

6  
А-11  
Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР

Краснодарский политехнический институт

---

На правах рукописи

Д. М. ЛЕЙБОВИЧ

ПУТИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ  
РАФИНИРОВАНИЯ ТРОСТНИКОВОГО САХАРА-СЫРЦА

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель —  
доктор технических наук,  
профессор И. Ф. ЗЕЛИКМАН.

КРАСНОДАР — 1964

Министерство высшего и среднего специального образования  
РСФСР

Краснодарский политехнический институт

На правах рукописи

Д. М. ЛЕЙБОВИЧ

ПУТИ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ  
РАФИНИРОВАНИЯ ТРОСТНИКОВОГО  
САХАРА-СЫРЦА

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель —  
доктор технических наук,  
профессор И. Ф. ЗЕЛИКМАН.

КРАСНОДАР — 1964

Решения XXII съезда КПСС предусматривают создание в СССР в ближайшие 20 лет материально-технической базы коммунизма.

В связи с этим пищевая промышленность должна удовлетворять в достатке растущие потребности народа в высококачественных продуктах питания. В решении этой задачи важное место отводится производству сахара-рафинада.

В последние годы значительное количество потребительского сахара в СССР вырабатывается также из тростникового сахара-сырца, а долгосрочное соглашение с Кубинской республикой предусматривает увеличение ежегодных поставок сырца к 1968 году до 5 млн. тонн. В этих условиях совершенствование технологической схемы получения из него сахара-рафинада приобретает большое народнохозяйственное значение.

Это совершенствование может заключаться не только в улучшении известных приемов работы и использовании применяемых реагентов, но и в применении новых, в частности, физико-химических методов очистки.

Успехи химии отечественных ионообменных полимеров позволяют приступить к разработке рациональных способов их использования при рафинировании сахара-сырца. Особенно эффективными могут оказаться обесцвечивающие смолы для обработки ими клеровки аффи-нада, предварительно подвергнутой дефексатурации. Весьма перспективным для электрохимической очистки может оказаться применение ионитов в форме мембран, сохраняющих различную проницаемость для ионов разных знаков заряда и отличающихся высокой электропроводностью. Применение гранулированных ионитов и

электродиализная очистка улучшат техно-экономические показатели, условия труда и культуру производства, создадут более благоприятные условия для автоматизации производственных процессов, а следовательно, и для повышения производительности труда.

Задачи настоящей работы таковы.

1. Разработать наиболее рациональные условия осуществляемого на ряде заводов процесса аффинирования сахара-сырца, обеспечив при этом увеличение выхода аффинада.

2. Изучить эффективность использования анионитов при осветлении полупродуктов переработки сырца.

3. Выявить возможность, целесообразность и условия применения электродиализа с использованием мембран отечественного производства для деионизации аффинационного оттека.

4. На основе полученных экспериментальных данных найти пути рационализации основных процессов переработки тростникового сахара-сырца в рафинад.

#### АФФИНАЦИЯ САХАРА-СЫРЦА

Так как преобладающая часть несугаров тростникового сахара-сырца содержится в пленке, покрывающей кристаллы, ее доброкачественность, по данным различных авторов, составляет около 60—70 единиц. О правильно проведенной аффинации свидетельствует не только относительно высокое качество аффинада, но максимально возможный выход его в процентах к весу сырца. Поэтому выбор наиболее рациональных условий ее проведения (качество и количество аффинирующего раствора, его концентрация, продолжительность контакта с аффинируемым сахаром и температурный режим) требует дополнительного изучения.

Для уточнения влияния концентрации и количества аффинирующего раствора поставлены лабораторные опыты, в которых сахар-сырец аффинировали зеленой патокой I продукта, полученной в период переработки сырца в сахар-песок. Сначала аффинационную массу готовили с постоянным содержанием сухих веществ (СВ), добавляя к сырцу в качестве аффинирующего раствора различные количества зеленой патоки разной

концентрации, подогретой до 80°C. Длительность аффинации 30 минут.

Результаты опытов показали, что с понижением СВ аффинирующего раствора и, следовательно, с уменьшением при той же температуре и доброкачественности производства коэффициентов насыщения и пересыщения при одинаковом СВ аффинационной массы выход аффинада уменьшается почти прямолинейно, а его цветность в ед. Шт. на 100 СВ (Цв) почти не изменяется, если при этом не происходит значительного растворения кристаллов сахара.

Сравнительные данные по выходу аффинада, его цветности и эффекту осветления в сопоставлении с цветностью сахара-сырца отражены в табл. 1.

Таблица 1<sup>1</sup>

№№ опытов	СВ		Аффинад			Эффект осветления, %
	аффинир. раствора	аффинац. массы	Выход в % к сырцу		Цветность пробеленного	
			пробеленного	непробеленного		
1.	78,2	89,1	127,7	119,1	6,7	86,6
2.	73,7	88,9	113,5	107,4	6,8	86,4
3.	69,8	89,0	103,1	97,7	6,3	87,4

<sup>1</sup> Выход сахара-аффинада показан без пересчета на сухие вещества.

При дальнейших опытах к сахару-сырцу прибавляли зеленую патоку с постоянным СВ, но в различных количествах, в результате чего изменялось СВ аффинационной массы. При этом, с увеличением количества пересыщенного раствора зеленой патоки, несмотря на уменьшение СВ массы, выход аффинада, как и следовало ожидать, увеличивался за счет дополнительной кристаллизации сахара (рис. 1). Увеличение СВ аффинационной массы от 87 до 89% при прочих равных условиях несколько повышало цветность аффинада — от 4,9—6,0 до 5,7—6,5 ед. Шт. на 100 СВ, что приводило к снижению эффекта осветления сахара-сырца от 82,1—85,4 до 80,6—83,0%, т. е. всего на 1,5—2,4%. При дальнейшем росте СВ массы цветность аффинада увеличилась до 7,8—8,2 ед. Шт. на 100 СВ, что приводило к снижению эффекта осветления до 75,5—76,7%, т. е. на 6,6—8,7%.

Таким образом, результаты опытов позволяют сделать вывод о возможности заметного увеличения выхода

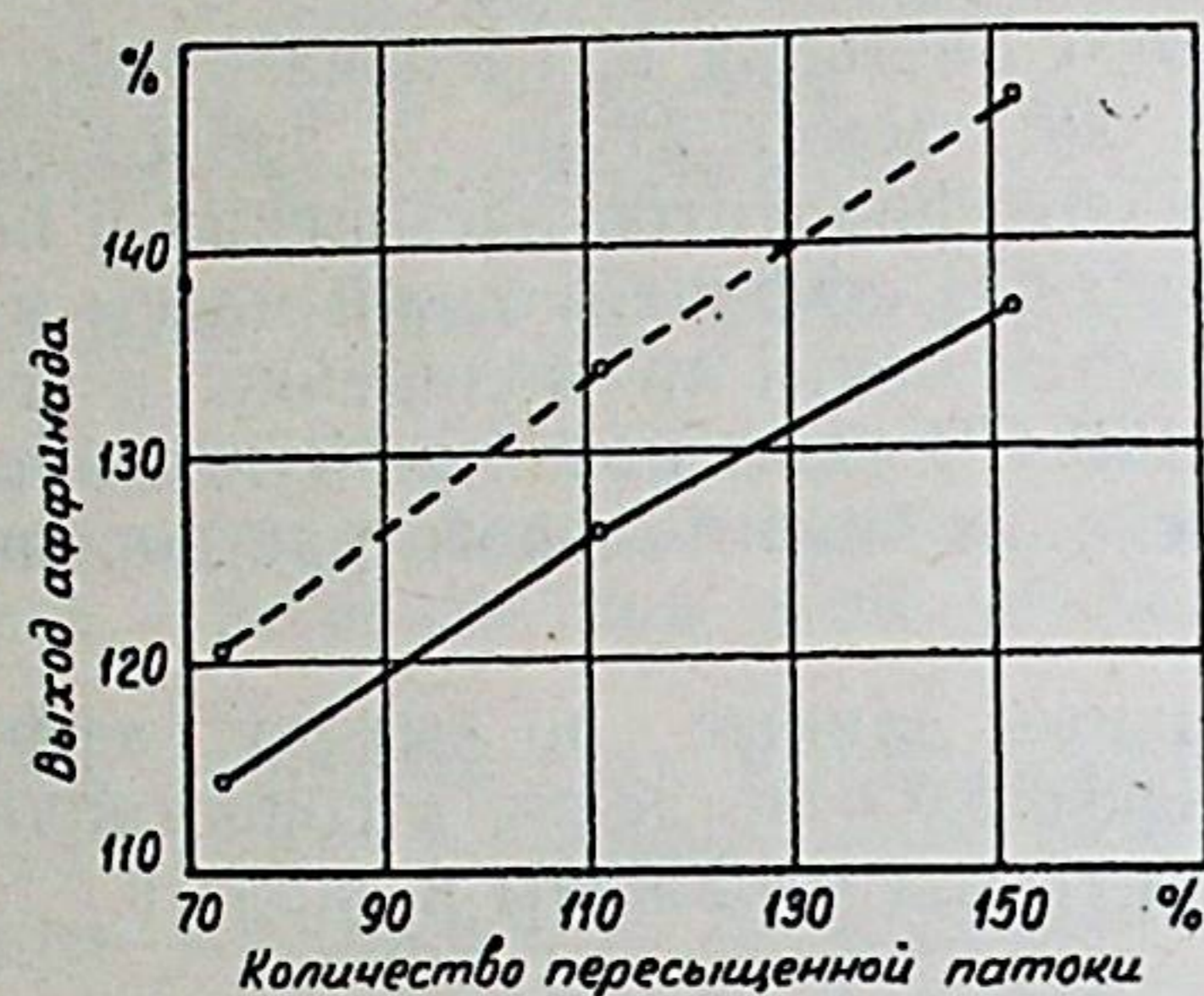


Рис. 1. ----- непробеленный аффинад  
 ————— пробеленный аффинад.

аффины без ухудшения его качества. Чтобы предотвратить растворение кристаллов должен применяться аффилирующий раствор определенной концентрации. Его СВ можно определить по предлагаемой формуле:

$$СВ = \frac{110 \cdot N_0}{Дб + 110 \cdot N_0} 100 \%, \quad (1)$$

где  $N_0$  — растворимость сахаразы в чистой воде при данной температуре;

$Дб$  — доброкачественность аффилирующего раствора.

Как видно из формулы (1), концентрацию аффилирующего раствора необходимо регулировать с учетом его доброкачественности и температуры аффинации. Снижение конечной температуры аффинации при прочих равных условиях увеличивает выход аффины (табл. 2), причем в наших опытах переход от 50 до 40 и даже до 30°C практически не повлиял на качество аффины. Очевидно, основная часть пленки кристаллов, размягченной в результате аффинации, во всех этих случаях удаляется пробеливающей водой.

При различном СВ аффинационной массы и аффилирующего раствора требовалась различная длительность процесса. При СВ раствора 77,1% ее увеличение от

30 до 60 минут повысило выход от 111,5 до 113,6% к весу сырца. При более низком СВ, т. е. при меньшем со-

Таблица 2

№№ опытов	СВ		Редуцирующие вещества, % на 100 СВ		Выход в % к сырцу	
	при температуре аффинации, °С					
	40°	30°	40°	30°	40°	30°
1.	8,1	8,0	0,21	0,20	116,3	121,3
2.	8,0	7,9	0,18	0,19	117,9	118,6
3.	7,7	7,8	0,16	0,16	119,2	121,2
В среднем	7,9	7,9	0,18	0,17	117,8	120,4

держании в растворе пересыщающего сахара, требовалось меньше времени для кристаллизации сахара. Так, при СВ раствора 75,2% удлинение процесса от 30 до 60 минут практически не изменило выхода.

На основании изложенного приходим к выводу, что для увеличения выхода аффины сырца необходимо аффилировать раствором, пересыщенным при температуре аффинации. Рациональной следует считать конечную температуру процесса около 40°C, легко достигаемую в заводских условиях, приемлемую как для создания пересыщения аффилирующего раствора, так и для фуговки аффинационной массы. Длительность процесса зависит от количества и степени пересыщения аффилирующего раствора и находится в пределах 30—60 минут.

#### ОСВЕТЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЦА АНИОНИТОМ

Эффект осветления ионитом окрашенных сахарных растворов зависит от характера и концентрации содержащихся в них окрашенных веществ, от химических и физических свойств применяемого ионита, а также от технологических условий проведения процесса. На свойства ионита оказывают влияние также условия его регенерации.

Ставя своей задачей определение рациональных условий обесцвечивания продуктов переработки тростникового сахара-сырца и регенерации ионита, мы остановили свой выбор на анионите АВ-16Г, давшем положи-

тельные результаты при осветлении растворов свекловичного сахара-песка.

Осветление клеровки аффинада свежим ионитом в ОН- и СI-форме при удельной нагрузке  $S' = 3 \text{ час}^{-1}$  и  $80^\circ\text{C}$  показало, что в обоих случаях эффект осветления достаточно высок — в особенности при ионите в СI-форме, один объем которого до эффекта 63% осветлял 150 объемов сиропа с СВ=50%. Большой эффект действия ионита в СI-форме в определенной степени обуславливался кислой реакцией среды (рН 5,8—6,5). Клеровка же аффинада, осветляемая ионитом в ОН-форме, естественно, приобретала щелочную реакцию (рН=10,0—7,3). Так как реакция автогидролиза сахарозы является главным образом функцией концентрации водородных, а образование цветных веществ — гидроксильных ионов, необходимо регулировать реакцию осветленного сиропа так, чтобы она находилась в узких пределах 7,0—7,1 рН, что может быть достигнуто надлежащими условиями регенерации ионита.

Опыты по его регенерации в СI-форме проводили 10%-ным раствором NaCl, а в ОН-форме — 2%-ным раствором NaOH при  $S' = 1,5 \text{ час}^{-1}$  и  $80^\circ\text{C}$ . На рис. 2 отра-

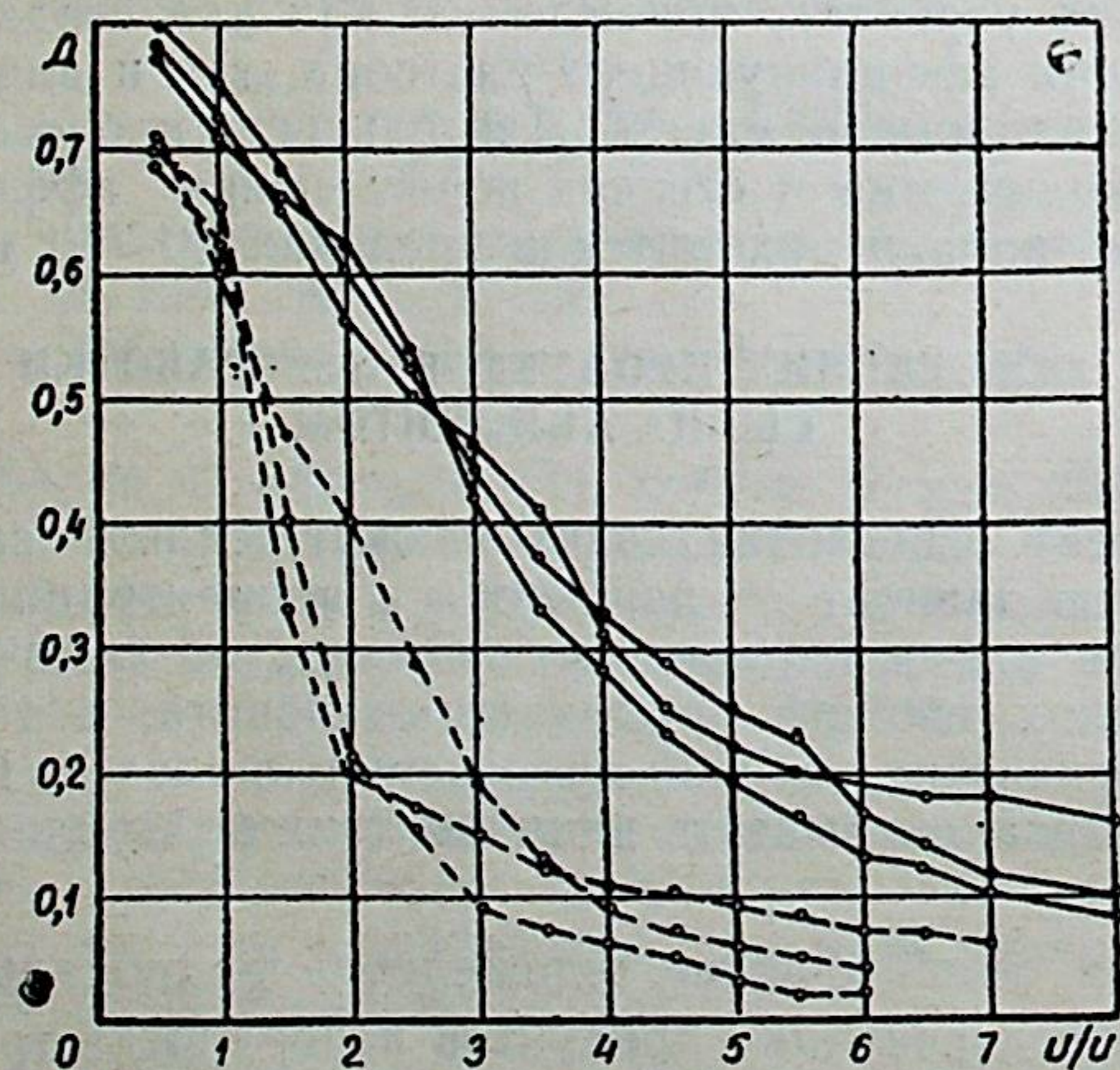


Рис. 2. — регенерат NaOH;  
- - - - регенерат NaCl.

жена оптическая плотность  $D$  регенератов обоих вариантов в зависимости от объема регенерирующего раствора  $V$ , затраченного на 1 объем анионита.

Как видно из результатов опытов, кривая десорбции после регенерации ионита определенным количеством реактива принимает асимптотический характер и дальнейшая затрата реагента теряет практический смысл. Из полученных данных видно также, что для регенерации одного объема ионита оптимальный расход 10%-ного раствора NaCl составляет 3,5 объема, а 2%-ного раствора NaOH — 6 объемов.

Дальнейшие опыты показали, что для активации одного объема ионита в СI-форме необходимо 0,5 объема 0,1%-ного раствора NaOH, а для ионита в ОН-форме — 0,4 объема 0,1 Н-го раствора HCl или 3 объема раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Количество красящих веществ, поглощенных 1 мл ионита, вычисляли, принимая, что  $1^\circ \text{Шт.}$  равен 1 мгФ. в 100 мл раствора. Во всех случаях осветлению ионитом в ОН- и СI-форме подвергали очищенную дефекосатурацией клеровку аффинада цветностью выше 4 ед. Шт. на 100 СВ с  $S' = 3 \text{ час}^{-1}$  при  $80^\circ\text{C}$ . С ионитом в ОН-форме проведено 11 циклов, в СI-форме — только восемь. В первом цикле обе формы ионита обеспечили примерно одинаковый и весьма высокий эффект осветления 100 объемов сиропа — соответственно 85,9 и 84,1%. В дальнейшем эффект осветления уменьшался, причем ионит в СI-форме давал менее удовлетворительные результаты. На рис. 3 отражено изменение поглотительной способности в мгФ красящих веществ одного миллилитра ионита

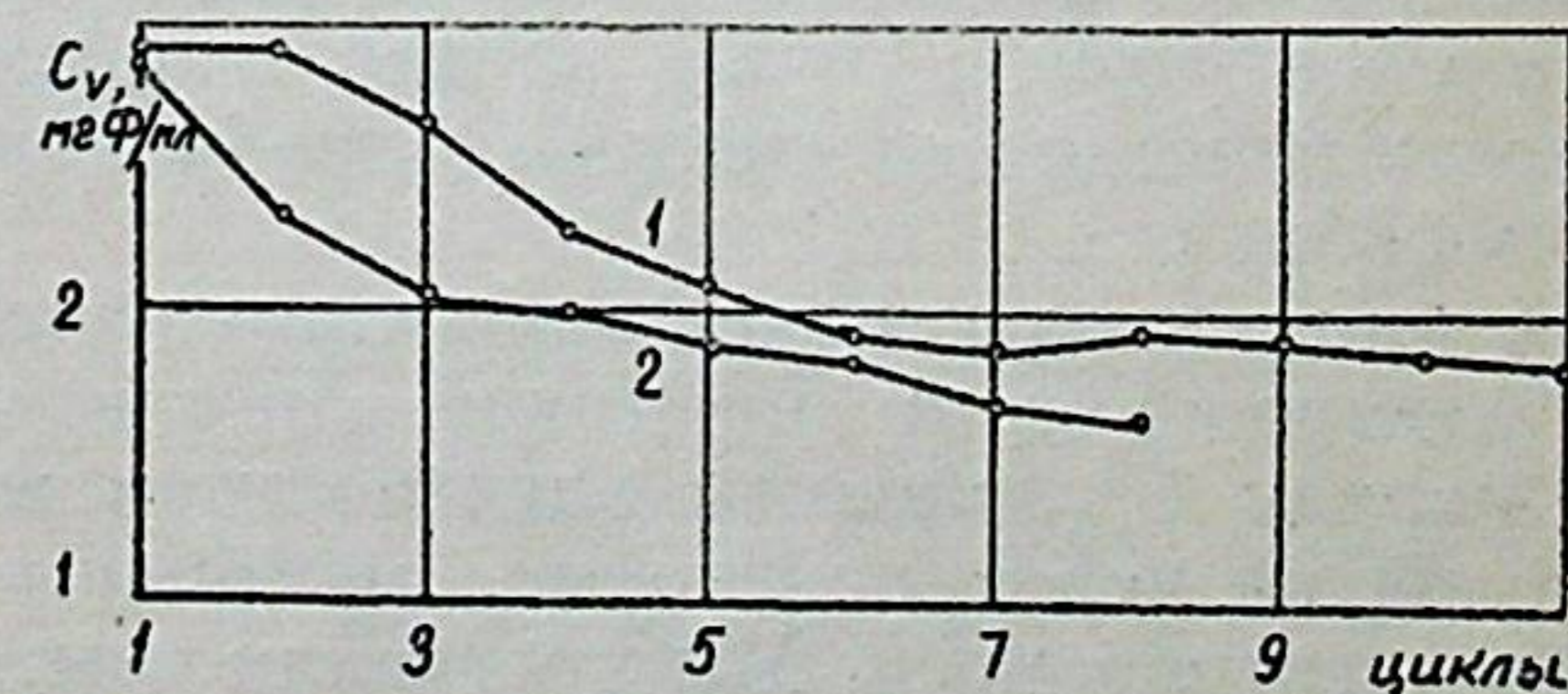


Рис. 3. 1. ОН-форма; 2. СI-форма.

в ОН- и СI-форме по циклам. Если у первого поглотительная способность значительно снижалась в третьем и

четвертом циклах, а затем до 11-го изменялась незначительно, то у второго она резко снижалась уже после первого и второго циклов и далее постепенно до 8-го цикла, когда общий эффект осветления клеровки составил 53,3%, против 55% в 11-м цикле ионита в ОН-форме. Следовательно, регенерация ионита щелочью дает более значительный эффект, чем солевая.

Для определения влияния удельной нагрузки  $S'$  на поглотительную способность использовали ионит в ОН-форме после 11-ти циклов работы. Установлено, что при снижении нагрузки от 3 до 1 час<sup>-1</sup> поглотительная способность ионита увеличивается. До заданного эффекта осветления за один цикл ионит адсорбировал: при  $S'=3$  час<sup>-1</sup> — 0,84 мгФ/мл, при  $S'=2$  час<sup>-1</sup> — 1,6 мгФ/мл, а при  $S'=1$  час<sup>-1</sup> — 2,19 мгФ/мл красящих веществ, или в 2,6 раза больше, чем при  $S'=3$  час<sup>-1</sup>. Следовательно, для значительного увеличения поглотительной способности ионита при прочих равных условиях удельная нагрузка для сиропов с цветностью выше 4,0 ед. Шт. на 100 СВ не должна превышать 1 час<sup>-1</sup>.

#### ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНАЯ ОЧИСТКА АФФИНАЦИОННОГО ОТТЕКА

Получение высококачественных продуктов из аффинационного оттека позволило бы существенно усовершенствовать технологическую схему рафинирования тростникового сахара-сырца. Аффинационный оттек даже при высокой доброкачественности и разбавлении до СВ 40% содержит в пересчете на NaCl около 5000 мг/л электролитов. Поэтому с точки зрения экономической эффективности очистка его электролизом может быть вполне целесообразна.

Так как, однако, электролиз сочетает электролиз, диализ и электроосмос, то при такой очистке сахарных растворов наряду с удалением электролитов возможен перенос сахарозы через ионитовые мембраны за счет диффузии и электроосмоса. Мы поставили опыты по определению потерь сахара через ионитовые мембраны в процессе электролиза в динамических условиях. Количество перенесенной сахарозы определяли по методу Л. Д. Бобровника и И. М. Литвака, построив градуировочную кривую, которая отражает зависимость оптичес-

кой плотности модельных растворов от концентрации в них сахарозы. В исследованиях использовали отечественные мембраны, изготовленные в МХТИ им. Менделеева (катионитовая и анионитовая) и в НИИПМ (катионитовые МК-40, МК-101, МК-102; анионитовые МА-40, МА-41, МА-100, МА-101).

Сравнивая результаты опытов, проведенных без наложения электрического поля, и опытов при плотности тока  $i=10$  ма/см<sup>2</sup>, нашли, что за счет электроосмотического переноса потери сахарозы для различных мембран увеличились в 2,5—38 раз. По степени уменьшения сопротивления переносу сахарозы при указанной плотности тока, мембраны расположились в следующем порядке:

катионитовые МК-102 > МХТИ > МК-40 > МК-101;  
анионитовые: МА-101 > МА-100 > МА-40 > МХТИ >  
> МА-41.

Судя по абсолютным величинам потерь, для электролизной очистки сахарных растворов пригодны все испытанные мембраны, кроме МК-101.

Для определения влияния на перенос сахарозы плотности тока использовали мембраны МК-102 и МА-101. Результаты опытов отражены на рис. 4. Как видно из этих данных, при увеличении плотности тока от 5 до 10 ма/см<sup>2</sup> перенос сахарозы  $S$ , % через анионитовую

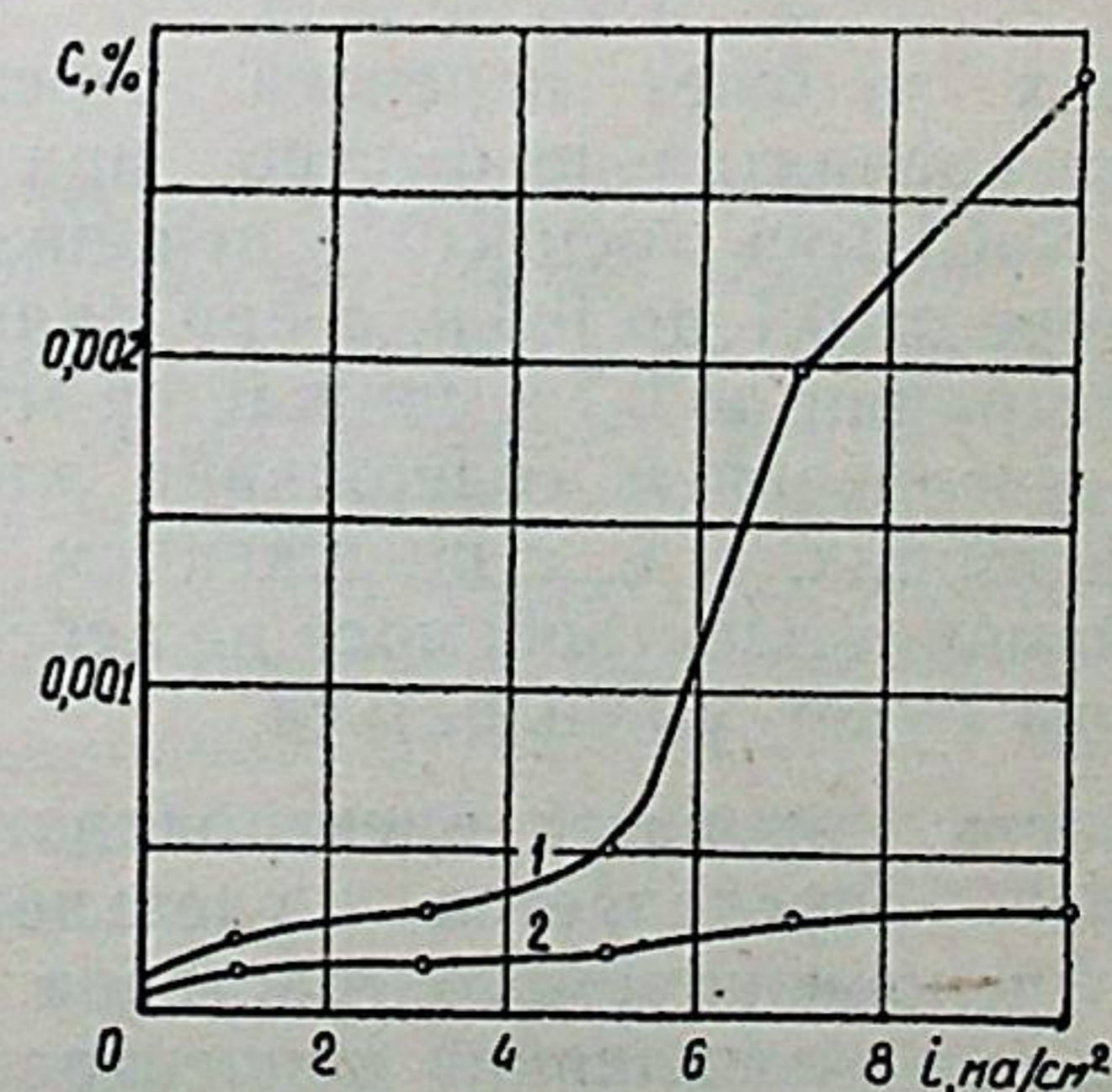


Рис. 4. 1 — анионитовая мембрана МА-101;  
2 — катионитовая мембрана МК-102.

мембрану МА-101 значительно возрастает. Иная кар-

тина наблюдается для катионитовой мембраны МК-102. Хотя электроосмос и увеличил перенос сахарозы, ее абсолютное количество на 1 Фарадей при  $i = 10 \text{ ма/см}^2$  в 9 раз меньше, чем в тех же условиях для анионитовой мембраны. Следовательно, мембрана МК-102 оказывает большое сопротивление как диффузионному, так и электроосмотическому переносу сахарозы.

При возрастании концентрации электролита во внешнем растворе увеличивается концентрация коионов в порах мембраны. Это приводит к снижению электроосмотического переноса. Результаты опытов по определению влияния концентрации электролитов в модельных растворах (рис. 5) показали, что содержание сахарозы в

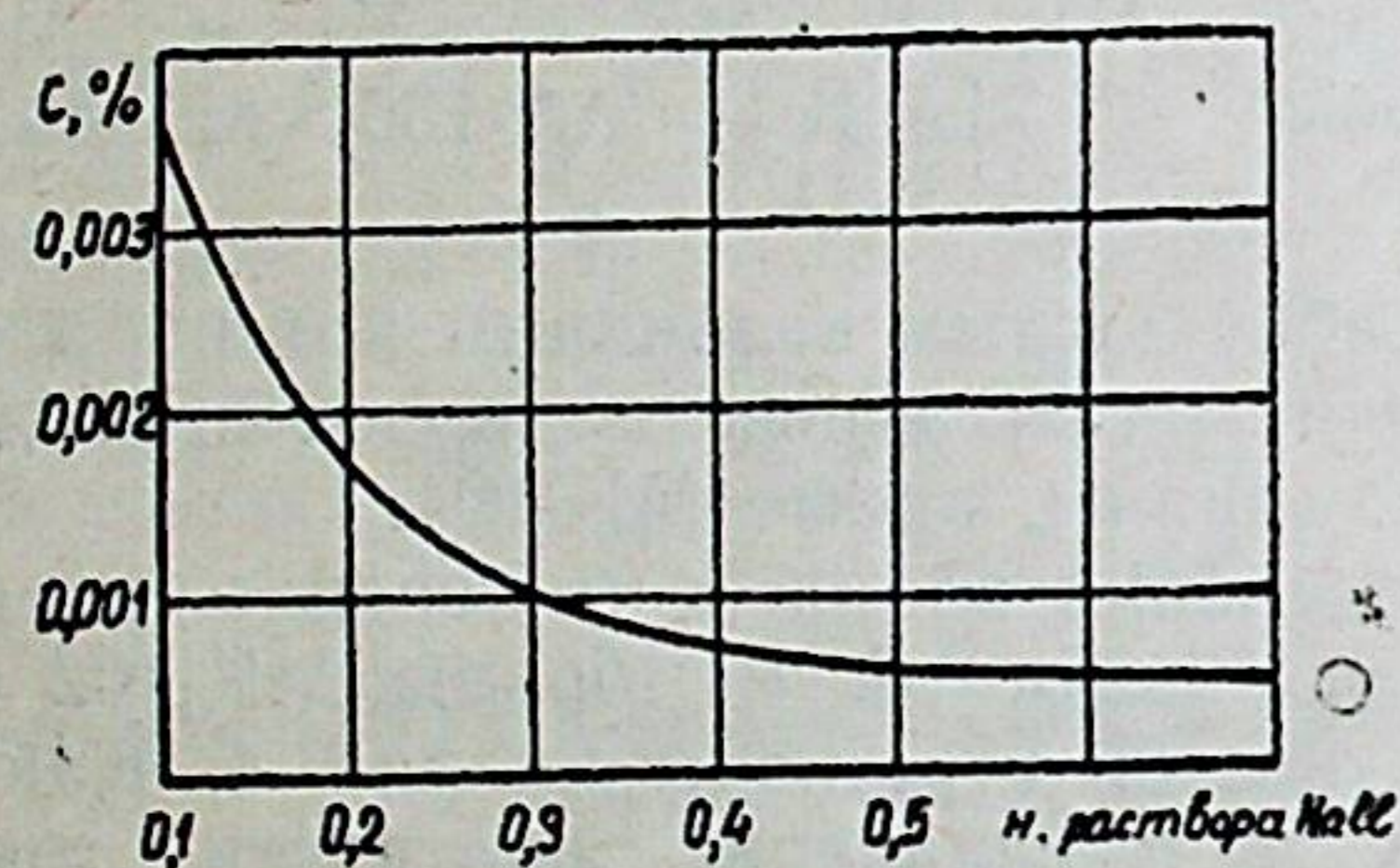


Рис. 5.

сбросных водах за счет переноса через мембраны (с, %) падает сравнительно быстро при увеличении концентрации NaCl (ось абсцисс) в деионизируемом модельном растворе от 0,1 до 0,3 н, а при дальнейшем увеличении концентрации до 0,7 н снижается медленно. Следовательно, с увеличением содержания электролитов в очищаемых растворах, т. е. с понижением их доброкачественности влияние электроосмоса на перенос сахарозы через мембраны будет уменьшаться.

Эффективность процесса электродиализа в значительной мере определяется удельной электропроводностью деионизируемого раствора. Результаты опытов по определению влияния концентрации раствора на удельную электропроводность, проведенных при  $55^\circ\text{C}$ , в пределах от 10 до 50% СВ, показали, что электропроводность аффинационного оттока достигает максимума при 30% СВ. Повышение СВ до 40% снижает

удельную электропроводность лишь на 8%.

Увеличение концентрации электролитов приводит к снижению селективности ионитовых мембран и, следовательно, к снижению коэффициента выхода по току. С другой стороны, увеличение концентрации электролитов в растворе рассольных камер снижает омическое сопротивление системы и позволяет сократить расход воды на промывку этих камер. Таким образом, соотношение между средними концентрациями электролитов в деионизируемом растворе, с одной стороны, и в сбросной воде, с другой, является важным фактором, обуславливающим экономичность процесса.

Для определения этого влияния провели опыты, которые показали, что концентрация электролитов в сбросной воде может превышать их концентрацию в деионизируемом аффинационном оттоке в 4—5 раз без существенного изменения коэффициента выхода по току. Следовательно, расход воды на промывку рассольных камер может не превышать 25% к количеству очищаемого оттока.

Для определения эффекта деионизации сахарных растворов разработали методику с применением катионообменной смолы КУ-2. Количество электролитов С, мг-экв/л, определяли по формуле:

$$C = 20 \left( X + \frac{X_1}{10} \right), \quad (2)$$

где  $X$  — количество мл 0,1 н раствора КОН, пошедшего на титрование 100 мл элюата;

$X_1$  — количество мл 0,1 н раствора HCl на титрование 50 мл исходного раствора.

Различная подвижность катионов и анионов, а также концентрационная поляризация на границе фаз раствор—мембрана приводят к понижению рН деионизируемого аффинационного оттока.

Дефицит, вызываемый различием в числах переноса ионов в мембране и растворе, восполняется диффузией электролита через поляризационный слой  $\delta$ . Если концентрация электролита в поляризационном слое со стороны мембраны равна нулю, то  $\delta$  достигает критического значения, а скорость течения в этих условиях является критической.

Так как  $\delta$  обратно пропорциональна скорости тече-



ния, мы провели опыты для определения условий, которые максимально снизили бы поляризацию. Критическую скорость определяли по резкому повышению приложенного напряжения при постоянном значении силы тока. Результаты опытов показали, что в модельных растворах, содержащих электролиты с малоподвижными анионами органического происхождения, нарастание поляризации при снижении скорости потока наступает быстрее, чем в растворах, содержащих анионы минерального происхождения.

Влияние скорости потока на концентрационную поляризацию и, следовательно, на величину приложенного напряжения при деионизации очищенного дефекосатурацией аффинационного оттока с различной концентрацией электролитов и разных плотностях тока отражено на рис. 6. Из результатов следует, что для снижения влия-

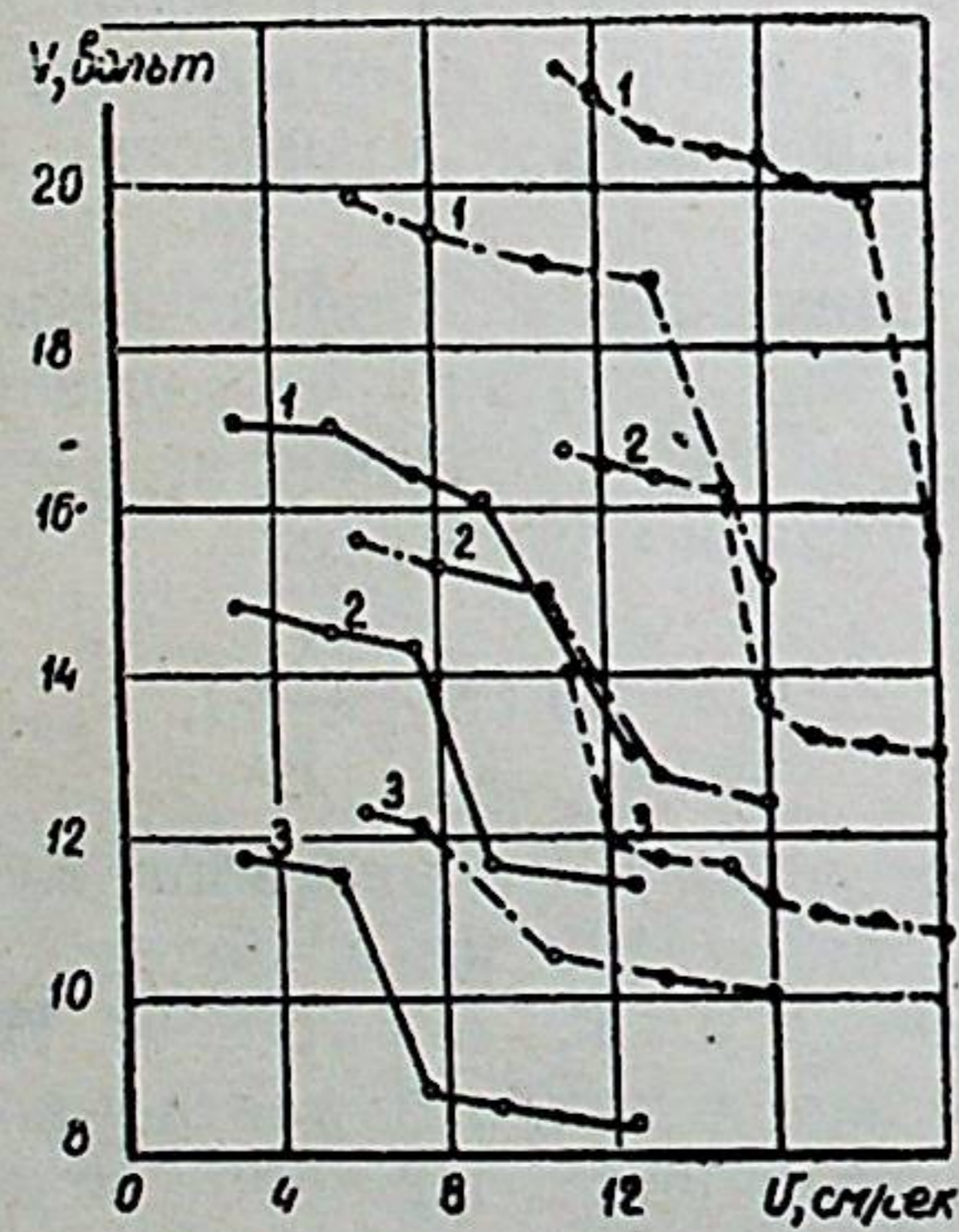


Рис. 6. Индексы 1, 2, 3 относятся соответственно к плотностям тока 10, 8 и 6 ма/см<sup>2</sup>.  
Концентрация электролитов в мг-экв/л:  
—— 70; — · — 52; - - - - 39.

ния поляризации по мере удаления из раствора электролитов, плотность тока должна снижаться, т. е. деионизацию необходимо проводить в несколько ступеней с различным энергетическим режимом.

Скорость течения деионизируемого аффинационного оттока должна быть около 10 см/сек.

Таблица 3

Опыты	Концентрация электролитов, мг-экв/л	эф-фект деионизации, %	ДБ		эф-фект очистки, %	Содержание азота на 100 Сх	эф-фект удаления азота, %	Цветность ед. Шг. на 100 СВ		эф-фект осветления, %
			исходного раствора	электролизатора				исходного раствора	электролизатора	
1	70,6	58,5	93,8	96,0	37,0	0,539	39,5	63,5	26,6	58,0
2	65,0	57,2	93,9	96,1	37,7	0,509	39,7	59,8	23,9	60,0
3	63,5	56,3	94,0	96,1	37,7	0,530	38,1	62,7	25,5	59,4
4	62,2	55,0	94,2	96,2	35,8	0,525	39,4	63,0	24,4	61,3

В опытах, проведенных при  $i=6$  ма/см<sup>2</sup>, удаление 50% электролитов сопровождалось понижением рН от 9,0 до 4,5—4,0. При  $i=6, 5, 4$  и  $3$  ма/см<sup>2</sup> деионизация аффинационного оттока до рН 6,0 сопровождалась удалением лишь 30% электролитов. Так как дальнейшее удаление электролитов таким способом сопровождалось бы разложением части сахарозы, необходимо было поднять значение рН очищаемого раствора. С этой целью мы пропускали электродиализат через колонку с анионитом АВ-16 Г в ОН-форме. Такая последовательная обработка в четыре ступени позволила достичь более глубокой очистки аффинационного оттока. Между ступенями ионит не регенерировали. При таком способе удаляется около 60% электролитов и достигается общий эффект очистки 35—38%, а эффект удаления общего азота около 40% (табл. 3).

В следующих опытах очищенный электродиализом аффинационный оттек с Цв 27 и СВ 30% осветляли ионитом в ОН-форме при  $S'=1$  час<sup>-1</sup> и 80°C. В пятом цикле, когда поглотительная способность ионита для определенных условий становится примерно постоянной (см. рис.3), один объем ионита с эффектом 50% осветлял около 50 объемов аффинационного оттока. Цветность общей пробы осветленного оттока Цв=7,5, что обеспечивает получение стандартного сахара-песка.

Потребная парная поверхность ионитовых мембран для деионизации производственных сахарных растворов может быть определена по предлагаемой формуле:

$$S = \frac{1,12 \cdot A \cdot a \cdot C_1 \cdot \text{Эд}}{\gamma \cdot i \cdot \eta \cdot 10^3} \text{ м}^2, \quad (3)$$

где  $A$  — суточная переработка, ц;  
 $a$  — количество деионизируемого продукта, % от  $A$ ;  
 $C_1$  — концентрация электролитов, мг-экв/л;  
 $\text{Эд}$  — эффект деионизации, %;  
 $\gamma$  — удельный вес продукта, ц/гл;  
 $\eta$  — коэффициент выхода по току, %.

Исходя из рассчитанной поверхности мембран, можно определить суточный расход электроэнергии:

$$P = i \cdot S \cdot E_0 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \text{ квт} \cdot \text{ч}, \quad (4)$$

где  $E_0$  — падение напряжения на элементарном звене.

При деионизации аффинационного оттока в количе-

стве 30% к весу сырца с  $\text{Эд}=50\%$ ,  $i=50$  а/м<sup>2</sup>,  $C_1=150$  мг-экв/л и  $\eta=70\%$  потребная парная поверхность мембран на 1000 ц сырца составит около 50 м<sup>2</sup>, а расход электроэнергии около 300 квт. ч.

### ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ПРОДУКТОВ РАФИНИРОВАНИЯ ТРОСТНИКОВОГО САХАРА-СЫРЦА

Для проверки целесообразности отдельной переработки аффинада и аффинационного оттока провели опыты, которые показали, что при технологической схеме с аффинацией сырца и очисткой дефекосатурацией и сульфитацией клеровки аффинада (без аффинационного оттока) белый сахар-песок стандартного качества можно получать из двух товарных utfелей. При этом отдельно перерабатываемый аффинационный оттек истощается до доброкачественности мелассы в результате трех кристаллизаций. Но для производства рафинада применение только аффинации, дефекосатурации и сульфитации недостаточно.

Опыты осветления сиропа, полученного из аффинада, ионитом АВ-16 Г и деионизация аффинационного оттока электродиализом позволили уточнить отдельные элементы технологической схемы рафинирования тростникового сахара-сырца и установить качество получаемых при этом продуктов. Из очищенной дефекосатурацией и осветленной анионитом клеровки аффинада получали 1-й рафинадный utfель, а из его оттока — 2-й. Оба utfеля при пробеливании давали сахар рафинадного достоинства. Средние результаты опытов отражены в табл. 4.

Таблица 4

Продукт	СВ	Сх	Дб	Цв	РВ	рН
1-я кристаллизация						
1-й рафинадный сироп	50,1	50,0	99,8	1,46	0,09	7,0
Общий оттек	76,6	76,1	99,3	3,1	0,16	7,0
Сахар	—	—	—	бесцв	0,015	7,0
2-я кристаллизация						
2-й рафинадный сироп	76,4	75,9	99,3	3,1	0,16	7,0
Общий оттек	76,5	75,4	98,6	7,1	0,48	6,8
Сахар	—	—	—	бесцв	0,02	7,0

245898

Центральный научно-исследовательский институт  
 Сахарной промышленности  
 Академии наук Казахской ССР

Аффинационный оттек, полученный при аффинации сырца его же раствором, очищенный дефекосатурацией, электродиализом и анионитом уваривали в 1-й продуктовой утфели, который фуговали в таких же условиях, как и предыдущие, без разделения оттека. Результаты одного из опытов отражены в табл. 5.

Таблица 5

Продукт	СВ	Сх	Дб	Цв	РВ	рН
Очищенный аффинационный оттек	41,0	39,6	96,6	11,2	0,47	7,2
Оттек 1 продукта	77,8	67,9	87,3	20,3	0,83	7,0
Сахар 1 продукта	—	99,8	—	0,70	0,02	7,0

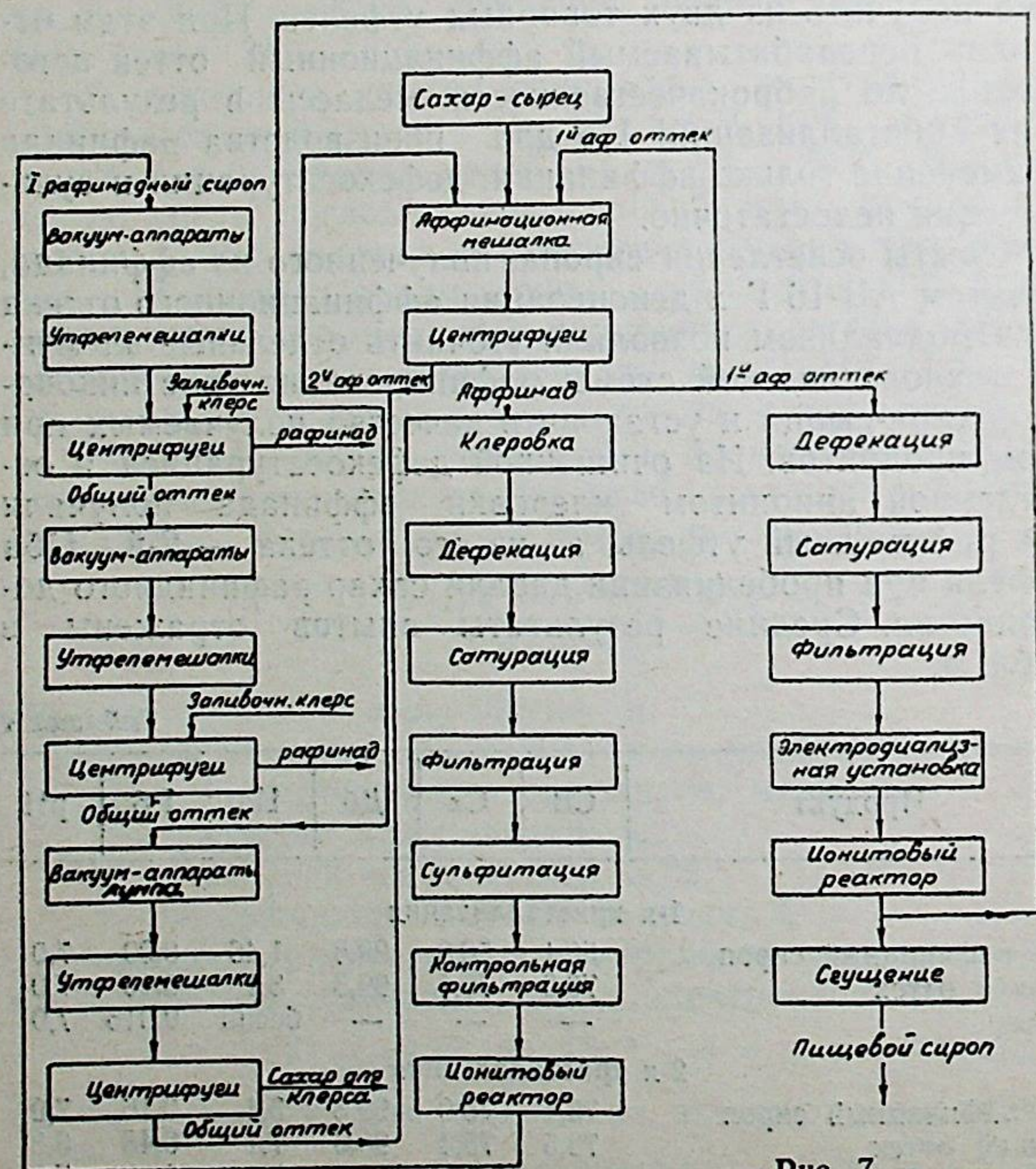


Рис. 7.

Как видно из этой таблицы, полученный сахар соответствует ГОСТу на белый сахар-песок. Благодаря этому сахаро-рафинадный завод, перерабатывающий сахар-сырец, может отказаться от получения со стороны белого сахара-песка для приготовления заливочного клерса.

Дальнейшее истощение оттека утфеля 1 продукта достигнуто в результате трех кристаллизаций, и доброкачественность мелассы была равна 49,8 ед. Эта величина может быть снижена при некотором изменении схемы отбора и использования оттеков.

Рафинирование тростникового сахара-сырца с применением анионита и электродиализа возможно по двум принципиальным схемам:

- 1) с выводом мелассы и
- 2) с получением сиропа пищевого достоинства.

Вторая из них может быть осуществлена в варианте, изображенном на рис. 7.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Рациональная схема получения из сахара-сырца высококачественного рафинада должна предусматривать отдельную переработку клеровки аффинада и аффинационного оттека при углубленной очистке последнего.

2. Одним из способов увеличения выхода аффинада может служить аффинация тростникового сахара-сырца пересыщенным раствором. При этом концентрация аффинирующего раствора не должна быть ниже величины, определяемой по предложенной формуле.

3. При высокой степени пересыщения аффинирующего раствора ( $\alpha=1,5$ ) может оказаться целесообразным удлинить процесс аффинации до 60 минут.

4. Достаточный эффект очистки клеровки аффинада дефекосатурацией достигается при расходе 1,5% СаО к весу СВ, а при очистке аффинационного оттека — 3%.

5. Высокий эффект осветления продуктов переработки тростникового сахара-сырца достигается при применении анионита АВ-16 Г, один объем которого осветляет с эффектом 50% около 90 объемов 1-го рафинадного сиропа. При этом оттек 1-го рафинадного утфеля без промежуточной очистки дает рафинированный сахар, а оттек второго, увариваемый вместе с очищенным аффинационным оттеком — дает сахар-песок, пригодный для приготовления заливочного клерса. Это позволит перера-

батывать сахар-сырец без поступления на рафинадный завод белого сахара.

6. Щелочная регенерация обеспечивает большую погложительную способность анионита АВ-16 Г, чем солевая.

7. При очистке аффинационного оттока в целях достижения более глубокой его деионизации целесообразно проводить электродиализ с ионитовыми мембранами в несколько ступеней с последовательным регулированием рН среды анионитом в ОН-форме. При эффекте деионизации аффинационного оттока по указанному способу в 60% общий эффект очистки к весу всех несугаров составляет 35—38%, а в отношении азота — 40%.

8. Перенос сахарозы через ионитовые мембраны отечественного производства путем диффузии и электроосмоса невелик и составляет сотые доли процента к весу сырца.

9. Для снижения влияния концентрационной поляризации на изменение рН аффинационного оттока при деионизации электродиализом скорость потока в камерах должна быть около 10 см/сек, а для снижения расхода электроэнергии содержание сухих веществ в оттоке должно составлять не более 40%.

10. Превышение содержания электролитов в сбросной воде в пять раз по отношению к их содержанию в аффинационном оттоке незначительно влияет на изменение коэффициента выхода по току.

11. Потребная поверхность ионитовых мембран и расход электроэнергии на деионизацию могут быть определены по предлагаемым формулам.

12. Применение анионита и деионизация аффинационного оттока электродиализом с ионитовыми мембранами усовершенствует технологическую схему рафинирования тростникового сахара-сырца, уменьшит потери сахара и увеличит его выход на 1—2% к весу перерабатываемого продукта.

Основное содержание диссертации  
опубликовано в следующих статьях:

1. И. Ф. Зеликман, Д. М. Лейбович. Аффинация тростникового сахара-сырца при низких температурах. Известия вузов, Пищевая технология, № 3, 50, 1963.
2. Д. М. Лейбович, И. Ф. Зеликман. Перенос сахарозы через ионитовые мембраны при электродиализной очистке ее растворов. Сахарная промышленность, № 9, 30, 1963.
3. И. Ф. Зеликман, Д. М. Лейбович. Переработка тростникового сахара-сырца. Пищевая промышленность, № 10, 3, 1963.
4. Д. М. Лейбович. О концентрации аффинирующего раствора, Сахарная промышленность, № 2, 69, 1964.
5. Д. М. Лейбович, И. Ф. Зеликман. Рационализация технологической схемы рафинирования сахара-сырца. Известия вузов, Пищевая технология, № 3, 80, 1964.

Форм. бум. 84 X 60<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. П. л. 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub>. Подп. к печ. 14. XII. 64 г.  
МА 00608. Зак. № 3504. Тир. 200 экз.

г. Краснодар, т.-л. упр. по печати