

Обсыхание рафинада при низких температурах и некоторые связанные с этим выводы относительно допустимой нормы влажности рафинада.

(Из лаборатории химической технологии питательных веществ Томского Технологического Института).

При получении сахара рафинада в Сибири, привезенного по жел. дороге, многократно наблюдалась в течение зимы 1924—25 г. убыль веса рафинада при полной исправности на местах назначения как его упаковки, так и вагонов, в которых производилась перевозка. На ряду с этим получались и такие партии, где перевозимый рафинад точно сохранял свой вес, установленный перед его отправкой при погрузке в вагоны.

Для выяснения причин такой нежелательной убыли веса, достигавшей в отдельных случаях 20 кг. и выше на вагон, что наблюдалось в Сибири Конторами Общества «Транспорт» в Троицкосавске, Кургане, Челябинске, Свердловске, Петропавловске, Омске, Новониколаевске, Томске, Красноярске и Иркутске, была организована Комиссия в составе представителей жел. дороги, О-ва Транспорт и эксперта специалиста в лице автора данной статьи. Указанная Комиссия 16 марта 1925 года на станции Томск I:

- 1) приняла прибывшие в четырех крытых, оказавшихся вполне исправными вагонами колотый рафинад, отправленный с ж. д. станции Тимашево с Пролетарского (б. Тимашевского) сахарорафинадного завода 16, 19 и 20 февраля 1925 г.;
- 2) установила исправность мешков, в которых был упакован сахар;
- 3) проверила вес прибывшего груза и установила повагонно наличность и величину убыли веса сравнительно с указанным при отправке;
- 4) отобрала для анализа на влажность рафинада пробы его, переданные на испытание в лабораторию питательных веществ Томского Технологического Института.

Вес груза каждого вагона определялся пятью взвешиваниями, пользуясь предварительно проверенными станционными весами подъемной силой в 250 пуд. Пробы брались для каждого вагона особо из различных мест погрузки и из различных мешков, заполнявших данный вагон. Каждая проба помещалась в особую стеклянную с притертой пробкой банку, на которой записывались номера вагона, число и номера взятых мешков и их расположение в вагоне (верх, низ, наружный, средний, около двери и т. п.). Одни пробы брались средними для нескольких соседних мешков, другие взяты индивидуально для того или другого мешка. При этом из отдельных мешков одна проба бралась из наружных слоев сахара, другая из его середины. Имели место также средние пробы для всей массы сахара, заполнявшего мешок.

Всего взято было 29 проб.

Разгрузку каждого вагона неизбежно приходилось начинать и производить до выяснения наличности и величины убыли веса всей его погрузки.

Ввиду этого, а также для полноты освещения в общей его трактовке представлялось желательным несколько изменять при каждом новом вагоне порядок выбора мешков из общей их массы для отбора из них сахара, идущего в отдельные пробы, взятые из данного вагона.

Самое определение влажности испытуемого сахара производилось в указанной выше лаборатории высушиванием, первоначально в течение двух часов при 65—70°C, затем окончательно при 110°C. Общая убыль веса сахара в рассматриваемой партии выразилась по-вагонно так: вагон I—6 кг., вагон II—0 кг., вагон IV—8 кг. Установленная убыль веса в принятой партии оказалась довольно разнообразной для отдельных вагонов. Это, наряду с наличием вагона, точно сохранившего вес своего груза после перевозки, являлось благоприятствующим обстоятельством для выяснения поставленного вопроса. Однако количественно убыль веса при данной отправке оказалась значительно меньше имевших место ранее. Для выяснения этого ниже помещается таблица I, где приводятся соответствующие данные, касающиеся некоторых партий сахара, прибывших в Томск с более или менее значительной потерей веса.

Таблица I.

№ по пор.	Сорт сахара.	Время		Тара.		Вес в кг.		Недостача веса в кг.	Завод.	Станция отправления.
		Отправления.	Прибытия.	Число мест.	Вес в кг.	Нетто.	Брутто.			
1	Колотый.	1 I	3 II	200	120	16480	16600	23	Пролетарский.	Тимашево.
2	"	16 I	31 I	"	"	16480	16588	19	"	"
3	"	8 I	30 I	"	"	16480	16600	11	"	"
4	"	13 I	17 I	"	"	"	"	20	"	"
5	"	3 I	24 II	"	"	"	"	37	"	"
6	"	1 XII	6 I	205	—	—	16506	45	Бердичевский.	Бердичев.
7	Головной.	20 I	24 II	199	—	—	16532	39	"	"
8	Прессован.	20 I	3 II	182	106	16380	16486	29	"	"
9	"	29 I	14 II	"	"	"	"	30	"	"
10	Колотый.	1 I	9 II	192	112	16320	16432	26	Краснозвездин.	Сумы.
11	Песок . . .	11 XII	12 I	156	—	—	16492	35	Окдановский.	Семки.

При приемке и осмотре указанной комиссией четырех вагонов рафинада, прибывших в Томск и разгруженных 16 марта 1925 года, было установлено, что по внешнему виду этот рафинад (кусковой) является вполне доброкачественным. Влажность же его, определенная в Томском Технологическом Институте, представлена приводимыми ниже данными анализа, сгруппированными для каждого отдельного вагона в особую таблицу. В таблице II дана сводка анализов проб сахара из вагона I, в котором установлена убыль веса в 6 кг. на весь груз вагона.



Таблица II.

№ вагона.	№ пробы.	Место мешка в вагоне.	Число мешков в пробе.	Слой сахара в мешке, взятый в пробу.	Влажность сахара в ве- совых 0/0.
I.	№ 1	Верх.	1	Наружный	0.18
"	№ 2	"	1	Внутренний	0.33
"	№ 3	Низ.	1	Наружный	0.19
"	№ 4	"	1	Внутренний	0.33
"	№ 5	Средина.	1	Наружный	0.24
"	№ 6	"	1	Внутренний	0.26
"	№ 7	"	6	Наружный	0.30
"	№ 8	"	6	Внутренний	0.33
"	№ 9	Верх.	8	Наружный	0.14
"	№ 10	"	8	Внутренний	0.23

Данные таблицы II говорят за то, что влажность рафинада вагона I в общем высокая и в отдельных пробах переходящая допустимые пределы влажности рафинада «Инструкциями для химиков сахаро-рафинадных заводов» Минца и Рейсера, изданными Сахаротрестом, при чем указанными там техническими нормами высший предел содержания влаги в рафинаде определяется в 0,3% по весу его.

По данным приведенных в таблице II анализов наблюдается некоторое расхождение влажности отдельных аналогичных проб рафинада, что имеет место относительно № 5 и № 6, с одной стороны, и № 7, № 8, с другой стороны. Причины этого, видимо, лежат в индивидуальной влажности сахара каждого отдельного мешка, что может зависеть от неоднородности в отношении влажности распределенного по различным мешкам сахара.

Сопоставление влажности наружных и внутренних слоев в отдельных мешках указывает на обсыхание сахара, перевезенного в вагоне I. Обсыхание это и его степень, судя по анализам, зависит от положения мешков в вагоне. При этом верхние и нижние обсыхают больше, чем внутренние мешки. Таким образом, для вагона I убыль веса определяется обсыханием сахара в пути, что, повидимому, находится в связи с высокой, переходящей допустимые нормы, влажности рафинада.

Анализ рафинада из вагона II при полном весе груза его на месте получения дал следующие результаты лабораторного испытания, приводимые таблицей III.

Таблица III.

№ вагона.	№ пробы.	Место мешка в вагоне.	Число мешков в пробе.	Слой сахара в мешке, взятый в пробу.	Влажность сахара в ве- совых %/о/о.
II.	№ 11	Верх.	1	Наружный	0.02
"	№ 12	"	1	Внутренний	0.07
"	№ 13	Низ.	1	Наружный	0.06
"	№ 14	"	1	Внутренний	0.03
"	№ 15	Средина.	7	Средняя проба	0.11
"	№ 16	"	7	Средняя проба	0.14

Приведенные анализы выявляют для вагона II в общем низкую влажность, отвечающую для средних проб срединных мешков вагона 0.11—0.14⁰/о, а для индивидуальных—падающую до 0.02—0.07⁰/о по весу. При этом определенной зависимости между влажностью наружных и внутренних слоев сахара, заполняющего мешки рассматриваемого вагона II, уже не наблюдается.

Отмеченное можно видеть из сопоставления анализов проб №№ 11, 12, 13 и 14. При чем оказывается, что в одном случае влажность внутренних слоев сахара, заполняющего отдельные мешки, больше влажности их наружных слоев, а в другом—наоборот. В общем данные таблицы III говорят о том, что при значительной сухости сахара, в настоящем случае до 0.14⁰/о воды и ниже, индивидуальная влажность кускового рафинада отдельных мешков с течением времени прочно удерживается. При этом продолжительное соседство и взаимное соприкосновение масс рафинада различной влажности (от 0.02 до 0.14⁰/о), как и соприкосновение с внешним воздухом в условиях перевозки рассматриваемых вагонов не оказывает заметного уравнивающего влияния на влажность соприкасающихся отдельных мешков кускового рафинада. Таким образом, сухость сахара вагона II исключила возможность его обсыхания в пути и тем обеспечила устойчивое сохранение веса при перевозке, в связи с чем вес груза этого вагона совершенно не изменился до места назначения.

Сахар вагона III в отношении влажности во всей своей массе довольно однороден и достаточно сух. Наибольшее содержание влаги достигает 0.16⁰/о, наименьшее 0.04⁰/о. В общем влажность сахара почти такая же, как и в предыдущем вагоне, но все же несколько большая. В связи с этим уже имеет место хотя и очень незначительная убыль веса во время перевозки, отвечающая трем килограммам на вагон. В таблице IV приведены данные, характеризующие влажность сахара рафинада вагона III.

Таблица IV.

№ вагона.	№ пробы.	Место мешка в вагоне.	Число мешков в пробе.	Слой сахара в мешке, взятый в пробу.	Влажность сахара в ве- совых %/о/о
III	№ 17	Низ	1	Средняя проба из наружных и внутренних слоев сахара в мешках	0.06
"	№ 18	"	1		0.16
"	№ 19	Верх	1		0.09
"	№ 20	"	1		0.15
"	№ 21	Средина	8		0.04
"	№ 22	"	9		0.08

При разгрузке вагона IV и осмотре находящегося в нем упакованного в мешки кускового рафинада было обнаружено, что некоторые из этих мешков местами несколько влажны. Группа таких мешков оказалась расположенной в середине груза, заполняющего вагон. Верхний и боковые наружные ряды мешков были сухи. При установленной полной исправности вагона, исключающей возможность подмачивания в пути, и при выясненной анализом безусловной сухости сахара этих мешков, отмеченная наружная влажность последних могла явиться только следствием каких-нибудь случайных обстоятельств, предшествовавших погрузке мешков в вагон. Анализ рафинада из вагона IV представлен данными таблицы V, приведенной ниже.

Таблица V.

№ вагона.	№ пробы.	Место мешка в вагоне.	Число мешков в пробе.	Слой сахара в мешке, взятый в пробу.	Влажность сахара в ве- совых %/о.
IV.	№ 23	Боковое	9	Средняя проба из наружных и внутренних слоев сахара в мешке.	0.33
"	№ 24	Средина	6		0.20
"	№ 25	Верх	6		0.04
"	№ 26	Низ	7		0.04
"	№ 27	Средина	6		0.05
"	№ 28	Средина (влажн. мешки)	6		0.07
"	№ 29	Средина (влажн. мешки)	6		0.06

Сахар вагона IV обращает на себя внимание очень большой неоднородностью относительно влажности, колеблющейся от 0.04% до 0.33%, причем максимальная переходит предел, допустимый для рафинада техническими нормами уже упомянутых выше «Инструкций», изданных Сахаротрестом. Влияние расположения мешков в вагоне на обсыхание в пути, благодаря значительной неоднородности сахара в смысле влажности, не представляется возможным при данном вагоне проследить. Анализ сахара из влажных с поверхности мешков, выделенных в две особые группы, представлен пробами № 28 и № 29. Данные этих анализов показывают, что находящийся в этих мешках сахар оказывается в техническом смысле сухим, притом с очень малой влажностью, отвечающей 0.06—0.07%.

Сахар этот такой же, как и находящийся в большинстве других мешков рассматриваемого вагона. Как видно из анализа проб №№ 25, 26 и 27, этот преобладающий в вагоне IV сахар имеет минимальную влажность в 0.04—0.05%. Однако на ряду с ним, что показывают анализы №№ 23 и 24 таблицы V, здесь же находился и иной сахар—с высокой влажностью—от 0.20 до 0.33%. Наличие последнего в вагоне и является первой причиной обсыхания сахара в пути. Вторая же причина, возможно, имеющая в количественном отношении большее значение, определяется нахождением в вагоне уже вышеупомянутых наружно влажных мешков. То обстоятельство, что сахар, заполнявший эти мешки, в общем оказался вполне сухим и что наружная влажность этих мешков выявлялась на каждом из них лишь местами и при том с одной только стороны, указывает на то, что рассматриваемые мешки перед погрузкой их в вагон и, вероятно, перед взвешиванием или подвергались легкой местной подмочке с поверхности, или же попали под снег.

частично удержавшийся на них затем и на весах, а также при погрузке их в вагон. Очевидно, что обе эти или иные аналогичные причины, случайно и временно увеличив вес загруженного в вагон сахара, в дальнейшем при длительной перевозке неизбежно должны были привести к некоторому уменьшению веса сахара, прибывшего спустя месяц в Томск.

При общей сводке всего отмеченного выше выявляется следующее: 1) рафинад принятой партии чрезвычайно не однороден по влажности, колеблющейся от 0.02 до 0.33% по весу; 2) при влажности кускового рафинада до 0.14% и ниже убыли веса его во время перевозки в условиях, отвечающих рассматриваемой партии, нет; 3) при влажности, достигающей 0.15—0.16%, убыль веса перевозимого сахара уже проявляется, выражаясь вг. 3 кл. на вагон; 4) при повышении влажности до 0.33%, убыль веса в пути увеличивается в 2,7 раза сравнительно с предыдущим, отвечая 8 килогр. на вагон.

Очевидно, что делая указанное сопоставление относительно обсыхания сахара в связи с влажностью рафинада, приходится из имеющихся материалов исключить IV, где имели место случайные привходящие, при том трудно поддающиеся учету обстоятельства, связанные с обнаружением в этом вагоне нескольких подмоченных мешков. Для того, чтобы сделать какие либо общие выводы на основании приведенного выше фактического материала, следует несколько остановиться на сущности происходящего здесь явления, а также на условиях, в которых оно выявлялось в рассматриваемом случае. Помимо этого необходимо учесть и характерные свойства и особенности самого материала, в отношении которого проявляется интересующее нас явление.

Продукты сахарного производства, являясь массой сахарозы, кристаллизующейся в безводных кристаллах, по существу должны были представляться абсолютно сухими. Однако при технических средствах, какими располагает современный сахарный и рафинадный заводы, и отчасти из экономических соображений абсолютная сухость продуктов не достигается. Влажность сахарного песка по проф. Зуеву колеблется от 0.025 до 0.10% по Н. Н. Раппельскому 0.10—0.15% по весу. Влажность русского рафинада по Рейсеру и Минцу согласно принятым техническим нормам должна быть не выше 0.3%.

Причина влажности сахарного песка лежит отчасти в условиях его выработки, отчасти в той относительно колоссальной поверхности от 3,7 до 5,5 кв. метров на 1 кл., какой обладает сахар¹⁾. При чем на сахаре-сырце удерживается слой патоки уд. в. 1.45 толщиной по Classen'у в 0.10—0.13 мм. Этот слой патоки Kouyl в среднем принимает в 0.025 мм., но обращает внимание на то, что главная часть патоки скопляется во входящих углах, всегда встречающихся у сросшихся вместе нескольких кристаллов, где образуются более толстые слои, колеблющиеся от 0.008 до 0.2 мм. Непосредственных указаний на существование слоя патоки и на толщину этого слоя в рафинаде автор не встречал²⁾. Однако к разрешению этого вопроса легко подойти. При этом следует иметь в виду, что вода в рафинаде может находиться как в форме шаров, заполняющих межкристальное пространство рафинада, так и в форме воды, входящей в состав патоки, покрывающей поверхность сросшихся между собою кристаллов сахарозы, образующих монолитную массу рафинада. В дальнейшем при рассмотрении поставленного вопроса примем: 1) что рафинад имеет допустимую техническими нормами влажность в 0.3% по своему весу; 2) что уд. вес головного рубленого рафинада = 1.230, по проф. Смоленскому³⁾; 3) что уд. вес сахарозы = 1.5805 по

¹⁾ Вогрызек—«Хим. сах. промышленности» — 414 стр.

²⁾ Возможно благодаря чрезвычайной бедности специальной литературой г. Томска за последние 10 лет.

³⁾ «Записки научно-техн. кафедры технолог. с.-хоз. производств». Киев, 1925 г., П.т., 1 вып., 25 стр.

Gerlach'y; 4) что пористость головного рафинада— 18,7% от всего объема его, по проф. Смоленскому ¹⁾. Очевидно, что количество воды, находящейся в межкристальном пространстве рафинада в состоянии пара, примем—насыщающего пространство, зависит от обычных определяющих это факторов, т. е. от давления и температуры. Давление полагаем нормальным, колебания же температуры, имеющей место при перевозках сахара в Сибири, возможно в пределах от -40° до $+40^{\circ}$ С. В связи с принятым, количества паров воды, насыщающих пространство в 1 куб. метре воздуха при 760 мм. давления, выразятся в килограммах для отдельных температур в указанных пределах приводимыми ниже числами таблицы VI.

Таблица VI.

Температура в °С.	Содержание воды в 1 куб. метре воздуха, насыщенного парами в кг.
-20° С	0.001060 кг.
-10° „	0.002303 „
0° „	0.004876 „
$+4^{\circ}$ „	0.006370 „
$+6^{\circ}$ „	0.907259 „
$+10^{\circ}$ „	0.009372 „
$+20^{\circ}$ „	0.017177 „
$+30^{\circ}$ „	0.030130 „
$+40^{\circ}$ „	0.196640 „

Таблица VII.

Температура в °С.	Содержание воды в парах одного куб. дециметра рафинада в граммах.
-20° С	0.198 гр.
-10° „	0.431 „
0° „	0.912 „
$+4^{\circ}$ „	1.191 „
$+6^{\circ}$ „	1.357 „
$+10^{\circ}$ „	1.752 „
$+20^{\circ}$ „	3.212 „
$+30^{\circ}$ „	5.634 „
$+40^{\circ}$ „	36.771 „

Если отнести данные таблицы VI к объему межкристального пространства одного кубического дециметра рафинада, т. е. к 187 куб. сант., то получим следующие выраженные таблицей VII в граммах количества воды в состоянии пара, содержащегося и в порах рафинада, взятого в указанном объеме.

При принятом выше уд. весе рафинада в—1,230 и при влажности его в 0,3% по весу, общее содержание в нем воды на один куб. дециметр составит $1230 \times 0.003 = 3.69$ гр. Сопоставляя эту цифру с величинами, дающими возможное максимальное содержание воды в форме паров в одном куб. дециметре рафинада, можно видеть, что при $+20^{\circ}$ С, рафинад уже не содержит воды в капельно-жидком состоянии и, таким образом, оказывается действительно сухим. Очевидно, что при повышении температуры окружающего атмосферного воздуха понижение влажности рафинада, т. е. его обсыхание, окажется совершенно невозможным. Причина в том, что с нагреванием воздуха быстро растет его влажность, делающаяся при этом выше влажности воздуха, заполняющего межкристальное пространство рафинада. Если напр. относительная влажность атмосферного воздуха 70%, то уже при 30° С, он, судя по таблицам VI и VII, оказывается более влажным межкристального пространства рафинада с допустимым для него техническими нормами содержанием воды в 0,3% по весу рафинада. Это говорит о том, что указанная норма установлена правильно и что ею или почти или даже совершенно исключается возможность обсыхания рафинада. Однако это имеет место только при том условии, что соприкасающийся с таким рафинадом атмосферный воздух

¹⁾ Там-же.

нагреет до $+20^{\circ}\text{C}$. или выше. В противном случае, т. е. при охлаждении воздуха ниже $+20$, положение меняется. При этом рассматриваемый рафинад, т. е. с 0.3% влаги, являвшийся до того сухим, отсыревает, при чем отсыревание его повышается с дальнейшим понижением температуры. Причина отмеченного явления в том, что при охлаждении рафинада с указанным содержанием в 0.3% , водяные пары, находящиеся в нем при $+20^{\circ}\text{C}$. в состоянии насыщающих пространство, начинают конденсироваться, постепенно выпадая в виде росы во всей массе сахара. В результате образуется слой жидкости, имеющий соответственно межкристальному пространству рафинада поверхность в 3—5 кв. метра на 1 куб. дециметр рафинада.

Таким образом, при охлаждении рафинада ниже $+20^{\circ}\text{C}$. влажность его количественно не меняется, однако форма ее становится иною, так как наряду с водяными парами в рафинаде появляется также и вода в капельно-жидком состоянии. Последнее обстоятельство имеет свои нежелательные и понятные последствия. Одно из них—обсыхание рафинада, хотя, судя по таблице VI, влагосемкость холодного воздуха с понижением его температуры быстро падает и следовательно угроза поглощения атмосферным воздухом излишней влаги рафинада при этом как бы постепенно исчезает. Однако возможность эта в действительности не устраняется и в том случае, когда температура около охлаждающегося рафинада, с допустимой современными техническими нормами влажностью, понижается даже до пределов наиболее жестоких сибирских зимних морозов. Обусловливается это тем, что в межкристальном пространстве охлажденного в этих условиях рафинада будет находиться воздух, все же насыщенный при данной температуре парами воды, тогда как относительная влажность атмосферного воздуха не превышает $60\text{—}70\%$. Следствием этого, при свободе соприкосновения сахара и атмосферного воздуха и при возможности циркуляции его около рафинада, явится известное поглощение воздухом влаги рафинада и некоторое обсыхание последнего. Явление это заметно усиливается, если температура рафинада, оказывается выше окружающего его воздуха. При этом обсыхание проявляется тем сильнее, чем теплее сахар сравнительно с соприкасающимся с ним воздухом. Причина этого понятна—сухой холодный атмосферный воздух, нагреваясь при соприкосновении с относительно теплым рафинадом и увеличивая свою влагоемкость, получает возможность отнимать у сахара его излишнюю в этих условиях влагу, при том тем энергичнее, чем значительнее температурная разность между сахаром и соприкасающимся с ним воздухом. Естественно, что искусственная циркуляция воздуха должна повышать обсыхание сахара. Так как все отмеченные здесь условия для обсыхания сахара имеют место в Сибири при перевозке рафинада зимою по жел. дороге, то этим и объясняется многократно наблюдавшаяся и уже отмечавшаяся выше убыль веса упакованного в мешки рафинада, присылавшегося зимою 1924—26 г. в Сибирь. Из только что сказанного вытекает также и то, что погрузка теплого сахара, взятого в вагоны напр., непосредственно с завода, а не из складов, тоже может иметь свое отрицательное значение.

В связи с рассмотренным выявляется такое положение: максимальная допустимая норма влажности для получения сухого рафинада определяется количеством водяных паров в состоянии насыщения, отвечающим межкристальному пространству данного рафинада при низшей температуре, возможной для него во время хранения, перевозки и т. п. Таким образом, высшая влажность для рафинада, исключая возможность его отсыревания при охлаждении его в связи с образованием в нем капельно жидкой воды, определяется: уд. весом рафинада, его пористостью и низшей температурой, возможной для окружающего данный рафинад атмосферного воздуха. Связи-

вая взаимно все это друг с другом, получим уравнение—1, откуда вытекает уравнение—2, дающее определенное математическое выражение для наибольшей влажности рафинада, которая может быть допущена производством:

$$D \times V \times W_{\max} = P \times V \times St \quad (1)$$

откуда

$$W_{\max} = \frac{P \times St}{D} \quad (2)$$

где:

- D — уд. вес рафинада,
- V — объем рафинада в куб. метр.
- $W_{\max}$ — влажность рафинада в весовых процентах его,
- P — пористость рафинада в % от общего его объема,
- t — низшая температура атмосферного воздуха, окружающего рафинад,
- St — содержание (в кг.) паров воды в одном куб. метре насыщенного пара при температуре воздуха.

Подставляя в уравнение 2) соответствующие рассматриваемому случаю величины, т. е. беря D равным 1.230; P=0,187 и последовательно вводя из таблицы VI значения, отвечающие St для различных температур, получим численные величины максимальной влажности, допустимой в рафинаде при различных температурах в пределах от +30° до —20°C. Полученные таким образом численные значения представлены в таблице VIII.

Таблица VIII.

Низшая температура, допустимая для рафинада в °C.	Соответствующая максимальная влажность рафинада в весов. % его.
+ 30°C	0,47%
+ 20°C	0,26%
+ 10°C	0,14%
+ 6°C	0,13%
+ 4°C	0,12%
+ 0°C	0,07%
— 10°C	0,04%
— 20°C	0,02%

Из данных таблицы VIII вытекает, что максимальная допустимая в рафинаде влажность не является величиной постоянной, но резко меняется при изменении низшей возможной для рафинада температуры. Конечно, помимо температуры известное, хотя и меньшее значение имеет уд. вес рафинада и его пористость, поэтому то и другое нужно индивидуально учитывать для каждого сорта сахара. Соответствующие численные значения для различных сортов рафинада можно найти в опытных данных проф. Смоленского, приводимых ниже в таблице IX.

Таблица IX.

Сорт рафинада:	Уд. вес:	Пористость:
Пилёный головной	1.231	
„ „	1.194	
Рублёный головной	1.270	18.7%
Прессованный.	1.330—1.357	13.3%
Сахароза	1.561—1.562	
„ (по Gerlach'y)	1.5805	

Положение, иллюстрируемое таблицей VIII, имеет практическое значение, указывая на то, что влажность рафинада, идущего в южные страны, может быть значительно выше направляемого на север. Если вместо мешков берутся ящики, бочки или иная непроницаемая для воздуха упаковка, то этим, конечно, исключается возможность обсыхания рафинада, однако не устраняется возможность его отсыревания при охлаждении. Положение, выявляемое таблицей VIII, в связи с полученными аналитическими данными относительно влажности рафинада, прибывшего и принятого в Томске 16 марта 1925 года, подтверждая все изложенное выше, отчетливо выясняет причины обсыхания сахара и неодинаковую степень его для отдельных вагонов рассмотренной партии. Причина эта в том, что современная норма допустимой влажности рафинада не увязана с жесткими холодами зимнего времени Сибири. Из сопоставления данных таблиц I, II, III, и VIII следует, что для рафинада, идущего зимою в Сибирь и вообще в северные районы, наивысшая влажность рафинада не должна превосходить 0,10% по весу его, т. е. должна быть в этом случае в три раза меньше современной, совершенно правильно установленной для средней и южной полосы Евр. России и соответствующих иных климатических районов с короткой и сравнительно теплой зимою.

Обсыхание рафинада, представляющее собою явление испарения находящейся в нем воды, в известной мере уясняется той зависимостью, которая была установлена еще Дальтоном, давшим математическое выражение для скорости испарения жидкости — v в связи с различными определяющими ее факторами. При этом было найдено, что эта скорость пропорциональна свободной поверхности жидкости — S , пропорциональна разности между упругостью — R насыщенных паров при температуре испаряющейся жидкости и упругостью — r паров, уже находящихся над жидкостью. Кроме того, обратно пропорциональна упругости — H постороннего газа (в рассматриваемом случае — воздуха), находящегося над жидкостью. Все это приводит к формуле ¹⁾:

$$v = \frac{CS}{H}(R - r),$$

где C — постоянный множитель, зависящий от скорости движения воздуха или ветра. В развитие положения, данного Дальтоном, Laval установил, что v обратно пропорциональна H^n , где « n » представляется величиною, зависящей от природы испаряемой жидкости и от окружающего ее газа, при чем, напр., в воздухе для воды $n = 1.18$. По исследованиям Stefan'a, при испарении жидкости в вертикальных трубках, в которых над самой поверхностью жидкости образуется слой насыщенного пара (случай, отвечающий условиям обсыхания рафинада), медленно диффундирующего к открытому отверстию трубки, скорость испарения обратно пропорциональна расстоянию уровня жидкости от открытого конца трубки.

Только что отмеченные, установленные Дальтоном, Laval'ем, Stefan'ом, зависимости, служа прямым подтверждением уже разобранному выше относительно причин условий и степени обсыхания рафинада служит вместе с тем некоторым дополнением к сделанным выводам. При этом выдвигается, напр., значение величины отдельных кусков рафинада в процессе его обсыхания. Не вдаваясь здесь в дальнейший детальный разбор рассматриваемого вопроса, сделаем сводку общих выводов, к которым приводит все выше изложенное. Выводы эти таковы:

1) Сухим рафинадом надлежит принимать такой, влажность которого обуславливается нахождением в нем только водяных паров.

¹⁾ «Физика» Хвольсона III т., 484 стр.

2) Появление в рафинаде воды в капельно-жидком состоянии является признаком его отсыревания.

3) Техническая норма наивысшей влажности рафинада меняется в зависимости от низшей допустимой для данного рафинада температуры.

4) Техническая норма наивысшей допустимой в рафинаде влажности — $W_{\max}$ пропорциональна: пористости рафинада, выраженной в объемных процентах его — P , пропорциональна содержанию водяных паров в состоянии насыщения в одном куб. метре воздуха St при низшей допустимой для данного рафинада температуре — t и обратно пропорциональна уд. весу рафинада — D , т. е.

$$W_{\max} = \frac{P \times St}{D}$$

5) Понижение температуры рафинада более принятого при расчете для предельной его влажности ведет к отсыреванию рафинада.

6) Обсыхание рафинада при отсутствии плотной упаковки возможно при всяких температурах как выше, так и ниже 0° , при том условии, что сахар теплее окружающего его воздуха и влажность последнего ниже влажности воздуха, заполняющего поры сахара.

7) Для устранения возможности нежелательного отсыревания и обсыхания рафинада допустимая для него влажность в 0.3% по весу установлена правильно для средних и южных полос Евр. России и для аналогичных климатических районов, для рафинада же, отправляемого зимою в более северные области, где продолжительные зимние морозы достигают -20° и ниже, максимальная влажность рафинада не должна превышать 0.10% по весу его.

Сделанные выводы имеют для рафинадного производства не только теоретический интерес, но и известное практическое значение. Дело в том, что техническая доступность современной нормы влажности рафинада и обязательность соблюдения ее из соображений необходимости обеспечить продукту сохранность его первоначального качества, угрожаемого избыточной влажностью, приводит к тому, что работа в производстве ведется в сторону достижения максимальной технически доступной заводу сухости выпускаемого товара. Благодаря этому последний оказывается при таких условиях в большинстве случаев как бы пересушенным, т. е. более сухим, чем это требуется современными техническими нормами. В связи с этим контроль влажности готового рафинада очень мало интересует заводы и заводскую лабораторию, входя в задачи обычной чисто заводской браковки готового продукта.

Если такое положение понятно с производственно-технической стороны, имеющей задачей выпускать наивысшего качества продукт, то в коммерческом отношении это неправильно, особенно теперь, когда сахарная промышленность С. С. С. Р. вступила в стадию точного учета производства, связанного с уточнением расчета затрат, потерь и выходов. Очевидно, что в этом случае было бы ошибкой выпускать с завода рафинад с влажностью 0.02% , если возможно его выпустить на рынок столь же доброкачественным и безусловно прочным при хранении с влажностью 0.3% . Это было бы равносильно уменьшению производительности завода на каждый миллион пудов выпускаемого рафинада на 2800 пудов его. Таким образом, с коммерческой точки зрения является обязательным держать в рафинаде не наименьшую, технически допустимую для завода влажность, а наивысшую практически допускающую необходимую степень сухости сахара и исключаящую возможность его отсыревания и обсыхания не только на складах завода, но также во время пересылки на места потребления и хранения там рафинада. Очевидно, что норма допустимой при таких условиях влажности рафинада находится в известной уже рассмотренной выше зависимости от времени года, от географи-

ческого положения завода, места потребления и хранения рафинада, а также от условий упаковки, времени перевозки, наконец, от пути следования рафинада с завода к местам его потребления. Все эти обстоятельства легко учитываются в каждом отдельном случае, а потому установление соответствующей нормы влажности выпускаемого заводом рафинада не может встретить каких-либо затруднений.

Практическое же проведение в жизнь указанных норм в производстве требует только соответствующего аналитического контроля влажности выпускаемого рафинада со стороны заводских лабораторий, деятельность которых в этом направлении поможет сохранить рафинадным заводам не одну тысячу рублей.