

Динамический метод оценки эффективности ингибиторов накипеобразования на лабораторной выпарной установке

В.Н. ТАРАСОВ, канд. хим. наук (e-mail: tarasov@macromer.ru)

С.В. МИХЕЕВ, канд. хим. наук (e-mail: mikheev@macromer.ru)

Н.П. КОРОТКОВА (e-mail: korotkova@macromer.ru)

ООО «НПП «Макромер» им. В.С. Лебедева»

Введение

Компания «НПП «Макромер» им. В.С. Лебедева» хорошо известна как российский производитель технологических добавок для сахарных заводов. Первую добавку — пеногаситель для диффузионного сока и уваривания утфелей «Лапрол ПС-1», отличающуюся высокой эффективностью пеногашения, мы вывели на рынок в 2002 г. Затем в 2006 г. был освоен выпуск пеногасителя «Лапрол ПС-100» для транспортёрно-моечной воды и поликарбоксилатного ингибитора накипеобразования марки «Антинакипин С-10», которые также успешно прошли испытания на сахарных заводах.

За 20 лет работы в данной области ассортимент выпускаемой компанией продукции существенно расширился: сегодня мы предлагаем большой выбор пеногасителей марки «Лапрол» для разных стадий производства сахара, высокоэффективных ингибиторов накипи марок «Реонол» и «Макромер», активаторов и реагентов для щелочной и кислотной выварки аппаратов, антисептирующих препаратов марок «Бетасепт» и «Декстрасепт».

Важное место в современном сахарном производстве занимает процесс упаривания свекловичного сока. Образование при этом

накипи на внутренних поверхностях трубок выпарных аппаратов приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи, недостаточному парообороту, затрудняет получение сиропа с большим содержанием сахара, что ведёт к снижению производительности выпарной установки и ухудшению качества продукта [4, 5]. В НТЦ компании продолжают работы по созданию новых, более эффективных ингибиторов накипеобразования, для чего разрабатываются также новые методы оценки их эффективности.

Цель работы

При разработке новых марок ингибиторов накипи для сахарного производства, а также выборе ингибитора всегда возникает вопрос достоверности и сопоставимости результатов оценки эффективности действия, полученных лабораторными методами и в ходе промышленных испытаний. Ранее нами были предложены лабораторные методы определения эффективности ингибиторов по диспергирующей способности на модельных системах с разными составами накипеобразователей [2, 3]. Однако эти методы не позволяют оценить процессы осадкообразования в динамических условиях на поверхности металла,

т. е. в условиях непосредственно сахарного завода. В связи с этим разработана методика, моделирующая действие антинакипинов в условиях, приближённых к производственным, является весьма актуальной.

Задачи исследования

В данной работе проведено изучение эффективности антинакипинов в динамическом режиме на лабораторной выпарной установке.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на лабораторной выпарной установке компании «НПП «Макромер» им. В.С. Лебедева», моделирующей промышленные выпарные установки на сахарных заводах (рис. 1). Схема работы установки следующая: раствор (очищенный диффузионный сок или модельный раствор с заданной концентрацией ингибитора) циркуляционным насосом подаётся в контур выпарной установки и затем в греющую камеру. Далее горячий раствор направляется в сепаратор, снабжённый каплеотбойником. В сепараторе парожидкостная смесь разделяется на жидкую и паровую фазы:

— паровая фаза: вторичный водяной пар из сепаратора поступает

полиакрилаты натрия различной молекулярной массы (ММ), синтезированные в НТЦ компании.

Методы исследования:

– молекулярно-массовые характеристики ингибиторов накипеобразования изучали методом гелепроникающей хроматографии;

– состав накипи определяли методом ИК-спектроскопии;

– содержание солей кальция в исходном соке и после упаривания определяли методом комплексометрического титрования трилоном Б;

– эффективность действия ингибитора накипеобразования (Эф, %) при равном расходе (15 мг по сухому веществу на 1000 г сока) рассчитывали по формуле

$$\text{Эф, \%} = \frac{C_p}{C_o} \cdot 100,$$

где C_p – содержание СаО на 100 % СВ в пробе после выпарки, %; C_o – содержание СаО на 100 % СВ в исходном растворе, %.

Результаты и обсуждение

В данном исследовании проведён сравнительный анализ эффективности пяти ингибиторов накипеобразования при сгущении диффузионного сока II сатурации в динамическом режиме на лабораторной выпарной установке. Сок кроме сахарозы содержит различные соли, качественный и количественный состав которых меняется из года в год и зависит от многих факторов. Качественный состав солей в используемом соке оценили по ИК-спектру накипи, из которого видно, что диффузионный сок содержит смесь солей, в основном карбонатов и оксалатов (рис. 3).

Изучаемые антинакипины – полиакрилаты натрия отличаются по ММ и молекулярно-массовому распределению (ММР), которые меняются в достаточно широком диапазоне: ММ от 1300 до 10 000 Да, а ММР от 1,3 до 2,7. Следова-

Оптическая плотность

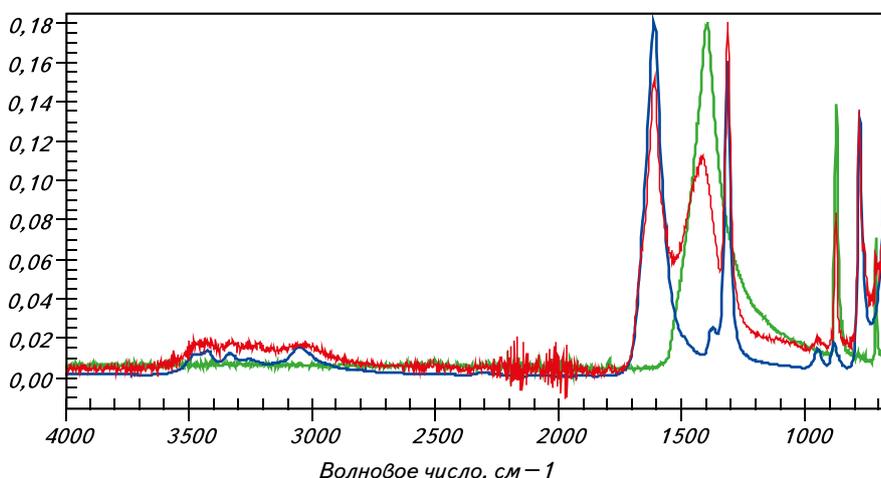


Рис. 3. — ИК-спектр накипи при выпаривании данного сока на выпарной установке; — оксалат кальция; — карбонат кальция

тельно, можно ожидать, что поверхностно-активные свойства изучаемых олигомеров будут разными.

Сок с одинаковым содержанием ингибиторов упаривали на установке до увеличения концентрации сухого вещества в ~ 3 раза, в полученном сиропе определяли

содержание солей кальция и рассчитывали эффективность ингибитора. Результаты продемонстрированы в табл. 2 и на рис. 4. Для сравнения приведены данные по диспергирующей способности, определённые общепринятым методом, т. е. методом Хемпшира относительно карбоната кальция.

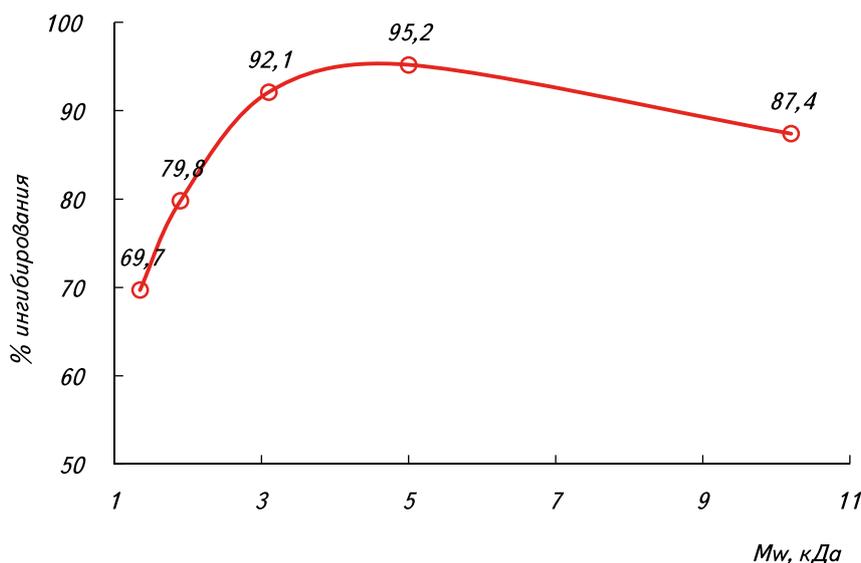


Рис. 4. Влияние ММ антинакипинов на эффект ингибирования

Таблица 2. Результаты исследования ингибирующих свойств антинакипинов (коэффициент упаривания = 3; $C_0 = 0,356\%$)

Образец	Ср, %	Эф, %	Диспергирующая способность по карбонату кальция, мг СаСО ₃ /г
Ингибитор № 1	0,249	69,9	91
Ингибитор № 2	0,284	79,8	98
Ингибитор № 3	0,328	92,1	125
Ингибитор № 4	0,339	95,2	130
Ингибитор № 5	0,311	87,4	126

Как видим по результатам, полученным на лабораторной выпарной установке, наиболее эффективны ингибиторы № 3 и 4, что хорошо согласуется с литературными данными, согласно которым наибольшую эффективность проявляют полиакрилаты натрия с ММ в интервале 3000–5000 [1]. Дальнейшее увеличение ММ олигомера и его ММР приводит к снижению эффективности. Общепринятый метод оценки показал одинаковые результаты по диспергирующей способности для ингибиторов № 3, 4 и 5. Скорее всего, эта разница в полученных разными методами результатах связана с тем, что на выпарной установке определяется суммарная активность ингибитора относительно всех солей в соке, а не только относительно карбоната кальция. А как мы показали ранее [2], активность ингибитора относительно разных солей может сильно различаться.

Заключение

Таким образом, определение эффективности на выпарной установке ближе к комплексному методу, предложенному нами в работе [2], т. е. более информативно, а также лучше моделирует результаты в реальном производстве. Кроме того, выпаривание (концентрирование) сока на лабораторной установке позволяет не только определить ингибиру-

ющую и диспергирующую эффективность добавок, но и провести комплексные исследования по их влиянию на весь комплекс показателей, изменение которых наблюдается в промышленном производстве:

- снижение значения рН сиропов за счёт гидролиза сахарозы и редуцирующих веществ до органических кислот;

- повышение цветности сиропов за счёт образования красящих веществ (меланоидинов, карамелей и фенолсодержащих веществ);

- образование осадков за счёт пересыщения соков малорастворимыми солями кальция. Часть солей остаётся во взвешенном (диспергированном) состоянии в виде шлама, часть откладывается

в виде накипи на поверхности нагрева выпарных аппаратов.

Список литературы

1. Дормешкин, О.Б. Метод оценки эффективности действия реагентов – ингибиторов накипеобразования / О.Б. Дормешкин, А.Д. Воробьёв, Д.В. Чередниченко // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – № 3. – С. 67–70.

2. Комплексный подход к оценке эффективности ингибиторов накипеобразования / С.В. Михеев [и др.] // Сахар. – 2019. – № 7. – С. 18–21.

3. Метод оценки эффективности ингибиторов накипеобразования для сахарной промышленности / С.В. Михеев [и др.] // Сахар. – 2018. – № 9. – С. 36–39.

4. Соли кальция и их влияние на эффективность производства и качество сахара / Л. Хомичак, С. Василенко, В. Кухар // Вісник цукровиків України. – 2014. – № 5. – С. 13–14.

5. Хомичак, Л. Причины образования и способы предупреждения инкрустации на теплотехнологическом оборудовании свеклосахарного производства / Л. Хомичак // Науку в производство. – 2017. – № 3.

Аннотация. Проведено изучение эффективности ингибиторов накипеобразования в динамическом режиме на лабораторной выпарной установке с использованием сока II сатурации. Показано, что выпарная установка моделирует производственные условия упаривания сока и позволяет оперативно определять эффективность антинакипинов для соков с разными химическими составами.

Ключевые слова: полиакрилат натрия, лабораторная выпарная установка, сок II сатурации, эффективность антинакипинов, динамический режим.

Summary. The effectiveness of scale formation inhibitors in the dynamic mode was studied in a laboratory evaporation plant using II-saturation juice. It is shown that the evaporation unit simulates the production conditions of juice evaporation and allows to determine quickly the effectiveness of anti-scale inhibitor for juices with different chemical compositions.

Keywords: sodium polyacrylate, laboratory evaporation plant, sugar juice of the second saturation, efficiency of anti-scale inhibitor, dynamic mode.