

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
БУМАЖНОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бр 33  
2172

Н. В. Лебедев  
Кандидат технических наук

ПРОИЗВОДСТВО ПИЩЕВОЙ  
КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ГЛЮКОЗЫ  
ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

2010 -

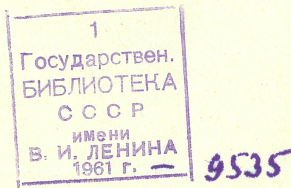
МОСКВА — 1961



2012229852

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	Стр. 3
Глюкоза, ее свойства и потребность в ней	3
Химический состав древесины и других видов растительного сырья	5
Ресурсы растительного сырья	7
Основные принципы построения технологического процесса получения кристаллической глюкозы из древесины	9
Строительство и пуск опытно-промышленного цеха глюкозы	13
Технология получения пищевой кристаллической глюкозы из древесины	17
Выводы	24



Редактор *В. И. Поливинный*.  
Литературный редактор *Г. П. Дзекунова*.  
Технический редактор *Л. В. Шендарева*.  
Корректоры *Л. А. Серова, П. В. Данилов*.

Л36112. Сдано в набор 16/XII—1960 г. Подписано к печати 13/1—1961 г.  
Формат бумаги 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,6. Заказ 4979. Тираж 1000 экз.  
Цена 32 коп.

Центральное бюро технической информации бумажной и деревообрабатывающей промышленности ГНТК СССР

Типография изд-ва «Московская правда», Потаповский пер., 3.

## ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние химии позволяет рационально использовать растительные материалы для получения ряда ценных пищевых продуктов. К таким продуктам относится глюкоза.

В настоящее время глюкозу получают из пищевого сырья, содержащего крахмал, главным образом из кукурузы. В связи с возрастающей потребностью народного хозяйства СССР в глюкозе особую актуальность приобретает организация производства ее из непищевого сырья — отходов древесины и растительных отходов сельского хозяйства, содержащих 35—50% целлюлозы. Советский Союз располагает огромным количеством такого сырья.

На основе экспериментальных и экономических исследований Научно-исследовательского института гидролизной и сульфитно-спиртовой промышленности (НИИГС) спроектирован и построен при Канском гидролизном заводе опытно-промышленный цех, вырабатывающий пищевую глюкозу из отходов древесины.

Особенности технологической схемы и конструкции оборудования этого цеха, опыт его строительства и пуска и возможности дальнейшего совершенствования производства глюкозы из непищевого растительного сырья описаны в данной брошюре.

## ГЛЮКОЗА, ЕЕ СВОЙСТВА И ПОТРЕБНОСТЬ В НЕЙ

Глюкоза (от греческого слова «глюкус» — сладкий), или виноградный сахар, является простейшим природным сахаром. Глюкоза является ценным питательным веществом и имеет важное значение для углеводного обмена живого организма. Она является источником питания всех его клеток. Чистая глюкоза представляет собой мелкие бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Кристаллическая глюкоза может быть безводной (ангидридной) состава  $C_6H_{12}O_6$  и с одной молекулой кристаллизационной воды (гидратной) состава  $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$ . Кристаллы ангидридной глюкозы плавятся при температуре 146°, гидратной 83°. Товарная кристаллическая глюкоза обычно вырабатывается в гидратной форме. Она почти менее сладкая (вдвое), чем свекловичный сахар (сахароза).

Свободная глюкоза довольно широко распространена в природе. Она содержится в плодах, ягодах, корнях растений, входит в состав меда, из которого была выделена впервые в 1792 г. русским химиком Т. Е. Ловицем.

Особенно часто глюкоза встречается в природе в виде сложных высокомолекулярных соединений, таких, как крахмал, клетчатка (целлюлоза), гликоген, а также сахара, молочный сахар и др.

Первые исследования, имевшие целью установить химическое строение молекулы глюкозы, были проведены в 1871 г. русским химиком А. А. Колли, показавшим, что в молекуле глюкозы имеется пять гидроксильных групп и что шестой атом кислорода должен иметь характер окиси. Окончательно строение глюкозы было определено в 1926 г. немецким химиком Э. Фишером.

Промышленное получение глюкозы из крахмала и целлюлозы стало возможным после открытия реакции гидролитического расщепления этих сложных соединений с помощью кислот. Русский химик К. Кирхгоф в 1811 г. открыл реакцию гидролитического расщепления крахмала до глюкозы с помощью серной кислоты. В 1819 г. французский химик Браконно показал, что целлюлоза под действием концентрированной серной кислоты переходит в раствор, где после разбавления и кипячения образуется глюкоза.

В дальнейшем химики установили, что целлюлозу можно гидролизовать при соответствующих условиях в присутствии различных кислот как концентрированных, так и разбавленных. Выбор кислот и их концентрация определяются экономическими соображениями при организации производства с учетом получения конечных продуктов.

До настоящего времени промышленное производство кристаллической глюкозы базируется на пищевом сырье, содержащем крахмал (кукуруза, картофель, пшеница, рис). Сначала из сырья выделяют крахмал, который тщательно очищают. Чистый крахмал подвергают гидролитическому расщеплению разбавленной минеральной кислотой (серной или соляной) при повышенной температуре до образования в растворе свободной глюкозы. Полученный глюкозный раствор нейтрализуют мелом или содой, чтобы связать свободную кислоту. Затем его очищают, осветляют, удаляют примеси и выпаривают под вакуумом до получения густого сиропа. Из этого сиропа приблизительно в течение пяти суток выделяется кристаллическая глюкоза; при этом необходимо тщательно соблюдать определенный температурный режим. Межкристалльный раствор на центрифуге отделяют от кристаллов, которые промывают холодной водой и сушат в потоке теплого воздуха.

При широкой организации производства кристаллической глюкозы из сырья, содержащего крахмал, потребуется затрачивать большое количество пищевых и кормовых продуктов, которые могут потребляться без дополнительной химической переработки.

Так, например, для выработки 1 т кристаллической глюкозы необходимо затратить более 2 т кукурузного зерна. Поэтому при расширении производства кристаллической глюкозы из пищевого сырья потребуется значительно увеличить посевные площади.

На семилетие в Советском Союзе намечен следующий рост выработки кристаллической глюкозы только для пищевых и медицинских целей:

Год . . . . .	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Количество вырабатываемой глюкозы, тыс. т . . . . .	6,1	7,0	11,0	26,0	27,0	34,0

В связи с этим важное народнохозяйственное значение приобретают изыскания новых сырьевых источников и разработка технологии получения кристаллической глюкозы. Растительный мир очень богат сложным соединением глюкозы — клетчаткой (целлюлозой). Так, например, древесина содержит около 50%, а тростник и солома зерновых культур — около 35—40% целлюлозы. Следовательно, в природе имеется неисчерпаемый источник сырья для получения кристаллической глюкозы.

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРЕВЕСИНЫ И ДРУГИХ ВИДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Древесина представляет собой сложный химический комплекс высокомолекулярных органических соединений. Химический состав древесины непостоянен. Он колеблется в зависимости от породы дерева, места и условий его произрастания, возраста, времени заготовки древесины. Кроме того, отдельные части дерева — ядро, заболонь, ствол, ветви и т. д. — также различаются по составу. Несмотря на различия в химическом составе, древесина разных пород почти одинакова по элементарному составу. В среднем абсолютно сухая древесина содержит около 49,5% углерода, 6,3% водорода и 44,2% кислорода.

В табл. 1 показан элементарный состав древесины некоторых пород.

Таблица 1  
Элементарный состав древесины

Порода	Содержание, %		
	углерода	водорода	кислорода
Сосна . . . . .	49,6	6,4	44,0
Береза . . . . .	48,6	6,4	45,0
Бук . . . . .	48,5	6,3	45,2
Тополь . . . . .	49,7	6,3	44,0

По составу древесину можно разделить на углеводную (сахаристую) и неуглеводную части. Углеводная часть в свою очередь подразделяется на гемицеллюлозы и целлюлозу, различающиеся составом и легкостью гидролитического расщепления кислотами.

В состав целлюлозы входят химически связанные между собой части молекул глюкозы. Целлюлоза с большей трудностью, чем гемицеллюлозы, поддается гидролитическому расщеплению кислотами. В результате гидролиза чистой целлюлозы в растворе получается свободная глюкоза. При переработке растительного сырья целлюлоза является основным источником получения глюкозы.

В состав гемицеллюлоз входят различные полисахариды и другие органические вещества. К гемицеллюлозным полисахаридам относятся маннан, ксилан, арабан, галактан, арабогалактан, при гидролитическом расщеплении которых получают простейшие моносахариды — соответственно манноза, ксилоза, арабиноза, галактоза.

Неуглеводная часть древесины представляет собой сложный комплекс высокомолекулярных соединений, называемый лигнином. Он не поддается гидролитическому расщеплению кислотами и при обычной или повышенной температуре не растворяется в кислотах.

Химический состав древесины приведен в табл. 2.

Химический состав древесины, %

	Ель		Сосна		Осина	
	ствол	ветви	ствол	ветви	ствол	ветви
Целлюлоза . . . . .	58,8—59,3	44,8	56,5—57,6	48,2	52,5—52,0	43,9
Пентозаны (ксилян, арабан) . . . . .	10,5—9,5	12,8	10,4—11,0	13,1	22,7—22,9	35,0
Маннан . . . . .	7,5—7,7	3,7	7,0—7,1	4,8	—	—
Галактан . . . . .	2,6	3,0	1,4—1,5	1,2	0,6—0,7	0,8
Лигнин . . . . .	28,0—28,1	4,4	27,0—26,8	2,74	21,1—21,4	25,9
Эфирный экстракт . . . . .	1,0—1,1	1,3	4,9—3,2	3,6	1,4—1,5	2,5
Вещества, растворимые в горячей воде . . . . .	1,7—1,8	6,6	2,3—2,9	3,4	2,3—2,5	4,9
Зола . . . . .	0,20	0,36	0,20	0,27	0,26	0,33

Сложность химического состава древесины сильно затрудняет изучение отдельных составных частей ее и разработку технологии химической переработки древесины.

Химический состав растительных отходов сельского хозяйства и стеблей различных трав близок к составу лиственной древесины.

но в этих видах сырья содержится меньше целлюлозы и больше золы (табл. 3).

Химический состав растительных отходов сельского хозяйства и тростника, %

	Пшеничная солома	Смесь ржаной и пшеничной соломы	Кукурузная кочерыжка	Подсолнечная лузга	Тростник
Целлюлоза . . . . .	34,82	34,79	35,48	32,1	33,35
Пентозаны . . . . .	18,98	21,60	39,40	25,76	20,94
Маннан . . . . .	1,49	1,43	0,20	Нет	—
Галактан . . . . .	1,08	1,63	Следы	0,82	—
Лигнин . . . . .	24,48	26,03	17,1	27,81	20,33
Эфирный экстракт . . . . .	—	3,71	2,53	4,37	0,91
Водный экстракт . . . . .	—	2,43	—	3,17	—
Зола . . . . .	5,51	4,29	1,63	1,45	59,7

### РЕСУРСЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Растительное сырье для производства глюкозы должно оцениваться главным образом по содержанию в нем целлюлозы, из которой при гидролитическом расщеплении образуется глюкоза. С определенной степенью приближения можно сказать, что все виды растительного сырья, пригодные для промышленного получения целлюлозы, могут являться также сырьем для производства пищевой кристаллической глюкозы.

К основным источникам растительного целлюлозосодержащего сырья, из которого можно получать глюкозу, следует отнести неделовую древесину (главным образом дрова и отходы механической переработки древесины, отходы сельского хозяйства и тростник.

В Советском Союзе заготавливается и вывозится в год около 342 млн. м<sup>3</sup> древесины, из них в виде деловой используется 63% древесины. Остальную часть ее, заготавливаемую в виде дров, целесообразно перерабатывать химическим путем для получения ценных продуктов, в том числе кристаллической глюкозы.

В результате механической обработки деловой древесины при производстве пиломатериалов, фанеры, катушек, стандартных домов, мебели, тары и других изделий образуется большое количество отходов. Так, например, в 1955 г. производство пиломатериалов достигло 76 млн. м<sup>3</sup>. Если учесть, что полезный выход пиломатериалов равен 66% от израсходованной деловой древесины, то количество отходов только лесопиления составит 39 млн. м<sup>3</sup> в год.

Для более полного представления о ресурсах древесного сырья, годного для химической переработки методом гидролиза, можно привести следующие данные. Чтобы достигнуть годовой выработки кристаллической глюкозы в 400 тыс. т, достаточно использовать около 4 млн. м<sup>3</sup> дров, что составляет около 3,5% от заготавливаемого количества их.

Эти цифры показывают, что развитие производства кристаллической глюкозы на базе только древесного сырья в Советском Союзе имеет практически неограниченные возможности.

Растительные отходы сельского хозяйства, которые получают в результате переработки однолетних растений, также являются огромным, ежегодно возобновляемым источником целлюлозосодержащего сырья.

С точки зрения промышленной химической переработки интерес представляют те виды отходов, которые концентрируются в значительных количествах на сравнительно небольшой территории. К таким отходам могут быть отнесены солома, шелуха зерновых культур, получаемая на крупных заводах, кукурузная кочерыжка, подсолнечная лузга с маслозаводов.

Валовой сбор соломы в СССР составляет около 150 млн. т в год. В настоящее время солома используется в основном в качестве грубого корма и подстилки для скота. Лишь в некоторых районах Урала, Сибири, Дальнего Востока и Северного Кавказа остается немногим более 5 млн. т соломы в год. Из этого количества соломы можно получить до 1 млн. т кристаллической глюкозы.

Большой концентрации достигает шелуха крупных заводов и мельниц, которой получается около 585 тыс. т в год. Количество кукурузной кочерыжки составляет в год 3,5 млн. т, подсолнечной лузги с маслозаводов около 740 тыс. т. Тростник в настоящее время потребляется в небольших количествах (не более 10% от общего урожая — 23,8 млн. т в год) как строительный материал, топливо и корм для скота.

Из перечисленных видов растительного сырья для производства кристаллической глюкозы реальное значение в настоящее время, по-видимому, могут иметь дрова из древесины хвойных и лиственных пород, отходы механической обработки деловой древесины, солома и тростник. Представляют интерес результаты подсчета количества получаемых из различных растений углеводов, приходящихся на 1 га за год:

	Количество углеводов, кг
Ель . . . . .	5135
Быстрорастущая осина . . . . .	11250
Картофель (с ботвой) . . . . .	5000
Пшеница (с соломой) . . . . .	4250

Из этих данных следует, что с одинаковой площади древесина дает больше углеводов, чем полевые культуры.

Ниже приводятся данные о возможной выработке пищевой кристаллической глюкозы из годового урожая различных растений и из древесины в расчете на 1 га:

	Выход глюкозы, т
Кукуруза (зерно) . . . . .	1,40
Картофель . . . . .	0,362
Древесина . . . . .	1,40
Тростник . . . . .	1,20
Солома . . . . .	0,20

Таким образом, выход товарной кристаллической глюкозы из кукурузы и из древесины одинаков.

На основании изложенного можно сделать вывод, что производство кристаллической глюкозы из растительного непищевого сырья имеет важное народнохозяйственное значение. Это позволит значительно увеличить количество сахара в стране и освободить посевные площади под сельскохозяйственные культуры, которые можно использовать по прямому назначению — для пищевых целей и как корм для скота.

Отходы производства глюкозы из непищевого сырья в виде концентрированных сахарных растворов являются ценным углеводным кормом для скота. Эти отходы также можно перерабатывать в пекарские и кормовые дрожжи или в другую ценную продукцию.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ГЛЮКОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

При разработке технологии получения кристаллической глюкозы из непищевого целлюлозосодержащего растительного сырья исследователи и проектанты должны были решить ряд основных вопросов:

разработать экономичный процесс гидролитического расщепления полисахаридов, главным образом целлюлозы, который позволял бы наиболее полно извлекать из растительного материала сахар (при высокой концентрации его в растворе и минимальном распаде) и достичь минимальных безвозвратных потерь химических реагентов;

найти простой и эффективный способ очистки глюкозных растворов, так как успех кристаллизации любого вещества определяется чистотой кристаллизующего раствора;

создать простой и быстрый способ кристаллизации глюкозы из ее водных растворов, обеспечивающий максимальное извлечение глюкозы;

решить основные вопросы по аппаратному оформлению технологического процесса. Эта работа приобретает важное значение в связи с тем, что значительная часть технологических операций протекает в агрессивных средах.

Если следовать по пути развития производства кристаллической глюкозы из пищевых продуктов, содержащих крахмал, то при разработке технологии получения глюкозы из непищевого целлюлозосодержащего растительного сырья необходимо было бы вначале выделять чистую целлюлозу и затем подвергать ее гидролитическому расщеплению до глюкозы. Технология получения целлюлозы известна давно и хорошо освоена в промышленности. Для производства целлюлозы используется в основном отборная хвойная древесина в виде баланса. Это удорожает производство целлюлозы. Кроме того, целлюлоза в нашей стране является де-

фицитным материалом и представляет собой ценное химическое сырье для производства целого ряда необходимой в народном хозяйстве продукции.

Естественно, что организация производства кристаллической глюкозы из растительного сырья с промежуточным выделением чистой целлюлозы значительно упростила бы решение всех последующих технологических операций. Но такой способ получения глюкозы возможен лишь тогда, когда в стране будет устранен дефицит в целлюлозе, снизится стоимость ее производства и можно будет использовать рядовое, неотборное растительное сырье. В настоящее время в центре внимания исследователей, занимающихся химической переработкой растительных материалов, должны находиться вопросы изыскания новых, более простых методов получения целлюлозы из различных видов растительного сырья, что позволило бы организовать небольшие, но экономичные предприятия.

Гидролитическое расщепление полисахаридов растительных тканей достигается двумя способами: путем гидролиза разбавленными кислотами при повышенной температуре и гидролиза концентрированными кислотами, который протекает при обычной или несколько повышенной температуре. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки.

Гидролиз растительных материалов разбавленными кислотами имеет два основных преимущества: простоту технологической схемы и относительно небольшой расход кислоты, что позволяет исключить процесс ее регенерации. Вместе с тем при использовании этого метода для производства кристаллической глюкозы он имеет ряд крупных недостатков. Процесс ведется при высоких температуре и давлении, что требует применения сложных аппаратов. Растворы получаются с низкой концентрацией сахара, что приводит в дальнейшем к огромным затратам тепла в процессе концентрирования сахарных растворов перед кристаллизацией глюкозы. Выход сахара получается низкий в связи с тем, что при гидролизе древесины в промышленных аппаратах большое количество образующегося сахара разлагается. При существующем режиме перколяционного гидролиза растительного сырья распадается главным образом глюкоза, образуемая при гидролитическом расщеплении целлюлозы. Глюкозные растворы получаются сильно загрязненными, что вызывает необходимость применять сложную и дорогую систему очистки. На основании сказанного можно сделать вывод, что применять для получения кристаллической глюкозы способ гидролиза растительного сырья разбавленными кислотами нецелесообразно.

Гидролиз растительных материалов концентрированными кислотами также имеет недостатки. Расходуется много кислоты, что вызывает необходимость ее регенерации или использования в смежных производствах. Процесс гидролитического расщепления полисахаридов проходит в две ступени. Под воздействием кон-

центрированной кислоты при большом недостатке воды полисахариды не расщепляются до простейших сахаров (моносахаридов), а процесс останавливается на промежуточной стадии, когда образуются более крупные молекулы (олигосахариды) и продукты реверсии. Чтобы перевести олигосахариды и продукты реверсии в моносахариды, требуется кипятить относительно разбавленный раствор в присутствии небольшого количества кислоты.

Для гидролиза растительного сырья концентрированной кислотой можно применять две минеральные кислоты — серную и соляную, которые являются наиболее дешевыми и вырабатываются химической промышленностью в большом количестве.

Концентрированная серная кислота является хорошим гидролизующим агентом. Она легко, быстро и в больших количествах растворяет углеводную часть растительной ткани при низкой температуре без давления. При этом распадается лишь незначительное количество сахара, что дает возможность получать сахарные растворы довольно высокой степени чистоты. При обработке растительных материалов концентрированной серной кислотой можно применять аппаратуру из черного металла без защитных покрытий.

Однако серная кислота дефицитна, и возникают большие трудности при ее регенерации или удалении из сахарных растворов. Кроме того, техническая серная кислота обычно содержит примеси мышьяковых соединений, что при производстве пищевой глюкозы вызывает необходимость сложной системы очистки сахарных растворов.

Применять концентрированную серную кислоту при гидролизе растительного сырья с целью получения пищевой кристаллической глюкозы в настоящее время менее целесообразно, чем соляную.

Концентрированная соляная кислота по сравнению с серной меньше растворяет полисахариды растительной ткани. При ее применении требуется специальная кислотоупорная аппаратура. В этом отношении соляная кислота значительно уступает серной, но ее большим преимуществом является недефицитность и летучесть хлористого водорода, что дает возможность организовать относительно простой процесс регенерации кислоты. Другим преимуществом концентрированной соляной кислоты является возможность исключения ионообменной очистки сахарных растворов при кристаллизации глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием.

Экономические исследования показывают, что к концу семилетия соляная кислота станет избыточным продуктом. Получение соляной кислоты будет зависеть от расширения производств, связанных с хлорированием органических соединений; при этом получается отбросный газообразный хлористый водород, что дает возможность получать дешевую соляную кислоту.

В настоящее время отечественная промышленность располагает большим ассортиментом материалов, стойких к действию соля-

ной кислоты любой концентрации. Это позволяет изготавливать химическую аппаратуру для производств, требующих применения соляной кислоты или влажного газообразного хлористого водорода.

Исходя из сказанного, при разработке технологии получения пищевой кристаллической глюкозы из растительного сырья следует остановить выбор на концентрированной соляной кислоте.

Вторым серьезным моментом в разработке технологии получения кристаллической глюкозы из растительного сырья является выбор основного принципа очистки сахарных растворов перед их кристаллизацией.

Химический анализ растительного сырья показывает, что глюкозе всегда сопутствует сложный комплекс органических веществ и прежде всего другие моносахариды (ксилоза, арабиноза, манноза, галактоза), а также уроновые, уксусная и муравьиная кислоты, дубильные вещества и др. Все эти вещества, естественно, будут затруднять процесс кристаллизации глюкозы.

Используя различное отношение органического комплекса растительного материала к гидролизующему действию кислоты, можно в значительной степени освободить целлюлозу от сопутствующих веществ перед ее гидролитическим расщеплением до глюкозы.

Проведение предварительного гидролиза растительного сырья с той или иной глубиной дает возможность достаточно полно очищать глюкозные растворы от посторонних органических веществ и частично от зольных элементов. Предварительный гидролиз растительного сырья можно проводить по соответствующим режимам как разбавленными, так и концентрированными кислотами. Дальнейшее гидролитическое расщепление целлюлозы с применением кислоты при самых совершенных способах ее регенерации приводит к дополнительным и значительным включениям минеральных веществ в глюкозные растворы.

Примерно с 1940—1942 гг. как за границей, так и в Советском Союзе химическая промышленность стала располагать эффективным средством для очистки растворов от минеральных веществ — ионитами. В некоторых вариантах технологической схемы получения кристаллической глюкозы целесообразно использовать иониты для деминерализации глюкозных растворов.

Существующий способ выделения глюкозы из ее растворов путем прямой кристаллизации не может быть признан удовлетворительным. Этот способ требует высокой степени чистоты исходных растворов, процесс кристаллизации длится очень долго (до двух недель); количество извлекаемой глюкозы при самых совершенных способах прямой кристаллизации не превышает 70—75%. Глюкозные растворы доброкачественностью 67—68% практически не кристаллизуются.

В связи со сказанным возникает необходимость изыскать новые способы кристаллизации глюкозы, которые позволили бы пол-

ностью или в значительной степени устранить отмеченные недостатки.

В 1945 г. автор с сотрудниками предложили новый способ кристаллизации глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием. Этот способ дает возможность выделить глюкозу из растворов низкой доброкачественности, что позволит устранить узел ионообменной очистки, значительно увеличить количество извлекаемой глюкозы и резко сократить время кристаллизации.

Таким образом, при разработке технологии получения пищевой кристаллической глюкозы из растительного сырья следует идти по пути применения концентрированной соляной кислоты для гидролитического расщепления целлюлозы с кристаллизацией глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием. Чтобы увеличить выход кристаллической глюкозы из единицы перерабатываемого растительного сырья, целесообразно проводить предварительный гидролиз, что позволит резко повысить доброкачественность глюкозных растворов.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И ПУСК ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕХА ГЛЮКОЗЫ

На основе научных и проектных работ, проведенных под руководством автора в НИИГСе и Гипрогидролизе, на Канском гидролизном заводе был построен опытно-промышленный цех по производству кристаллической глюкозы из древесины с применением для гидролиза концентрированной соляной кислоты и проведением кристаллизации глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием. В 1956 г. в этом цехе впервые в Советском Союзе в промышленных условиях была получена кристаллическая глюкоза из древесины.

Цех был организован с целью создания крупной экспериментальной базы для отработки в промышленных условиях всех элементов и аппаратурного оформления технологического процесса получения пищевой кристаллической глюкозы из древесины. В ближайшее время будут выданы все необходимые показатели для проектирования крупных промышленных заводов по производству кристаллической глюкозы из древесины.

По проекту цех должен перерабатывать 10 т абс. сухой древесины и получать 2 т пищевой кристаллической глюкозы в сутки. Предусматривалась возможность проведения процесса получения глюкозы по различным технологическим схемам с целью испытания их в производственных условиях и выбора оптимальной. В связи с этим при проектировании цеха была выбрана наиболее сложная схема производства глюкозы из древесины. Эта схема предусматривала проведение предварительного гидролиза разбавленной соляной кислотой, сушку целлолигнина, основной гидролиз целлолигнина 41%-ной соляной кислотой в диффузионной батарее, вакуум-выпарку диффузионного гидролизата, инверсию упаренно-

го гидролизата, осветление, фильтрацию и ионообменную очистку инверта, выпарку сиропа, прямую кристаллизацию глюкозы, фуговку, сушку кристаллической глюкозы, ее рассев и упаковку.

Кислотный узел цеха включал хранилища привозной соляной кислоты и хлоркальциевые аппараты для получения газообразного хлористого водорода из привозной и регенерированной соляной кислоты. Хлоркальциевые аппараты служили также для вывода из технологического процесса избыточной воды, которая накапливалась в процессе регенерации хлористого водорода при отмывке кислоты из лигнина и выпаривании диффузионного гидролизата. Улавливание хлористого водорода с вакуум-выпарной установки и получение 41%-ной соляной кислоты осуществляли в системе абсорбционных колонн с промежуточным охлаждением в трубчатых теплообменниках.

В период проектирования и строительства цеха глюкозы опытом строительства таких предприятий располагала только Федеративная Республика Германии. Литературные сведения в этой области были очень скудными.

Несмотря на то, что производство соляной кислоты развивалось уже много десятков лет, материалов, стойких к ее воздействию и обладающих высокой механической прочностью, ко времени проектирования глюкозного цеха было мало: требовались дальнейшие изыскания их.

При использовании сверхконцентрированной 41—42%-ной соляной кислоты к аппаратурному оформлению технологического процесса предъявляются более высокие требования, чем при применении обычной товарной кислоты концентрацией 27—30%. Соляная кислота растворяет большинство металлов. Стойки к ее воздействию золото, платина, тантал, сурьма и некоторые виды сплавов типа Хастеллой. Все эти металлы дороги, поэтому использовать их в аппаратостроении без защитных покрытий можно только в исключительных случаях. Это еще более обостряло положение с подбором материалов для аппаратостроения в солянокислотном производстве.

Технология гидролиза древесины сверхконцентрированной соляной кислотой с последующим выделением кристаллической глюкозы включает большинство процессов и аппаратов химической технологии. Производство глюкозы охватывает широкий диапазон температур, концентраций соляной кислоты, давлений. Во многих узлах применяется также влажный газообразный хлористый водород. Все это значительно затрудняет создание надежно работающих аппаратов для глюкозного производства.

При строительстве опытно-промышленного цеха и монтаже оборудования были применены разные защитные материалы и испытаны аппараты различной конструкции. Дорогостоящих металлов и сплавов, стойких к воздействию соляной кислоты, не применяли. Для изготовления аппаратов использовали только обычную сталь с защитными покрытиями.

Большие трудности встретились при освоении хлоркальциевых аппаратов. Эти трудности были вызваны сильной коррозией греющих элементов и большим пенением раствора хлористого кальция при разгонке регенерированной соляной кислоты. Греющие элементы были выполнены в виде двойных стальных труб (типа Фильда), наружная поверхность которых была покрыта кислото- и термостойкой эмалью. В греющие элементы под давлением около 15 *ати* подавали перегретый пар. Температуру рабочего раствора хлористого кальция в аппарате поддерживали в пределах 145—150°. В этих условиях эмалевое покрытие и металл в некоторых местах быстро разрушались, в трубках образовывались сквозные отверстия.

После длительной эксплуатации и различных переделок от хлоркальциевого аппарата пришлось отказаться и перейти на разгонку соляной кислоты с помощью концентрированной серной кислоты (купоросного масла). Купоросное масло, предназначенное для основного производства Канского гидролизного завода, сначала направляли в опытно-промышленный цех, где использовали для десорбции хлористого водорода из привозной и регенерированной соляной кислоты. В процессе десорбции серная кислота разбавлялась водой, содержавшейся в растворе соляной кислоты, до концентрации 75%. После отдувки воздуха небольшого количества оставшегося хлористого водорода серная кислота без потерь поступала в основное производство. Такой способ получения газообразного хлористого водорода на крупных промышленных заводах может иметь лишь ограниченное применение. В связи с этим в настоящее время заканчивается отработка двух новых способов получения газообразного хлористого водорода и вывода избыточной воды.

Первый способ заключается в ступенчатой ректификации соляной кислоты в двухколонном аппарате. В одной колонне при атмосферном давлении выделяется газообразный хлористый водород, в другой — при вакууме отгоняется вода. Принцип работы аппарата основан на изменении концентрации азеотропа (нераздельно-кипящий состав) соляной кислоты в зависимости от давления.

По второму способу проводится солевая ректификация соляной кислоты в одной колонне при атмосферном давлении. Этот способ основан на том, что при добавлении к соляной кислоте определенного количества хлористого кальция разрушается азеотроп соляной кислоты и появляется возможность отгонять газообразный хлористый водород. Отбираемый из нижней части колонны слабый раствор хлористого кальция концентрируется путем выпаривания воды и вновь направляется в колонну для ректификации соляной кислоты.

В период пуска цеха и в процессе работы встретились затруднения при эксплуатации фаолитовых центробежных насосов, которые из-за плохого качества часто выходили из строя (ломались рабочее колесо и фаолитовые фланцы, плохо работало сальни-

ковое уплотнение). В связи с этим фаолитовые центробежные насосы были реконструированы, после чего стали надежно работать.

Была разработана конструкция трубчатых графитовых теплообменников площадью теплообмена 20 и 7,5 м<sup>2</sup>. В настоящее время эти теплообменники работают вполне надежно при использовании соляной кислоты и газообразного хлористого водорода любой концентрации. Был создан вакуум-выпарной аппарат оригинальной конструкции для выпарки солянокислых гидролизатов. Греющие элементы аппарата представляют собой графитовые трубы. Этот аппарат успешно эксплуатируется.

В дальнейшем значительно упростили узел получения 41%-ной соляной кислоты и отказались от многоколонной системы абсорберов с большим количеством промежуточных емкостей, циркуляционных фаолитовых насосов и графитовых теплообменников. Эту систему заменили малогабаритным высокопроизводительным ротационным абсорбером, который успешно эксплуатируется в течение длительного времени.

В первый период работы опытно-промышленного цеха кристаллическую глюкозу получали без предварительного гидролиза древесины. Растворы глюкозы содержали большое количество гемицеллюлозных моносахаридов и других веществ. Из-за низкой доброкачественности растворов прямая кристаллизация глюкозы была невозможна. Кристаллизацию глюкозы проводили через ее двойное соединение с хлористым натрием. Это позволило исключить из технологического процесса фильтрацию и ионообменную очистку кислого инверта и резко упростить кристаллизацию. Однако из-за того, что не проводили предварительного гидролиза, выход кристаллической глюкозы составлял только 10—15% от веса исходной абс. сухой древесины.

Введение предварительного гидролиза древесины разбавленной соляной кислотой, а также совершенствование процессов подготовки сиропов к кристаллизации и самой кристаллизации позволили резко увеличить выход кристаллической глюкозы, который в настоящее время значительно превысил выход, предусмотренный проектом. По качеству получаемая глюкоза отвечает требованиям ГОСТа на глюкозу пищевую кристаллическую.

Однако проведение предварительного гидролиза древесины разбавленной соляной кислотой путем стационарной варки приводит к повышенным безвозвратным потерям хлористого водорода с предгидролизатом. На сушку сильно увлажненного целлюлозного требуется много тепла. В процессе сушки целлюлоза частично истирается до пыли и теряется вместе с теплоносителем (воздухом или газом). В связи с этим возникла необходимость изыскать новые технологические приемы проведения предварительного гидролиза древесины.

В настоящее время отрабатывается комбинированный режим гидролиза древесины концентрированной соляной кислотой в

диффузионной батарее. В этом случае сухая древесина в одной диффузионной батарее подвергается предварительному и основному гидролизу концентрированной соляной кислотой, причем раздельно отбираются предгидролизат и основной гидролизат.

В результате исследований, проектирования, строительства и пуска Канского цеха глюкозы накоплен большой опыт по конструированию и изготовлению аппаратуры, находящейся под воздействием концентрированной соляной кислоты, а также освоен технологический процесс получения глюкозы.

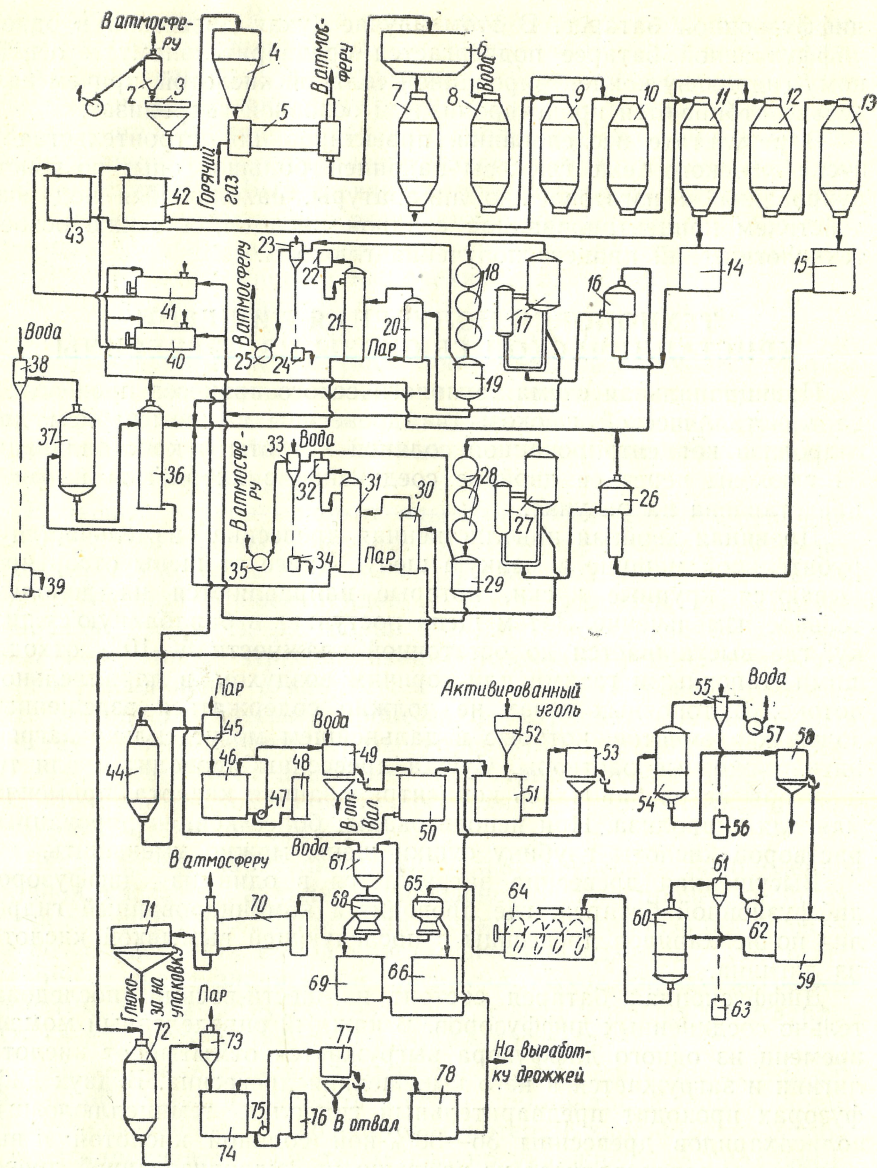
## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ГЛЮКОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Принципиальная схема технологического процесса производства кристаллической глюкозы из древесины с применением для гидролиза концентрированной соляной кислоты и кристаллизацией глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием представлена на рисунке.

Дровяная хвойная или лиственная древесина измельчается в рубильной машине в мелкую щепу. Далее от щепы отсортировываются крупные куски, которые направляются на дополнительное измельчение. Затем щепа поступает в барабанную сушилку, где высушивается до остаточной влажности 5—10% отходящими топочными газами или горячим воздухом в параллельном потоке. В топочных газах не должно содержаться взвешенных зольных элементов, которые в дальнейшем могут сильно загрязнить глюкозные растворы. Сушка древесины проводится для того, чтобы не разбавлялась концентрированная кислота, применяемая для гидролиза. При использовании более концентрированных растворов кислоты глубину сушки щепы можно уменьшить.

Высушенная древесина загружается в один из диффузоров диффузионной батареи, где проводится комбинированный гидролиз полисахаридов древесины с последующей вымывкой кислоты из лигнина.

Диффузионная батарея состоит из шести-восьми последовательно соединенных диффузоров. В каждый определенный момент времени из одного диффузора выгружается отмытый от кислоты лигнин и загружается в него высушенная древесина. В двух диффузорах проходит предварительный гидролиз гемицеллюлозных полисахаридов древесины 36—38%-ной соляной кислотой и вытесняется предгидролизат из частично прогидролизованной древесины. В следующих двух-трех диффузорах проходит гидролиз целлюлозы 40—41%-ной соляной кислотой и в остальных от лигнина отмывается водой кислота. Вытесненная из лигнина кислота или непосредственно передается в ту часть батареи, где происходит гидролиз, причем добавляется необходимое количество более концентрированной соляной кислоты, или отбирается из батареи, дополнительно укрепляется газообразным хлористым водо-



Принципиальная схема технологического процесса производства кристаллической глюкозы из древесины:

1 — рубительная машина; 2 — циклон; 3 — сортировка; 4 — бункер для сырой щепы; 5 — барабанная сушилка; 6 — бункер для сухой щепы; 7 — диффузор, находящийся под выгрузкой лигнина и загрузкой щепы; 8 и 9 — диффузоры, в которых из лигнина отмывается водой кислота; 10 и 11 — диффузоры, в которых проходит гидролиз целлю-

лозом до необходимой концентрации и затем возвращается на гидролиз.

Гидролиз древесины концентрированной кислотой в диффузионной батарее проводится при комнатной температуре. Чтобы ускорить процесс гидролиза, можно повысить температуру до 40° или увеличить концентрацию кислоты.

При соответствующих режимах под действием 36—38%-ной соляной кислоты проходит гидролитическое расщепление основной части гемицеллюлозных полисахаридов и практически не затрагивается целлюлоза. При этом небольшое количество гемицеллюлозных полисахаридов остается нерасщепленным вместе с целлюлозой.

Растворы сахаров в кислоте после гидролиза гемицеллюлозы и целлюлозы отбираются из диффузионной батареи каждый в отдельности.

Таким образом, в диффузионной батарее проходят три процесса — предварительный гидролиз гемицеллюлозных полисахаридов, основной гидролиз целлюлозы и вымывка кислоты из лигнина. Отдельно диффузоры в процессе работы через определенные промежутки времени меняют свое назначение.

При предварительном и основном гидролизе полисахаридов древесины получают растворы сахаров в концентрированной соляной кислоте (гидролизаты). Под действием концентрированной соляной кислоты на древесину при обычной температуре основная часть полисахаридов распадается на еще сложные молекулы. В этом случае полисахариды не расщепляются до образования простейших сахаров (моносахаридов).

лозы; 12 и 13 — диффузоры, в которых проходит предварительный гидролиз гемицеллюлозных полисахаридов; 14 — сборник основного (целлюлозного) гидролизата; 15 — сборник предгидролизата (гемицеллюлозного); 16 — первая ступень выпарки основного гидролизата; 17 — вторая ступень выпарки основного гидролизата; 18 — конденсатор-холодильник; 19 — сборник 30—32%-ной соляной кислоты; 20 — третья ступень выпарки основного гидролизата; 21 — колонна для укрепления соляной кислоты после третьей ступени выпарки; 22 и 32 — дефлегматоры; 23, 33, 38, 55 и 61 — барометрические конденсаторы; 24, 34, 39, 56 и 63 — барометрические ящики; 25, 35, 57 и 62 — вакуум-насосы; 26 — первая ступень выпарки предгидролизата; 27 — вторая ступень выпарки предгидролизата; 28 — конденсатор-холодильник; 29 — сборник 30—32%-ной соляной кислоты; 30 — третья ступень выпарки предгидролизата; 31 — колонна для укрепления соляной кислоты после третьей ступени выпарки; 36 — колонна для выделения газообразного хлористого водорода; 37 — выпарной аппарат для концентрирования раствора хлористого кальция; 40 — ротационный абсорбер для получения 41%-ной соляной кислоты; 41 — ротационный абсорбер для получения 36%-ной соляной кислоты; 42 — сборник 41%-ной соляной кислоты; 43 — сборник 36%-ной соляной кислоты; 44 — инвертор целлюлозного гидролизата; 45 — испаритель-сепаратор; 46 — нейтрализатор; 47 — циркуляционный центробежный насос; 48 — дозатор раствора 30%-ного каустика; 49, 53, 58 и 77 — фильтрпрессы; 50 — сборник промывных вод; 51 — контактный чан для осветления нейтрализата; 52 — бункер-дозатор активированного угля; 54 и 60 — вакуум-выпарной аппарат; 59 — сборник фильтра; 64 — кристаллизатор; 65 — центрифуга для кристаллов двойного соединения; 66 — сборник оттока (гидрола); 67 — аппарат для разложения двойного соединения глюкозы с хлористым натрием; 68 — центрифуга для отделения кристаллов глюкозы; 69 — сборник оттока от разложения двойного соединения; 70 — барабанная сушилка для кристаллов глюкозы; 71 — сортировка (рассев) кристаллов глюкозы; 72 — инвертор предгидролизата; 73 — испаритель-сепаратор; 74 — нейтрализатор; 75 — циркуляционный центробежный насос; 76 — дозатор известкового молока; 78 — сборник нейтрализата гемицеллюлозных сахаров

В предгидролизате содержится около 20—23% сахароз, 25—26% хлористого водорода, остальное — вода и различные примеси. В основном гидролизате сахара составляют 18—20%, хлористый водород 34—36%.

Гидролизаты после гидролиза гемицеллюлоз и целлюлозы, отобранные отдельно из диффузионной батареи, также направляются на выпарную батарею, где из них выделяется хлористый водород, который возвращается в производство.

Первая ступень выпарки проводится в непрерывно действующем подогревателе при атмосферном давлении очень быстро. Гидролизат в течение 1—1,5 мин. подогревается глухим паром приблизительно до температуры 90°. При этом выделяется газообразный хлористый водород, который отводится в аппарат для поглощения и получения концентрированной соляной кислоты.

На второй ступени гидролизат выпаривается также путем обогрева глухим паром в непрерывно действующем выпарном аппарате, работающем при вакууме (остаточное давление 20—50 мм рт. ст.). Вакуум создается при помощи обычно применяемых в промышленности неацетиленовых вакуум-насосов. Вакуум дает возможность снизить температуру кипения упариваемого гидролизата и тем самым исключить разрушение сахаров под действием температуры и кислоты. На второй ступени выпарки отгоняется смесь паров воды и газообразного хлористого водорода. Эта смесь, проходя через теплообменники, охлаждается. Пары воды конденсируются и поглощают весь выделившийся хлористый водород, образуя 30—32%-ную соляную кислоту, которая затем укрепляется газообразным хлористым водородом до необходимой концентрации. После второй ступени выпарки получается концентрированный (около 65—70%) сахарный раствор, в котором содержится еще значительное количество хлористого водорода (9—12%). Этот хлористый водород уже не удается выделить обычной отгонкой.

Со второй ступени упаренный гидролизат поступает на третью ступень, где, проходя через тарельчатую колонну, продувается острым паром; при этом примерно половина содержащегося в гидролизате хлористого водорода отгоняется вместе с паром. Смесь пара и хлористого водорода, не конденсируясь, направляется во вторую колонну для укрепления кислоты. В этой колонне из парогазовой смеси получается 20—23%-ная соляная кислота, которая поступает в систему аппаратов, где разделяется на газообразный хлористый водород и воду.

Процессы на третьей ступени выпарки также проходят при вакууме. Упаренный гидролизат, содержащий около 65% сахара и 5% хлористого водорода, непрерывно отводится из первой колонны третьей ступени выпарки и направляется на дальнейшую переработку.

В процессе гидролиза древесины и выделения хлористого водорода из гидролизата накапливается некоторое количество избы-

точной воды. Она поступает с влагой древесины, добавляется в процессе отмывки кислоты из лигнина и образуется при отдувке паром остаточного хлористого водорода из упаренного гидролизата на третьей ступени выпарки. Поэтому из производственного цикла необходимо выводить избыточную воду без потерь хлористого водорода. В то же время в процессе гидролиза древесины и выпарки гидролизата безвозвратно теряется некоторое количество хлористого водорода из-за неполной отмывки кислоты из лигнина и неполного извлечения хлористого водорода из гидролизата в процессе выпарки. Чтобы восполнить потери хлористого водорода, можно использовать привозную 30%-ную соляную кислоту.

Вывод избыточной воды и получение газообразного хлористого водорода производится на специальной установке, состоящей из ректификационной колонны и выпарного аппарата. Для вывода избыточной воды в ректификационную колонну вводят всю 20%-ную соляную кислоту с третьей ступени выпарки и часть 30%-ной кислоты со второй ступени выпарки гидролизата, а для восполнения потерь хлористого водорода — определенное количество привозной 38%-ной соляной кислоты. В ту же колонну подают 50%-ный раствор хлористого кальция, под действием которого разрушается азеотроп соляной кислоты, что обеспечивает разделение воды и хлористого водорода в процессе ректификации. Из ректификационной колонны сверху отводится газообразный хлористый водород, а снизу — разбавленный до 30%-ной концентрации раствор хлористого кальция, практически не содержащий хлористого водорода. Этот раствор поступает в выпарной аппарат, в котором отгоняется вода. Затем раствор вновь концентрируется до содержания 50% хлористого кальция. В этой системе определенное количество хлористого кальция находится в постоянном кругообороте.

Выводить избыточную воду и получать газообразный хлористый водород можно также в несколько более сложной системе ступенчатой ректификации соляной кислоты, не вводя раствор хлористого кальция. Ступенчатая ректификация основана на изменении состава азеотропа соляной кислоты в зависимости от давления. Система ступенчатой ректификации состоит из двух взаимно связанных ректификационных колонн, одна из которых (для выделения газообразного хлористого водорода) находится под атмосферным давлением, а в другой (для выделения воды) поддерживается вакуум.

Газообразный хлористый водород с ректификационной установки и с первой ступени выпарки поступает в ротационный абсорбер для получения концентрированной (36- и 41%-ной) соляной кислоты. Концентрированная соляная кислота получается в результате укрепления 30—32%-ной соляной кислоты, поступающей со второй ступени выпарки. Ротационный абсорбер представляет собой горизонтально расположенный закрытый с торцов ци-

линдр (барабан), на внутренней поверхности которого расположены охлаждающие графитовые трубы. По трубам проходит холодная вода или охлажденный рассол, нагревающийся теплом, выделяющимся при поглощении газообразного хлористого водорода кислотой. Внутри барабана установлен вал с перфорированными дисками. Примерно на одну треть барабан заполняют проточной 30—32%-ной соляной кислотой, которая при вращении дисков смачивает их поверхность, а также разбрызгивается, образуя мелкие капли и туман, что создает хорошие условия для поглощения (абсорбции) газообразного хлористого водорода и укрепления кислоты до необходимой концентрации. Газообразный хлористый водород в ротационный абсорбер подается в противотоке с соляной кислотой.

Описанные узлы технологического процесса получения глюкозы из древесины — измельчение, сортировка и сушка, комбинированный гидролиз полисахаридов, регенерация кислоты из лигнина, два потока трехступенчатой выпарки гидролизатов (целлюлозного и гемицеллюлозного), удаление избыточной воды и получение газообразного хлористого водорода, а также получение концентрированной 36—38%-ной кислоты для проведения предварительного и основного гидролиза полисахаридов древесины можно условно объединить в гидролизно-кислотное отделение.

Последующие узлы технологического процесса получения кристаллической глюкозы из древесины можно объединить в продуктовое отделение.

Упаренный целлюлозный гидролизат разбавляют промывными водами от первой фильтрации до концентрации сахара в растворе 15—20%. Затем к раствору добавляют частично отработанный активированный уголь от второй фильтрации, служащий для первого осветления раствора. Полученную смесь нагревают и при температуре 100—130° выдерживают в течение определенного периода времени. При этом под действием остаточного количества хлористого водорода, содержащегося в упаренном гидролизате, проходит дополнительный гидролиз (инверсия) еще сложных сахаров упаренного гидролизата до образования свободной глюкозы. Гидролизат (инверт) нейтрализуют натриевым основанием (раствором каустика или соды), при взаимодействии которого с хлористым водородом в растворе образуется хлористый натрий. Нейтрализат фильтруют с целью отделить отработанный активированный уголь и выпавшие коллоидные вещества. Осадок промывают, чтобы извлечь удержанный им сахар, и направляют в отвал, а промывные воды используют для разбавления упаренного гидролизата.

Отфильтрованный нейтрализат вторично осветляют свежим активированным углем, который затем отфильтровывают и без промывки используют при инверсии.

Осветленный и отфильтрованный нейтрализат подвергают вакуум-выпарке, при которой достигается концентрация растворен-

ных сухих веществ до 50%. Далее нейтрализат проходит контрольную фильтрацию для устранения всех взвешенных частиц и уваривается также под вакуумом до содержания сухих веществ 80—82%. Уваренный раствор в виде густого сиропа поступает на кристаллизацию.

При определенном количестве хлористого натрия глюкоза быстро выпадает в виде кристаллов двойного соединения с хлористым натрием, имеющих состав  $(C_6H_{12}O_6)_2 NaCl \cdot H_2O$ .

Кристаллы двойного соединения обладают свойством распадаться на составные части при смешении с определенным количеством воды. При температуре ниже 28,5° двойное соединение распадается с выделением чистых кристаллов гидратной глюкозы, причем весь хлористый натрий с небольшим количеством глюкозы остается в растворе. При температуре выше 92,5° двойное соединение распадается с выделением чистых кристаллов хлористого натрия, а глюкоза остается в растворе.

С учетом свойства глюкозы образовывать двойное соединение с хлористым натрием, а также способности двойного соединения распадаться в определенных температурных условиях при смешении с водой на составные части разработана принципиально новая технология кристаллизации глюкозы. Она характеризуется тем, что все процессы протекают с большой скоростью. Это позволяет резко сократить производственные площади и необходимую аппаратуру. Кристаллизацию глюкозы через ее двойное соединение с хлористым натрием можно проводить в специальных кристаллизаторах путем снижения температуры кристаллизуемого раствора или в выпарных аппаратах подобно кристаллизации сахарозы в сахарной промышленности (варка на кристалл) путем частичного испарения воды.

После окончания процесса кристаллизации смесь кристаллов двойного соединения и межкристального раствора разделяют на центрифугах. Межкристальный раствор можно направить для дополнительного извлечения глюкозы или использовать для выращивания пекарских или кормовых дрожжей.

Кристаллы двойного соединения промывают на центрифуге водой, после чего разлагают с целью выделения чистой кристаллической глюкозы. Для разложения кристаллы двойного соединения в течение нескольких секунд тщательно смешивают с небольшим количеством холодной воды. При этом кристаллы очень быстро растворяются в воде. Полученный раствор выдерживают в покое или при легком перемешивании в течение 15—30 мин. (в зависимости от температуры массы). За это время очень быстро выделяются кристаллы гидратной глюкозы. Смесь кристаллов глюкозы и межкристального раствора разделяется на центрифуге. Оттек после фугования и воду от промывки кристаллов глюкозы направляют на осветление в основной поток и затем используют для дополнительного извлечения глюкозы. Кристаллы глюкозы высушивают в барабанной сушилке теплым воздухом, рассеива-

ют и упаковывают. Опыт работы глюкозного цеха Канского гидролизного завода показал, что кристаллическая глюкоза из древесины отвечает всем требованиям ГОСТа на пищевую кристаллическую глюкозу из крахмала.

## ВЫВОДЫ

Для развития производства пищевой кристаллической глюкозы из древесины или других видов целлюлозосодержащих растительных материалов методом гидролиза концентрированной соляной кислотой в Советском Союзе имеются неограниченные возможности. Химическое машиностроение в СССР располагает необходимыми защитными материалами и в состоянии изготовить все виды оборудования для производства глюкозы из древесины.

Себестоимость пищевой кристаллической целлюлозы из кукурузного крахмала значительно выше, чем глюкозы из древесины; производство ее из непищевого растительного сырья является высокорентабельным.

Проектировать первые гидролизно-глюкозные заводы, очевидно, целесообразно на основе следующей технологической схемы: гидролиз древесины проводится концентрированной соляной кислотой, основной гидролизат перерабатывается в кристаллическую глюкозу через ее двойное соединение с хлористым натрием. Кристаллическая глюкоза должна являться основным видом продукции, определяющим высокую рентабельность производства. Предгидролизат и оттеки глюкозного производства следует использовать для выработки кормовых дрожжей, выпуск которых в ближайшие годы должен быть резко увеличен.

Оттеки гидролизно-глюкозных заводов целесообразно будет направлять на заводы пекарских дрожжей. Дело в том, что в ближайшие годы на большинстве сахарных заводов будут введены сепарационные цехи для дополнительного извлечения сахара из мелассы, и возможность использования ее для производства пекарских дрожжей будет исключена.

Солянокислый лигнин гидролизно-глюкозных заводов может быть использован для получения лигнофенольных смол и гранулированного угля.

Технология получения кристаллической глюкозы из древесины должна быть значительно усовершенствована, что позволит повысить экономическую эффективность производства. Все технологические узлы следует перевести на непрерывные процессы; нужно использовать побочные продукты для выработки многоатомных спиртов, фурфурола, органических кислот, оксиметилфурфурола, бутилового спирта и др.