

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПОДГОТОВКИ ЭКСТРАГЕНТА ДИФФУЗИОННОГО ПРОЦЕССА СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Городецкий В.О.**, канд. техн. наук, **Семенихин С.О.**, канд. техн. наук,  
**Котляревская Н.И.**

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)*

**Реферат.** Большое влияние на качество диффузионного сока свеклосахарного производства оказывает экстрагент, а именно, формирующие его компоненты. В статье рассмотрены основные водные ресурсы сахарного завода, которые могут быть использованы в качестве экстрагента диффузионного процесса, аммиаксодержащий конденсат, барометрическая вода и жомпрессовая вода, приведены их качественные характеристики. Описаны существующие схемы подготовки экстрагента, применяемые на заводах Российской Федерации, обсуждены их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** экстрагент, аммиаксодержащие конденсаты, барометрическая вода, жомпрессовая вода, диффузионный сок, потери сахарозы, сульфитация

**Summary.** The quality of the raw juice of sugar beet production is predetermined by extractant, namely, by the components forming it. The article considers the main water resources of the sugar plant, which can be used as an extractant of the diffusion process, ammonia-containing condensate, barometric water and pulp water, and gives their qualitative characteristics. The existing schemes of the extractant preparation used in sugar factories of the Russian Federation are described, their advantages and disadvantages are discussed.

**Key words:** extractant, ammonia-condensates, barometric water, pulp press water, raw juice, sucrose losses, sulfitation

**Введение.** В процессе переработки корнеплодов сахарной свеклы особое внимание должно уделяться подготовке экстрагента, так как во многом именно от способа его подготовки зависят показатели качества получаемого диффузионного сока. Экстрагент, подающийся в диффузионный аппарат, должен иметь кислую реакцию среды, быть стерильным, мягким (с минимальной жесткостью) и не содержать различных органических и неорганических соединений, не удаляемых на известково-углекислотной очистке и способствующих повышению как выхода мелассы, так и содержания сахарозы в ней. Это обусловливается тем, что различные по своей природе неудаляемые на известково-углекислотной очистке несахара, поступающие с экстрагентом, на последних технологических стадиях затрудняют уваривание уфелей, а повышенная минерализация увеличивает мелассообразование. В качестве основных компонентов экстрагента на современных свеклосахарных заводах России применяются аммиаксодержащие конденсаты выпарной станции, барометрическая вода, а также жомпрессовая вода, до последнего времени не пользовавшаяся популярностью у технологов.

Количество избыточных аммиаксодержащих конденсатов выпарной установки составляет, по некоторым данным, 40-55 % к массе свеклы, а по другим – 75-80 %. Они содержат в своем составе аммиачные соединения, в основном гидроксильные –  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,

карбонатные –  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  и бикарбонатные –  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , что обуславливает их слабощелочную реакцию среды – 8-9 единиц. Как известно, при таком значении рН усиливается переход пектиновых веществ в диффузионный сок, что не только негативно влияет на модуль упругости стружки, но и на все последующие стадии переработки сахарной свеклы, начиная от известково-углекислотной очистки и заканчивая увариванием утфелей [1]. Тем не менее, аммиаксодержащие конденсаты имеют некоторые весомые преимущества, а именно: их близость к дистиллированной воде по показателю минерализации, то есть их жесткости, которая составляет около 0,002 мг-экв/л, а также они практически стерильны.

Наиболее часто применяемым компонентом, а зачастую и единственным, является барометрическая вода – природная вода, прошедшая через барометрический конденсатор, которая поступает в завод из открытых водоемов, что обуславливает ее зараженность микроорганизмами (бактериями, дрожжами, плесневыми грибами), повышающими неучтенные потери сахарозы на диффузии, а также заражающая ими верстат завода. В наибольшей мере инфицирование среды в диффузионном аппарате вызывается слизееобразующей микрофлорой, особенно если источником водоснабжения служат непроточные водоемы. Повышенное содержание в барометрической воде различных неорганических и органических соединений обуславливает ее повышенную жесткость – до 3-6 мг-экв/л и выше, что затрудняет проведение всех технологических процессов и способствует увеличению выхода мелассы и содержанию сахарозы в ней.

Что касается жомпрессовой воды, то до недавнего времени она не применялась в производстве и сбрасывалась на очистные сооружения. Однако с внедрением жомовых прессов глубокого прессования, способных прессовать стружку до содержания сухих веществ 24 % и выше, ее количество стало достигать 50-70 %, и возможность использования такого количества внутризаводской воды, вместо природной, стала достаточно перспективной. Кроме сахарозы жомпрессовая вода содержит извлекаемые экстрагированием высокомолекулярные вещества, такие как пектин, белки, сапонин, низкомолекулярные несахара, взвешенные вещества, минеральные вещества и неорганические соли, такие как кальциевые и магниевые, фосфорной и соляной кислот, что отрицательно сказывается на качестве получаемого диффузионного сока. Недостаток применения жомпрессовой воды заключается в том, что она является благоприятной средой для развития микроорганизмов, в связи с чем ее использование без предварительной подготовки при проведении диффузионного процесса может привести к увеличению неучтенных потерь сахарозы с 0,1-0,2 % к массе свеклы при нормальных условиях до 0,8 % и даже до 3 % к массе свеклы при развитии дрожжевых клеток. Вышеуказанные факторы обуславливают негативное отношение к ее использованию со стороны технологов.

**Обсуждение результатов.** Для подготовки аммиаксодержащих конденсатов как отдельно, так и в смеси с барометрической водой, наибольшее распространение получили способы, которые для нейтрализации щелочности использовали химические реагенты. Чаще всего рекомендовались к применению сернистый газ, серная и соляная кислоты, хлор, углекислый газ и др.

По мнению Л.В. Федосова и др., для повышения степени удаления аммиака, уменьшения содержания органических веществ и улучшения качества экстрагента в барометрическую воду или конденсат следует вводить гидроксид кальция в виде известкового молока до значения реакции среды 10,0-10,5, после чего сульфитировать смесь до рН 6,5-6,8. Далее сульфитированная экстрагирующая жидкость поступает в контактную камеру, разделенную вертикальными перегородками, в каждой из которой имеется барботер, подающий озонированный воздух [2]. Отличительной особенностью данного способа является возможность принудительной деаммонизации экстрагента путем продувки воздуха через слой экстрагента и снижение микробиологической зараженности, однако усложнение

схемы дополнительным оборудованием, а именно, барботером, озонатором и компрессором, является нецелесообразным ввиду необходимости введения дополнительных обслуживаемых единиц.

Исследователи Воронежского государственного университета инженерных технологий Голыбин В.А., Зелепукин Ю.И., Федорук В.А. и др. предлагают несколько способов подготовки экстрагента.

Согласно одному из них предлагается нагревание смеси аммиаксодержащего конденсата и барометрической воды до температуры 80-85 °С и подщелачивание ее известковым молоком в количестве 0,23-0,25 % СаО к массе смеси до рН 11,0-11,3, впоследствии производя одновременную обработку паровоздушной смесью и сатурационным газом до значений рН 7,8-8,3. После этого осадок отделяется в отстойнике, а декантат направляется на сульфитацию до рН 6,4-6,5. Далее в сульфитированный экстрагент вносят суперфосфат в количестве 0,02-0,04 % к его массе до достижения рН 6,0-6,3. При этом достигается максимальное удаление аммиака, а образующаяся при добавлении суперфосфата ортофосфорная кислота блокирует переход пектиновых веществ в диффузионный сок и повышает модуль упругости свекловичной стружки [3]. Однако этот способ требует установки дополнительной станции известково-углекислотной очистки и увеличения расхода вспомогательных материалов.

Другой способ предлагает нагревание смеси аммиаксодержащего конденсата и барометрической воды до температуры 80-85 °С и подщелачивание известковым молоком в количестве 0,20-0,25 % СаО к массе смеси до рН 11,0-11,3, производя последующую одновременную обработку паровоздушной смесью и сатурационным газом до значений рН 7,8-8,3. Осадок отделяется в отстойнике, а декантат направляется на сульфитацию до рН 5,7-5,9, после чего в экстрагент вносится хлорная известь в количестве 0,03-0,05 % к массе смеси, повышая конечное значение рН до 6,0-6,3. [4]. Замена суперфосфата хлорной известью уменьшает инфицирование диффузионного сока микроорганизмами, способствует образованию в сульфитированной воде гипса, что повышает модуль упругости свекловичной стружки, но данный способ также требует установки дополнительного оборудования.

Однако, неиспользование в предлагаемых способах жомпрессовой воды в составе экстрагента повышает общий расход воды, а выбранное конечное значение рН экстрагента не является оптимальным.

Первая типовая схема подготовки жомпрессовой воды к подаче в диффузионный аппарат была разработана в 1975 году А.А. Липецом и И.М. Литваком. Согласно ей жомпрессовую воду с жомоотжимных прессов подвергали отстаиванию для отделения крупной пульпы и затем осуществляли двухступенчатый подогрев с целью стерилизации: вначале до 70 °С, а затем до 90 °С, после чего снова подвергали отстаиванию, но с параллельным добавлением формалина в количестве 0,04 % к массе свеклы. После этого ее охлаждали до 70 °С и подавали в диффузионный аппарат.

С 1985 года на сахарных заводах в качестве типовой была принята схема стерилизации жомпрессовой воды, разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом сахарной промышленности. Она включала в себя механическую очистку на пульповаловушках, последующий нагрев до 85-90 °С и 10-15-минутное отстаивание, с последующей ее подачей в диффузионный аппарат.

Бугаенко И.Ф. и соавторы предлагают способ с подщелачиванием жомпрессовой воды суспензией осадка I сатурации, активированной гидроксидом кальция, с последующим ее сатурацией и отделением осадка. Далее очищенную жомпрессовую воду смешивают с барометрической и производят сульфитирование смеси до значений рН 5,8-6,1 [5]. В данном случае осуществляется очистка от высокомолекулярных соединений, содержащихся в жомпрессовой воде, и дальнейшее сульфитирование смеси до значений,

обеспечивающих минимальный переход пектиновых веществ в диффузионный сок, однако при этом не решается задача подавления микробиологической деятельности. Более целесообразным является использование аммиаксодержащих конденсатов вместо барометрической воды.

Способ совместной подготовки экстрагента, предлагаемый Голыбиным В.А. и др., предполагает нагревание смеси аммиаксодержащего конденсата и барометрической воды до температуры 75-80 °С и ее подщелачивание известковым молоком в количестве 0,23-0,27 % СаО к массе смеси до рН 11,0-11,5, затем проводят деаммонизацию смеси продувкой воздухом. Смесь сатураируют до рН 9,5-9,7 и смешивают с жомпрессовой водой с последующим выдерживанием в течение 6-10 минут. После этого экстрагент фильтруют, удаляя осадок, и сульфитируют до рН 6,1 [6]. При принудительной деаммонизации смеси воздухом достигается максимальное удаление аммиака, сульфитирование позволяет получить молекулы гипса, которые препятствуют переходу пектиновых веществ в сок, но конечное значение рН экстрагента не обеспечивает достаточной коагуляции белков на диффузии, и процесс выслаживания сахарозы не протекает достаточно эффективно.

Другой группой исследователей был разработан способ, согласно которому жомпрессовую воду фильтруют для удаления мезги, обрабатывают озono-воздушной смесью в количестве 2-10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> с концентрацией озона в смеси 15-20 г/м<sup>3</sup>, нагревают до температуры 85-90 °С и выдерживают в отстойнике в течение 10-12 минут. Молекулы озона приводят к деструкции углеродных цепочек высокомолекулярных соединений, а также способствуют микробиологической стерилизации [7]. Однако, для питания диффузионной установки обеззараженную жомпрессовую воду в последующем приходится смешивать с деаммонизированным конденсатом и барометрической водой, содержащей различные микроорганизмы, обработка которой озonom не осуществлялась, что несомненно не позволяет получить эффективные результаты антибактериальной обработки экстрагента, а также усложняет схему дополнительным оборудованием.

По мнению Давыдова Р.Г. с соавторов, жомпрессовую воду следует вначале очистить от мезги и направить в отстойник. После этого декантат необходимо подать на дефеко-сатурационную очистку до значения рН 9,2-9,5 и отфильтровать образовавшийся осадок. Далее очищенную жомпрессовую воду нагреть до температуры 50-70 °С и отфильтровать на мембранном фильтре для удаления микроорганизмов, высокомолекулярных веществ и взвешенных частиц [8]. Значение рН получаемой по данному способу жомпрессовой воды, хотя и способствует полной дезактивации бактерий, однако не является оптимальным для извлечения сахарозы, кроме этого, мембранные технологии еще недостаточно развиты для промышленного применения в масштабах сахарной промышленности.

Апасов В.Е. и соавторы предлагают осуществлять подготовку экстрагента по следующему способу: аммиаксодержащий конденсат подщелачивают известковым молоком до рН 10,8-11,5 и смешивают его с барометрической водой. После этого производят одновременную деаммонизацию диспергированным воздухом в количестве 0,015-0,025 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>•с и обработку углекислым газом до рН 8,0-9,2. Далее в смесь подают механически очищенную жомпрессовую воду и сульфитируют до рН 5,4-6,4 [9]. Возможна также подача воздуха с содержанием озона 5-30 г/м<sup>3</sup>, что обеспечивает лучшее обеззараживание барометрической воды [10]. Однако, в обоих случаях не обосновано проведение известково-углекислотной очистки аммиаксодержащего конденсата, являющегося, как упоминалось ранее, практически дистиллятом.

По мнению ученых Кубанского государственного технологического университета, аммиаксодержащие конденсаты следует подщелочить гидроксидом кальция до рН 10,5-11,5 и подвергнуть самоиспарению под разрежением конденсатора вакуум-фильтров. Далее деаммонизированный конденсат смешать с жомпрессовой и барометрической водой,

предварительно обработанной сульфатом кальция в количестве 0,05-0,30 % к массе экстрагента, после чего полученный экстрагент нагреть до температуры 80-85 °С и карбонизировать до рН 5,5-6,4. Образующийся осадок подается на диффузию вместе с экстрагентом, повышая реологические свойства обессахаренной стружки [11]. В настоящее время вакуум-фильтры повсеместно заменяют на пресс-камерные фильтры, что приводит к исключению конденсатора вакуум-фильтров из технологического процесса, и, как следствие, деаммонизацию под разрежением возможно проводить только от конденсатора вакуум-аппаратов, что не является рациональным, так как отделения водоподготовки и кристаллизации находятся в противоположных концах завода.

В Краснодарском НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиале ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» была разработана схема подготовки экстрагента для проведения диффузионного процесса, позволяющая повысить его качество, а именно, достичь оптимального значения рН, высокой чистоты с низкой обсемененностью микроорганизмами, не являющаяся при этом аппаратуроемкой.

Вначале проводится механическая очистка жомопрессовой воды на пульполовушке, после чего ее смешивают с аммиаксодержащим конденсатом. Далее проводят сульфитационную обработку экстрагента, что значительно снижает количество необходимых контуров регулирования для автоматизации схемы. Подача в смесь барометрической воды осуществляется по остаточному принципу в случае нехватки аммиаксодержащего конденсата и жомопрессовой воды. Кроме этого, совместная подготовка экстрагента подразумевает его подачу в диффузионный аппарат в одну точку, что снижает нагрузку на его привод и стабилизирует гидродинамический режим его работы. Для обработки экстрагента сернистым газом применяется усовершенствованная сульфитационная установка (Патент РФ № 124680), также разработанная в Краснодарском НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции [12]. С целью обеспечения точного соблюдения заданного значения рН экстрагента предусмотрен контур рециркуляции сульфитированного экстрагента.

**Выводы.** Разработанные технологическая схема и установка для ее реализации за последние годы внедрены более чем на 10 свеклоперерабатывающих предприятиях и хорошо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации.

### Литература

1. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара: Учебник для студентов вузов / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. – Ч.1 – СПб.: ГИОРД, 2007. – 512 с.
2. Пат. 2008357 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> С13 D 1/08. Способ подготовки питательной воды на диффузию / Федосов Л.В., Наволокин В.В., Смолянинов В.В., Фурсов В.М., Бугаенко И.Ф., Титков Н.Е; заявитель и патентообладатель Сахарный завод «Эртильский» - № 92009694/13; заявл. 07.12.1992; опубл. 28.02.1994, Бюл. № 6. – 4 с.
3. Пат. 2215040 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С13 D 1/08, С13 D 1/10. Способ подготовки питательной воды на диффузию / Фурсов В.М., Зелепукин Ю.И., Съянов А.Т., Голыбин В.А., Наволокин В.В.; заявитель и патентообладатель ЗАО "Финансово-промышленная компания «Союзагропром». – № 2002114878/13; заявл. 05.06.2002; опубл. 27.10.2003, Бюл. № 30. – 4 с.
4. Пат. 2269574 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С13 D 1/08. Способ подготовки питательной воды на диффузию / Зелепукин Ю.И., Париева Ю.Н. Голыбин В.И., Фурсов В.М.,

Власов А.И.; патентообладатель ЗАО «Сахарный комбинат «Большевик» – № 2004108070/13; заявл. 19.03.2004; опубл. 10.02.2006, Бюл. № 4. – 4 с.

5. Пат. 2014361 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> С13 D 1/08. Способ приготовления экстрагирующей жидкости для экстракции сахара из свекловичной стружки / Бугаенко И.Ф., Фурсов В.М., Наволокин А.И., Грищенко В.И., Смолянников В.В.; заявитель и патентообладатель Московский технологический институт пищевой промышленности. – № 4947443/13; заявл. 21.06.1991; опубл. 15.06.1994, Бюл. № 18. – 4 с.

6. Пат. 2135587 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> С13 D 1/10. Способ подготовки питательной воды для диффузионных аппаратов/ Голыбин В.А., Зелепукин Ю.И., Данченкова Л.А.; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия – № 98101676/13; заявл. 04.02.1998; опубл. 27.08.1999, Бюл. № 24. – 4 с.

7. Пат. 2333249 Российская Федерация, МПК С13 D 1/08, С13 D 1/00. Способ подготовки жомопрессовой воды для диффузионного процесса / Агеев В.В., Федорук В.А., Пономарев А.В., Голыбин В.А.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия – № 2007117242/13; заявл. 08.05.2007; опубл. 10.09.2008. – Бюл. № 25. – 4 с.

8. Пат. 2090617 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> С13 D 1/08, С13 D 3/16. Способ подготовки жомопрессовой воды к возврату на диффузию / Давыдова Р.Г., Данилушкин В.И., Погодин О.П., Давыдова Н.Л., Лукьянова Т.Е., Кравченко П.Н., Андриянов С.А., Башманова Л.П.; заявитель и патентообладатель Семейное частное предприятие «Экология», Акционерное общество закрытого типа «Добринский сахарный завод». – № 95100327/13; заявл. 05.01.1995; опубл. 20.09.1997.

9. Пат. 2081920 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> С13 D 1/10. Способ приготовления питательной воды на диффузию / Апасов В.Е., Громковский А.И., Апасов И.В.; заявитель и патентообладатель Апасов В.Е., Громковский А.И., Апасов И.В. – № 95116336/13; заявл. 20.09.1995; опубл. 20.06.1997.

10. Пат. 2083671 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> С13 D 1/10. Способ приготовления питательной воды на диффузию / Апасов В.Е., Громковский А.И., Апасов И.В., Корниенко А.В.; заявитель и патентообладатель Апасов В.Е., Громковский А.И., Апасов И.В., Корниенко А.В. – № 95116990/13; заявл. 20.09.1995; опубл. 10.07.1997.

11. Пат. 2292399 Российская Федерация, МПК С13 D 1/08, С13 D 1/10. Способ подготовки питательной воды для экстракции сахарозы из свекловичной стружки / Решетова Р.С., Кондратова О.Ю.; патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет». – № 2005112016/13; заявл. 21.04.2005; опубл. 27.01.2007, Бюл. № 3. – 6 с.

12. Пат. № 124680 Российская Федерация, МПК С13К 13/00 Установка для сульфитации жидкостей сахарного производства / Молотилин Ю.И., Городецкий В.О.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии). – № 2011141396/13; заявл. 12.10.2011 г.; опубл. 10.02.2013 г, Бюл. № 4.