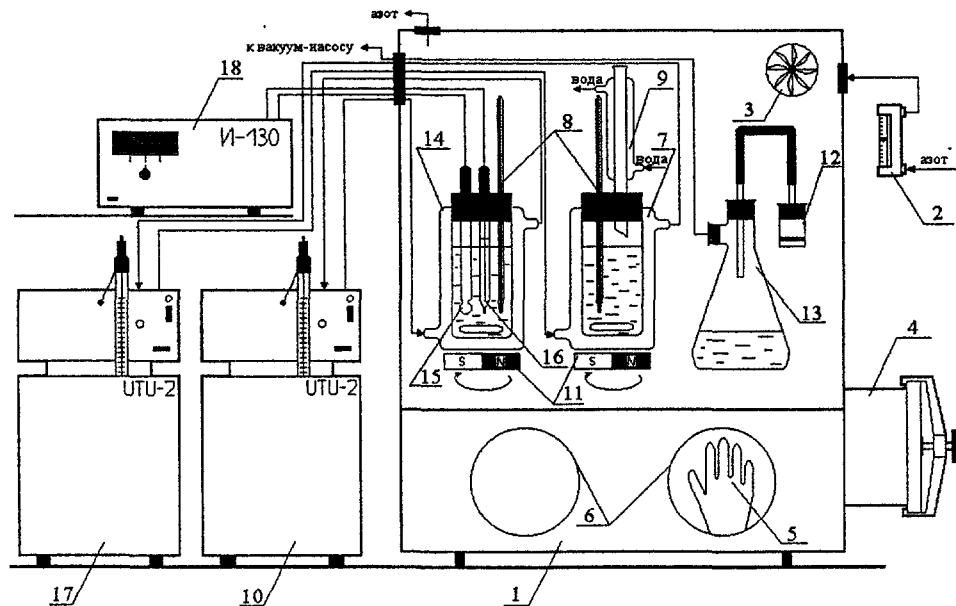


Рис. 1. Схема установки для исследования растворимости гидроксида кальция и pH растворов  
 1 – изолированный бокс; 2 – ротаметр; 3 – вентилятор; 4 – форкамера; 5 – перчатки; 6 – обоймы;  
 7 – ячейка для изучения растворимости; 8 – термометр; 9 – холодильник; 10 – термостат; 11 – маг-  
 нитная мешалка; 12 – фильтр Шотта; 13 – колба Бунзена; 14 – ячейка для измерения pH; 15 – стек-  
 лянный электрод; 16 – хлорсеребряный электрод; 17 – термостат; 18 – иономер.

Константы равновесий (1) – (3):

$$L_a = \left( m_{\text{CaOH}^+} \cdot \gamma_{\text{CaOH}^+} \right)^{1-\alpha} \cdot \left( m_{\text{OH}^-} \cdot \gamma_{\text{OH}^-} \right)^{\alpha} \cdot \left( m_{\text{Ca}^{2+}} \cdot \gamma_{\text{Ca}^{2+}} \right)^{\alpha}; \quad (4)$$

$$K_a = \frac{m_{\text{Ca}^{2+}} \cdot \gamma_{\text{Ca}^{2+}} \cdot m_{\text{OH}^-} \cdot \gamma_{\text{OH}^-}}{m_{\text{CaOH}^+} \cdot \gamma_{\text{CaOH}^+}}; \quad (5)$$

$$K_{1a} = \frac{m'_2 \cdot \gamma'_2 \cdot m_{\text{H}^+} \cdot \gamma_{\text{H}^+}}{m_2 \cdot \gamma_2 \cdot m_{\text{CaOH}^+} \cdot \gamma_{\text{CaOH}^+}}; \quad (6)$$

$$K_{2a} = \frac{m''_2 \cdot \gamma''_2 \cdot m_{\text{H}^+} \cdot \gamma_{\text{H}^+}}{m'_2 \cdot \gamma'_2 \cdot m_{\text{CaOH}^+} \cdot \gamma_{\text{CaOH}^+}}; \quad (7)$$

$$K_{3a} = \frac{m'''_2 \cdot \gamma'''_2 \cdot m_{\text{H}^+} \cdot \gamma_{\text{H}^+}}{m''_2 \cdot \gamma''_2 \cdot m_{\text{CaOH}^+} \cdot \gamma_{\text{CaOH}^+}}; \quad (8)$$

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = a_{\text{H}^+} \cdot a_{\text{OH}^-} = K_w \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (9)$$

где  $m_i$  – моляльность ионов  $i$ -го сорта;

$\gamma_i$  – коэффициент активности ионов  $i$ -го сорта;

$\alpha$  – степень диссоциации иона  $\text{CaOH}^+$ ;

$m_2, m'_2, m''_2, m'''_2$  – равновесные моляльности сахарозы, моно-, ди- и трисахарата кальция соответственно;

$\gamma_2, \gamma'_2, \gamma''_2, \gamma'''_2$  – коэффициенты активности сахарозы, моно-, ди- и трисахарата кальция соответственно;

$a_{\text{H}^+}, a_{\text{OH}^-}, a_{\text{H}_2\text{O}}$  – активность соответственно ионов водорода, гидроксила и воды;

$K_{\text{H}_2\text{O}}$  – ионное произведение воды.

Для учета влияния концентрации сахарозы на величину  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  рассчитаны значения коэффициента активности воды  $\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$  на основе данных об упругости пара над водно-сахарными растворами и описаны уравнением Маргулеса второго порядка:

$$\ln \gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \left( 1 - x_{\text{H}_2\text{O}} \right)^2 \cdot \left[ A + (B - A) x_{\text{H}_2\text{O}} \right], \quad (10)$$

где  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  – мольная доля воды в растворе;

$A$  и  $B$  – константы, численные значения которых приведены в табл. 1.



Таблица 1

Значения констант в уравнении Маргулеса (10)

Температура, К	298,15	313,15	323,15	333,15	343,15	353,15
A	-36,10	-24,55	-13,73	-9,80	-5,95	-5,06
B	10,52	7,72	5,22	4,13	4,17	4,02

Так как подвижные атомы водорода в молекуле сахарозы достаточно удалены друг от друга, и энергии отрыва протонов приблизительно равны, то

$$K_{2a} = \frac{1}{3} \cdot K_{1a}; \quad K_{3a} = \frac{1}{9} \cdot K_{1a}. \quad (11)$$

Значения константы ионного обмена в системе вода-сахароза-гидроксид кальция рассчитаны на основе данных о растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в водно-сахарных растворах и pH тройных растворов. В расчетах приняты допущения:

$$\frac{\gamma'_2}{\gamma_2} = \frac{\gamma''_2}{\gamma'_2} = \frac{\gamma'''_2}{\gamma''_2} \quad (12)$$

и в соответствии с уравнением Дэвиса

$$\gamma_{\text{H}^+} = \gamma_{\text{CaOH}^+} = \gamma_{\text{OH}^-} = \gamma_+, \quad \gamma_{\text{Ca}^{2+}} = \gamma_+^4. \quad (13)$$

Полученные значения  $K_{1a}$  для  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К приведены в табл. 2 и описаны уравнением:

$$K_{1a} = 0,0256 \cdot \exp\left(-\frac{4656,4}{T}\right). \quad (14)$$

Таблица 2

Значения константы ионного обмена  $K_{1a}$ 

T, К	298,15	313,15	323,15	333,15	343,15	353,15
$K_{1a}$	$4,256 \cdot 10^{-9}$	$8,770 \cdot 10^{-9}$	$1,426 \cdot 10^{-8}$	$2,193 \cdot 10^{-8}$	$3,236 \cdot 10^{-8}$	$4,842 \cdot 10^{-8}$

Для расчета коэффициентов активности  $\gamma_+$  в системе вода-сахароза- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с концентрацией сахарозы  $m_2^0 \leq 3,0$  в температурном интервале  $333,15 \leq T \leq 353,15$  К предложено уравнение:

$$\lg \gamma_+ = \lg \gamma_+^0 + a_1 \cdot m_2^0 + a_2 \cdot \sqrt{m_2^0}, \quad (15)$$

а для  $298,15 \leq T \leq 323,15$  К и  $m_2^0 \leq 1,2$

$$\lg \gamma_+ = \lg \gamma_+^0 + b_1 \cdot (m_2^0)^{b_2}, \quad (16)$$

где  $\gamma_+^0$  – рассчитанный по уравнению Дэвиса коэффициент активности иона в водном растворе с тем же значением ионной силы, что и в изученной тройной смеси;

$a_1, a_2, b_1, b_2$  – эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Численные значения коэффициентов в уравнениях (15) и (16)

T, K	298,15	313,15	323,15	333,15	343,15	353,15
$a_1$	-	-	-	-0,159	-0,134	-0,110
$a_2$	-	-	-	0,499	0,462	0,417
$b_1$	0,252	0,273	0,296	-	-	-
$b_2$	0,390	0,310	0,300	-	-	-

С использованием констант  $K_a, L_a$  и  $K_{1a}$  разработан метод, позволяющий рассчитать растворимость гидроксида кальция в водно-сахарных растворах, а также равновесные концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}, \text{CaOH}^+, \text{OH}^-, \text{H}^+$  и моно-, ди- и трисахаратов кальция. Результаты расчетов приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Растворимость гидроксида кальция и значения pH насыщенных  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  водно-сахарных растворов при 343,15 K

Сахароза, моль/1000 г $\text{H}_2\text{O}$	Растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , моль/1000 г $\text{H}_2\text{O}$		pH	
	эксп.	расч.	эксп.	расч.
0,1548	0,028	0,026	10,94	10,95
0,3278	0,050	0,050	10,88	10,88
0,4013	0,059	0,063	10,86	10,86
0,5164	0,082	0,085	10,83	10,84
0,7365	0,138	0,137	10,80	10,80
1,2742	0,365	0,339	10,75	10,74
1,9544	0,850	0,846	10,71	10,70

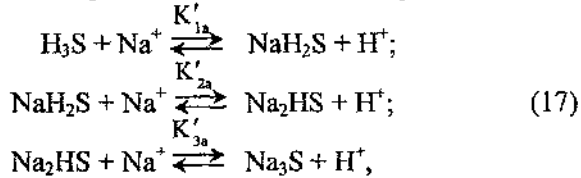
Таблица 5

Равновесный состав насыщенных  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  водно-сахарных растворов при 343,15 K

сахароза, моль/1000 г $\text{H}_2\text{O}$	$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$ , моль/1000 г $\text{H}_2\text{O}$	Состав равновесного раствора, моль/1000 г воды							
		$\text{CaOH}^+ \times 10^3$	$\text{Ca}^{2+} \times 10^3$	$m_2$	$m'_2$	$m''_2 \times 10^2$	$m'''_2$	$\text{OH}^- \times 10^3$	$\text{H}^+ \times 10^{13}$
0,1548	0,026	0,60	5,39	0,1359	0,0181	0,08	$1,18 \cdot 10^{-5}$	11,4	88,2
0,3278	0,050	0,58	3,83	0,2840	0,0417	0,20	$3,32 \cdot 10^{-5}$	8,25	88,7
0,4013	0,063	0,58	3,45	0,3454	0,0531	0,27	$4,65 \cdot 10^{-5}$	7,48	88,9
0,5164	0,085	0,57	3,01	0,4394	0,0729	0,40	$7,42 \cdot 10^{-5}$	6,59	89,0
0,7365	0,137	0,55	2,46	0,6105	0,1182	0,76	$1,64 \cdot 10^{-4}$	5,47	89,2
1,2742	0,339	0,52	1,81	0,9659	0,2803	2,71	$8,74 \cdot 10^{-4}$	4,14	89,3
1,9544	0,846	0,51	1,49	1,2260	0,6186	10,4	$5,83 \cdot 10^{-3}$	3,48	89,0

**Четвертая глава** посвящена расчету ионных равновесий в системе вода-сахароза-гидроксид натрия на основе допущения об ионообменном характере взаимодействия сахарозы с NaOH.

В системе вода-сахароза-NaOH имеют место равновесия:



где NaH<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>HS, Na<sub>3</sub>S – моно-, ди- и тринатриевые сахараты.

Значения термодинамической константы ионообменного равновесия в системе вода-сахароза-гидроксид натрия рассчитаны на основе данных о рН тройных растворов с учетом допущения (12) и с использованием уравнения Дэвиса при условии:

$$\gamma_{\text{H}^+} = \gamma_{\text{Na}^+} = \gamma_{\text{OH}^-} = \gamma_+ \quad (18)$$

Полученные значения  $K'_{1a}$  для системы вода-сахароза-гидроксид натрия приведены в табл. 6 и описаны в температурном интервале  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К уравнением:

$$K'_{1a} = 8,02 \cdot 10^{-6} \cdot \exp\left(\frac{-3075,7}{T}\right). \quad (19)$$

Таблица 6

Значения  $K'_{1a}$  для системы вода-сахароза-гидроксид натрия

T, K	298,15	313,15	323,15	333,15	343,15	353,15
$K'_{1a}$	$2,679 \cdot 10^{-10}$	$4,335 \cdot 10^{-10}$	$5,914 \cdot 10^{-10}$	$7,741 \cdot 10^{-10}$	$1,033 \cdot 10^{-9}$	$1,337 \cdot 10^{-9}$

Из данных табл. 2 и 6 видно, что  $K_{1a}$  примерно на порядок выше, чем  $K'_{1a}$ , что объясняется большей комплексообразующей способностью ионов CaOH<sup>+</sup>.

С применением константы ионообменного равновесия разработан метод расчета равновесных концентраций ионов Na<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, H<sup>+</sup> и моно-, ди- и трисахаратов. Значения рН смесей вода-сахароза-гидроксид натрия, рассчитанные с использованием  $K'_{1a}$ , удовлетворительно согласуются с опытными данными (табл. 7), что свидетельствует о справедливости предположения об ионообменном характере взаимодействия сахарозы с NaOH.

Таблица 7

## Величины pH растворов вода-сахароза-NaOH

Состав исходного раствора, моль/1000 г H <sub>2</sub> O		Температура, К					
		333,15		343,15		353,15	
сахароза	NaOH	pH <sub>эксп</sub>	pH <sub>расч</sub>	pH <sub>эксп</sub>	pH <sub>расч</sub>	pH <sub>эксп</sub>	pH <sub>расч</sub>
0,0297	0,0041	10,49	10,49	10,27	10,29	10,07	10,11
0,5103	0,0041	9,66	9,65	9,52	9,49	9,39	9,37
0,0294	0,0294	11,29	11,27	11,07	11,07	10,84	10,87
0,5053	0,0294	10,36	10,39	10,21	10,22	10,05	10,07
0,1528	0,1257	11,44	11,48	11,27	11,28	11,12	11,09
0,5164	0,1257	11,02	11,00	10,88	10,82	10,75	10,65
0,5025	0,2450	11,30	11,34	11,12	11,14	10,94	10,97
1,9225	0,0055	9,12	9,19	9,00	9,05	8,90	8,95
0,9681	0,3321	11,32	11,21	11,07	11,02	10,84	10,84

**В пятой главе** представлены результаты экспериментов по изучению влияния поверхностно-активных веществ – эфиров сахарозы (ЭС) и их смесей с фосфатидами подсолнечного масла (ФПМ) на качество очистки сахарных соков. На основе проведенных исследований разработаны способы очистки сахаросодержащих растворов, предусматривающие введение ПАВ в сок основной дефекации с последующей его обработкой по типовой технологической схеме. Способы прошли проверку в производственных условиях на сахарном заводе ОАО «Ника».

По первому способу в дефекованный сок вводят ЭС в количестве 0,001 – 0,005 % к массе раствора. Добавки ЭС способствуют увеличению чистоты сока на 1,3 – 2,2 ед., снижению оптической плотности на 5 – 17 %, солей кальция – на 2 – 17 % по сравнению с контролем.

Второй способ предусматривает введение в дефекованный сок смеси ЭС и ФПМ с соотношением компонентов соответственно 1:1 – 1:9 в количестве 0,001 – 0,005 % к массе раствора. Использование смесей ЭС и ФПМ способствует повышению чистоты на 1,5 – 2,5 ед., снижению цветности на 10 – 18 %, солей кальция на 12 – 26 % по сравнению с контролем.

На основе проведенных исследований по влиянию ЭС и ФПМ на процесс очистки сахарных соков предложена технологическая схема очистки диффузионного сока, предусматривающая синтез ЭС непосредственно на сахарном заводе (рис. 2).

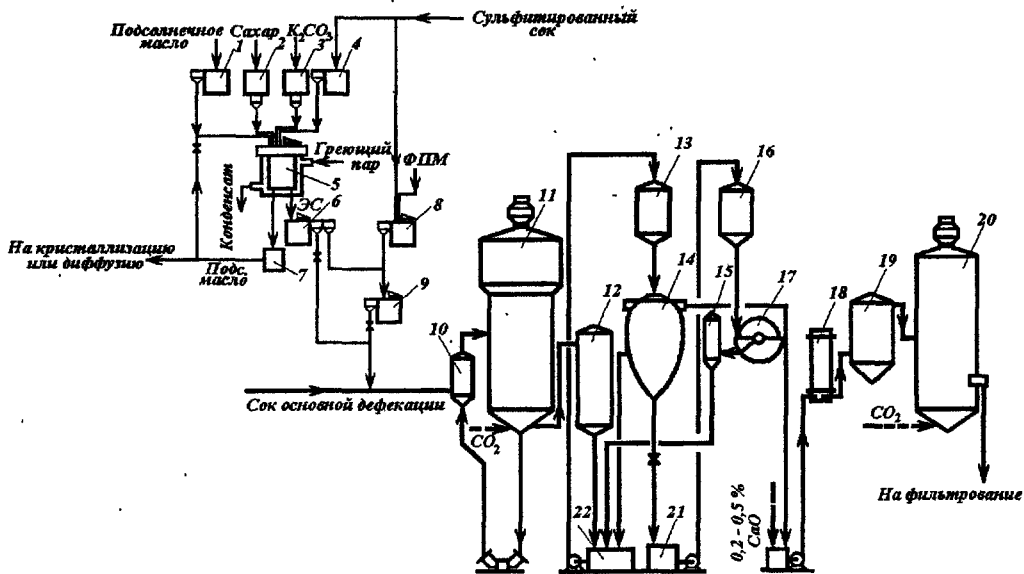


Рис. 2. Технологическая схема очистки диффузионного сока с применением ПАВ

1 – емкость для подсолнечного масла; 2 – бункер для сахара; 3 – бункер для катализатора; 4 – емкость для сульфитированного сока; 5 – смеситель для синтеза ЭС; 6 – сборник суспензии ЭС; 7 – сборник для отработанного подсолнечного масла; 8 – сборник суспензии ФПМ; 9 – смеситель для ПАВ; 10 – сборник; 11 – сатуратор I сатурации; 12 – сборник; 13 – напорный сборник; 14 – листовые фильтры; 15 – вакуум-сборник; 16 – напорный сборник; 17 – вакуум-фильтры; 18 – подогреватель; 19 – дефекатор; 20 – сатуратор II сатурации; 21 – мешалка; 22 – сборник.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕДАЦИИ

1. Уточнены данные по растворимости гидроксида кальция в водно-сахарных растворах и рН насыщенных растворов в интервале температур  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К и концентраций сахарозы 0,03 – 3,0 моль/1000 г  $H_2O$ . Измерены величины рН тройных систем вода-сахароза- $Ca(OH)_2$  и вода-сахароза- $NaOH$  различного состава в том же интервале температур. Подтверждено, что с повышением концентрации сахарозы растворимость гидроксида кальция значительно увеличивается, а рН растворов снижается.

2. Увеличение содержания сахарозы приводит к снижению ионного произведения воды. Предложено уравнение для расчета коэффициента термодинамической активности воды в водно-сахарных растворах в интервале температур  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К и концентраций сахарозы  $\leq 65$  % масс.

3. Повышение концентрации сахарозы способствует увеличению термодинамической активности электролитов. Предложены уравнения для расчета коэффициентов термодинамической активности ионов в растворах из воды, сахарозы и электролитов.

4. Предложены уравнения для расчета констант ионообменного равновесия в системах вода-сахароза- $Ca(OH)_2$  и вода-сахароза- $NaOH$  для интервала температур  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К. С увеличением температуры значение константы ионообменного равновесия возрастает. Полученные константы позволяют рассчитывать равновесный состав указанных систем.

5. Разработан метод, позволяющий рассчитать растворимость гидроксида кальция в водно-сахарных растворах в интервале температур  $298,15 \leq T \leq 353,15$  К с точностью  $\pm 5$  %.

6. Добавление в дефектованный сок 0,001 – 0,005 % ЭС к массе раствора способствует увеличению чистоты сока на 1,3 – 2,2 ед., снижению оптической плотности на 5 – 17 % и содержания солей кальция – на 2 – 17 %, а смесей ЭС и ФПМ с соотношением компонентов 1:1 – 1:9 соответственно повышает чистоту на 1,5 – 2,5 ед., снижает цветность на 10 – 18 %, содержание солей кальция на 12 – 26 % по сравнению с контролем.

7. Предложенная схема очистки сахарных соков, предусматривающая добавление ЭС или их смесей с ФПМ в количестве 0,001 – 0,005 % к массе раствора, позволяет получить дополнительную прибыль 317500 – 339000 руб. в месяц.

**По теме диссертации опубликованы работы:**

1. Перельгин В.М. Взаимодействие сахарозы с гидроксидом натрия / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Известия вузов. Сер. Пищ. технология. – 2003. – № 4. – С. 24 – 27.

2. Перельгин В.М. К теории образования сахаратов кальция / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 5. – С. 31 – 33.

3. Перельгин В.М. Термодинамические свойства водно-сахарно-солевых систем / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 2. – С. 17 – 20.

4. Перельгин В.М. О растворимости гидроксида кальция в водно-сахарных растворах / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Сахар. – 2003. – № 5. – С. 40 – 42.

5. Перельгин В.М. Константы ионообменного равновесия в системе вода-сахароза-гидроксид натрия / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Материалы науч.-практич. конф. «Технологические аспекты комплексной переработки сельскохозяйственного сырья при производстве экологически безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения». – Углич, 2002. – С. 411 – 413.

6. Перельгин В.М. О взаимодействии сахарозы с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Материалы конф. «Наука и практика. Диалоги нового века». – Наб. Челны, 2003. – Ч. I. – С. 183 – 185.

7. Перельгин В.М. Расчет констант ионообменного равновесия в системе вода-сахароза-гидроксид кальция / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Успехи современного естествознания. – 2003. – № 9. – С. 65.

8. Перельгин В.М. Об образовании сахаратов натрия и кальция / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Сборник научных трудов междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» / Воронеж. гос. агроуниверситет. – Воронеж, 2003. – Т. 3, Ч. 1. – С. 50 – 53.

9. Перельгин В.М. Ионное произведение воды в водно-сахарных растворах / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Материалы XXXIX отчетной науч. конф. за 2000 г./ Воронеж. гос. технол. акад.– Воронеж, 2001.– Ч. 1.– С. 17.

10. Перельгин В.М. К теории образования сахаратов / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Материалы XL отчетной науч. конф. за 2001 г. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2002. – Ч. 1. – С. 29 – 30.

11. Перельгин В.М. К вопросу о сахаратах кальция / В.М. Перельгин, Н.М. Подгорнова, Ю.Н. Сорокина // Материалы XLI отчетной науч. конф. за 2002 г. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2003. – Ч. 1. – С. 24 – 26.

12. Сорокина Ю.Н. Влияние ПАВ на эффективность очистки сахарных соков / Ю.Н. Сорокина, А.И. Ситников // Материалы XLI отчетной науч. конф. за 2002 г. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2003. – Ч. 1. – С. 34.

13. Sorokina Yu. The raw juice purification process // Актуальные проблемы научно-практических исследований и методологий: Материалы докладов науч.-практ. конф. аспирантов и соискателей ВГТА на иностранных языках / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2001. – С. 24.

14. Заявка № 2003104002/13 (004402), МПК<sup>7</sup> С 13 D 3/04. Способ очистки сахарсодержащего раствора / Н.М. Подгорнова, В.М. Перельгин, Ю.Н. Сорокина, С.М. Петров. – Заявлено 12.02.2003 г.

15. Заявка № 20031044211/13 (004403), МПК<sup>7</sup> С 13 D 3/04. Способ очистки сахарсодержащего раствора / Н.М. Подгорнова, В.М. Перельгин, Ю.Н. Сорокина, С.М. Петров. – Заявлено 12.02.2003 г.

Подписано в печать 02.10.03

Формат 60×84 1/16 Усл. печ. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 401

---

Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА)

Участок оперативной полиграфии ВГТА

Адрес академии и участка оперативной полиграфии:

394000, г. Воронеж, пр. Революции, 19