

18+

М. С. Елисеев

# Виноградная водка

записки практика



# Михаил Сергеевич Елисеев

## Виноградная водка.

### Записки практика

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=51139910](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=51139910)*

*ISBN 9785449825490*

#### **Аннотация**

Книга представляет собой практическое руководство по получению в домашних условиях качественного этилового спирта путём перегонки виноградного вина, перебродившего настоя выжимок виноградной мезги и сахарной браги. Вместе с кратким описанием основных физико-химических процессов, протекающих при подготовке виноматериала и его перегонке в этиловый спирт, в книге приведены чертежи двух перегонных аппаратов оригинальной конструкции.

# Содержание

Предисловие	5
Глава 1. Немного истории	20
Глава 2. Брожение	30
Глава 3. Дрожжи и углеводы	42
Углеводы	48
(C + H <sub>2</sub> O) n	49
Глава 4. Испарение, кипение, конденсация	67
Глава 5. Дистилляция и ректификация	80
Конец ознакомительного фрагмента.	92

# Виноградная водка

## Записки практика

**Михаил Сергеевич Елисеев**

© Михаил Сергеевич Елисеев, 2020

ISBN 978-5-4498-2549-0

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

*Ничто не происходит без  
достаточного основания.  
М. В. Ломоносов, 1741 г.*

# Предисловие

Эта книга для людей инициативных, любознательных, склонных к творчеству и имеющих возможность выделить для своих занятий хотя бы немного свободного времени. Если следовать изложенным в ней советам и рекомендациям, то результат превзойдёт все ожидания и весьма благотворно скажется на здоровье, в том числе близких друзей и родственников.

Книга основана только на собственных материалах автора, полученных при изготовлении виноградной водки в домашних условиях.

Непосредственным поводом к началу работы и, как следствие, к написанию книги послужил банальный телевизионный сюжет «лихих» 90-х годов по пресечению милицией деятельности подпольных производителей спиртного. На телеэкране какой-то подозрительного вида субъект в телогрейке, не особо стараясь, разливал ковшиком по бутылкам замешенное в бытовой ванной пойло. В самом сюжете не было ничего особенного для того времени – грязь, тараканы, мухи, но поразительным было наличие внушительного количества новеньких, только что из печати фирменных этикеток известного отечественного изготовителя водки, которые вместе с акцизными марками наклеивались на бутылки с произведённым зельем. А тут ещё сосед по гаражному

кооперативу угостил восхитительной померанцевой настоеккой и под большим секретом сообщил, что вообще-то самостоятельно произведённый продукт (язык не поворачивается назвать его самогоном) это вовсе не та мутноватая жидкость, которую раньше в деревнях гнали из свёклы, разливали из чайника в 125 граммовые стаканчики и тут же накрывали их кружком свежего огурца – дух у напитка был весьма забористым (в далёком 1966 году автору – тогда ещё студенту «посчастливилось» попробовать такой самогон в стройотряде и воспоминания о нём не истёрлись из памяти до сих пор).

Известно, что домашнее производство крепких спиртных напитков в России существовало всегда. Кто-то занимался этим с целью наживы, а кто-то силу сложившихся обстоятельств. Например, далеко не бедный профессор Преображенский в «Собачем сердце» М. Булгакова (1925 г.) весьма похвально отзывался о 40° водке, изготовленной его кухаркой – другой-то просто не было, так как продажа водки населению была запрещена ещё царским правительством после вступления России в Первую мировую войну в августе 1914 г.<sup>1</sup> – весь этиловый спирт направлялся на нужды армии и медицины. Большевики в 1917 году продлили запрет и сняли его только в январе 1924 г. В массовую продажу водка

---

<sup>1</sup> Одновременно Синод запретил рождественскую ёлку как католическую заветю, а решением правительства Санкт-Петербург был переименован в Петроград [62]. Позднее всё свалили на большевиков.

поступила в октябре 1925 г. Крепость её составляла 30°.

То ли за специфическую реакцию на неё организма, то ли по имени инициатора её выпуска – председателя Совета народных комиссаров А. И. Рыкова в народе эту водку прозвали «рыковкой»<sup>2</sup>, хотя вплоть до 1940 года водку делали только из пшеницы, ржи, овса и ячменя. В 1926 г. в продаже появилась уже 40° водка<sup>3</sup>, а в 1932 г. Сталин даже закрыл общества трезвости – нужны были деньги на индустриализацию страны [2]<sup>4</sup>.

Государство, держащее монополию на производство крепкого алкоголя, как могло, боролось с нелегальными производителями. Их штрафовали, отнимали оборудование, подвергали осмеянию в средствах массовой информации, при-

---

<sup>2</sup> К слову сказать, сам Алексей Иванович Рыков водкой своего имени далеко не пренебрегал [65].

<sup>3</sup> «Автором» водки крепостью 40° было российское правительство. В 1860 г. Государственный Совет ввёл акцизную систему взимания налога, при которой величина налога прямо зависела от содержания спирта в напитках и их крепость стала жёстко регламентироваться. Тут же выяснилось, что крепость водки на пути от производителя к потребителю понижалась, причём далеко не всегда в силу естественных причин. В 1886 г. постановлением правительства было определено, что «крепость вина, водок и других питей, получаемых из вина и спирта, в продаже не должна быть ниже: в губерниях великороссийских, Ставропольской и сибирских для продажи питей из заводских подвалов и оптовых складов – сорока градусов, а из мест раздробительной продажи тридцати восьми градусов» (журнал «Санкт-Петербургский университет», №4, 13.02.1998 г.).

<sup>4</sup> В 1943 г. в разгар Великой Отечественной войны И.В.Сталин распорядился построить Московский завод шампанских вин, чтобы было с чем отпраздновать победу над гитлеровской Германией [3].

влекали к уголовной ответственности – на заре советской власти самогонварение приравнивалось к контрреволюции и за него могли поставить к стенке, а по Указу Верховного Совета СССР от 1948 г. за изготовление и продажу самогона полагалось не менее 6 лет с конфискацией имущества<sup>5</sup>.

Но что никогда и никем не ставилось под сомнение, так это относительная безвредность продукта. В зависимости от усердия и прилежности производителя самогон мог быть мягким и душистым или иметь грубый вкус и неприятный запах, но не было случая, чтобы кто-нибудь отправился к праотцам, выпив рюмку домашнего, да ещё настоящего на травах самогона. Изготовленный из натуральных продуктов, самогон, по существу, не был фальсифицированным алкоголем. Ведь никому и в голову не приходило писать на бутылке самогона «Коньяк» или «Водка». Само латинское слово *falsifico* означает подделку чего-либо в корыстных целях. Фальсификация – это когда в бутылке с этикеткой «Водка» содержится разведённый водой синтетический или гидро-

---

<sup>5</sup> <sup>2</sup> Не церемонились и с пьющей публикой. До горбачёвской «перестройки» при всех районных отделениях милиции существовали медвытрезвители, куда милиционеры и дружинники из числа гражданских лиц принудительно доставляли перепивших граждан. Пьяного раздевали до нижнего белья, при необходимости протрезвляли под холодным душем и оставляли отсыпаться на топчане под простынёй или тонким одеялом. В 1960—65 г.г. постоянных посетителей вытрезвителя или особо буйных могли постричь наголо, а женщинам машинкой выстричь на голове полосу от лба к затылку. За попадание в вытрезвитель полагался штраф и сообщение на работу, что грозило крупными неприятностями вплоть до увольнения по решению товарищеского суда.

лизный этиловый спирт, а то и сушая отравы – метиловый спирт. Например, в мае 2011 года российские туристы в Турции насмерть отравились фальсифицированным виски, содержащим метиловый спирт.

Массовая торговля именно фальсифицированными спиртными напитками, т.е. изготовленными не из пищевых и тем более не из зерновых продуктов, началась после того, как наш первый Гарант – Б.Н.Ельцин по какой-то одному ему известной причине, а скорее всего по пьяни, отменил успешно просуществовавшую более 68 лет государственную монополию на производство и реализацию крепких спиртных напитков. Эта монополия не только обеспечивала высочайшее качество отечественных водок и коньяков, но и приносила державе доход, достаточный для содержания вооружённых сил всего СССР (в 2010 г. в доходы государства попадало чуть более 1% от продажи спиртного). После отмены монополии Россия захлебнулась суррогатными напитками из гидролизного и синтетического спиртов, употреблявшихся в странах-изготовителях разве что для розжига мангалов и каминов. Отравления алкогольными суррогатами в конце 90-х годов стали широко распространённым явлением, и одному Богу известно, сколько десятков тысяч человек отправилась на тот свет прямо с собственных именин или из-под новогодней ёлки. Только по официальным данным [4] в 1996 году от употребления алкогольных суррогатов в России погибло около 60 тыс. человек.

К 2006 году – времени начала работы над материалами книги, ситуация на рынке алкогольной продукции несколько нормализовалась – откровенная отравка практически исчезла<sup>6</sup>. Но по данным СМИ в том же 2006 году в России было произведено 5 млрд. бутылок водки, из которых 50% были поддельными<sup>7</sup>. А 18.06.2012 г. по телевизионному каналу ТВЦ прошло сообщение, что в 2011 году в РФ официально было произведено 940 млн. литров водки, акциз собран с 800 млн. литров, но в розничной торговле было продано аж 1 миллиард 530 миллионов литров, т.е. почти в полтора раза больше, чем выпустили официально. Понятно, что мелкие мошенники с ковшиками и ржавыми ваннами такого количества водки из ворованного спирта произвести не мог-

---

<sup>6</sup> Отдельные рецидивы, конечно, были и неизбежны в будущем. Так в конце июля 2012 г. телеканал РЕН ТВ показал, как полицейские накрыли в Москве подпольный цех по производству виски. Четверо таджиков, один из которых со сломанной ногой продолжал закупоривать бутылки даже в присутствии полиции, разливали по бутылкам спирт неизвестного происхождения, разбавленный водопроводной водой, а для колера добавляли битумную мастику (!), которой покрывают днища автомобилей от коррозии. И это не только чисто российская беда. Так в середине сентября 2012 г. 25 человек в Чехии и 4 в Польше насмерть отравились крепким алкогольным напитком, содержащим метиловый спирт. А в декабре 2014 г. в Англии (Англии!!!) было создано специальное секретное отделение полиции для борьбы с поставщиками контрафактного алкоголя, чтобы чопорные, но прижимистые английские джентльмены не травились на дармовщинку смесью порошкового виноградного сока, низкопробного этилового спирта и синтетической лимонной кислоты, которую им всучивали по сходной цене оборотистые парни из Восточной Европы под видом элитного французского вина.

<sup>7</sup> Газета «Известия» в номере от 24.11.2010 г. вновь подтвердила эту цифру.

ли, да и столько стеклотары по помойкам не насобираешь. Это значит, что «левая» водка была произведена на тех же легальных спиртзаводах из неучтённого т.е. заведомо некондиционного сырья. Водкой из такого сырья не отравишься, но по вкусу она существенно хуже выпущенной официально. В том, что всё обстоит именно так, многие убеждались на собственном опыте, когда одна из двух купленных в магазине бутылок водки одной и той же марки, взятых с одной полки, на поверку оказывалась «палёной».

Дело в том, что повсеместное применение в производстве этилового спирта ректификационных колонн (о них см. ниже) позволило получать спирт высокой химической чистоты практически из любого сырья, хоть из коровьего навоза, что было наглядно продемонстрировано в прямом эфире корреспондентами телекомпании НТВ 15.10.2010 г. (правда, пить его они не стали). Мизерная себестоимость спирта, полученного ректификацией не из отборной пшеницы и ржи, а из чего угодно – гнилого картофеля, подопревшего зерна, мороженой свёклы, отходов сахарного, деревоперерабатывающего производства и химической промышленности, стала приносить фантастические доходы производителям, но водка из такого спирта перестала быть той водкой, какой она была даже до горбачёвской «перестройки». Во-первых, она утратила характерные аромат и послевкусие. Сейчас мало кто помнит, но ещё в 60-х годах прошлого века рюмку водки можно было с удовольствием выпить и не заку-

сывая. Во-вторых, под воздействием выпитого, человек уже не расслаблялся и не приходил в благодушное состояние, а наоборот становился злым, нетерпимым и агрессивным. Последствия от употребления водки стали одинаково неприятными, независимо от того, какая водка была выпита накануне – за 200 руб. или за 1500 руб. – спирт ректификат в них один и тот же! Даже перегонять эту водку в домашних условиях с целью улучшения качества стало бессмысленным, т.к. любой кустарный перегонный аппарат не может сравниться по точности разделения спиртосодержащих смесей с промышленной ректификационной колонной, и дело вовсе не в точности перегонки, а в природе используемых для брожения продуктов. Если для производства водки используются кондиционная пшеница, рожь, ячмень<sup>8</sup>, свежий виноградный жом или, наконец, обыкновенный сахар, то для получения качественного продукта вполне достаточно всего двух перегонок виноматериала на дистилляторе заурядной конструкции. Если же исходные продукты были некачественными, то сколько спирт не перегоняй хоть в дистилляторе, хоть в ректификационной колонне, в какие красивые бутылки не разливай<sup>9</sup> – водка из него от этого лучше не ста-

---

<sup>8</sup> До 1940 г. водку изготавливали только из зерновых культур. Сегодня 95% водки производят из спирта «Люкс», при получении которого используют до 35% картофеля.

<sup>9</sup> Окончательно форма пол-литровой водочной бутылки установилась в России примерно к 1928 году. Она обладает свойством «золотого сечения», т.е. определённым, приятным для глаза соотношением диаметров горлышка и цилиндриче-

нет. И абсолютно не имеет значения, отвечал ли формально исходный пищевой спирт требованиям одного из четырёх существующих на него ГОСТов: «Люкс», «Экстра», «Высшей очистки», «1-го сорта»<sup>10</sup>. Всё определяется самочувствием на следующий день после употребления спиртного, даже если накануне водка или коньяк были вполне приемлемыми на вкус. Человеческая алчность пределов не имеет, и проходимцы тоже совершенствуют своё мастерство, к тому же достижения современной химии позволяют фальсифицировать вкус и запах чего угодно.

Насколько успешной может быть такая фальсификация хорошо видно из следующего примера. Как-то в мае 2012 г. телевидение пригласило группу добровольцев человек из двенадцати, самому старшему из которых на вид было лет 40 с небольшим, для дегустации коньяков в прямом эфире. Дегустаторам (это слово надо бы взять в кавычки) предварительно завязали глаза, а затем дали попробовать три

---

ской части к высоте, позволяющим наблюдателю охватывать её одним взглядом с расстояния наполовину вытянутой руки, т.е. за столом. Кроме того, диаметр цилиндрической части был выбран так, чтобы бутылка удобно и надёжно удерживалась одной рукой человека средней комплекции. Кроме пол-литровых бутылок, водку разливали в бутылочки той же формы, но пропорционально уменьшенные в размерах до объёма в 250, 125 и 60 мл, которые в народе любовно называли, соответственно, чекушкой (четвертинкой), шкаликом и мерзавчиком. В СССР одно время продавались красочно оформленные подарочные наборы таких мерзавчиков из 10 шт. с водкой разных сортов.

<sup>10</sup> Из этих 4-х типов спирта сегодня умудряются выпускать больше 5-ти тысяч сортов водки, тогда как в позднем СССР было всего 15. И ведь хватало! И бутылки были стандартными, чем обеспечивалось многократное их использование.

сорта налитого в рюмки коньяка для определения лучшего по качеству. Ребята старательно прихлёбывали и причмокивали, что-то там говорили насчёт букета, аромата и терпкости, но в итоге оконфузились практически все. Когда им сняли повязки, в двух из трёх рюмок оказалась жидкость синего и зелёного цвета, ничего общего не имеющая с коньяком, а в третьей дешёвенький коньяк сомнительного производства. Да и откуда им знать, что такое настоящий коньяк, если самый старший из них родился через 20 лет после того, как настоящий коньяк перестали выпускать (по крайней мере, для широкой продажи). Ну не производит Россия такого количества винограда, чтобы коньяком из него можно было торговать на каждом углу, да ещё по 350 руб. за бутылку.

Но использование недоброкачественных, хотя и пищевых продуктов при производстве этилового спирта – это ещё не вся беда! В технике в громадных количествах получают синтетический этиловый спирт прямой гидратацией этилена [5]<sup>11</sup>. И не иначе как под нажимом водочной мафии, «высокоочищенный» синтетический спирт недавно прошёл токсикологическую экспертизу и разрешён Госсанэпиднадзором

---

<sup>11</sup> Для получения синтетического спирта смесь газообразного этилена с водяным паром пропускают под давлением 65—75 атм. при 280—300°С над катализатором. В свою очередь, этилен получают дегидрированием и пиролизом (при 800°С) дешёвой этан-пропановой смеси, добываемой из попутных нефтяных газов. Нефти у нас много – была бы хорошая вода, чтобы разбавить весь этот суррогат. Кстати, и с чистой водой ситуация становится всё более напряжённой. Неслучайно на бутылках всё чаще пишут «вода испарленная».

РФ для использования в качестве сырья в пищевой промышленности и в производстве алкогольных напитков [6]. И дело не в том, что в России с зерном и картошкой плохо. Просто синтетический этиловый спирт в 6 раз дешевле пищевого – вот и вся арифметика. Кто не верит, пусть обратит внимание на то, как по всей России один за другим разоряются спиртзаводы, производившие водку из натуральных пищевых продуктов по традиционной технологии<sup>12</sup>. А раз так, то синтетический спирт будут непременно добавлять в водку и вопрос только в какой пропорции с «пищевым». Если как в анекдоте про пирожок с рябчиком, в котором половина лошади и половина рябчика, то тогда понятно, почему столько водки производится в некоторых республиках РФ, в которых посевных площадей под пшеницу или картофель практически и нет.

В общем, сложилось положение, выйти из которого можно было двумя путями: или навсегда лишиться себя удовольствия согреться с морозца рюмкой рябиновой или анисовой настойки, или научиться получать пищевой этиловый спирт самостоятельно, тем более что его изготовление для собственных нужд законом не запрещено. К тому же опутавший дач-

---

<sup>12</sup> Вообще-то для того, чтобы в России обанкротился винокурный завод, нужны события чрезвычайного характера. Так из-за экономического спада, последовавшего за первой русской революцией, в 1907 г. в Новониколаевске (Новосибирске) разорились отец и дед будущего президента США Р. Никсона, снабжавшие водкой с построенного ещё его прадедом завода чуть ли не всю Западную Сибирь [52,стр.77].

ный забор виноград широко распространённого сорта Изабелла, из которого при определённых навыках получалось неплохое вино, представлял собой превосходный источник практически дармового сырья.

Обращение к наводнившей в то время книжный рынок литературе по домашнему изготовлению водок сразу же выявило тот факт, что авторы этих изданий (иногда их фамилии даже отсутствовали в выходных данных на книгу) сами никогда перегонкой не занимались. Предлагаемые ими конструкции самогонных аппаратов были ненадёжны, взрывоопасны и, как правило, перерисованы с какого-то одного и того же древнего источника, когда в ходу были печные чугуны. Наоборот, в Интернете рекламировались (в основном на продажу) вполне профессионально сконструированные и изготовленные дистилляторы, но общим их недостатком, наряду с ценой в несколько десятков, а то и сотен тысяч рублей, были вес в незаполненном виде (до 50 кг.) и габарит (высота собранной ректификационной колонки 1,5—1,9 м.). Последнее существенно затрудняло использование таких аппаратов в условиях городской квартиры, т.е. проведения перегонки на обычной газовой плите высотой около 0,9 м при типовой высоте потолков 2,65 м. Кроме того, для изготовления качественного продукта совершенно не требуется высокая степень химической чистоты получаемого спирта – иначе водка из него потеряет характерный аромат и послевкусие, и станет той водкой, которую сейчас

продают в магазинах, т.е. в разбавленный водой химический реактив «Спирт этиловый», крайне вредный для здоровья (о чём будет сказано ниже).

Встречались и совсем уж экзотические предложения. Так в №2 еженедельника «АиФ» в январе 1999 г. рекламировался домашний автоматический микроспиртзавод по габаритам меньше телевизора<sup>13</sup>, якобы позволяющий производить из 1 кг. сахара аж целых 6 бутылок высококачественной водки. Это ни что иное как откровенная дезинформация, поскольку подсчёт молярных масс по обе стороны уравнения распада глюкозы на этиловый спирт и углекислый газ (см. ниже) с учётом плотности спирта 0,8 кг/литр даёт выход спирта из 1 кг. глюкозы не более 0,64 л.<sup>14</sup>, из которых при разбавлении до 40° получается всего 1,08 литра водки [7].

Поскольку ставилась задача создать, так сказать «семейный» аппарат, т.е. небольшой по объёму, разумный по весу, быстро входящий в рабочий режим, достаточно производительный и автоматизированный ровно настолько, чтобы за ним не требовалось постоянного наблюдения, то пришлось обратиться к профессиональной литературе – учеб-

---

<sup>13</sup> Обычный телевизор в это время представлял собой громоздкий ящик с размерами примерно 60х60х70 см.

<sup>14</sup> На практике выход спирта ещё ниже из-за расходования сахара на размножение дрожжей и образование побочных продуктов брожения, включая сивушные масла. Часть спирта теряется в виде уходящих в атмосферу паров при брожении и перегонке. Считается, что брожение и перегонка произведены удовлетворительно, если из 1 кг сахара получился 1л 40° водки.

никам по органической химии, справочникам, пособиям по проведению лабораторных работ и т. п.

В результате удалось спроектировать и изготовить компактный, высокопроизводительный и абсолютно безопасный в работе перегонный аппарат, позволяющий в домашних условиях получать этиловый спирт высокого качества, как из перебродившего виноградного сока, так и других спирто-содержащих жидкостей натурального происхождения<sup>15</sup>.

Конструкция этого аппарата, а также различные технологические приёмы сбраживания, перегонки, очистки и настаивания полученного продукта, опробованные автором, предлагаются вниманию читателей вместе с рассмотрением сопутствующих физических и химических явлений, важных для понимания и правильного проведения процесса перегонки.

Автор благодарен Анатолию Павловичу Шулаеву, организовавшему изготовление аппарата в условиях разваливающегося промышленного производства, Виктору Алексеевичу Ульянову – за предоставление первоначальной рецептуры получения виноградного вина, Виктору Георгиевичу Ворожейкину – за помощь в изготовлении ректификационной колонки и хроматографические исследования качества отдель-

---

<sup>15</sup> В 2011—2014 г.г. самогонные аппараты, в т.ч. и весьма оригинальных конструкций и по приемлемой цене, стали продавать чуть ли не в булочных. Но кто мог знать об этом в 1999 году?!

ных фракций при дробной перегонке в лаборатории ЗАО «Тест—3», а также директору этой организации академику РАН Звереву Юрию Ермолаевичу, благосклонно закрывавшему глаза на нецелевое использование дефицитных расходных материалов, необходимых для этих исследований.

Автор также весьма признателен Киму Павловичу Дробышеву – упомянутому выше соседу по ГСК за посвящение в секреты мастерства, кандидату химических наук Максиму Валериевичу Кузнецову за ряд ценных замечаний по материалам книги и предоставление специальной литературы, Владимиру Викторовичу Мезину за разработку электронной схемы сигнального устройства, а также Ольге Фёдоровне Казмичёвой, любезно взявшей на себя труд по редактированию и вёрстке книги.

Отдельное спасибо дочери и зятю автора – Елене Михайловне и Андрею Викторовичу Новиковым за оформление книги и издание пробных экземпляров, а также сыну – Андрею Михайловичу, проявившему незаурядное терпение при поиске и ксерокопировании нужных автору материалов.

# Глава 1. Немного истории

Приготовление вина путём сбраживания виноградного сока было известно ещё в доисторические времена [8]. Древним египтянам и германцам было знакомо пивоварение, а у северных народов уже довольно рано изготавливались спиртные напитки из мёда. Однако получение винного спирта путём дистилляции<sup>16</sup> виноградного вина стало известно значительно позже. Это открытие было сделано, по видимому, в XI столетии, вероятнее всего в Италии, хотя сам процесс дистилляции был известен почти за тысячелетие до нашей эры [9]. Так ещё в трудах Аристотеля (384—320 гг. до нашей эры) содержится указание как испарять воду нагреванием и сгущать образовавшиеся пары охлаждением, а Зосим во II столетии нашей эры описывает дистилляцию, как уже давно известный процесс. Но получение именно винного спирта путём дистилляции вина и конденсации паров в змеевиковом холодильнике впервые описано итальянцами Марком Греком и Таддеусом Флорентином около 1250 г. [8]<sup>17</sup>. Полученное вещество оказалось прозрач-

---

<sup>16</sup> Дистилляция – от лат. distillation – стекание каплями – разделение жидких смесей на различающиеся по составу фракции. Простая дистилляция – перегонка жидкости из нагреваемого герметичного сосуда (куба) в холодильник (конденсор).

<sup>17</sup> Задолго до этого ещё в VIII веке алхимик Гебер получил крепкую уксусную

ной, легко воспламеняющейся жидкостью, обладающей более сильными по сравнению с вином опьяняющими свойствами, из-за чего было названо по-латыни «спиритус вины» – дух вина. Отсюда произошло старинное русское название спиритус, трансформировавшееся позднее в спирт.

В XIII веке винный спирт применяли только в качестве лечебного средства – в начале секретного<sup>18</sup>. Известный философ и теолог Лулл (1235—1315 гг.) восхвалял способность винного спирта «превращать стариков в юношей» и, ввиду особой ценности вещества, рекомендовал хранить его только в золотой посуде. Кроме того, спирт играл определённую роль в алхимических опытах над получением золота и, особенно, «камня мудрецов» и «жизненного» эликсира. Позднее из-за высокой способности спирта растворять различные вещества его стали использовать в качестве растворителя при изготовлении настоек и эссенций. Распространению винного спирта за пределами Италии как лекарственного вещества в значительной мере способствовала эпидемия чумы в 1348 г. В начале XVIII века в качестве лечебного средства вошла в употребление смесь винного спирта с его эфиром под названием капель Гофмана (2 части 90% спирта и 1 часть серного эфира).

Арабское название алкоголь, под которым понимали лю-

---

кислоту путём дистилляции сырого виноградного уксуса.

<sup>18</sup> Во Франции винный спирт из виноградного вина впервые получил врач-алхимик из Прованса Арно де Вильнёв в 1334 г. и пропагандировал его в качестве целительного средства [4].

бой мелкодисперсный порошок, было впервые дано чистому винному спирту Парацельсом (1493—1541гг.) в XVI веке.

Вопрос о составе и строении винного спирта горячо дискутировался в XVII и XVIII веках. На основе господствовавших в то время взглядов Сталь (1697 г.) считал его соединением тонкой кислоты с растительным маслом и водой [8]. По Бюргаву (1732 г.) он являлся носителем горючести всей материи – простым невесомым веществом с названием флогистон<sup>19</sup>. Картейзер (1736 г.) утверждал, что виноградный спирт это соединение чистого флогистона с чистым водным элементом.

В Россию виноградный спирт был впервые завезён генуэзским посольством, следовавшим через Московское княжество из Кафы (Феодосия) в Литву по случаю обращения ли-

---

<sup>19</sup> В 2009 г. каждый россиянин, включая грудных младенцев, выхлебал по данным Главного санитарного врача РФ Г. Онищенко по 18 литров этого «флогистона», тогда как в начале «перестройки» в 1987 г. только по 3,9 литра. Видимо цифра 18 л. чистого спирта на человека сильно завышена. Скорее всего, кому-то очень уж хотелось унижить свою родину, а желающих оплевать Россию у нас всегда хватало, начиная с А. И. Герцена [52, стр.96] и кончая пакостниками в Интернете. О том, что «русское пьянство» – всего лишь миф, рассказал хорошо известный Анатолий Вассерман [75]: «В середине 19-го века (когда Герцен в Лондоне дубасил в свой „Колокол“, расшатывая основы российской государственности) в Нидерландах любой документ, подписанный после 15<sup>00</sup>, считался недействительным, потому что предполагалось, что к этому моменту добропорядочный нидерландский бюргер так пьян, что подпишет, не глядя, даже собственный смертный приговор. ...А в России в имперские времена купец, за год набравший в сумме больше трёх недель запоя, признавался недееспособным и его имущество передавалось опекуну до полного излечения от алкоголизма».

товского народа в католичество [10]. Под названием аквавита (aqua vitae) он был продемонстрирован княжескому двору, но был признан очень крепким и возможным для употребления только в разбавленном водой виде в исключительно медицинских целях. Второй раз аквавита была завезена в Россию в большем количестве в 1429 г. и снова генуэзцами [9]. Следуя в Литву на Тракайский съезд, на котором великому князю Литвы Витовту должен был быть присуждён королевский сан, они подарили Василию III Тёмному аквавиту в качестве лекарства, но на этот раз напиток был признан не только вредным, но и ввоз его в Московское государство был запрещён.

Начало производства винного спирта из зерновых продуктов в Московском государстве относят к периоду 1425—1440 г., поскольку уже не позднее 1478 г. Иоанн III ввёл государственную монополию на винокурение [9], а в 1506 г. шведский историк сообщал о вывозе из Москвы особого напитка под названием «горящего вина» [2]<sup>20</sup>. Однако вопрос о том, что же послужило первоначальным толчком к началу производства пьянящего напитка в России и именно из зерна, в литературе не освещается.

Известно, что все свои знания человек, так или иначе, получил путём наблюдения и осмысления различных явлений

---

<sup>20</sup> В 80-х годах XIX века Россия вывозила за рубеж до 7 млн. ведер (1 ведро = 12,3 л.) водочного спирта в год. Сама же водка внутри страны до 1885 года по причине отсутствия стеклянной тары продавалась на вынос только этими же ведрами по цене 7 руб ассигнациями за ведро [9].

в природе, которые имели место в ходе его хозяйственной деятельности, когда результат мог быть сознательно воспроизведён какое угодно количество раз подряд. Так естественный процесс образования капель росы на поверхности почвы и наземных объектах при понижении температуры воздуха в предутренние часы, а также закрепившиеся в языке вкусовые качества воды в этих каплях, были известны человеку, наверное, ещё до того, как он научился говорить. Но процесс дистилляции был открыт после того, как наблюдательный доисторический повар впервые накрыл холодной крышкой кипящую жидкость и обнаружил, что на вкус капли жидкости на крышке отличаются от вкуса жидкости в котле (скорее всего, почувствовал отсутствие в них соли).

Точно также при изготовлении и хранении виноградного сока первоначально случайно было установлено, что в неплотно закрытом сосуде он скисает и приобретает пьянящие свойства. Целенаправленное воспроизведение и совершенствование этого процесса позволило получить виноградное вино, а при нагревании вина до температур близких к кипению в каплях конденсата на крышке сосуда был обнаружен винный спирт. После этого дистилляция виноградного вина с целью получения качественного виноградного спирта была лишь вопросом времени. Таким образом, винный спирт был обнаружен и получен в Европе в результате анализа ряда довольно простых явлений, таких как широко распространённое естественное сбраживание виноградного

сока в вино и его перегонка в спирт путём дистилляции.

Но, с другой стороны, хорошо известно [11], что получение спирта из зерновых культур является значительно более сложным процессом. Для этого необходимо наличие в одном месте солода – обычно это ячмень, проросший в затемнённом помещении ростками длиной до 1,0—1,5 см.; увлажнённых зёрен пшеницы или ржи, содержащих крахмал; дрожжей, вызывающих спиртовое брожение осахаренного солодом крахмала зерна, а также перепада температур: от 15—17°C, необходимых для протекания процесса брожения, до 9—10°C, при которых происходит конденсация спиртосодержащих водяных паров. Разумеется, что и само зерно должно быть в некотором избытке, чтобы хлебопек не обращал внимания на непригодность для хлебопечения его незначительной части. В этом смысле представляется интересной и не лишённой основания версия о происхождении водки в России, высказанная технологом одного из ликёроводочных заводов в передаче Российского радио 14.09.1999 г. Она, в частности, утверждала, что возможность получения пьянящих жидкостей из зерновых продуктов была обнаружена древними славянами после того, как из-за избытка зерна у них стало привычным хранить его в крытых ямах. Действительно во второй половине XV века – времени, к которому относят появление в России винокурения из ржи и пшеницы, сельское хозяйство в Московском государстве перешло на прогрессивную трёхпольную систе-

му земледелия, что резко увеличило урожайность зерновых культур и способствовало появлению излишков хлеба [10]. При хранении зерна в ямах просачивающаяся сквозь перекрытия влага, в конечном счёте, приводила к его сбраживанию с выделением тепла и образованием спиртосодержащих паров. Пары, в свою очередь, конденсировались в капли на холодных деталях конструкции перекрытия ямы. Кому-то первому пришло в голову их лизнуть (не отсюда ли выражение «нализаться»?<sup>21</sup>), что и привело к обнаружению пьянящих свойств.

По сообщению того же технолога первоначально существовало три способа получения зерновой водки. По первому способу зерно заливалось водой в корчаге – развалистом глиняном сосуде с очень широким горлом и выдерживалось в тёплом месте до окончания брожения, которое протекало под действием диких дрожжей, всегда находящихся на поверхности зёрен и вызывающих иногда самовозгорание зерна при небрежном хранении. Затем горло корчаги закрыва-

---

<sup>21</sup> Покопавшись в Интернете, можно узнать о происхождении другого расхожего выражения – «под мухой», означающего состояние лёгкого опьянения. Его появление относят ко времени правления Петра 1, учредившего своим указом трактиры – питейные заведения, в которых, в отличие от кабаков, подавались не только спиртные напитки, но и закуска к ним. Кроме того, царь повелел подавать в трактире первую рюмку бесплатно. Чтобы соблюсти царский указ, но и не остаться при этом в накладе, трактирщики стали использовать в качестве первой рюмки для несостоятельных клиентов, не имеющих средств на продолжение банкета, крохотную рюмочку объёмом около 15 мл, которую в народе прозвали «мухой».

ли овечьей шкурой (шерстью внутрь) и под её край бросали в корчагу раскалённые на огне камни. Содержимое в корчаге закипало и интенсивно испарялось, а спиртосодержащий водяной пар конденсировался на шерсти шкуры. Её отжимали и получали жидкость с известными свойствами. По второму способу на горло корчаги с перебродившим зерном натягивали мочевого пузыря быка. Водяной пар проходил сквозь стенку пузыря, а спирт, имеющий сравнительно больший размер молекулы, задерживался на внутренней поверхности пузыря, конденсировался и капал обратно в корчагу. В результате его концентрация в исходном продукте увеличивалась. Третий способ заключался в вымораживании – вынесении процеженной спиртосодержащей смеси на мороз. При этом часть воды в ней превращалась в лёд, а незамёрзший остаток обогащался спиртом.

История распространения винокурения на Руси, последствия введения и отмены государственных монополий на производство водки<sup>22</sup> подробно описаны в целом ряде работ, из которых наиболее известной является упомянутая выше книга Вильяма Васильевича Похлёбкина «История водки»<sup>23</sup> [10]. Однако, относиться к ней нужно с достаточной осторожностью, поскольку книга содержит ряд, мягко гово-

---

<sup>22</sup> С момента появления и вплоть до середины 60-х годов XIX века водку называли хлебным вином.

<sup>23</sup> Весьма любопытны собранные А. И. Солженицыным [13] сведения о преимущественном национальном составе держателей шинков и кабаков в годы отмены госмонополий на производство крепких спиртных напитков.

ря, неточностей. Например, описание технологического приёма улучшения качества воды путём насыщения её *жидким кислородом*<sup>24</sup>, *уменьшение веса смеси* при разведении этилового спирта с водой и обстоятельное, порой излишне эмоциональное, изложение расхожей байки о Дмитрие Ивановиче Менделееве как о создателе русской (московской) «монопольной» водки, хотя в его докторской диссертации «О соединении спирта с водою» [12] о водке нет ни слова.<sup>25</sup> Правда, водка сыграла роковую роль в судьбе последнего прямо-

---

<sup>24</sup> Температура жидкого кислорода равна минус 118,8°С [14].

<sup>25</sup> Подробнее об этой нелепой легенде см. в статье доктора химических наук, директора музея-архива Д. И. Менделеева И. С. Дмитриева [15]. Сама докторская диссертация Д.И.Менделеева является прекрасным примером правильной постановки научного эксперимента и обработки экспериментальных данных. Любопытно, что в 1880 г. на выборах в Академию наук Д. И. Менделеев – широко известный к тому времени химик-теоретик и признанный авторитет русской химической промышленности, полный учёный титул которого состоял более чем из 100 названий [59], был забаллотирован. Несмотря на представление таких учёных как Бутлеров, Чебышев и др., Дмитрий Иванович получил 9 голосов «за» и 10 «против». Абсурдный результат этого голосования уже XX веке объяснил В.С.Бушин [60]: «Почему Д. И. Менделеева не избрали в Академию? А потому, что он неосмотрительно заметил: – Засилье в Академии инородцев, чуждых России, и русских, не знающих её, – подлинное бедствие для русской науки». Видимо так оно и было, поскольку вместо Дмитрия Ивановича в Академию избрали Ф. Ф. Бельштейна – доктора философии Геттингенского университета, не имевшего никакого понятия о российской химической промышленности и больше известного по составлению весьма объёмистого (503 тома) справочника «Руководство по органической химии», права на издание которого он завещал Германии. Сам же Дмитрий Иванович ставил себе в заслугу перед Отечеством, прежде всего, создание Таможенного тарифа 1891 года, поставившего на ноги российскую индустрию [53,стр.215].

го потомка Д. И. Менделеева – некоего Каменского А. Е., безвременно умершего по сообщению телекомпании НТВ 22.03.2008 года.

Из приведённого краткого исторического обзора следует, что для успешного изготовления водки в домашних условиях, в том числе и виноградной, а также для грамотного проектирования перегонного аппарата необходимо иметь представление о процессах брожения, испарения, кипения, дистилляции, а также обладать знаниями о физических и химических свойствах получающихся в результате брожения продуктов.

Начнём с брожения.

## Глава 2. Брожение

Брожение (ферментация)<sup>26</sup> – являлось наиболее изученным в прошлые времена химическим явлением.

Опытным путём было выяснено, что спирт образуется в результате брожения лишь сладких (содержащих *сахар*) веществ<sup>27</sup>, что в процессе брожения образуется газ, признан-

---

<sup>26</sup> Брожение – процесс ферментативного расщепления органических веществ, преимущественно *углеводов*, протекающий без участия кислорода. *Фермент* – специальный белок, вырабатываемый живыми организмами и ускоряющий протекание химических реакций в живых клетках.

<sup>27</sup> Существует мнение, что вовсе не труд, а содержащийся в сладких забродивших плодах алкоголь сделал из обезьяны человека [74]. Так за переваривание этилового спирта в пищеварительном тракте человека и обезьян отвечает фермент ADH4. Но человеческий вариант этого энзима настолько силён, что позволяет нежным дамам хлестать портвейн дозами, от которых крупный бабуин впадает в алкогольную кому. Учёные выяснили, что за 70 миллионов лет существования фермент ADH4 претерпел только одну мутацию, которая произошла 10 миллионов лет назад. К этому времени климат стал более засушливым и из-за сужения кормовой базы наши хвостатые предки вынужденно стали спускаться на землю и ходить на двух ногах в поисках упавших с дерева плодов. Вследствие процессов брожения, в мякоти этих перезревших сладких плодов накапливался алкоголь, специфическое действие которого на организм обезьян побуждало их чаще спускаться на землю и ходить на двух ногах. Благодаря естественному отбору выживали и давали потомство только те особи, организм которых быстро переваривал алкоголь – они слабо пьянели и были способны улизнуть от хищников даже в «поддатом» состоянии. «Трезвенники» и сильно хмелеющие просто не выжили. Первые захирели от голода, вторых съели хищники, а фермент между тем крепчал!

ный позже *фиксированным воздухом*, и характерный осадок на дне сосуда. Однако брожение первоначально рассматривали как процесс разложения, вызванный веществом, которое само находится в стадии разложения. В 1659 г. существовала такая теория брожения [8]: «Ферментация – это внутреннее движение, которым охвачены с помощью необходимой для этого влажности, различные, не слишком связанные между собой составы (из соли, масла и земли), которые благодаря длительному перемещению относительно друг друга, взаимно сталкиваются и истираются. В результате этого нарушается существовавшая взаимная связь частиц и оторвавшиеся частицы, уменьшившиеся в размерах благодаря постоянному трению, переводятся в новое, более прочное соединение».

Химический процесс спиртового брожения был впервые разъяснён Антуаном Лаувазье [16] в 1789 г. Путём количественных исследований он показал, что сахар распадается при брожении на *этиловый спирт* и *углекислоту*<sup>28</sup> (по Лаувазье при этом также образуется и *уксусная кислота*).

В 1836 г. французский учёный Шарль Каньяр де Ла-Тур установил, что спиртовое брожение неотъемлемо связано

---

<sup>28</sup> Кроме того, Лаувазье выяснил роль кислорода в процессах горения, дыхания и окисления, чем опроверг теорию флогистона – невесомого горючего вещества, якобы входящего в состав всех тел. То ли расстроившись из-за этого, то ли потому, что знаменитый учёный не вовремя ввязался в политику, импульсивные соотечественники гильотинировали его в 1794 г. во время Великой французской революции.

с ростом и размножением *дрожжей* [16]. Бродительная сила дрожжей первоначально объяснялась двумя принципиально различными предположениями. Луи Пастер в 1857 г. пришёл к выводу, что спиртовое брожение могут вызывать только живые дрожжи в *анаэробных* (без кислорода) условиях [17]. Своё предположение он основывал на том, что стерилизованные растворы сахара, если их предохранить от попадания дрожжевых зародышей из воздуха, не подвергаются брожению. Тем самым было доказано, что спиртовое брожение вызывается дрожжами, и поэтому долгое время считали, что процесс расщепления сахара на спирт и углекислый газ обязательно связан с жизнедеятельностью дрожжей.

В противовес этому немецкий учёный Юстус Либих (1803—1873 г.г.) настаивал на том, что разложение сахара представляет собой явление, лишь сопутствующее росту дрожжей, но не является частью собственно жизненных процессов этих микроорганизмов. Однако теория Либиха в то время не получила широкого распространения. Общепринятое предположение Пастера о том, что брожение могут вызывать только живые дрожжи, было опровергнуто в 1871 г. русским врачом-биохимиком М. М. Манассеиной, установившей путём ряда опытов, что и совершенно убитые дрожжевые клетки способны вызывать брожение [5]. Через 26 лет в 1897 г. немецкий биохимик Бухнер повторил её опыты и подтвердил, что брожение не требует обязательного присутствия именно живой клетки. Для этого он уничтожил кле-

точные оболочки дрожжей, растерев их с кварцевым песком. Из полученной массы он под большим давлением выжал сок и установил, что ничтожная добавка этого сока вызывает брожение большого количества сахара. Чтобы опровергнуть утверждение оппонентов, что брожение вызывается находящейся в отжатом соке «живой протоплазмой», Бухнер предварительно убил дрожжи ацетоном, а затем показал, что сок, отжатый из таких дрожжей, не уступает по действию соку, отжатому из живых клеток [18]. Попутно было установлено, что при нагревании до  $50^{\circ}\text{C}$  и выше сок в обоих случаях утрачивает бродильные свойства.

Таким образом было доказано, что брожение вызывается находящимся внутри дрожжевых клеток веществом, которое не теряет своей активности и вне дрожжевой клетки. Это вещество, вызывающее спиртовое брожение, Бухнер назвал зимазой. Оно относится к группе веществ, называемых *энзимами* или *ферментами* (см. выше).

Превращение сахара в спирт и углекислый газ происходит при контакте с ферментом, т.е. внутри дрожжевой клетки. Выделяемый клеткой спирт равномерно и неограниченно растворяется в бродящей жидкости, но углекислый газ имеет предел растворимости. Поэтому по достижении насыщения он начинает скапливаться на поверхности дрожжевых грибков. В результате они всплывают к поверхности (визуально жидкость как бы кипит), где газ освобождается,

а дрожжи опускаются на дно сосуда<sup>29</sup>.

В 1905 г. русский химик Л. А. Иванов обнаружил, что добавление *фосфатов* в несколько раз повышает скорость брожения. В ходе дальнейшего изучения механизма спиртового брожения, в основном русскими и немецкими учёными было установлено, что часть энергии, освобождающейся при расщеплении сахара, запасается дрожжевыми клетками в виде АТФ (микроскопических, богатых энергией фосфатных соединений), что обеспечивает дрожжам их разнообразные энергетические потребности. В аэробных (в присутствии кислорода) условиях жизнедеятельности дрожжи разлагают сахара полностью до воды и углекислого газа с выделением определённого количества тепловой энергии. При анаэробных (в отсутствии кислорода) условиях дрожжи не доводят расщепление сахаров до конца и в процессе их жизнедеятельности образуется этиловый спирт и углекислый газ. Но выделяемое при этом количество теплоты составляет примерно 7% от энергии, выделяющейся при полном распаде сахаров до воды и углекислого газа. Компенсируя этот недостаток, дрожжи вызывают усиленное брожение. При на-

---

<sup>29</sup> Нельзя не отметить, как разумно поступила мать-природа в данном случае. В самом деле, не имея ни рук, ни ног, ни даже завалищающего как у головастика хвоста, дрожжевой грибок не имеет возможности передвигаться в бродящей жидкости в поисках мест с ещё не съеденным сахаром. А так он спокойно всплывает к поверхности на пузырьке газа, а потом медленно опускается на дно сосуда, усваивая по пути сахар, что обеспечивает переработку в спирт всего находящегося в сосуде сахара.

личии кислорода спиртовое брожение угнетается или прекращается совсем. В этом случае дрожжи получают энергию для жизнедеятельности в процессе дыхания и, при достаточном количестве пищи, содержащей азот и фосфор, усиленно размножаются, не вызывая спиртового брожения.

При техническом спиртовом брожении, когда в качестве сырья используется предварительно осахаренный *солодом крахмал* зерновых культур или картофеля, дополнительно образуются так называемые *сивушные масла*<sup>30</sup>, открытые Кагуром в 1839 г. Сивушные масла представляют собой смесь летучих высших спиртов – *n-пропилового, изопропилового, изобутилового, двух амиловых, гексилового и гептилового*. Кроме того, получается некоторое количество янтарной кислоты [17]. Эти побочные продукты образуются из аминокислот белковых веществ, содержащихся как в исходных материалах для винокурения, так и в меньшей степени в белках собственно дрожжевых клеток, количество которых непрерывно пополняется вследствие процессов белкового обмена у дрожжей. Продукты расщепления этих белковых веществ доставляют усвояемый азот, необходимый для жизнедеятельности дрожжей, и при этом переходят в соответству-

---

<sup>30</sup> Сивушное масло – побочный (0,4—0,6%) продукт спиртового брожения. Представляет собой ядовитую маслянистую жидкость светло-жёлтого цвета с неприятным удушливым запахом, раздражающим слизистые оболочки дыхательных путей [19]. Если объёмная доля сивушных масел, содержащихся в водке, превышает 0,1%, то при растирании её между ладонями появляется неприятный запах [4].

ющие альдегиды, а затем и в высшие спирты. Поэтому количество образующихся в бродильной жидкости сивушных масел можно существенно уменьшить, если усвояемый азот давать дрожжам в виде аммониевых солей, например, сернокислого аммония. Если же к бродильной жидкости прибавить *лицин*<sup>31</sup>, то выход сивушного масла увеличится [17].

Из сказанного следует ещё один важный вывод. Несмотря на то, что в сброживаемом виноградном соке отсутствуют растительные белки, а азотистых веществ вполне достаточно для обеспечения жизнедеятельности дрожжей, тем не менее, при перегонке такого виноматериала возможно наличие в дистилляте некоторого количества сивушных масел, образующихся при расщеплении белков самих дрожжевых грибов. Однако количество сивушных масел при брожении виноградного сока (или сахарной браги) будет, естественно, существенно меньшим, чем при перегонке браги, из зерна, сахарной свёклы и, тем более, из картофеля.

Кроме спиртового брожения, в результате которого образуется этиловый (винный) спирт, существуют и другие виды брожения, широко используемые в хозяйственной деятельности человека [16]. К ним относятся:

**Молочнокислое брожение**, которое вызывается двумя

---

<sup>31</sup> *Лицин* – аминокислота, входит в состав всех животных и растений. При комнатной температуре представляет собой бесцветные кристаллы, плохо растворимые в холодной воде [19].

группами грибков. Первые в процессе брожения расщепляют моносахариды – *глюкозу* и *фруктозу* с образованием *молочной* кислоты. Вторые – ведут сбраживание с образованием молочной кислоты, уксусной кислоты, этилового спирта, углекислого газа и некоторого количества ароматических веществ. Соответственно, в первом случае молочно-кислое брожение используется для получения молочной кислоты при изготовлении различных кисломолочных продуктов и для силосования кормов в сельском хозяйстве. Во втором случае брожение происходит при консервировании различных плодов и овощей путём квашения<sup>32</sup>.

**Уксусное брожение**, которому подвержены спиртосо-державшие жидкости. Оно заключается в окислении этилового спирта в уксусную кислоту особыми бактериями, называемыми *уксусными грибками*. Эти бактерии, размножаясь на поверхности содержащих спирт жидкостей, окисляют этиловый спирт кислородом воздуха в уксусную кислоту. Так как бактериям нужна пища, содержащая, как было отмечено выше, азот и фосфор, то уксусное брожение может происходить в виноградном соке, вине и пиве. В водных растворах чистого спирта, не содержащих соединений азота и фосфора, уксусное брожение не происходит<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> Наличие некоторого количества этилового спирта и ароматических веществ в бочковом огуречном рассоле в известных случаях весьма благотворно сказывается на самочувствии, особенно если в рассол добавлены чеснок, хрен, листья смородины и вишни.

<sup>33</sup> Этим обстоятельством, т.е. способностью этилового спирта и его крепких

Очевидно, что в окружающей среде все упомянутые дрожжевые грибки находятся не только повсеместно и одновременно, но и в некотором избытке. В самом деле, ни одной домохозяйке и в голову не придёт искать где-то молочнокислые бактерии для квашения капусты или засолки огурцов. Все ингредиенты просто закладываются в подходящую тару, заливаются (при солении огурцов или томатов) тёплой водой, а сверху помещают небольшой груз, чтобы плоды находились под слоем рассола [20]. Горло сосуда обвязывают салфеткой и, как любил говорить один обанкротившийся политик<sup>34</sup>, «процесс пошёл».

Ещё более интересным, с этой точки зрения, представляется процесс изготовления в домашних условиях яблочного уксуса [21]. Здесь его уместно рассмотреть, чтобы не допустить скисания в уксус виноградного сусла при брожении.

---

растворов оказывать консервирующее воздействие на биологические объекты, весьма своеобразно воспользовались англичане. Тело своего национального героя – адмирала Нельсона, заплатившего жизнью за разгром французского флота у мыса Трафальгар в 1805 г., они через 2,5 месяца в целостности и сохранности доставили в Лондон в бочке с бренди для почётного захоронения [22].

<sup>34</sup> Этому же политику – М. С. Горбачёву – первому и последнему президенту разваленного им же СССР, принадлежала инициатива безусловно необходимой, но бездарно проведённой антиалкогольной кампании. Отношение к ней россиян хорошо видно из анекдота. *Настоявшись в бесконечной очереди за водкой, мужчина в сердцах швыряет сумку на асфальт и идёт бить морду Горбачёву. Но быстро возвращается. – Что, уже?! – спрашивают в очереди. – Да нет. Там очередь ещё больше!* А ещё ходила шутка, что в результате антиалкогольной кампании народ ненадолго протрезвел и разогнал коммунистическую партноменклатуру.

Для получения яблочного уксуса готовится кашлица из перетёртых сладких яблок, желательны осенних сортов созревания, в которых больше полезного полисахарида *пектина*. В неё для увеличения крепости конечного продукта добавляется сахар и некоторое количество воды для образования жидкой субстанции. Туда же вносится 1—2 ломтика подсушенного ржаного хлеба без подгорелых корок – источника витаминов группы **В** и немного пекарных дрожжей или бродящего виноградного вина, содержащего дрожжи. Горло сосуда (по возможности широкое для свободного доступа кислорода) обвязывается марлей с крупной ячейкой, чтобы в него не попадал случайный мусор. а сам сосуд помещается в тёплое затемнённое место<sup>35</sup>. В сосуде одновременно протекают два процесса. Сначала вызывающие спиртовое брожение дрожжи сбрасывают сахар и яблочный сок в этиловый спирт, а затем уксусные грибки окисляют спирт кислородом воздуха в уксусную кислоту. При правильном выборе соотношения участвующих в брожении ингредиентов яблочный уксус получается достаточно крепким независимо от того, где его делали – в Москве или в Хабаровске. Важно, чтобы дело происходило в тёплое время года, а яблоки были из местных

---

<sup>35</sup> Замечено, что для успешного проведения процесса полезно и необходимо присутствие некоторого количества фруктовой мушки, на лапках которых находятся дрожжевые грибки, вызывающие окисление этилового спирта. Не будет большой беды, если мушки попадут в само сусло. Поэтому не стоит тянуть летом с изготовлением уксуса – уксусно-кислые бактерии могут исчезнуть с наступлением холодов.

садов, а не импортными, которые даже черви не едят.

Из сказанного можно сделать ряд практических выводов:

– Для увеличения выхода спирта заготовку предназначенного для изготовления вина и водки винограда нужно проводить в то время, когда гроздья наберут наибольшую сахаристость, т.е. в средней полосе России со сбором урожая можно не спешить до конца сентября.

– Если брожение будет производиться на «диких» природных дрожжах, находящихся на самом винограде, то сбору урожая должны предшествовать несколько сухих и тёплых дней – дожди смывают дрожжевые грибки с поверхности ягод.

– Во избежание уксусного скисания, переработка винограда в *мезгу* – смесь раздробленных ягод винограда и гребней, должна начинаться в течение нескольких часов после сбора винограда. Следует избегать попадания в мезгу ягод, расклёванных птицами – мало ли чего есть в их слюне.

– Брожение *сусла* – отжатого виноградного сока с добавленными в него сахаром (для увеличения выхода спирта) и водой (для уменьшения кислотности, если сок забраживаете на вино) должно производиться в анаэробных условиях, т.е. без доступа кислорода воздуха.

– Недопустимо использование при брожении алюминиевой тары, особенно когда сок забраживается для получе-

ния виноградного вина. Дело в том, что присутствующая в бродильной жидкости уксусная кислота взаимодействует с алюминием с образованием растворимых в воде уксуснокислых солей алюминия [5]. Ничего хорошего от их попадания внутрь организма не будет, т.к., например, уксуснокислый алюминий является часто применяемым антисептиком, а в промышленности он используется в качестве протравы для текстильных волокон<sup>36</sup>.

Всё сказанное выше относилось к процессам брожения, протекающим при непосредственном участии дрожжей. Что же представляют собой дрожжи и подвергаемые ими брожению продукты?

---

<sup>36</sup> В том, что бродильная жидкость заметно реагирует с алюминием, можно убедиться по состоянию внутренней поверхности 30-ти литровых алюминиевых молочных фляг, которые часто используются при брожении сахарной браги на пекарных дрожжах, а то и служат непосредственно в качестве куба при перегонке. Если до брожения поверхность была серой от окиси алюминия, то после него внутренние стенки фляги сверкают как новенькие. По этой же причине не стоит варить в алюминиевой кастрюле кислые щи – в кислой среде Al будет переходить в пищу и она приобретёт металлический вкус, а дно кастрюли со временем покроеется тёмными кавернами.

## Глава 3. Дрожжи и углеводы

Дрожжи ниспосланы человеку Создателем не иначе как в подарок. Произошло это, по-видимому, на пятый или шестой день Творения [23], когда у него дошли руки до сотворения всего живого, поскольку дрожжи относятся к *микрорганнизмам* – обширной группе живых, преимущественно одноклеточных существ [19]. Микроорганизмы вездесущи и неистребимы. В 1 грамме почвы их содержится до 2—3 млрд. Они встречаются в атмосфере на высоте 20 км. над землёй и в мировом океане на глубине 11 км, в Арктике, в Антарктике и песках пустыни. Определённое их количество всегда присутствует в слюне, они также непосредственно участвуют в пищеварительном процессе в кишечнике, где их по некоторым данным содержится до трёхсот разновидностей общим весом 3—4 кг.

Микроорганизмы-дрожжи, вызывающие спиртовое брожение сахаристых веществ, носят название *сахаромицетов* и относятся к семейству *сумчатых одноклеточных грибов*. В природе их насчитывается 2 тысячи родов и 15 тысяч видов [19]. Всё тело этих грибов состоит из одного микроскопического пузырька-клеточки округлой, яйцевидной или овальной формы размером 5—7 мкм в ширину и 8—11 мкм в длину [16].

Как и у всего живого у них, естественно, имеет место

половой процесс, который заключается в том, что обычно две внешне одинаковые, реже различные клетки сближаются и сливаются вместе – *копулируют*. При этом их содержимое объединяется, а затем внутри клетки образуется сумка – *аск* – особый орган спороношения, в котором развиваются *аскоспоры*<sup>37</sup> (обычно по 8 спор в сумке). При благоприятных условиях дрожжи интенсивно размножаются почкованием, а при неблагоприятных гибнут, оставляя весьма устойчивые к воздействию окружающей среды споры. При почковании сбоку дрожжевой клетки вначале появляется бородавочка-почка. Она получает часть ядра и аскоспор от материнской клетки, быстро растёт, отделяется от материнской клетки и начинает жить как самостоятельный грибок. При некоторых условиях дочерняя почка, ещё не отделившись от материнской, образует другие почки, а те, в свою очередь, новые. В результате на поверхности бродильной жидкости возникает гладкая плёнка белого или бежевого цвета из сцепленных между собой грибков – дрожжевая колония. Время достижения дрожжевым грибом половой зрелости зависит от температуры и составляет [7]:

---

<sup>37</sup> Споры – микроскопические зачатки высших и низших растений, служащие для их размножения или сохранения в неблагоприятных условиях, представляют собой чаще одноклеточные образования, длительное время сохраняющие способность к прорастанию. Споры выдерживают значительно более неблагоприятные условия окружающей среды – жару, холод, сухость, чем сами дрожжевые грибки. Благодаря значительно меньшим размерам споры легко разносятся ветром.

при 4°C – 20 ч,  
при 13,5°C – 10,5 ч,

при 23°C – 6,5 ч,  
при 28°C – 5,75 ч.

При температурах ниже 5°C и выше 50°C дрожжевые грибки утрачивают свою сбраживающую способность, а при 70° полностью погибают, на чём основан процесс *пастеризации* – консервирования пищевых продуктов путём нагревания до 70°C в течение 15—30 мин. При этом неспорозные бактерии погибают, но полного освобождения пищи от живых микроорганизмов – *стерилизации* не происходит, т.к. споры такое нагревание выдерживают. Оптимальной температурой для развития сахаромисетов является температура 30—37°C, а для сбраживания ими виноградного сока в вино – 15—18°C, т.к. при этой температуре образуется меньше упомянутых выше сивушных масел.

Слишком высокая концентрация сахара в сбраживаемой жидкости (как внесённого, так и содержащегося в самих ягодах винограда) вредно влияет на дрожжевые грибки: уже при 15% брожение замедляется или может остановиться совсем.

Получающийся при брожении спирт тоже замедляет рост грибков. При концентрации спирта 5 об.% дрожжи перестают размножаться, а при 12—15 об.% практически полно-

стью прекращают спиртовое брожение. Отдельные виды – *расы* дрожжей в особенности культурные расы, выращенные на чистых, предварительно очищенных от других микроорганизмов культурах, способны вырабатывать спирт крепостью до 20 об.%, но дикие дрожжи, находящиеся на поверхности сладких ягод и плодов, забраживают не более 10—12% спирта. Однако при удалении спирта из бродильной жидкости или переносе дрожжей в новую, не содержащую спирта жидкость, брожение при наличии соответствующих условий возобновляется вновь. На этом, в частности, основан процесс непрерывного сбраживания в промышленном производстве вина, когда дрожжевая разводка закладывается один раз в начале сезона виноделия [19].

Число известных культур дрожжей очень велико. Существуют культуры, растущие на поверхности бродящей жидкости (дрожжи *верхнего брожения*), и культуры, собирающиеся на дне сосудов, в которых проводится брожение (дрожжи *нижнего брожения*)<sup>38</sup>. Дрожжи верхнего брожения причиняют массу неудобств виноделу, т.к. под действием углекислого газа образуют на поверхности бродящей жидкости шапку пены, которая при интенсивных первых этапах брожения забивает газоотводящие трубки и водяные затворы. Развивающегося при этом давления углекислого газа доста-

---

<sup>38</sup> Замечено, что в разные по погодным условиям годы на поверхности ягод винограда собираются дрожжи разных культур. Дрожжи верхнего брожения преобладают в жаркие и солнечные годы, нижнего – когда лето короткое и дождливое.

точно для взрывного разрушения стандартной 20-ти литровой стеклянной бутылки, в чём автор убедился на собственном опыте<sup>39</sup>.

Свои разнообразные энергетические потребности, в том числе в тепле, дрожжевые грибки удовлетворяют за счёт расщепления сахаристых веществ, но как было отмечено выше, конечные продукты этого расщепления зависят от наличия кислорода. При аэробных условиях, т.е. в присутствии кислорода, дрожжи расщепляют сахара полностью до воды и углекислого газа точно также, как это происходит в организме животных и человека. При отсутствии кислорода, т.е. в анаэробных условиях, дрожжи не доводят расщепление до конца, а только превращают сахар в выделяющиеся наружу через стенку клетки спирт<sup>40</sup> и углекислый газ. При этом из одной молекулы сахара освобождается энергии примерно в 20 раз меньше, чем при аэробном процессе. Чтобы компенсировать недостаток энергии дрожжи вызывают усиленное брожение.

---

<sup>39</sup> Кроме того, плавающая на поверхности шапка пены насыщена воздухом и имеет высокую влажность. В результате брожение в ней идёт более интенсивно, чем в объёме сусла, но из-за этих же условий в пене быстрее развиваются вредные микроорганизмы – уксуснокислые бактерии и плесневелые грибки. Поэтому при выбраживании шапку пены периодически нужно разрушать, например, взбалтыванием.

<sup>40</sup> Куда и как уходит вода от расщеплённого в организме человека сахара знают все. Но написала ли бы поэтесса Лариса Рубальская: «Плесните колдовства в хрустальный мрак бокала», если бы знала, каким продуктом жизнедеятельности дрожжей является у них этиловый спирт? Хотя, в общем-то, это дело вкуса: ведь для кого-то и навоз – лакомство.

Тем более, что сбраживающая сила находящегося в дрожжевых грибах фермента такова, что одна его весовая часть в состоянии расщепить от 1 000 до 100 000 весовых частей сахаристого вещества [18].

Помимо тепла дрожжи, как было отмечено выше, нуждаются и в пище, которой им служат соединения калия, магния, производные фосфорной кислоты и, в первую очередь, азотистые соединения, которые нужны для образования белкового вещества самих грибов. Кроме того, для нормального развития дрожжей необходимы очень незначительные количества витаминов группы **В**. Поэтому в бродящую жидкость полезно добавлять небольшие количества сернокислого аммония или нашатырного спирта (1мл. на 10 л) и слегка подсушенного ржаного хлеба.

Кроме способности вызывать спиртовое брожение, дрожжи полезны ещё и тем, что содержат высококачественный белок, углеводы и богаты витаминами группы **В**. Жидкие *пивные дрожжи* улучшают секрецию желудочных желёз и поджелудочной железы, усиливают всасывание пищевых веществ в кишечнике, повышают сопротивляемость организма к инфекциям. Их назначают для приёма внутрь при анемиях, сахарном диабете, фурункулёзе, язвенной болезни и др., а также при необходимости повысить содержание белков в пищевом рационе. Однако среди дрожжей встречаются и патогенные формы, вызывающие заболевания у человека и животных – *бластомикозы и кандидамикозы* [16].

# Углеводы

Вещества, в конечном итоге расщепляющиеся под действием дрожжей на этиловый спирт и углекислый газ, называются *углеводами*. Это название было введено в литературу в 1884 г. К. Шмидтом [17] на основании мнения, высказанного ещё в 1827 г. биохимиком Г. Пру, согласно которому различные виды *сахара*, а также *крахмал* и *целлюлоза* должны рассматриваться по своему строению как соединения углерода с водой (отсюда и название):



Это старое название целой группы органических веществ, входящих в состав всех растений и живых организмов, сохранилось, хотя уже давно установлено, что такой формальный взгляд по существу неправилен и что к классу углеводов принадлежат и такие соединения, которые не отвечают указанной формуле.

Углеводы и их превращения известны с древнейших времён, т.к. они лежат в основе процессов брожения, обработки древесины, изготовления бумаги и тканей из растительных волокон. Чрезвычайно важна и многообразна роль углеводов в животном и растительном мире. В растениях они запасаются в виде нерастворимого в воде крахмала, а в животных в виде животного крахмала – *гликогена* и служат энергетическим резервом для жизнедеятельности.

Все углеводы условно делятся на группы:

*Моносахариды* или простые сахара.

*Олигосахариды*, содержащие в молекуле несколько – от 2 до 10 звеньев моносахаридов (дисахариды, трисахариды и т.д.).

*Полисахариды* – сложные сахара, содержащие много (до тысяч) моносахаридных звеньев.

Олиго- и полисахариды, присоединяя при определённых условиях воду, расщепляются (гидролизуются) на молекулы

моносахаридов или более простых полисахаридов<sup>41</sup>. Моносахариды, за исключением глюкозы и фруктозы, в свободном виде встречаются в природе крайне редко. Значительно более широко распространены олигосахариды – например *сахароза* (бытовое название сахар), и полисахариды, к числу которых относятся *крахмал*, *инулин* и *целлюлоза* (клетчатка). Сахарозу ещё называют *дисахаридом*, потому что, присоединяя при гидролизе одну молекулу воды, она распадается на две молекулы – *глюкозу* и *фруктозу*.

**Глюкоза** – моносахарид – виноградный сахар, представляет собой белое сладкое кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде. Первые наблюдения над виноградным сахаром были сделаны в XVII веке немецким химиком и врачом И. Глаубером<sup>42</sup>, сообщившим о его получении из соков различных плодов, а также изюма и мёда. Глюкоза значительно менее сладкая, чем сахароза и вместе с фруктозой составляет главную часть пчелиного мёда.

**Фруктоза** – моносахарид – фруктовый или плодовый сахар, представляет собой бесцветные, сладкие на вкус кристаллы, хорошо растворимые в воде. Фруктоза слаще глю-

---

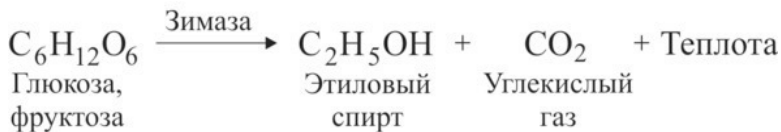
<sup>41</sup> Например, полисахарид *крахмал* можно превратить в менее сложный полисахарид *сахар*. Возможность такого превращения в присутствии серной кислоты впервые продемонстрировал русский академик Киргоф в 1811 г. [24].

<sup>42</sup> Кроме того, Глаубер получил серноокислый натрий – *глауберову соль* – солевое слабительное средство [19]. Любопытно как он узнал о специфических свойствах этой соли – пробовал что ли на вкус всё подряд?

козы в три раза и представляет собой ценный пищевой продукт, хорошо усваиваемый организмом. В пчелином мёде содержится 50% фруктозы.

Фруктоза и глюкоза являются *изомерами*, т.е. химически соединениями одинаковыми по составу и молекулярной массе, но различающимися по строению и, как следствие, по физическим и химическим свойствам. По этой причине формула обоих веществ одинакова –  $C_6H_{12}O_6$ .

При спиртовом брожении вещество состава  $C_6H_{12}O_6$  под действием упомянутого выше фермента дрожжей зимазы разлагается на спирт  $C_2H_5OH$  и углекислый газ  $CO_2$ <sup>43</sup>. При этом выделяется некоторое количество тепловой энергии – 690 ккал /моль [25], т.е.



Эта энергия частью расходуется на поддержание температуры тела дрожжевого грибка<sup>44</sup>, но и не только для этого,

<sup>43</sup> Из 1г сахара при брожении образуется 0,6 мл или 0,51 г спирта, 247 см<sup>3</sup> или 0,49 г углекислого газа и 0,14 ккал тепла [67].

<sup>44</sup> По прекращению выделения тепла и, как следствие, остыванию ёмкости

т. к. биологические системы должны запасать энергию в каком-то виде так, чтобы впоследствии использовать её в химических реакциях для обеспечения своей жизнедеятельности. Например, как было отмечено выше, энергия необходима дрожжевому грибку для синтеза белка из его составных частей – аминокислот.

**Сахароза** (в быту сахар) – дисахарид – тростниковый или свекловичный сахар, представляет собой белые сладкие на вкус кристаллы, хорошо растворимые в воде. В сахарном тростнике содержится 14—16% сахара, в клубнях сахарной свёклы – 16—20%, а в некоторых сортах до 27%.

Сахар впервые начали выделять свыше 2500 лет назад. Ещё раньше в Индии умели разводить сахарный тростник и его сладкий сок употребляли в пищу. Позднее из этого сока стали получать выпариванием твёрдый сахар-сырец коричневого цвета. Твёрдый сахар белого цвета впервые научились получать в Иране. Для этой цели сок сахарного тростника сгущали нагреванием в котлах, подливая к нему молоко. При этом красящие примеси уходили в пену. От иранцев искусство делать белый сахар перешло в Египет. Тысячу лет тому назад египетский сахар завозили в Европу и продавали в аптеках как лекарственное средство. В XVI веке сахарный тростник стали разводить в Америке на острове Ку-

---

с бродильной жидкостью можно судить об окончании процесса брожения. Перед закладкой на хранение зерно обязательно высушивают, а в ходе хранения принудительно вентилируют – в противном случае оно подбраживается и нагревается вплоть до самовозгорания.

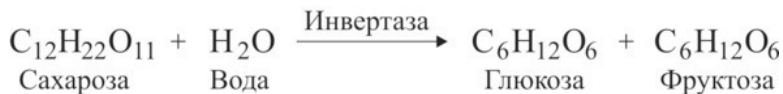
ба и в Мексике. Долгое время в Америке производили только тростниковый сахар-сырец и привозили его в приморские города Европы, где он очищался на рафинадных заводах. В России первый сахарно-рафинадный завод, перерабатывающий привозной тростниковый сахар, был построен в Петербурге в 1719 г.

В середине XVIII века было выяснено, что в свёкле и многих других растениях, произрастающих в самой Европе, тоже находится сахар, причём в количествах, достаточных для промышленного производства.

Первый завод в Европе по производству сахара из свёклы был построен в Германии в 1799 г. Однако это производство вскоре заглохло и возродилось вновь только в двадцатых годах XIX века. В России первый завод по производству свекловичного сахара был построен в 1802 г в Тульской губернии, а в 1805 г. в России было добыто из сахарной свёклы всего 5 тонн сахара [18], поскольку себестоимость продукта была крайне велика – фунт сахара стоил 2 руб, а корова – 5 руб. Однако по мере усовершенствования технологии цена непрерывно снижалась и упала до 14 коп. за фунт. По объёму производства сахара Россия накануне Первой мировой войны занимала 2-ое место в мире после Германии.

При попадании сахара (сахарозы) в организм человека или при внесении сахара в бродильную жидкость, содержащую дрожжи, он под действием фермента дрожжей *инвертазы* присоединяет молекулу воды и распадается на глюко-

зу и фруктозу:



которые, в свою очередь, распадаются на спирт и углекислый газ как было описано выше<sup>45</sup>. В течение дня организм здорового и непьющего человека способен синтезировать из пищи от 1 до 9 г этилового спирта [4] и ферментных мощностей организма вполне хватает для его окисления с целью получения энергии. При больших дозах введённого в организм алкоголя ферменты не успевают его окислять. В организме накапливается этиловый спирт и продукт его частичного распада – ядовитый ацетальдегид, что вызывает симптомы обширной интоксикации, называемой в быту похмельем. Считается, что ежедневная доза спиртного, эквивалентная 20 г чистого алкоголя, относительно безопасна

---

<sup>45</sup> Поэтому в организме даже закоренелых трезвенников всегда есть некоторое количество алкоголя. Более того, из-за особенностей обмена веществ у некоторых индивидов уровень алкоголя таков, что регистрируется полицейскими алкотестерами, хотя они в рот не брали спиртного. По этой причине им постоянно приходится возить с собой реабилитирующие медицинские заключения. Интересно сколько может стоить такое заключение при нынешнем состоянии нравов?

для здоровья. Но важна не только доза выпитого алкоголя, но и время его употребления. Тот, кто следит за своим здоровьем, по опыту знает, что не стоит принимать спиртное ранее трёх часов дня и после полуночи<sup>46</sup>.

**Крахмал** – полисахарид, состоит из смеси двух других, менее сложных полисахаридов – *амилозы* (30%) и *амилопектина* (70%). Представляет собой белый порошок нерастворимый в воде и является важнейшим резервным углеводом всех растений. В природе крахмал вырабатывается растениями и находится у них в клетках в виде зёрен, форма и величина которых в различных растениях разная. Например, клубни картофеля содержат 20% крахмала при содержании воды 75%, а в зёрнах пшеницы до 70% крахмала.

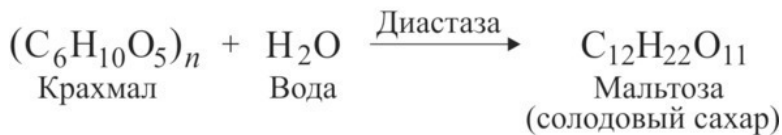
При нагревании с водой зёрна крахмала разбухают и образуют *клейстер*. При частичном гидролизе крахмала или при нагревании его до температуры 180—200°C крахмал расщепляется на *декстрины* – твёрдые, но уже растворимые в воде вещества, состоящие из более простых углеводов. По молекулярной массе декстрины занимают промежуточное положение между молекулярными массами глюкозы и крахмала. Блеск накрахмаленной рубашки, появляющийся при её глажении, обусловлен декстринами, образующимися

---

<sup>46</sup> Эта ситуация часто обыгрывается в американских фильмах. «Плохой» парень предлагает «хорошему» парню «пропустить по маленькой» с утра пораньше, а тот отказывается. Для него, мол, рановато. В отечественных фильмах всё складывается как-то по-другому.

в результате разрушения крахмала горячим утюгом. Блестящая корочка свежее испечённого хлеба также состоит из декстринов<sup>47</sup>.

Под влиянием широко распространённого в растительном мире фермента диастазы<sup>48</sup> крахмал гидролизуется, присоединяя воду, и образует дисахарид *мальтозу* или *солодовый сахар*:



В технике этот процесс называют осахариванием крахмала, независимо от того из чего он получен – картофеля, свёклы, кукурузы или злаковых культур.

В связи с этим, полезно иметь представление о технике получения этилового спирта из крахмала, содержащегося,

---

<sup>47</sup> Главное назначение хлебопечения заключается в превращении нерастворимого крахмала муки в растворимые и легче усваиваемые организмом декстрины.

<sup>48</sup> Значительные количества диастазы находятся в *солоде* – проросших зёрнах ячменя, пшеницы и ржи. Крахмал, содержащийся в спелом зерне, не может напрямую усваиваться ростком, поскольку нерастворим в воде. Диастаза превращает крахмал в растворимые в воде сахаристые вещества, которые могут проникать через клеточные мембраны растений и служат пищей развивающемуся растению.

например, в картофеле [18]<sup>49</sup>. Клубни картофеля предвари-

---

<sup>49</sup> Во время Второй мировой войны экономные немцы выпускали крепкий алкогольный напиток на основе спирта, получаемого из картофеля, который наши военнослужащие называли трофейным шнапсом. Это была водка сомнительного качества, поскольку спирт из картофеля содержит большое количество сивушных масел, но в войну немцам было не до малины, из которой изготавливают настоящий шнапс. Такой же дрянной была картофельная водка, поставлявшаяся в СССР из Польши в высоких прямоугольных бутылках-штофах в 60-х годах прошлого века. В народе её окрестили «гомулкой» по фамилии занимавшего в то время пост 1-го секретаря ЦК ПОРП Владислава Гомулки. С именем ещё одного политического деятеля – У Ну – первого послевоенного премьера Бирмы (Мьянмы) связана другая история с водкой. Так совпало, что ко времени его визита в СССР в 1955 г. в продажу поступила водка с новой алюминиевой пробкой, вместо выпускавшейся ранее картонной с сургучной заливкой. Пробка была изобретена технологом одного из отечественных заводов, и, также как и предыдущая, была одноразовой – видимо никому и в голову не приходило, что бутылку можно оставить недопитой. Герметизация достигалась двухслойной прокладкой из картона и целлофана. Пробка закатывалась прямо на бутылке и имела язычок, потянув за который вокруг горлышка бутылки можно было легко её открыть, надрав тонкий алюминий. И надо же такому случиться, что национальный головной убор приехавшего бирманского премьера – «гаун-баун» тоже представлял собой длинный платок, оборачиваемый вокруг головы с небольшим хвостиком сзади! Водку с новой алюминиевой пробкой россияне не без иронии тут же окрестили «у ну». Позднее про самого У Ну забыли, а пробку с язычком стали называть просто «кепкой». Во времена Л.И.Брежнева, не иначе как руководствуясь его лозунгом «Экономика должна быть экономной», язычок делать перестали, чем существенно осложнили жизнь пьющей публике – чтобы открыть бутылку без язычка нужно было чем-то острым поддеть край туго закатанной пробки. Видимо такова уж судьба генсеков, но пришедший на смену Леониду Ильичу генсек ЦК КПСС Ю.В.Андропов за время своего недолгого правления тоже успел отметить в истории российской водки. По его инициативе в 1983 г. был начат выпуск нового сорта водки с ценой примерно на 10% ниже, чем у распространённого тогда сорта «Пшеничная». Благодарные соотечественники тут же окрестили эту новую водку «андроповкой». А про выкрутасы с водкой последнего генсека

тельно моют, распаривают под давлением 3—3,5 атм. в конических железных котлах, а затем выдувают через находящуюся снизу котла выдувную трубу. При этом принимают меры для охлаждения, поскольку температуры выше 65°С уничтожают диастазу. Из-за резкого уменьшения давления на выходе из котла оболочки клеток картофеля разрываются, содержащиеся в них зёрна крахмала освобождаются, и образуется вязкая киселеобразная субстанция – клейстер, аналогичный клейстеру из пшеничной или ржаной муки<sup>50</sup>. После добавления к нему солода происходит гидролизация крахмала по приведённой выше формуле. По окончании этого процесса первоначально густая жидкость становится подвижной, более прозрачной и сладкой на вкус. Её охлаждают до 18—20°С и подвергают спиртовому брожению путём добавления винных дрожжей.

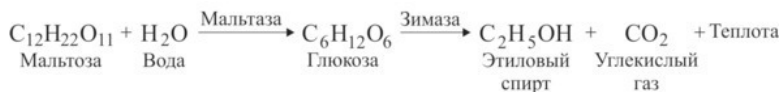
Первые несколько часов выделения спирта почти не происходит – дрожжи интенсивно размножаются, используя находящийся в бродильной жидкости кислород. Примерно че-

---

М.С.Горбачёва лучше уж и не вспоминать.

<sup>50</sup> Рожь технологически предпочтительней для целей винокурения, поскольку ржаная мука содержит белки, но не содержит *клейковины* – белковой части пшеничной муки, остающейся в виде эластичного сгустка после вымывания крахмала из теста [26]. Из-за отсутствия клейковины ржаной клейстер (разбухшая в воде ржаная мука) перед осахариванием имеет более жидкую консистенцию, а растворимые белки ржаной муки составляют основной вид азотного питания дрожжей при последующем спиртовом сбраживании, что позволяет не применять дополнительного минерального питания.

рез 10 часов их количество увеличивается в 10—14 раз, кислород в бродильном сосуде истощается и начинается процесс интенсивного брожения с выделением тепла. В ходе этого процесса содержащийся в дрожжевых грибочках фермент *мальтаза* расщепляет солодовый сахар мальтозу до виноградного – глюкозы, а другой фермент дрожжей *зимаза* расщепляет глюкозу до этилового спирта и углекислого газа, как это было описано выше, т.е.:



На самом деле формулы спиртового брожения выглядят гораздо сложнее, их запись занимает почти целую книжную страницу [5], но в приведённом упрощённом виде они вполне достаточны для понимания сути происходящих процессов.

Для полноты картины следует упомянуть ещё один углевод, расщепляющийся под действием дрожжей на спирт и углекислый газ. Это весьма полезный в быту дисахарид – **лактоза** или молочный сахар, открытый в 1612 г. Бартолетти и названный им *манна*<sup>51</sup>, т.к. одно время он считался эф-

---

<sup>51</sup> Манна – сок некоторых растений, вытекающий из пораненной коры и застывший на воздухе. Имеет вид желтоватых комочков, содержит сахара и спирт *манит*. Применялась как слабительное средство [26]. Видимо Бартолетти был

фективным лечебным средством [8]. Молочный сахар состоит из остатков моносахаридов – глюкозы и галактозы и присутствует в молоке всех млекопитающих. При определённых условиях он сначала гидролизуеться под действием фермента β-галактозиазы в моносахариды, а затем сбраживается в кисломолочные продукты, содержащие незначительные количества спирта. Наиболее известными из них являются кумыс – шипучий пенящийся напиток со спиртовым вкусом и запахом из кобыльего (реже коровьего и верблюжьего) молока с содержанием спирта от 1 до 3%, а также обыкновенный кефир с 0,16—1,22% спирта [17]. При таком содержании спирта в кефире его, как заметил премьер министр РФ В. Путин 13.02.2011 г., «нужно выпить тазик»<sup>52</sup>, чтобы не пройти водительский тест на алкоголь.

**Инулин** – полисахарид – содержится в корнях тапинамбура (земляной груши), корнях цикория и др. Представляет собой белый порошок или прозрачные кристаллы. Не растворим в холодной воде. Дрожжи не сбраживают инулин, ферменты солода его не осажаривают. В водной среде при 55—

---

большим шутником, поскольку задолго до него, согласно Ветхому Завету, Господь в течение 40 лет кормил бродивших по пустыне древних евреев, посылая им с небес манну – мелкую, похожую на снег белую крупу с привкусом мёда [23]. Это сорокалетнее скитание тоже было довольно скучным и однообразным: как подсчитал Лео Таксиль [54] длина всего пути не превышала и тысячи километров – хромоту инвалиду на три месяца.

<sup>52</sup> Владимир Владимирович – человек воспитанный, другой бы сказал – ведро.

60°С инулин превращается в сбраживаемые сахара под действием находящегося в нём самого фермента *инулазы*. В 30-е годы прошлого века в СССР была разработана технология получения этилового спирта как из инулина, так и из цикория [27].

**Целлюлоза** (клетчатка) – полисахарид – представляет собой вещество белого цвета, нерастворимое ни в воде, ни в спирте. Она является главной составляющей частью клеточных стенок растений (отсюда название) и обеспечивает прочность и эластичность растительных тканей. В отличие от других природных полисахаридов, являющихся для растений резервными веществами, которые растения могут преобразовать для своих потребностей в другие вещества, целлюлоза не может быть снова расщеплена в их организме или использована растением каким-либо другим способом.

По своему количеству целлюлоза занимает первое место в мире среди всех остальных природных органических соединений. Гигроскопическая вата, белые хлопчатобумажные и льняные ткани, хорошие сорта фильтровальной бумаги состоят главным образом из целлюлозы (клетчатки). Наиболее чистая природная клетчатка содержится в волосах семян хлопчатника, в которых она составляет 80—90% (при 6—8% воды). Древесина деревьев хвойных пород содержит около 50% клетчатки, лиственных – значительно меньше. Впрочем, чистая целлюлоза находится лишь в молодых клет-

ках растений; по мере старения клеток в них отлагается инкрустирующие вещества, в особенности *лигнин* – аморфное вещество жёлто-коричневого цвета, вызывающее одревеснение и увеличение прочности растительных клеток.

В организме человека не вырабатывается достаточного количества ферментов (*мальтазы* и *амилазы*<sup>53</sup>) для расщепления целлюлозы до усваиваемой глюкозы – иначе мы не ограничивались бы грушами, а получали удовольствие, откусывая прямо от ствола. Но у травоядных животных есть фермент *целлюлаза*, вырабатываемый микрофлорой кишечника, под действием которой целлюлоза расщепляется до глюкозы<sup>54</sup>.

В технике более или менее чистую целлюлозу получают в громадных количествах при производстве бумаги.

В контексте данной книги имеет смысл рассмотреть процесс производства из целлюлозы гидролизного этилового спирта, поскольку его часто используют для фальсификации водки<sup>55</sup> вместе с рассмотренным выше синтетическим эти-

---

<sup>53</sup> Амилаза – обобщённое название расщепляющих углеводы ферментов, превращающих полисахарид крахмал в моносахарид глюкозу. Этот процесс начинается ещё во рту под действием присутствующего в слюне фермента *амилозы*, ответственного за сладкий вкус хлеба, пережёвываемого несколько минут.

<sup>54</sup> Далее у всех млекопитающих глюкоза адсорбируется из кишечника в кровь, которая переносит её в печень, мышцы и другие органы. В них она сохраняется в виде упомянутого выше гликогена до тех пор, пока организму не потребуются вновь превратить гликоген в глюкозу для превращения её в энергию.

<sup>55</sup> К слову сказать, до начала 60-х годов прошлого XX века государство – монополист по производству водки не стеснялось признавать, что водка бывает

ловым спиртом, вырабатываемым из этилена.

Для производства этилового спирта из целлюлозы древесные опилки и другие отходы лесоперерабатывающей промышленности нагревают под давлением с 0,1% раствором серной кислоты. В результате такой обработки целлюлоза расщепляется до глюкозы и образуется сладкий сироп. Этот сироп сбраживают, используя винные дрожжи, и перегоняют в спирт, который по способу производства называют гидролизным спиртом. Он содержит заметное количество вредного для организма *метилового* спирта и предназначен для использования в технических целях, в частности, для получения синтетического каучука. В среднем из 1 тонны сухого древесного сырья, в том числе вылущенных кукурузных початков, лузги семян подсолнечника, древесных опилок и т. п. можно получить 175 литров этилового спирта. Такое же количество спирта можно выработать из 0,6 тонны зерна или 1,6 тонны картофеля [19]. Хорошим сырьём

---

разной по качеству. Тогда водка выпускалась под одним названием всего 2-х сортов с одинаковыми этикетками в одинаковых бутылках, которые запечатывались одинаковыми картонными пробочками с тонкой целлофановой прокладкой. Но горлышко бутылок с водкой лучшего качества заливалось сургучом белого цвета, а худшего – красного. Разница в цене была ощутимой и соответствовала различию во вкусовых качествах продукта. Видимо поэтому, водка под красным сургучом («под красной головкой») в быту пренебрежительно называлась «сучок», хотя по В. В. Похлёбкину [10] её правильнее было бы называть «без сучка». Дело в том, что в конце XVIII века был открыт способ очистки водки от сивушных масел путём пропускания её через решётчатую корзину с древесным углём, который изготавливался из берёзовых веток толщиной с карандаш, т.е. из тонких берёзовых сучков.

для производства этилового спирта служат даже корневища злостного сорняка – пырея [27].

В заключение стоит упомянуть об одном слове, давно утратившем свой первоначальный смысл, но имеющим непосредственное отношение к рассматриваемой теме. В обиходе иногда говорят *буза*, подразумевая под этим что-то простенькое и никчёмное. На самом деле буза – это спиртовой напиток наподобие пива, но без хмеля, который раньше вырабатывали в Крыму и на Кавказе из проса, содержащий 4—6% спирта [5].

И последнее. Как известно пиво тоже представляет собой продукт спиртового брожения. Для его производства нужны ячмень, солод, хмель, вода и пивные дрожжи. Солод превращает крахмал ячменя в солодовый сахар, пивные дрожжи сбраживают его в спиртосодержащий напиток, а хмель придаёт пиву специфический вкус и аромат. Содержание этилового спирта в приготовленном таким способом пиве не превышает 3,5—3,7% об. (только в три раза больше, чем у упомянутого выше кефира!). Поэтому пиво всегда было напитком для утоления жажды, а не для опьянения. Однако в последнее время производители пива стали добавлять в сусло ингредиенты, повышающие при спиртовом брожении содержание в пиве спирта, например, рисовую муку, отходы сахарного производства – мелассу и пр. Такой напиток, строго говоря, нельзя называть пивом. Он стал пьянящим, с тя-

жёлтым похмельем, а при регулярном и длительном употреблении наносящим вред здоровью (вплоть до опухоли поджелудочной железы и рака прямой кишки при регулярном употреблении 0,5 литра в день [4]). Термин «пивной алкоголизм» в ходу у медиков уже лет двадцать. Всё дело в том, что, повышая содержание спирта в пиве путём выбраживания дополнительного количества крахмала, например, крахмала той же рисовой муки, производители тем самым увеличивают и содержание в пиве сивушных масел. Все сивушные масла – высшие спирты – являются наркотиками с наркотическим действием значительно большим, чем у этилового спирта. Но если при производстве этилового спирта из крахмалосодержащего сырья сивушные масла можно отделить перегонкой или очисткой водки на активированном угле, то из пива их удалить невозможно. Они поступают в организм, вызывая сначала привыкание, а затем и алкогольную зависимость.

Из содержания данной главы следует, что использование виноградного сырья для производства этилового спирта в домашних условиях обладает рядом преимуществ по сравнению с его получением из крахмалосодержащего сырья. К числу таких преимуществ относятся:

– простота подготовки сырья и его сбраживание, практически не требующее применения дрожжей и минеральной

подкормки<sup>56</sup>,

– минимальное количество терпимо, чтобы не сказать приятно, пахнущих отходов и, как следствие, простота их утилизации (например, компостирование виноградного жома в дачном хозяйстве),

– незначительное содержание в отгоне сивушных масел из-за отсутствия в сусле посторонних белковых веществ,

– возможность увеличения выхода спирта путём простого добавления в сусло сахара в количествах, не угнетающих брожение,

– наконец, минимальная себестоимость по сравнению с крахмалосодержащим сырьём, т.к. все затраты приходятся только на сбор и транспортировку винограда с дачного участка, а трудоёмкость выращивания винограда весьма незначительна.

Прежде, чем перейти к рассмотрению вопросов, связанных непосредственно с перегонкой спиртосодержащих жидкостей, имеет смысл ознакомиться с особенностями физических процессов кипения и испарения жидкости, и конденсации её паров, которые протекают в перегонном аппарате любой конструкции.

---

<sup>56</sup> В самом виноградном соке кроме 10—30% сахара содержится 0,3—0,5% минеральных веществ и витамины **V<sub>1</sub>** и **V<sub>2</sub>**, необходимые для питания и развития дрожжей [28].

## Глава 4. Испарение, кипение, конденсация

**Испарение** – представляет собой процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное, т.е. в пар. Испарение происходит за счёт того, что постоянно находящиеся в тепловом движении молекулы жидкости<sup>57</sup> в результате соударений с другими движущимися молекулами случайно получают энергию, достаточную для преодоления сил сцепления с жидкостью и покидают её со свободной поверхности. Поэтому испарение возможно при любой температуре, но с возрастанием температуры возрастает интенсивность теплового движения молекул и скорость испарения увеличивается. При переходе в пар молекула должна преодолеть не только силы сцепления с другими молекулами в жидкости, но и совершить работу против молекул уже образовавшегося пара, которые путём таких же случайных соударений могут вернуть её обратно в жидкость. Поскольку обе эти

---

<sup>57</sup> Основоположителем молекулярно-кинетической теории строения вещества, объяснившей природу теплоты, является великий русский учёный, поэт и художник **Михаил Васильевич Ломоносов** (1711—1765 гг.). Ему же принадлежит заслуга введения в русскую речь ряда названий, ставших теперь стандартными словами научного языка. Например, *атмосфера*, *манометр*, *барометр*, *оптика*, *оптический*, *электрический*, *кристаллизация*, *материя*, *вязкость*, *эфир*, *микрометр*, *воздушный насос* и др. [30].

работы совершаются за счёт кинетической энергии молекулы, то в результате испарения жидкость охлаждается. Поэтому, чтобы процесс испарения проходил при постоянной температуре, жидкости необходимо постоянно сообщать некоторое количество теплоты. При процессе обратном испарению – **конденсации**, т.е. при образовании жидкости из пара, происходит выделение теплоты, и если её не отводить, конденсация прекратится. Примером этому служит паровозный гудок – проходящий через него перегретый пар из котла разогревает корпус гудка и пар, не успевая конденсироваться, вырывается наружу. В результате гудок гудит, а не булькает, разбрасывая брызги.

В закрытом сосуде при заданной постоянной температуре испарение будет происходить до тех пор, пока всё пространство над оставшимся избытком жидкости не будет заполнено её насыщенным паром. Между жидкостью и её насыщенным паром существует динамическое равновесие: число молекул, покидающих жидкость в единицу времени, равно числу молекул пара, возвращающихся за это же время в жидкость. Для жидкостей одного состава каждой температуре соответствует строго определённое давление её насыщенного пара. Отображённые в графическом виде эти зависимости носят название *кривые равновесия* и являются важнейшими характеристиками состояния вещества. Позднее они понадобятся при рассмотрении процессов дистилляции и ректификации.

**Кипением** называют процесс испарения жидкости не только с её свободной поверхности, но и по всему объёму внутри образующихся в ней пузырьков пара [29]. За счёт интенсивного испарения пара внутри пузырьков они растут, всплывают на поверхность и содержащийся в них насыщенный пар переходит в паровую фазу над жидкостью. Спокойное испарение жидкости переходит в кипение тогда, когда давление насыщенного пара внутри пузырьков в жидкости начинает превышать внешнее атмосферное давление на жидкость. Температура, при которой происходит кипение жидкости, находящейся под постоянным давлением, называется температурой кипения. Температуру, при которой жидкость кипит при атмосферном давлении *760 мм рт. ст.*, принято называть нормальной температурой кипения. Она является важнейшим параметром чистого вещества в жидком виде.

Если пар кипящей жидкости свободно выходит на воздух, то её температура остаётся постоянной. При этом всё количество подводимого тепла уходит на парообразование, а интенсивность кипения определяется скоростью подачи тепла. При увеличении внешнего давления температура кипения жидкости увеличивается, при уменьшении – понижается, вплоть до того, что если интенсивно откачивать образующиеся пары, то жидкость закипит даже при комнатной температуре. Этим явлением пользуются при перегонке жидкостей, разлагающихся при высокой температуре [31].

Для поддержания кипения к жидкости необходимо постоянно подводить теплоту, которая расходуется на парообразование, вследствие чего кипение неразрывно связано с теплообменом, при котором теплота постоянно передаётся от поверхности нагрева к жидкости. Поскольку скорость теплообмена имеет конечное значение и не так уж велика, в кипящей жидкости устанавливается определённое распределение температуры: у поверхности нагрева, т.е. на дне перегонного сосуда, жидкость несколько перегрета относительно температуры кипения. Величина перегрева зависит как от физико-химических свойств самой жидкости, так и от качества граничащих с ней твёрдых поверхностей. Тщательно очищенные от растворённых газов жидкости при соблюдении особых мер предосторожности можно перегреть в сосудах из гладкого кварцевого стекла на десятки градусов без закипания. Но если такая перегретая жидкость, в конце концов, закипает, то процесс кипения протекает настолько бурно, что напоминает взрыв. Вскипание сопровождается расплёскиванием жидкости и гидравлическими ударами, которые могут вызвать разрушение сосудов<sup>58</sup>. Так как теплота пе-

---

<sup>58</sup> Такое взрывное вскипание можно наблюдать в колбе из термостойкого стекла, в которой некоторое время кипятили воду, тем самым удалив растворённый в ней газ, а затем сняли с электроплиты. Уже успокоившаяся жидкость в колбе без всяких признаков кипения неожиданно резко вскипает, если в неё бросить щепотку чая, т.е. привнести центры парообразования – микроскопические газовые пузырьки, находящиеся на чайном листе. Аналогично, неожиданный и чреватый неприятными последствиями результат можно получить при попытке долить в куб проработавшего некоторое время перегонного аппарата дополнитель-

регрева расходуется на парообразование, то жидкость быстро охлаждается до температуры насыщенного пара. На практике такое поведение перегретой жидкости называют *толчками*. При перегонке жидкости с целью разделения на отдельные фракции они, кроме опасности разрушения аппаратуры, нежелательны ещё и тем, что могут забросить жидкие продукты из куба прямо в холодильник, сведя на нет результаты перегонки.

Перегрев объясняется тем, что для образования первоначальных зародышей для парообразования – микроскопических пузырьков газа необходимо преодолеть силы взаимного сцепления молекул внутри жидкости. Однако, при наличии так называемых центров кипения – пузырьков, образующихся из растворённых в жидкости газов и газов, адсорбированных в порах, складках и повреждениях стенок сосудов, а также на мельчайших твёрдых взвешенных в жидкости частицах, перегрев не превышает нескольких долей градуса и кипение имеет устойчивый спокойный характер. В обиходе такое кипение, например, воды в чайнике, называют *пузырчатым* кипением.

С увеличением температуры поверхности нагрева растворённые в жидкости газы начинают интенсивно выделяться, число центров кипения возрастает, всё большее количество образовавшихся пузырьков всплывает на поверхность жидкости, вызывая её интенсивное перемешивание. Это приво-

дит к значительному росту теплового потока от поверхности нагрева к кипящей жидкости. Соответственно возрастает и количество образующегося пара.

При достижении максимального (критического) значения теплового потока начинается второй режим кипения – *переходный*. При этом режиме значительная доля поверхности нагрева покрывается сухими пятнами из-за расширяющегося взаимного слияния пузырьков пара. Теплоотдача и скорость парообразования в этих местах резко снижаются, т.к. пар обладает меньшей теплопроводностью, чем жидкость. Наступает кризис кипения. Когда же вся поверхность нагрева обволакивается тонкой паровой плёнкой, наступает третий – *плёночный* режим кипения. При нём теплота от раскалённой поверхности передаётся к жидкости через паровую плёнку путём теплопроводности и излучения. На практике плёночный режим кипения может быть достигнут, когда при дробной перегонке жидкость, уже освобождённая от взвешенных частиц и растворённых газов при предыдущей перегонке, подвергается нагреву вмонтированными в перегонный куб тепло-электронагревателями – ТЕНами с несообразно большой мощностью. В этом случае прогорание стенки ТЕНа не менее опасно, чем прогорание стенки котла паровой турбины.

Наиболее подходящий для реализации поставленной цели пузырьчатый режим кипения, исключая возникновение толков перегоняемой жидкости в нагреваемом сосуде,

может быть достигнуто несколькими путями. В лабораторной практике, когда для перегонки используется жаропрочная стеклянная колба с шарообразным дном, применяются так называемые *кипелки* [31]. Они представляют собой очень тонкие стеклянные трубочки наподобие трубочек, используемых в ртутных медицинских термометрах, запаянные с одного конца. Эти трубочки помещаются в колбу под углом к горизонтали открытым концом вниз, чему способствует форма дна колбы. При нагревании жидкости в колбе воздух в трубочках нагревается, расширяется и крошечными пузырьками выходит наружу, образуя центры парообразования. Практическое использование таких кипелок для решения поставленной задачи представляется нецелесообразным, т.к. дно перегонных аппаратов плоское и надёжно установить на нём хрупкие кипелки под некоторым углом, да ещё в условиях бурлящей при кипении жидкости просто невозможно.

Другой способ организации пузырьчатого кипения заключается в том, что в куб перегонного аппарата вносятся твёрдые вещества с развитой поверхностью, на которой адсорбированы кислород, азот и другие, содержащиеся в воздухе газы. Выделяющиеся при нагревании микропузырьки этих газов будут служить центрами парообразования. Примером таких веществ являются битые кусочки старой доброй общепитовской тарелки из керамики, исключая её глазурирован-

ные участки<sup>59</sup>. Недостаток этого способа состоит в его затратности – кусочки керамики так пропитываются остатками жидкости в перегонном кубе (преимущественно сивушными маслами), что полностью избавиться от неприятного запаха невозможно даже путём прокаливания их на огне.

Наконец, третий способ предотвращения перегрева, связанной с ним задержкой кипения и последующими толчками, состоит в организации перегрева в ограниченном объёме. Для этого на дно перегонного аппарата помещают или неглубокие металлические колпачки с зазубренными краями дном вверх, или диск с выпуклой канавкой – так называемый «сторож» для кипячения молока. В этом случае перегрев жидкости происходит в малом объёме между, поверхностью нагрева и дном колпачка (или выпуклостью в диске). Недостатком применения колпачков является их самопроизвольное опрокидывание в бурлящей жидкости зазубренными краями вверх. Диск-«сторож» трудоёмок в изготовлении, т. к. канавка должна быть отформована на обеих его сторонах, тем более, как будет показано ниже, в этом нет никакой необходимости.

В описанной ниже конструкции перегонного аппарата проблема толчков при кипении решена следующим образом. Во-первых, дно и прилегающие к нему вертикальные стен-

---

<sup>59</sup> Кусочки вулканической пемзы для этих целей не подходят, т.к. они будут плавать на поверхности жидкости, а перегревы возникают в слоях жидкости вблизи дна сосуда.

ки бака подвергнуты изнутри пескоструйной обработке, которая в домашних условиях может быть с успехом заменена на обработку не очень мелкозернистой шкуркой – достаточно просто затереть до матового состояния гладкую поверхность нержавеющей стали, которая получается после прокатки листа. Такая обработка создаёт на поверхности нагрева микрорельеф, необходимый для увеличения адсорбции газов. Во-вторых, на дно бака помещают 4—5 шт. специальных «кипелок».

Для изготовления «кипелки» из листовой нержавеющей стали толщиной 0,3—0,4 мм. вырезается кружок диаметром 35—40 мм. Кружок помещают на подходящий брусок дерева, желателно из древесины твёрдых пород, и на нём при помощи не очень острого керна набивают три углубления. Они располагаются примерно в 5—7 мм. от края кружка так, чтобы угол между соседними углублениями составлял примерно  $120^{\circ}$ . Не сдвигая кружок с места, его рихтуют молотком, чтобы восстановить плоскость, а затем замеряют высоту выступа на обратной стороне – вместе с толщиной кружка она должна составлять 1,5—2,0 мм. Затем кружок переворачивают и с обратной стороны накернивают ещё три углубления так, чтобы они были сдвинуты относительно углублений на другой стороне примерно на  $60^{\circ}$ , и, не сдвигая кружок с места, снова его рихтуют для восстановления плоскости. Изготовленная таким способом «кипелка», представляет собой что-то вроде трёхногого столика с ножками по обе-

им сторонам столешницы (рис.1).

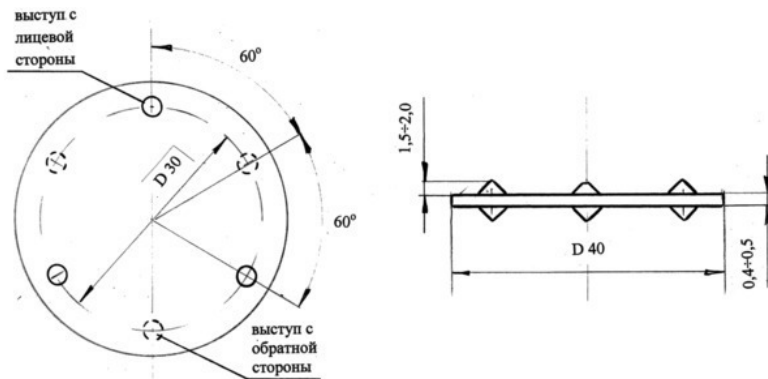


Рис.1. Конструкция «кипелки», используемой для перегонки.

Как бы такую «кипелку» не бросали в бак, она всегда падает на три ножки одной или другой стороной, обеспечивая перегрев жидкости в малом объёме, заключённом между дном перегонного аппарата и нижней поверхностью стоящей на выступях «кипелки». Кроме того, «кипелки» такой конструкции просты в изготовлении, легко моются и занимают незначительную часть площади дна бака, не препятствуя тепловому потоку. При перегонке непрерывное и равномерное позвякивание таких «кипелок» о дно аппарата указывает на то, что режим нагрева выбран правильно. По мере

испарения из куба низкокипящего компонента – спирта позвякивание «кипелок» затихает и одновременно уменьшается скорость перегонки. Для её восстановления необходимо несколько увеличить интенсивность нагрева куба. При этом удобно ориентироваться на звук позвякивающих «кипелок».

Если для изготовления «кипелок» использовать достаточно чистую листовую медь (не менее 9999), то «кипелки» одновременно могут выполнить ещё одну функцию – способствовать очистке дистиллята от сернистых соединений [69]. Эти соединения возникают виноmateriale в процессе естественного брожения и придают тухлый запах дистилляту после первой перегонки. Если количество сернистых соединений в дистилляте достаточно велико, то медные «кипелки» после второй перегонки покроются тёмным налётом, содержащим серу. Однако в дистилляте, полученном перегонкой виноградного вина или настоя на виноградных выжимках, этот эффект не наблюдается. Более того, диоксид серы часто добавляют в виноградные вина для предотвращения их скисания в количестве от 160 мг/л в красные вина до 400 мг/л в сладкие белые [70]. Но использование нелужёной меди в конструкции дистилляторов имеет и отрицательные стороны, о чём будет сказано в главе 6.

Кроме гидравлических ударов и толчков ещё одним осложнением, возникающим при кипении жидкости, является вспенивание. Поднимающиеся на поверхность жидкости пузырьки пара самопроизвольно лопаются. Однако, при на-

личии в жидкости (особенно на её поверхности) взвешенных частиц органических соединений и при высоких темпах нагрева пузырьки не успевают лопаться и образуют пену, забивающую перегонный аппарат. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе интенсивности нагрева бака, особенно на первой стадии дробной перегонки, когда перегоняемая жидкость содержит множество органических остатков от брожения.

Есть ещё один специфический момент, который необходимо учитывать при конструировании перегонного аппарата. Он заключается в том, что всплывший на поверхность кипящей жидкости газовый пузырёк лопается с образованием мельчайших капель. Эти капли при подходящих условиях, таких как высокие скорости пара и малое расстояние от поверхности кипящей жидкости, могут увлекаться в выводное устройство и загрязнять отгон продуктами из бака.

Скорость потока пара на входе в холодильник перегонного аппарата можно приблизительно оценить, предположив, что в его кубе кипит чистая вода – такая ситуация имеет место на последних этапах первой перегонки. Исходя из реальной скорости перегонки 15 мл/мин – при больших скоростях в аппарате описанной ниже конструкции происходит интенсивное пенообразование, и плотности воды на выходе из холодильника 0,998 г/мл при 20°C [71], получаем скорость выхода дистиллята в г/мин равную 14,97 г/мин. Такое же количество воды, только в виде насыщенного водяно-

го пара, должно поступать в минуту на вход холодильника. Плотность водяного пара при  $100^{\circ}\text{C}$  составляет  $0,598 \times 10^{-3}$  г/мл, т.е. на вход холодильника для получения 14,97 г дистиллята должно поступать в минуту 25 литров водяного пара<sup>60</sup>. Это достаточно большая скорость, при которой пар может подхватывать капли кипящей в кубе жидкости и заносить их в холодильник при первой перегонке. Поэтому в аппарате должен быть предусмотрен каплеотражатель.

Ниже будет приведена конструкция эффективного каплеотражателя с кулисой, в которой поток пара дважды меняет направление движения на  $180^{\circ}$ .

Ознакомившись с протекающими в перегонном аппарате процессами испарения, кипения, вспенивания и каплеобразования, перейдём к другим – дистилляции и ректификации.

---

<sup>60</sup> Для сравнения максимальное количество воздуха, которое способен выдохнуть мужчина средней комплекции, но не профессиональный спортсмен после самого глубокого вдоха (жизненный объём лёгких), составляет приблизительно 4 л [72]. Если он, не напрягаясь, выдыхает этот воздух за 6 сек, то скорость выдоха составляет 40 л/мин.

# Глава 5. Дистилляция и ректификация

Как было отмечено выше, термин дистилляция происходит от латинского слова, означающего буквально «стекание каплями». Однако позднее под ним стали понимать простую перегонку – однократное испарение жидкости, нагреваемой в перегонном сосуде (кубе) и конденсации её паров в холодильнике.

При кипении жидкости *одного состава* поступающий в холодильник пар имеет тот же состав, что и жидкость в кубе, а при конденсации пара в холодильнике снова получается исходная жидкость. Простую перегонку применяют для очистки жидкости одного состава от растворённых в ней солей и взвешенных твёрдых частиц. Например, при получении дистиллированной воды из водопроводной для кислотного автомобильного аккумулятора или для разбавления выдержанного в дубовой бочке коньячного спирта при производстве коньяка.

Если перегонке подвергается однородная *смесь жидкостей*, кипящих при разных температурах и не образующих друг с другом непрерывно кипящих смесей<sup>61</sup>, то такой про-

---

<sup>61</sup> Непрерывно кипящие смеси двух (иногда трёх) жидких веществ называют ещё *азеотропными* смесями [33]. При определённом соотношении их компо-

цесс подчиняется закону фазового равновесия в системе жидкость-пар, открытому учеником Д.И.Менделеева Дмитрием Петровичем Коноваловым (1856—1929 гг.): *пар обогащён тем компонентом, прибавление которого к жидкости понижает температуру её кипения* [31]. Применительно к перегонке спиртосодержащих водных растворов это означает, что при кипении жидкости её насыщенный пар будет обогащён спиртом, что хорошо видно из диаграммы фазового равновесия в системе этиловый спирт—пар, приведённой на рис.2 [32]. Кривые для жидкости – водного раствора спирта и находящегося в равновесии с ней её насыщенного пара представляют собой геометрическое место точек, соответствующих температурам, при которых жидкость находится в точке закипания, а пар – в точке конденсации. Диаграмма показывает, что жидкость, содержащая, например, 10% спирта, закипает при температуре 91,5°C, а в её паре при этом будет содержаться 53% спирта. Но это, так сказать, мгновенные значения. На самом деле доведённая

---

нентов состав насыщенного пара и жидкости у них будет всегда одинаковым. Такие смеси кипят при температуре более низкой или более высокой, чем температура кипения каждого компонента смеси в отдельности. Примером непрерывно кипящей смеси является смесь обезвоженного этилового спирта и воды. Как отдельные компоненты они соответственно кипят при температурах 78,3 и 100°C. Однако их азеотропная смесь, содержащая 4,4% воды в спирте, кипит при температуре 78,1°C [34]. После конденсации пар из такой жидкости будет содержать те же 4,4% воды и никакой перегонкой получить её меньшее количество не удастся, разве что вести перегонку при пониженном давлении меньшем 75 мм рт. ст., при котором азеотропная смесь не образуется [31].

до состояния кипения спиртосодержащая жидкость начнёт терять спирт в результате его испарения и температура кипения жидкости начнёт увеличиваться. Если подводимого тепла достаточно для поддержания кипения, весь спирт из жидкости перейдёт в холодильник. В кубе останется одна вода.

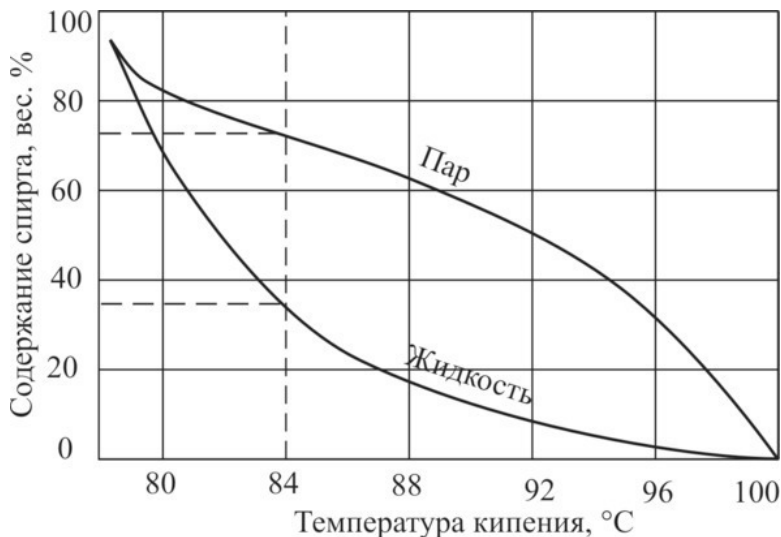


Рис. 2. Диаграмма фазового равновесия в системе этиловый спирт-вода

На практике, если перегонять смесь из 10 мл. спирта и 90 мл. воды, то первые 40 мл. перегнанной жидкости – пер-

вая *фракция* будет содержать весь спирт, находившийся в перегоняемой смеси, т.е. первая фракция перегоняемой жидкости будет содержать 25% спирта. При повторной перегонке этих 40 мл. весь спирт будет содержаться в первых 20 мл. отгона, а его концентрация будет соответственно равна 50%. Повторяя эту процедуру некоторое число раз, можно полностью разделить водный раствор спирта на воду и азеотропную смесь спирта с водой, т.е. 95,6% спирт. Такой способ разделения смеси жидких веществ с различающимися в чистом виде температурами кипения называется *дробной* перегонкой.

Существуют два типа дробной перегонки:

- 1). Последовательная многократная дробная перегонка.
- 2). Точная дробная перегонка, осуществляемая в одну операцию – *ректификация* (этот термин встречается ещё в работах М.В.Ломоносова<sup>62</sup>).

В первом случае при перегонке смеси нескольких жидких веществ с различными температурами кипения поступают следующим образом. Смесь перегоняют, отбирая фракции в заранее намеченных температурных интервалах или в температурных интервалах, разделённых промежутками, в которых значительно изменяется температура жидкости (или

---

<sup>62</sup> В Московском историческом музее сохранился перегонный куб, с которым работал М.В.Ломоносов – внушительная, украшенная чеканкой, по-видимому, латунная ёмкость [33].

её паров) в перегонном кубе. Затем каждую фракцию перегоняют ещё и ещё раз, отделяя после каждой перегонки головную и хвостовую часть так, чтобы, в конце концов, жидкость в кубе кипела и испарялась в холодильник при постоянной температуре. *Постоянная температура кипения жидкости до полного испарения свидетельствует о её чистоте.*

Для увеличения эффективности процесса разделения смеси при дробной перегонке и, следовательно, для уменьшения числа перегонок, в лабораторных условиях широко используют *дефлегматоры*. Они изготавливаются из термостойкого стекла и бывают различных конструкций. На практике хорошо зарекомендовал себя так называемый *ёлочный дефлегматор*. Он представляет собой тонкостенную стеклянную трубку диаметром 15—20 мм, внутрь которой после разогрева и размягчения стекла при помощи подходящего инструмента отформованы группы игл по 4 шт. на одном уровне по диаметру трубки (рис. 3 а). При этом иглы нижнего ряда направлены остриями вверх, а иглы в ряду над ними – остриями вниз. Оба ряда игл повернуты относительно друг друга примерно на 45 градусов, чтобы иглы двух соседних рядов сходились к центру трубки.

К другим относительно простым конструкциям дефлегматоров относится дефлегматор с *насадкой* (рис.3б). Он представляет собой стеклянную трубку несколько большего диаметра, чем у ёлочного дефлегматора, в которую насыпаны контактные элементы, например, обрезки спирали в 1—

3 витка из нержавеющей или нихромовой проволоки диаметром 0,2—0,3 мм или из тонкой стеклянной нити. Диаметр спирали составляет 2—4 мм. По сравнению с ёлочным дефлегматором

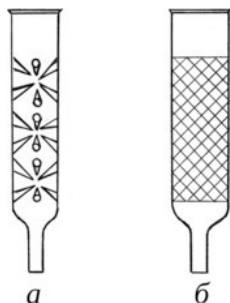


Рис. 3. Ёлочный дефлегматор (а) и дефлегматор с насадкой (б)

насыпной имеет существенно большую массу и требует значительно большего времени на разогрев.

Сущность работы дефлегматоров заключается в следующем. Проходящий через дефлегматор пар содержит низкокипящий легко летучий компонент – спирт и высококипящий менее летучий компонент – воду. Вследствие охлаждения в дефлегматоре, пар частично конденсируется и его температура понижается. Как видно из рис.2, при понижении температуры пара содержание в нём низкокипящего компонента – спирта возрастает. А в конденсате или в так называемой *флегме* происходит возрастание концентрации высококипящего компонента – воды и она стекает вниз. Та-

ким образом, в дефлегматоре в результате встречного движения двух контактирующих потоков происходит теплообмен и массообмен. Восходящие потоки пара непрерывно обогащаются легко летучим низкокипящим компонентом – спиртом, а стекающая вниз *флегма* – менее летучим высококипящим компонентом водой. При этом флегма на пути к кубу непрерывно разогревается встречным потоком пара, в результате чего из неё улетучивается спирт. Эффективность обмена компонентами между жидкой и паровой фазой в первую очередь определяется величиной площади поверхности, на которой происходит взаимодействие и разделение фаз, для чего, собственно, нужны иглы и насадки.

При прочих равных условиях эффективность разделения смеси зависит также и от времени взаимодействия фаз, т.е. от скорости потока пара через дефлегматор (или ректификационную колонку). Влияние скорости перегонки на эффективность разделения компонентов жидкой смеси можно уяснить из рис. 4 [31], на котором приведены кривые, характеризующие процесс перегонки 10 мл смеси равных объёмов метилового спирта и воды<sup>63</sup> при разных скоростях отгонки с применением одной и той же колонки. Из рис. 4 видно, что с увеличением скорости отгонки эффективность разделения смеси существенно ухудшается. Это проявляется в том, что сокращается длина горизонтальной части кривых, означаю-

---

<sup>63</sup> Метиловый спирт и вода не образуют азеотропную смесь и соответственно кипят при температурах 64,7 и 100°C [35].

щих, что дистиллят выходит при относительно постоянной температуре, а выход промежуточной фракции, содержащей оба компонента – увеличивается. Таким образом, в режиме перегонки 1 дистиллят содержит большее количество воды, чем в режиме 3., т.е. смесь разделена хуже.

Примерно также будут выглядеть кривые перегонки для различных конструкций перегонных устройств, отличающихся эффективностью разделения смеси. Чем выше эффективность разделения смеси, тем круче будет восходящий участок кривой от температуры кипения низкокипящего компонента до температуры кипения высококипящего, т.е. тем меньше будет объём промежуточной фракции. Эффективность работы дефлегматора можно увеличить, установив в верхней его части холодильник-конденсатор для частичной конденсации пара. Образующаяся при этом из низкокипящего компонента жидкость будет производить *орошение* насадки (или игл), улучшая контакт между жидкостью и паром, что способствует лучшему разделению смеси. Например, конденсатор, установленный на ёлочный дефлегматор высотой 52 см, увеличивает эффективность разделения смеси в 2 раза, и в 3 раза у более короткого дефлегматора высотой 20 см [36].

Однако дефлегматоры имеют не очень большую эффективность. Поэтому для перегонки смесей жидкостей, имеющих относительно близкие температуры кипения, ими можно пользоваться только при многократной дробной перегон-

ке, что приводит к некоторым потерям перегоняемого вещества [31].

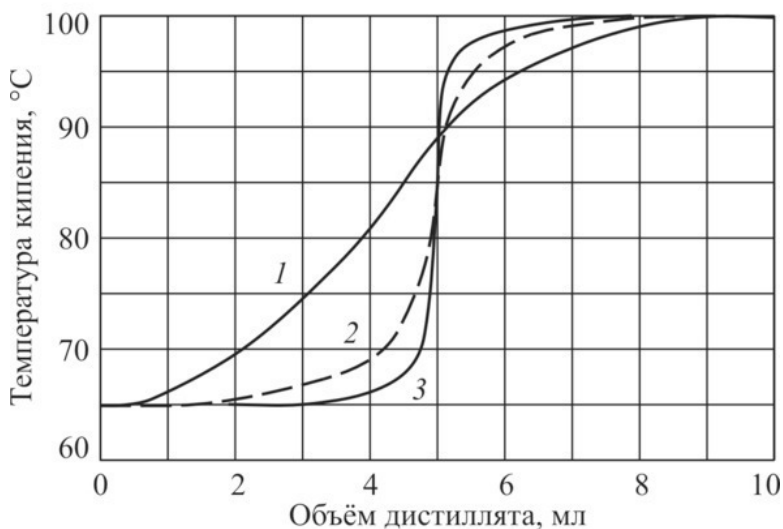


Рис. 4. Эффективность разделения смеси метилового спирта-вода при различных скоростях перегонки: 1 – 0,5 мл/мин; 2 – 0,3 мл/мин; 3 – 0,2 мл/мин

Другой тип дробной перегонки – ректификация, преследует цель объединить в одном приборе (ректификационной колонке) в одну операцию столько отдельных процессов перегонки, сколько необходимо для полного разделения сме-

си. Для этого в ректификационной колонке должен быть создан последовательный ряд фазовых равновесий между стекающей обратно флегмой и поднимающимся вверх паром в условиях постепенного понижения температуры по высоте колонки (как и в дефлегматоре). При этих условиях высококипящий компонент будет всё время частично конденсироваться из паровой фазы, а низкокипящий будет частично испаряться из флегмы. В результате пар (или флегма), находящийся в верхней части колонки, в зависимости от её эффективности будет максимально обогащён низкокипящим компонентом, а жидкость в кубе максимально обогащена высококипящим компонентом. Лучше всего уяснить себе этот процесс на примере работы промышленной тарельчатой ректификационной колонны, схема которой приведена на рис.5.

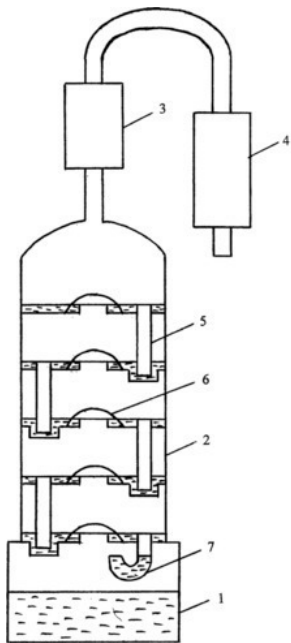


Рис. 5. Схема ректификационной тарельчатой колонны.

- 1 – куб, 2 – собственно колонна,  
 3 – конденсатор, 4 – холодильник,  
 5 – сливная труба, 6 – колпачок,  
 7 – жидкостной затвор

Колонна состоит из куба 1, в котором подвергается перегонке жидкость разогревается до кипения, собственно колонны 2, конденсатора 3 и холодильника 4. Конструктивно конденсатор 3 является таким же холодильником, как и холодильник 4, и служит для полной или частичной конденсации поступающего в него пара для орошения конденсатом колонны. Колонна 2 представляет собой цилиндр, в котором друг над другом расположены днища, называемые тарелками. На каждой тарелке задерживается некоторое количество

флегмы, избыток которой сливается на лежащую ниже тарелку через сливную трубу 5. Высота края сливной трубы над поверхностью тарелки определяет количество задерживаемой на тарелке флегмы. Горловины отверстий в центре каждой тарелки подняты до уровня кромки сливной трубы и закрыты колпаками 6

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.