

УДК 664.126.1.067

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЙ РЕАГЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ САХАРСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

Артамонов Н.А., Гольцев М.Ю., Клименко Л.Л., Платонов В.Н.

ООО НПЦ «Новые технологии», Москва, e-mail: npptech@yandex.ru

Приведена краткая оценка текущего состояния сахарного производства России. Особое внимание уделено энергоемкости и неэкологичности традиционной известковоуглекислотной очистки, применяемой в производстве сахара, и перспективам ее интенсификации. Приведены расходные нормы некоторых вспомогательных материалов, в том числе химических реагентов. Показана возможность управления химизмом взаимодействий в системе «сахар-несахар-известь» с помощью короткоживущей рецептуры ВМКФ, состоящего из двух базовых реагентов 1 и 2, и являющегося основой новой технологии очистки сахаросодержащих растворов. Такой единый комплекс позволяет в рамках одного технологического узла эффективно решать принципиально разные задачи на всех стадиях сокоочистки, начиная с экстракции и заканчивая станцией фильтрации. Преимущества новой технологии, заключаются в стабилизации технологического режима переработки свеклы, увеличении эффекта очистки соков, повышении выхода сахара, снижении расхода вспомогательных материалов (извести, традиционных химических реагентов) или полного их исключения, сокращении расхода топлива и электроэнергии, отходов производства и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: сахаросодержащий раствор, высокомолекулярный кремнийорганический реагент (ВМКФ), антисептик, пеногаситель, полифлокулянт, нейтрализатор, эффект очистки, выход сахара, расход извести

MULTIFUNCTIONAL HETERO-ORGANIC REAGENT FOR SUGAR-CONTAINING SOLUTIONS PURIFICATION

Artamonov N.A., Goltsev M.Y., Klimenko L.L., Platonov V.N.

SPC «New Technologies» LLC, Moscow, e-mail: npptech@yandex.ru

A brief assessment of current state of the sugar industry in Russia is given. Particular attention is paid to energy intensity and lack of environmental friendliness of traditional lime-carbon dioxide purification applied in production of sugar, and the perspectives for its intensification. Consumption rates of some auxiliary materials, including chemical reagents, are given. The possibility of controlling the chemistry of interactions in the «sugar-non-sugar-lime» system with a short-lived HMOSR recipe, which consists of two basic reagents 1 and 2, and makes the basis for a new technology of sugar-containing solutions purification, is shown. This unified complex enables to effectively solve fundamentally different problems within a processing unit at all stages of juice purification from extraction to the filtration station. Advantages of new technology are related to stabilization of process conditions of beet processing, increase in purification effect of juices, increase in sugar recovery, reduction of auxiliary materials consumption (lime, traditional chemical reagents) or their total exclusion, reduction of fuel and electricity consumption, production waste and emissions in the environment.

Keywords: sugar-containing solution, high-molecular organic-silicone reagent (HMOSR), antiseptic, foam remover, polyflocculant, neutralizing agent, purification effect, sugar recovery, lime consumption

Производство сахара является энергоёмким и весьма не экологичным в силу традиционно сложившейся технологии.

На 1 т перерабатываемой свёклы расходуется:

- около 4,5–7,8 % известкового камня;
- около 0,45–0,55 % высококачественного угля или кокса для его обжига и производства CaO;

- вспомогательных материалов (в соответствии с общепромышленными нормами расхода или рекомендуемыми производителями).

В качестве вспомогательных материалов при производстве сахара используются:

Антисептики: – формалин – 150 кг/1000 т свеклы;

- хлорная известь – 150 кг/1000 т свеклы;
- гипохлорид натрия – 200 кг/1000 т свеклы;

- Волсепт Д – 10–20 г/1 т свеклы;

- Нобак, Ардон (антибиотики), антиформин ДМТ (на основе формалина) и другие.

Пеногасители: – Вреох FCC 93 – 20–30 г/1 т свеклы (20–30 кг/1000 т свеклы).

- Лапрол ПС-1 – 20 г/1 т свеклы (20 кг/1000 т свеклы);

- Антиспумин TZ – 15 г/1 т свеклы (20 кг/1000 т свеклы);

- Жир – 25 кг/1000 т свеклы;

- Соапсток – 10 кг/1000 т свеклы и другие.

Флокулянты: – ПАА – 12 кг/1000 т свеклы;

- NaOH (для активации ПАА) – 2,4 кг/1000 т свеклы;

- Praestol 2540 – 3–5 г/1 т свеклы (3–5 кг/1000 т свеклы) и другие.

Антиакипины: Полистабиль VZK – 20–30 г/1 т свеклы (20–30 кг/1000 т свеклы);

- Kebo-DS – 20–30 г/1 т свеклы (20–30 кг/1000 т свеклы);

- Антипрекс – 20–30 г/1 т свеклы (20–30 кг/1000 т свеклы) и другие.

Если ориентироваться на всю отрасль сахарного производства России с уче-

том задачи роста производства сахара до 4,8 млн. т или около 32–40 млн. т свеклы, становится очевидным масштаб ресурсного потребления в этом производстве.

Сегодня эффективность работы сахарного завода определяется энергосбережением и экологической безопасностью производства при высоком коэффициенте извлечения сахара из сырья, а также качеством и себестоимостью готовой продукции.

Применяемая технология очистки диффузионного сока, основанная на обработке его известью и углекислым газом [1], до сих пор является самой эффективной и экономически рациональной [5, 6, 7]. Физико-химические особенности известкового молока, сатурационных осадков, поликомпонентности производственных сахарсодержащих растворов не дают эффект очистки диффузионного сока выше 35% при теоретически возможной величине 40–45%.

Традиционная технология очистки диффузионного сока – это компромисс между высоким качеством получаемых соков и их фильтрационно-седиментационными свойствами, который особенно проявляется при переработке свеклы низкого технологического достоинства.

В России и за рубежом ведутся исследования технологии получения сахаров без применения извести [9], а также способа повышения качества диффузионного сока

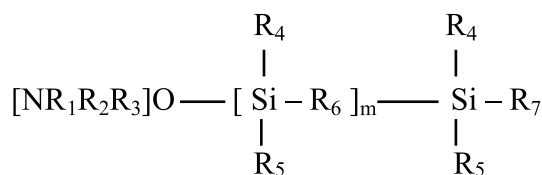
за счет использования коагулянтов и химических реагентов, применяемых для очистки питьевой воды [2, 8].

Возможность управления химизмом взаимодействий в системе «сахар-несахар-известь» может изменить и современный подход к процессу получения сахара из сахарной свеклы.

Для решения такой задачи можно использовать принцип динамической самоорганизации в неравновесных условиях нековалентно связанных темплатов, которые представляют собой элементарноорганические молекулы, взаимодействующие с полигидроксокомплексами матрицы посредством водородных, электростатических и ван-дер-ваальсовых сил [10].

Матрицей может быть поверхность свекловичной стружки и поверхность ультрадисперсных частиц карбоната кальция. Динамическая самоорганизация предоставляет почти безграничные возможности для создания новых наноструктур на границе раздела фаз «диффузионный сок – поверхность стружки» и, как следствие, обеспечивает возможность дальнейшего совершенствования всей технологии сахарного производства.

В процессе исследований был получен короткоживущий высокомолекулярный кремнийорганический реагент (ВМКФ) [3, 4].



где $m = 1-9$;

Радикалы: $R_1 = (CH_2)_n Pol$, где $n = 2-4$;

$R_2 = R_3 = H; CH_3; C_2H_5; C_3H_5; C_3H_7; C_4H_9$;

$R_4 = R_5 = CH_3; C_2H_5; C_3H_5; C_3H_7; C_4H_9; C_6H_5; OH; OM$;

$M = Na; K; Cs$;

$R_6 = (CH_2)_k, O$; где $k = 1-4$;

$R_7 = R_4; [NR_1R_2R_3]O$;

Pol = Органический полимер из ряда поливиниламинов, полиаллиламинов, поли-*N*-виниламидов, полидиметилдиаллиламмоний галогенидов, полиакрилатов, полиметилакрилатов, а также сополимеры и блоксополимеры из мономеров, соответствующих вышеперечисленным полимерам.

В результате стал возможным направленный синтез сверхвысокомолекулярных соединений, содержащих в своем составе по-

лифункциональные группы, а также создание принципиально новых рецептур на их основе. Впервые использован бинарный подход, при котором конечная короткоживущая рецептура создается непосредственно перед применением за счет смешения компонентов и разбавления их водой (рис. 1). Принципиально новым является не только состав, но и способ применения и воздействия на технологические потоки в сахарном производстве.

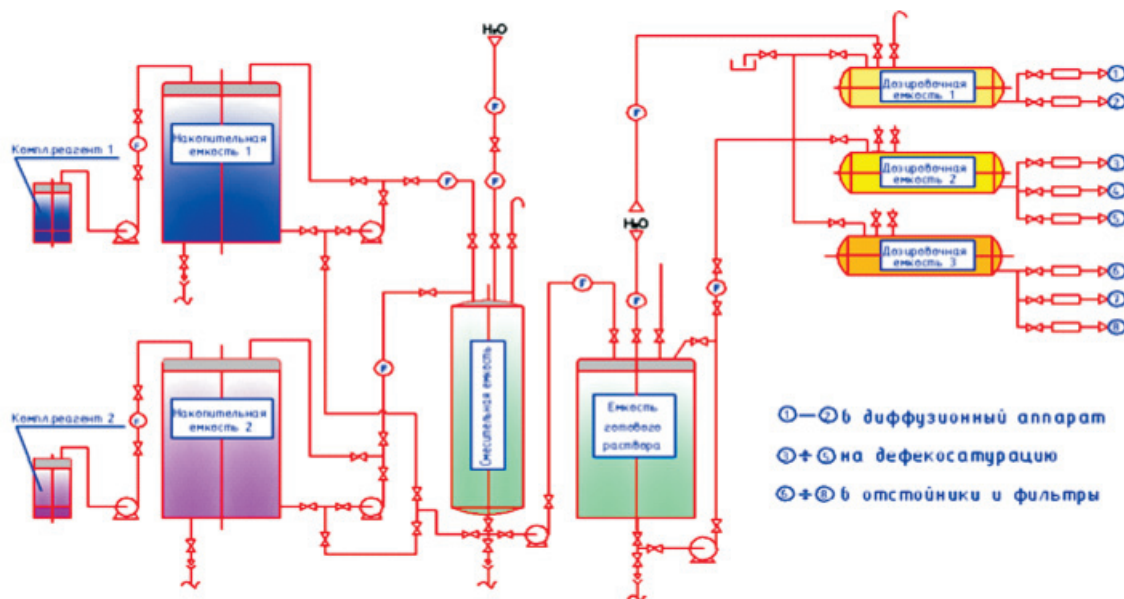


Рис. 1. Принципиальная схема установки для получения и дозирования ВМКФ

Компонент А (Комплексный реагент 1) представляет собой негорючую жидкость желтоватого цвета с плотностью 1,02–1,06 г/см³ и водородным показателем (рН) 3,5–5,5. Компонент А является комплексным полифлуккулянт состоящим из композиции водорастворимых элементарноорганических полимеров разветвленной структуры и содержащий в своем составе группы, способные к ионному обмену и взаимодействию по координационному механизму. Кроме того, в состав компонента А входят алюмо-железо-кремнийорганические соединения в виде водного раствора.

Компонент Б (Комплексный реагент 2) применяется только совместно с компонентом А и представляет собой негорючую жидкость от бесцветного до слабо-желтого цвета с плотностью 1,13–1,19 г/см³ и водородным показателем (рН) не более 1. Компонент Б является нейтрализатором и представляет собой водный раствор полифосфорных кислот и других неорганических соединений, предназначенный для коррекции водородного показателя при углекислотной очистке и дезинфекции оборудования.

Сахаросодержащие растворы могут быть очищены в одну или несколько стадий, включающих обработку их ВМКФ при перемешивании и последующем отделении образовавшегося осадка в присутствии щелочных агентов таких как: гидроксиды натрия и кальция, или без них, при следующих значениях $R_4 = R_5 = CH_3$; C_2H_5 ; C_3H_7 ; C_4H_9 ; C_6H_5 ; OH ; OM , $m = 1-9$. Значение R_6 зависит от рН среды. Для рН < 7

$R_6 = O$, для других значений водородного показателя $R_6 = (CH_2)_k$.

ВМКФ, содержащий в качестве одного из радикалов соединение комплексной природы четвертичную аммониевую соль, обеспечивает синергизм межмолекулярных взаимодействий дисперсных и коллоидных частиц, снижение величины градиента потенциала электрических зарядов, обеспечивает разрушение структурно-механических барьеров и сцепление с поверхностью частиц, одновременно сохраняя связь с другими высокомолекулярными молекулами. Функциональные группы, содержащиеся в обрамлении полимерной цепи, обеспечивают растворимость ВМКФ в различных средах, образование прочных связей не только с поверхностью дисперсной фазы, но и с другими макромолекулами.

ВМКФ способствует формированию на поверхности свежловичной стружки активного фильтрующего наноразмерного слоя, препятствующего экстрагированию в раствор несахаров. Молекулярная структура этого слоя обеспечивает захват несахаров по координационному механизму, что в сочетании со стерическим фактором обеспечивает их надежную фиксацию в течение времени, необходимого для превращения части несахаров в форму, надежно закрепленную на носителе (свежловичной стружке) или в форму, легко удаляемую на стадии дефекосатурации. Новая химическая композиция представляет собой сложный по химическому составу композиционный материал, оказывающий комбинированное воздействие на очищаемую среду и вклю-

чающий в себя свойства флокулянтов, коагулянтов, катализаторов, антисептиков, стабилизаторов. Такой единый комплекс позволяет в рамках одного технологического узла эффективно решать принципиально разные задачи на всех стадиях сокоочистки, начиная с экстракции и заканчивая станцией фильтрации (отстойниками и фильтрами).

Система свойств ВМКФ, как флокулянт – катализатор обеспечивает управление размером частиц и активностью их поверхности. Управляемый процесс образования наноразмерных частиц обеспечивает не только образование колоссальной площади поверхности частиц, но и их высочайшую активность. Присутствие такого реагента препятствует эффекту десорбции при высокой щелочности соков и снижает пенение,

улучшает процесс фильтрации, что важно при использовании в производстве отстойников любых модификаций. Кроме того, передозировка этого компонента не приводит к обратному процессу – разрушению образовавшегося осадка (дефлокуляции).

Его применение позволяет отказаться полностью или сократить количество используемых как традиционных, так и новых видов антисептиков и пеногасителей. По своим коагулирующим и флокулирующим свойствам новый реагент качественно превосходит имеющиеся на рынке флокулянты и коагулянты.

На рис. 2 показана динамика очистки полупродуктов в сахарном производстве в течении суток по типовой схеме очистки сахарных соков и с применением ВМКФ.

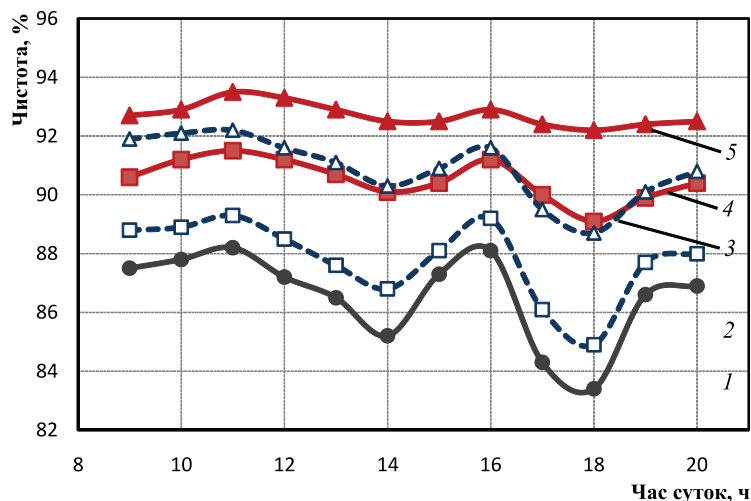


Рис. 2. Динамика изменения чистоты полупродуктов, очищенных по типовой схеме и с применением элементоорганического реагента:

1 – свековичный сок; 2 – диффузионный сок (тип. схема); 3 – очищенный сок (тип. схема); 4 – диффузионный сок (с прим. ВМКФ), 5 – очищенный

Применение ВМКФ при норме 100–150 г/т свёклы для очистки сахаросодержащих растворов позволит получить:

- увеличение эффекта очистки на стадии экстракции сахарозы до 20–25% против 9–12% по существующей технологии (за рубежом – 14–16%) (таблица);

- увеличение общего эффекта очистки до 42–50% против 34–38% по существующей технологии (за рубежом – 36–40%) (таблица);

- снижение расхода извести на основной дефекации на 25–40% (или на 0,8–2,0% к массе свеклы);

- снижение расхода условного топлива до 200 т на каждые 100000 т перерабатываемой свеклы;

- стабилизацию технологического режима, что обеспечит получение соответствующего качества готовой продукции

в экстремальных условиях при снижении чистоты свековичного сока ниже 80% при его бактериальном заражении;

- увеличение выхода сахара не менее чем на 0,15% к массе перерабатываемого сырья;

- увеличение времени работы фильтров и снижение кратность смены фильтрующих материалов;

- сокращение отходов производства и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

К настоящему времени разработана технология получения 2-х исходных базовых компонентов (А и Б) – полифлокулянта и нейтрализатора, а также технология получения конечных рецептур на компактной установке, обеспечивающей непосредственное их применение по стадиям технологического потока сахарного завода.

Очистка свекловичного сока с применением ВМКФ в сравнении с типовым способом

Наименование показателя	Способ очистки	
	Типовая	С применением ВМКФ
Чистота свекловичного сока, %	86,58	86,58
Чистота диффузионного сока, %	87,83	90,53
Чистота очищенный сока, %	90,90	92,73
Эффект очистки на диффузии, %	10,5	32,4
Эффект очистки на дефекосатурации, %	27,8	25,0
Общий эффект очистки, %	35,4	49,4

Новая технология очистки не требует существенного аппаратного изменения технологических схем и капитальных затрат.

Материал подготовлен при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по государственному контракту № 16.522.12.2021.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головняк Ю.Д. Технологические схемы очистки диффузионного сока // Сахарная промышленность. – 1995. – № 2. – С. 10–14.
2. Голыбин В.А. Физико-химический способ дезинфекции жомопрессовой воды // Сахар. – 2010. – № 3. – С. 45–46.
3. Гольцев М.Ю., Артамонов Н.А., Платонов В.Н. Способ очистки растворов, содержащих дисперсные и коллоидные частицы // Патент РФ № 2332441. 2008. Бюл. № 24.

4. Гольцев М.Ю., Артамонов Н.А., Платонов В.Н. Способ очистки сахарсодержащих растворов // Патент РФ № 2343198. 2009. Бюл. № 1.

5. Рева Л.П. Очистка диффузионного сока: пути совершенствования / Л.П. Рева, Е.В. Ковдий // Сахар. – 2005. – № 5. – С. 30–36.

6. Савостин А.В. Резервы известково-углекислотной очистки диффузионных соков / А.В. Савостин, А.Н. Литов // Сахар. – 2006. – № 3. – С. 35–37.

7. Сидоренко Ю.И. Рациональные способы получения и очистки диффузионного сока / Ю.И. Сидоренко, Ю.И. Молотилин, В.О. Городецкий // Сахар. – 2010. – № 7. – С. 46–53.

8. Спичак В.В. Технологические средства в производстве сахара // Сахар. – 2009. – № 9. – С. 41–45.

9. Штангеев В.О. Получение сахара из диффузионного сока без известковой очистки // Сахар. – 1999. – № 1. – С. 11–12.

10. Grzybowski B.A. Self-assembly: from crystals to cells // B.A. Grzybowski, C.E. Wilmer // Soft Mater. – 2009. – В.5. – Р. 1110–1128.