

Изъ Гигіеническаго Института ИМПЕРАТОРСКАГО Московскаго Университета.

р
7-Ноя 2012

СПОСОБЫ ОПРЕДѢЛЕНІЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА.

ДИССЕРТАЦІЯ

НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

С. Н. Розанова.



МОСКВА.

Типо-литографія Русскаго Т-ва печатнаго и издательск. дѣла.

Чистые пруды, Маломосковский пер., собственный домъ.

1899.

1012

63792

прочт
1996 г.

1950

Переучет-60

По определению Медицинского Факультета Императорского Московского Университета, состоявшемуся 29 марта 1899 года,— печатать дозволяется.

Декабрь И. Клейна.

1950

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	Стр.
<i>Введение</i>	1
Глава I. Измерение влажности воздуха.—Способы выражения влажности.— Значение их.—Почерка термометров.	11
Глава II. Высшей способ.—Гигрометры: объемный, ступенчатый и диффузионный.	32

О ПЕЧАТКИ.

Стр.	Напечатано.	Следует читать.
7.	стр. 14 сл. По <i>Dulong's</i> ¹⁾	По <i>Dulong's</i> ²⁾
"	" 7 " (<i>Rubner</i> ²⁾)	(<i>Rubner</i> ¹⁾)
"	" 3 " (<i>Krieger's</i> ³⁾)	(<i>Krieger's</i> ²⁾)
12.	" 1 сл. воздуха.	воздуха ¹⁾ .
35.	" 5 " литрों	литрों
43.	" 4 сл. Budget	Budget
92.	" 13 сл. предложенных	предложенных
"	" 2 сл. влажности	влажности
111.	" 8 " гигрометру	гигрометру
131.	" 14 сл. <i>Doyère</i> (1855)	<i>Doyère</i> (1855) ¹⁾
"	" 18 " <i>Marcé de Lépinay</i> (1881) ²⁾	<i>Marcé de Lépinay</i> (1881) ²⁾
132.	" 1 " <i>Denicke</i>	<i>Denicke</i> ¹⁾
"	" 3 " <i>Ferrel</i> ¹⁾	<i>Ferrel</i> ²⁾
146.	$E = \frac{SF_1 \left(\frac{1-f}{t} \right)}{H^n} \times \text{Const.}$	$E = \frac{SF_1 \left(\frac{1-f}{F} \right)}{H^n} \times \text{Const.}$

Карт. Мед. Институт
НАУЧ. БИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ.

Les hygiénistes accordaient autrefois à la climatologie une attention peut-être exagérée. Par contre ils ont montré plus tard un grand dédain pour l'étude à vrai dire bien souvent décevante des modalités physiques de l'atmosphère et des rapports multiples qui existent entre elles et l'organisme humain.

E. Arnould.

Водяной паръ составляет такую же постоянную часть нашей атмосферы, какъ и углекислота, но между ними имѣются существенныя различія. Количество углекислоты въ атмосферномъ воздухѣ остается почти неизмѣннымъ (3 ч. на 10000 ч. по объему), но въ замкнутыхъ пространствахъ можетъ возрастать безпредѣльно, при чемъ вдыханіе воздуха съ содержаніемъ даже 1% углекислоты, если воздухъ не имѣетъ другихъ постороннихъ примѣсей, не оказываетъ какого-либо вреднаго вліянія на организмъ. Количество водянаго пара и въ атмосферномъ и въ комнатномъ воздухѣ подвержено колебаніямъ, но въ довольно тѣсныхъ предѣлахъ, въ зависимости отъ температуры въ силу свойствъ самого пара, какъ газа несовершеннаго, и всѣ такіа колебанія уже отражаются на физическихъ свойствахъ воздуха и его отношеніяхъ къ живущему организму. При 20° температуры воздухъ можетъ содержать водянаго пара не болѣе 2,3% по объему. При такомъ содержаніи пара воздухъ дѣлается „насыщеннымъ“ и всякое дальнѣйшее поступленіе въ него воды въ парообразномъ состояніи прекращается. Для каждой температуры воздуха существуетъ опредѣленное количество водянаго пара, которое онъ можетъ удержать. При 20°

воздух является насыщенным, когда содержит 2,3% водяного пара по объему, а при 30° когда заключает в себя 4,1%. Всякое увеличение температуры воздуха повышает его способность удерживать воду в парообразном состоянии и всякое понижение уменьшает. Вода внесенная в воздух насыщенный водяным паром перестает испаряться, повышение температуры воздуха вновь вызывает испарение. Понижая температуру воздуха, содержащего водяной пар в количестве недостаточном для насыщения, мы можем довести его до состояния насыщенного, а при дальнейшем понижении температуры до осаждения избытка водяного пара в видъ росы.

Способность воздуха удерживать воду определяеть наши представления о „сухом“ и „влажном“ воздухе. Сухим воздухом называется тотъ, въ которомъ количество водяного пара далеко не доходитъ до состояния насыщения, вследствие чего воздуху имѣть возможность вмѣстить въ себя много воды, влажнымъ воздухомъ будетъ такой, въ которомъ уже незначительная прибавка водяного пара доводитъ его до состояния насыщения.

Значение влажности воздуха для человѣка заключается въ томъ вліяніи, которое воздухъ оказываетъ на испарение съ поверхности человеческого тѣла и на его тепловыя потери и на окружающую человѣка природу.

Вода, составляющая почти $\frac{2}{3}$ вѣса тѣла человѣка, выдѣляется изъ организма въ жидкомъ видѣ почками и кишечникомъ и въ парообразномъ состояніи легкими и кожей. Количество воды удаляющейся этими двумя послѣдними путями доходитъ до большихъ величинъ. Такъ кожей ¹⁾ выдѣляется въ сутки по крайней мѣрѣ 1500 грм., легкими около 300 граммъ. На отдачу воды легкими и кожей оказываетъ значительное вліяние влажность воздуха.

Изъ опытовъ Лашченко²⁾ слѣдуетъ, что при колебаніяхъ влажности воздуха отъ 21° до 32% и приблизительно одинаговой температурѣ отдача воды измѣняется почти на 60%. При 32° темпера-

¹⁾ Schierbeck. Eine Methode zur Bestimmung der Ventilation durch eine Kleidung. Arch. f. Hyg., 1893, Bd. XVI, S. 203—237.

²⁾ Laschtschenko. Ueber den Einfluss des Wassertrinkens auf Wasserdampf- und Kohlensäure Abgabe des Menschen. Arch. f. Hyg., 1893, Bd. 33, S. 146—150.

туры и 32% относительной влажности съ поверхности кожи и легкихъ человѣка выдѣлялось въ сутки 2512,8 грм., а при 31,7° и 21% влажности уже 3873,6 грм. воды.

Rubner и Lewaschew ³⁾ показали, что отдача воды кожей и легкими у человѣка за сутки при 25,4° температуры и 6% относительной влажности равняется 1810,8 грм., а при 81% влажности и той же температурѣ 573,6 грм.

Schierbeck ⁴⁾ насчитывал отдачу воды кожей обнаженного человѣка и намель, что въ сутки потеря воды испарениемъ при температурѣ 32,9° и влажности 25%, равняется 1761 грм.

По вычисленіямъ Krieger'a ⁵⁾ человѣкъ теряетъ испарениемъ съ поверхности легкихъ въ течение сутокъ при температурѣ воздуха 20° и влажности 25%, — 352 грм., а при влажности въ 100%, — 236 грм.

Rubner ⁶⁾ применивъ опытовъ намель, что человѣкъ при покоѣ выдѣляетъ легкими въ сутки 408 грм. воды, если находится при обыкновенной комнатной температурѣ и 45% относительной влажности.

Вода, содержащаяся въ тѣлѣ человѣка, сохраняетъ свое количественное отношеніе къ вѣсу тѣла съ неизмѣннымъ постоянствомъ. Меланхоликъ Leichterstein'a ⁷⁾, „чтобы очистить свою кровь“, выпивалъ въ течение сутокъ по 7 литровъ воды и тѣмъ не менѣе количество гемоглобина въ его крови оставалось такое же, какъ и безъ усиленнаго питья. У человѣка лишь малая часть воды ($\frac{5}{6}$) выдѣляется кишечникомъ и, слѣдовательно, главная масса ее распределяется между почками, легкими и кожей ⁸⁾. Если одинъ изъ этихъ органовъ не можетъ вследствие условій, кроющихся въ самомъ организмѣ или во внѣшней природѣ, удалить должное ко-

¹⁾ Rubner und Lewaschew. Ueber den Einfluss der Feuchtigkeitschwankungen aber den Menschen. Arch. f. Hyg. 1897, Bd. 29 S. 1—55.

²⁾ l. c.

³⁾ Krieger. Untersuchungen und Beobachtungen über die Entstehung von reinlichen und heberhaften Krankheiten. Zeitschr. f. Biol., 1860, Bd. V, S. 483.

⁴⁾ Rubner. Notiz über die Wasserdampfscheidung durch die Lunge. Arch. f. Hyg., 1888, Bd. 33 s. 151—154.

⁵⁾ См. Janzeno l. c.

⁶⁾ Гамаренск. Учен. записк. 1892, стр. 343.

личество воды, чтобы содержание ее в тѣлѣ оставалось въ нужныхъ границахъ, то функцию его исправляетъ другой органъ: мало выдѣляется воды чрезъ легкія и кожу, усиливается дѣятельность почекъ. Такъ какъ дѣятельность кожи и легкихъ вполнѣ зависитъ отъ влажности воздуха, то становится яснымъ, что при большой влажности воздуха на долю почекъ можетъ выпасть такая работа, которой онѣ не въ состояніи выполнить, если поражемъ какими-либо болѣзненными измѣненіями. Въ этомъ случаѣ влажность воздуха является факторомъ патологическимъ, вызывающимъ серьезныя разстройства въ организмѣ. Важныя разстройства организма можно ожидать и тогда, если при здоровомъ состояніи почекъ поражена сосудистая система. Значеніе въ этомъ смыслѣ влажности воздуха известно уже было давно, когда вовсе еще не существовало экспериментальныхъ изслѣдованій о выдѣленіи воды кожей и легкими. Старые врачи (*Zscauer* ¹⁾) ставили внѣ сомнѣнія вредъ влажнаго воздуха для „водяночичныхъ“ и сердечныхъ больныхъ, а сухого воздуха—для больныхъ нервныхъ и нѣкоторыхъ грудныхъ.

Если организмъ въ здоровомъ состояніи обладаетъ приспособленіями, позволяющими ему быстро удалить лишнія для него количества воды и приводить содержаніе ее къ опредѣленной нормѣ, то недостатокъ воды выносить онъ наоборотъ съ трудомъ. Это известно всѣмъ по собственному опыту и подтверждается наблюденіями надъ животными.

Голодающее животное можетъ потерять почти весь жиръ и 50% своего бѣлка, но потерю 10% воды выносить уже угрожающія для жизни явленія ²⁾.

Landauer ³⁾ подвергалъ бѣлыхъ мышей полному лишенію воды и нашелъ, что въ воздухѣ средней влажности (55%) они жили maximum 58 дней и терли въ вѣсѣ 45%, въ абсолютно же сухомъ воздухѣ только 5,4 дня съ потерей въ вѣсѣ въ 35%.

Мыши при полномъ голоданіи жили въ обыкновенномъ воз-

¹⁾ Бергеръ. О влажности воздуха въ отапливаемыхъ помѣщеніяхъ, 1873.

²⁾ Rubner. Die Beziehung der atmosph. Feuchtigk. Arch f. Hyg. 1890, Bd. XI, S. 234.

³⁾ Landauer. Der Einfluss der Wassereutziehung auf den Stoffwechsel im Organismus. VIII Congrès international d'Hygiène, 1896, t. IV, p. 220—224.

духѣ 3,3 дня съ потерей въ вѣсѣ въ 30%, въ абсолютно сухомъ воздухѣ 2 дня и терли въ вѣсѣ 21,5%.

Falk ¹⁾, помѣщая животныхъ въ сухой или влажный воздухъ, наблюдалъ вредное дѣйствіе сухого воздуха на птицахъ, умиравшихъ часто въ сухомъ воздухѣ безъ какихъ-либо измѣненій во внутреннихъ органахъ, равно и на грызунахъ, у которыхъ вызывались судороги и эпилептоидные припадки. Наоборотъ, большая влажность воздуха переносилась животными безъ всякихъ видимыхъ послѣдствій.

C. Schmidt и *Voit*, изслѣдуя кровь холернаго больного, вмѣстѣ нормальныхъ 82,4% воды нашли въ ней 76,0%, т. е. на 6,4% меньше. Холера между тѣмъ известна за болѣзнь, вызывающую наибольшее сгущеніе крови. Изъ этихъ наблюденій *Rubner* ²⁾ заключаетъ, что человекъ вѣснціи 70 кіло при потерѣ только 4480 грм. воды уже долженъ испытывать опасное для жизни высушеніе тканей.

Что человекъ можетъ въ сутки терять испареніемъ и большее количество воды, вполнѣ установлено, но несомнѣнно однако, что такая потеря воды влечетъ за собой разстройства здоровья только въ исключительныхъ случаяхъ, когда человекъ не имѣетъ возможности пополнить питьемъ траты воды. Весьма вѣроятно, что дальнѣе пребываніе въ сухомъ воздухѣ, если не нарушаетъ нашего самочувствія—или нарушаетъ только въ началѣ, когда организмъ къ нему не приспособился—то все же производитъ какое-либо измѣненіе въ организмѣ, можетъ быть отражающееся на кровяномъ давленіи, на морфологическомъ составѣ крови, ея удѣльномъ вѣсѣ, количествѣ гемоглобина. Всѣ такіе вопросы остаются пока не затронутыми.

Мѣстное дѣйствіе сухого воздуха легче опредѣлимо. Сухой воздухъ, приходя въ соприкосновеніе съ кожей и слизистыми оболочками, дѣйствуетъ на нихъ высушивающимъ образомъ, отсюда ощущеніе сухости въ губахъ, носу, вѣсѣ, раздраженіе готовыхъ связей, трещины на губахъ и даже на кожѣ, носовыя кровотечения

¹⁾ Врбловъ. Къ вопросу о рациональномъ устройствѣ отопленія и вѣтрянніи. 1890, стр. 17.

²⁾ Rubner. Die Beziehung. p. 233.

чения. Сухость въ зѣвѣ, чувство жажды* можетъ впрочемъ зависѣть и отъ обидѣнія крови водою и служить въ такихъ случаяхъ указателемъ, что количество воды въ тѣлѣ уменьшено. Кромя того при сухомъ воздухѣ наблюдается иногда чувство тяжести и даже боли въ головѣ и шумъ въ ушахъ. Послѣднія явленія впрочемъ по всей вѣроятности слѣдуетъ приписать не сухости воздуха, а примѣсь къ нему продуктовъ сухой перегонки пыли, чѣмъ *Fodor* объясняетъ всѣ непріятныя ощущенія, появляющіяся во время пребывания въ сухомъ воздухѣ. По мнѣнію *Fodor'a* ¹⁾ жалобы на сухость воздуха въ отапливаемыхъ помѣщеніяхъ вызываются не той или другой степенью влажности воздуха, а примѣсь къ воздуху летучихъ раздражающихъ продуктовъ сухой перегонки пыли, которая на поверхности отопительныхъ приборовъ подвергается усиленному нагреванію. Такъ какъ такая перегонка по *Fodor'u* начинается при 150°С, то ей нельзя ожидать при водномъ отопленіи вназко давленія. *С. Ф. Бубновъ* ²⁾ однако показалъ, что перегонка пыли начинается при 100°—120°, но что уже при нагреваніи пыли до 70° выдѣляются изъ нея дурно пахнущія газообразныя вещества, которыя и могутъ поступать въ комнатный воздухъ, если нагревательная поверхность калориферовъ достигнетъ до 70°. Надо думать кромя того, что и сама пыль, помимо газообразныхъ продуктовъ, выдѣляемыхъ ею при нагреваніи, принимаетъ и прямое участіе въ дѣйствіи сухого воздуха на слизистыя оболочки путемъ механическаго раздраженія и отнятія отъ нихъ въ качествѣ гигроскопическаго тѣла влаги.

Какъ относится сухой воздухъ въ качествѣ этиологическаго момента къ развитію различныхъ заболеванийъ дыхательныхъ путей и каково вліяніе его на теченіе этихъ болѣзней—весьма мало извѣстно.

Krieger ³⁾ видѣлъ въ сухости воздуха предрасполагающій моментъ къ появленію крупы и дифтерита.

Kranz ⁴⁾ наблюдалъ отъ сухого воздуха развитіе ларингитовъ и бронхитовъ.

1) Бубновъ, Оп. с. стр. 23.

2) Бубновъ. Сухая перегонка пыли. Сбор. раб. гимн. лабор. моск. унив. 1888 г. т. II, стр. 167.

3) Krieger. Aetiologische Studien. 1880.

4) Friedrich's Blätter, 1882, Fee. Врѣм., 1882, стр. 622.

Манассеинъ ¹⁾ считаетъ сухой воздухъ весьма вреднымъ для болѣзней, въ особенности для члѣвочныхъ.

Бродовичъ ²⁾ нашелъ, что при влажности воздуха выше 70% и ниже 45% заботливость дыхательныхъ путей значительно увеличивается.

Вода, превращаясь въ паръ, поглощаетъ большое количество тепла. 1 граммъ воды, испаряясь при температурѣ тѣла (35°), связываетъ 573 единицы теплоты. Въ испареніи воды съ поверхности тѣла организмъ такимъ образомъ получаетъ средство отдавать свою излишнюю теплоту и регулировать тепловую экономію.

Потери тепла испареніемъ съ поверхности легкихъ и кожи весьма значительна. По *Helmholtz'y* ³⁾ на нагреваніе выдыхаемаго воздуха тратится 2,6%, съ испареніемъ воды въ легкихъ 14,7%, и кожнымъ испареніемъ вмѣстѣ съ лучеспусканіемъ 80%, всего количества тепла развиваемаго человѣкомъ. По *Dulong'u* ⁴⁾ на нагреваніе выдыхаемаго воздуха идетъ 3,5%, на испареніе при дыханіи 7,2%, на испареніе черезъ кожу 14,5%, на выдѣленіе тепла проведеніемъ и лучеспусканіемъ 73%.

Если человекъ при легкой работѣ развиваетъ тепла 2441 бол. калорій и выдѣляетъ воды въ формѣ пара кожей 3208 грм. и легкими 300 грм., то съ испаряющейся водою онъ теряетъ 2140 калорій, т. е. почти 87% общей отдачи тепла (*Rubner* ⁵⁾).

Какъ количество испаряющейся воды, такъ и тепловыя потери человѣческаго организма черезъ испареніе вполне зависятъ отъ влажности воздуха.

По вычисленіямъ *Krieger'a* ⁶⁾ человекъ теряетъ испареніемъ съ поверхности легкихъ въ сутки при 20% и 100% влажности 183074 мал. калорій, а при 25% влажности 249658 кал. Разность

1) Врѣм., 1883, стр. 446.

2) Бродовичъ. Отношеніе влажности воздуха въ жилыхъ помѣщеніяхъ къ заботливости дыхательныхъ путей. 1887.

3) Landois. Учен. сообщенія, 1893, стр. 495, 496.

4) Rubner. Thermische Wirkungen der Luftfeuchtigkeit. Arch. f. Hyg., 1890, Bd. XI S. 256.

5) Krieger. Untersuchungen. Zeitschr. f. Biol., 1869, Bd. V, p. 448.

количество тепловых потерь зависящая от изменения влажности воздуха равняется здесь 66584 кал. кал.

Из приведенных выше наблюдений Лашенко видно, что при изменении влажности от 21% до 32% и одной и той же температурой величина испарения воды с поверхности кожи и легких изменяется на 60%. Вычитая из этих данных Лашенко 300 гр., которые могут быть отнесены на долю легких, легко вычислить в этих случаях скрытую теплоту испарения, пользуясь формулой Regnault $l = 606,5 - 0,695.t$ или Clausius'a $l = 607 - 0,708.t$. Если принять, что вода покидает кожу в виде пара при 35°, то при 32° и 32% влажности человек теряет испарением через кожу 1268 бол. калорий, а при 21% влажности уже 2050 кал.

Чем суше воздух, тем больше теряется тепла чрез испарение, при влажном воздухе усиливается за то потеря тепла лучеиспусканием и проведением, так что обе величины приблизительно взаимно уравниваются и организм в конце концов теряет одинаковое количество тепла и в сухом и во влажном воздухе (Rubner). Это происходит однако только тогда, если воздух окружающей человека имеет температуру низшую, чем тело. Когда температура воздуха приближается к температуре тела, то вся работа регуляции тепла выпадает на долю кожного испарения, так как ни лучеиспускание, ни проведение оказываются не в состоянии отнимать тепло от организма. Только в достаточно сухом воздухе испарение может идти настолько энергично, чтобы организм сохранял свое тепловое равновесие. В влажном теплом воздухе испарение и отдача тепла уменьшается, что отражается на нашем самочувствии и может даже вызвать серьезные болезненные явления.

Влажность воздуха кроме прямого влияния на человеческий организм оказывает еще на него косвенное влияние чрез посредство окружающей его природы.

Сюда относятся высушивание поверхностных слоев почвы, образование и распространение пыли, жизнеспособность и размножение микроорганизмов, возникновение и распространение некоторых

болезней. Обо всем этом и полагаю возможным не распространяться, так как всестороннее рассмотрение вопроса о влажности воздуха не входит в пределы моей работы.

Из предыдущего обзора легко убедиться, что несмотря на многочисленна исследования, разъяснившая физиологическое и гигиеническое значение влажности воздуха, остались еще многие вопросы открытыми; вовсе отсутствуют исследования относительно влияния влажности воздуха на большой организм, исследования, которые могли бы опровергнуть или подтвердить воззрения прежних авторов, не владевших богатым современным арсеналом усовершенствованных методов исследования. Причина этого кроется в том, что влажности воздуха на практик не придает значения важного фактора для здоровья человека, почему пренебрегают исследованием воздуха на содержание водяного пара, а если такие исследования и производятся, то часто по несовершенным методам, дающим ложные результаты.

До сих пор недостаточно отъявили различные способов исследования комнатного воздуха от атмосферного, и полагаю, что в том и другом случае применимы одни и те же методы. Из последующего изложения читатель увидит, что такое мнение по отношению ко многим приборам не оправдывается. Так вычисление влажности по показаниям неподвижного психрометра должно производиться по формулѣ значительно отличающейся от принятой в настоящее время, если желают получить верныя величины влажности. Неверныя также оказались таблицы, которыми снабжены стѣнные психрометры. Ошибка, происходящая от пользования ими, достигает до 20% влажности. Равным образом мнѣ удалось показать, что применение некоторых гигрометров, основанных на удлинении гигроскопических тел под влиянием влажности воздуха, может влечь ошибки в определении влажности простирающейся до 40%, и что тот же самый прибор при соблюдении некоторых условий дает совершенно верныя показания.

При исследовании какого-либо болезненного явления, которое

может происходить от недостатка или избытка влажности воздуха, предстоит большая трудность в установлении причинной зависимости этих разнородных явлений, когда приборы не дают достаточных точек опоры для суждений о самой влажности воздуха. Когда при жалобах на сухость воздуха обращаются к гигрометру и видят, что он показывает 50%, то естественно приходит к совершенно логическому заключению, что причина болезненных ощущений или явлений заключается не в сухости воздуха, а должна быть объяснена другими влияниями.

Ненадежность приборов и несовершенство способов исследования и служили, надо полагать, главным тормозом, задерживающим развитие наших знаний в этой области.

Мысль наблюдателя, направляемая неверными числовыми данными, вступала на ложный путь, факты получали неправильную оценку или игнорировались и вить ничего удивительного, что в вопросе о влиянии влажности воздуха на здоровье человека остается столько неразрешенного и даже незатронутого.

Подготовить почву для такого рода исследований и составляло мою задачу.

Работа наша произведена в Гигиеническом Институте Императорского Московского Университета под руководством многоуважаемого профессора *Сергия Федоровича Бубнова*, которому и приношу здесь мою сердечную благодарность.

Г Л А В А I.

Измерение влажности воздуха.—Способы выражения влажности.— Значение их.—Повёрта термометров.

Измерение влажности воздуха заключается в определении количества водяного пара, находящегося в данный момент в воздухе, и в определении отношения этого количества к тому, которое мог бы содержать воздух, если бы был насыщен водяным паром. Содержание влаги в воздухе может быть выражено различным.

1. Числом граммов водяного пара в 1 куб. метр.
2. Давлением водяного пара, выраженным высотой ртутного столба. Если обозначим через p содержание водяного пара в граммах в 1 куб. метр, а через f —давление пара в миллиметрах, то

$$p = \frac{1,06}{1 + 0,00367 \cdot t} \cdot f$$

отсюда

$$f = \frac{(1 + 0,00367 \cdot t)p}{1,06} = 0,943 (1 + 0,00367 \cdot t)p.$$

Этими уравнениями выражается зависимость между весом пара и его давлением.

Давление водяного пара один из физиков и гигиенистов называют также абсолютной влажностью, другие под этим названием разумют весное содержание водяного пара.

3. Числом граммов пара, содержащегося в килограмм

воздуха. Килограмм сухого воздуха при 0° и 760^{мм} занимает объем, равный 0,773 куб. метра, поэтому при температурѣ t и давлении h онъ займетъ объемъ $0,773 (1 + 0,00367 \cdot t) \frac{760}{h}$.

Если p —вѣсъ пара въ куб. метрѣ, то q —вѣсъ пара въ килограммѣ сухого воздуха будетъ:

$$q = p \cdot 0,773 (1 + 0,00367 \cdot t) \frac{760}{h}$$

или, замѣняя p давлениемъ пара f , получимъ

$$q = f \cdot 1,06 \cdot 0,773 \frac{760}{h} = 623 \frac{f}{h}$$

гдѣ h —давление сухого воздуха и равняется $H - f$.

4. Въ объемныхъ единицахъ ²⁾. Если давление пара f , а барометрическое давление воздуха H , то содержаніе водяного пара e въ объемныхъ единицахъ на 1000 объемовъ воздуха выведется изъ пропорціи $e : 1000 = f : H$; откуда $e = \frac{1000 \cdot f}{H}$.

5. Относительной влажности, т. е. отношеніемъ упругости пара f , содержащагося въ воздухѣ, къ упругости пара F , насыщающаго воздухъ при данной температурѣ. Отношеніе $\frac{f}{F}$ будетъ всегда менѣе единицы; чтобы не имѣть дѣла съ дробями его помножаютъ на 100; слѣдовательно $\frac{100f}{F}$ выражаетъ влажность въ процентахъ насыщениа.

6. Недостаткомъ насыщениа $F - f$, т. е. разницей между возможнымъ наибольшимъ давлениемъ водяного пара при данной температурѣ и существующимъ въ дѣйствительности давлениемъ водяного пара. Недостатокъ или дефицитъ насыщениа обозначаетъ насколько должно быть увеличено содержаніе пара въ воздухѣ, чтобы оно дошло до состоянія насыщениа или какое количество

воды воздухъ можетъ удержать въ парообразномъ состояніи. Выраженіе это представляетъ мѣру иссушающей силы воздуха.

7. *Jamin* ¹⁾ предложилъ выражать влажность воздуха не отношеніемъ $\frac{f}{F}$, а $\frac{f}{H - f}$, т. е. отношеніемъ упругости пара къ упругости сухого воздуха, если желаютъ выразить это отношеніе въ объемахъ, или отношеніемъ $\frac{p}{L} = 0,623 \frac{f}{H - f}$, если хотятъ выразить то же по вѣсу.

8. *Менделѣевъ*, а потомъ *Капустинъ* ²⁾ предложили сводить въ одну величину показанія барометра, термометра и гигрометра и изображать эти измѣненія вѣсомъ 1 куб. метра воздуха, пользуясь формулой

$$P = \frac{1293 (H - f)}{(1 + 0,00367 \cdot t) 760}$$

Оба послѣдніа предложенія не получили примѣненія ни въ метеорологіи, ни въ гигиенѣ. Не выражаютъ также обыкновенно влажность воздуха въ объемныхъ единицахъ и по отношенію къ вѣсовой единицѣ воздуха.

Выраженія влажности сводятся слѣдовательно: къ абсолютной влажности—обозначимъ-ли ее числомъ граммовъ пара въ 1 куб. метрѣ воздуха или миллиграмми ртути,—къ относительной влажности и къ недостатку насыщениа. Всѣ эти выраженія имѣютъ свои достоинства и недостатки и ни одно изъ нихъ, взятое въ отдѣльности и безъ одновременно данной температуры, не даетъ прямого представленія о влажности воздуха. Абсолютная влажность показываетъ дѣйствительное содержаніе водяного пара въ воздухѣ, но не опредѣляетъ способности воздуха поглощать водяные пары, которая собственно и характеризуетъ сухость или влажность воздуха. Воздухъ ищющій, положимъ, 4,6^{мм} абсолютной влажности

¹⁾ Лачинъ. Метеорологія и климатологія, 1889 стр. 239.

²⁾ Менделѣевъ. Основы химіи 1889, стр. 31.

¹⁾ Jour. de Physique. (2) III, 1884, p. 469.

²⁾ Врѣмъ, 1880, стр. 149.

совершенно насыщен водяным паром при 0°, на половину насыщен при 10° и весьма сух при 20°.

Относительная влажность представлять степень насыщения воздуха водяным паром, но не дает ни абсолютного количества водяного пара, которое воздух содержит, ни того количества воды, которое воздух еще может удержать в парообразном состоянии.

Недостаток насыщения выражает количество водяного пара, которое воздух может еще удержать, но не указывает того количества влаги, которое он уже содержит.

Полное представление о влажности воздуха мы можем составить, когда абсолютная влажность, относительная влажность и недостаток насыщения будут даны вместе или даже одна какая либо из этих величин, но вместе с температурой, так как помощью простых вычислений из одного выражения получаются и другие. В частных же случаях тот или другой способ выражения может иметь преимущества и даже приобретать исключительное значение.

При суждении о количестве водяного пара отдаваемого при дыхании иметь значение только и исключительно абсолютная влажность вдыхаемого воздуха; в этом случае ни относительная влажность, ни недостаток насыщения несколько не определяют потери водяного пара с поверхности дыхательных путей.

Через легкие человека, вдыхающего каждый раз по 500 куб. сант. воздуха, при 15 дыханиях в 1 минуту пройдет в 24 часа 10800 литров воздуха, круглым числом 10 куб. метров. Воздух в легких согревается почти до температуры тела и дЫлается почти насыщенным водяным паром. При температурѣ вдыхаемого воздуха в 10° температура выдыхаемого (Valentin¹⁾), равняется 35°; если принять выдыхаемый воздух вполне насыщенным водяным паром (Valentin, Rubner²⁾), то абсолютная влажность его будет 39,2 грм. Это число и выразит потерю

¹⁾ Krieger. Ueber die Entstehung von entzündlichen und fieberhaften Krankheiten. Zeitschr. f. Biol. Bd. V, 1893, S. 483.

²⁾ Rubner und Lewaschew. Ueber den Einfluss der Fenchelgichtschwankungen. Arch. f. Hyg., 1897, Bd. 29, s. 51.

влаг поверхностью дыхательных путей на 1 куб. метр вдыхаемого воздуха, если он совершенно сух, т. е. вовсе не содержит в себе водяных паров. При относительной влажности вдыхаемого воздуха в 20% содержание водяного пара будет 1,9 грм. и тогда потеря воды при дыхании выразится 3,92—1,9=37,3 грм.; при 50% относительной влажности человек теряет при дыхании 39,2—4,7=34,5, а при 100% влажности 39,2—9,3=29,9 грамм. воды.

При температурѣ вдыхаемого воздуха в 30° и 0° относ. влажности температура выдыхаемого равняется 37,5°, причем он содержит 44,6 грм. водяного пара, отдаваемого поверхностью дыхательных путей; если выдыхаемый воздух содержит влажности 20%, 50% и 100%, то соответствующая потеря влаги при дыхании на каждый кубический метр воздуха будут 38,6 грм., 29,6 грм. и 14,5 грм. Полагая объем воздуха в легких человека за сутки равным 10 куб. метрам, будем иметь следующие величины в граммах за суточный потери водяного пара поверхностью дыхательных путей при разных условиях со стороны температуры и % влажности вдыхаемого воздуха.

Температура воздуха вдыхаемого.	Относит. влажность вдыхаемого воздуха.	0%	20%	50%	100%
10°	35,0°	392	373	345	299
30°	37,5°	446	386	296	145

Из этой таблицы и предшествовавших вычислений видно, что относительная влажность не имеет прямой связи с потерями водяных паров легкими, а лишь поскольку она служит выражением абсолютной влажности воздуха.

Точно также при суждении о влиянии наружного воздуха на содержание влажности в комнатном воздухе при большой разности температуры того и другого, напр. в зимнее время, иметь значение только абсолютная влажность наружного воздуха и при вычислении действия проветривания на влажность комнатного воздуха только абсолютную влажность воздуха и приходится брать

въ расчетъ. Если въ комнатѣ вмѣстимостью въ 100 куб. метровъ, имѣющей температуру 20° и относительную влажность 20%, замѣнить 50 куб. метровъ наружнымъ воздухомъ, имѣющимъ температуру 0° и относительную влажность 100%, то, предполагая, что наружный воздухъ нагреется до температуры комнатнаго воздуха, по одной лишь относительной влажности того и другого мы не можемъ заключить, какія отъ этого послѣдуютъ перемены во влажности комнатнаго воздуха. Последнее становится однако яснымъ, если относительную влажность замѣнимъ абсолютной. Абсолютная влажность комнатнаго воздуха при взятыхъ условияхъ была равна 3,4 грм., иншимъ словами въ комнатѣ емкостью въ 100 к. м. содержалось 340 грм. водяного пара, 50 куб. метровъ атмосфернаго воздуха съ абсолютной влажностью 4,9 грм. принесли съ собой 245 грм., поступившій въ комнату наружный воздухъ вытѣснилъ въ нея равный себѣ объемъ, унесшій 170 грм., слѣдовательно содержаніе водяного пара въ комнатѣ дошло до 415 грм., т. е. абсолютная влажность повысилась съ 3,4 до 4,1 грм., а относительная влажность съ 20% до 24%.

Если при тѣхъ же условияхъ примемъ влажность комнатнаго воздуха въ 50%, что соотвѣствуетъ 8,9 грм. абсолютной влажности, то послѣ поступленія въ комнату 50 куб. метровъ атмосфернаго воздуха содержаніе водяного пара въ комнатѣ вмѣсто 890 грм. будетъ 690 грм., т. е. абсолютная влажность понизится до 6,9 грм., а относительная съ 50% до 39%. Воздухъ комнаты сдѣлался суше отъ смѣшенія съ болѣе сырмъ воздухомъ—результатъ нѣсколько неожиданный при взятіи въ расчетъ одной только относительной влажности.

Заключенія о влажности воздуха, находящагося между различными слоями одежды, будутъ неправильны, если выражать его относительной влажностью или недостаткомъ насыщенія. Въ томъ и другомъ случаѣ окажется, что по мѣрѣ приближенія къ поверхности тѣла воздухъ становится суше, хотя бы слѣдовало ожидать обратнаго, такъ какъ сама поверхность тѣла отдаетъ постоянно водяной паръ, который пройдя чрезъ нѣсколько слоевъ одежды удалится въ окружающій болѣе сухой воздухъ.

БИБЛИОТЕКА
Кафедры Общей Гигиены
и Харьковского Медицинскаго Института

Ральцевичемъ¹⁾, измѣряя влажность воздуха въ слояхъ одежды, нашелъ, что относительная влажность была

Между кожей и фуфайкой	26%
" фуфайкой и сорочкой	28%
" сорочкой и жилетомъ	31%
" жилетомъ и свртугомъ	34%
Непосредственно надъ свртугомъ	43%
Въ комнатномъ воздухѣ	53%

Результатъ получается такой, какъ будто-бы сама поверхность кожи испускала водяной паръ изъ воздуха.

Нѣсколько пробнорочныхъ измѣреній влажности воздуха приняты мной въ общемъ подтвердили показанія Ральцевича, но только когда окружающій атмосферный или комнатный воздухъ имѣлъ среднюю или высокую степень влажности. Въ весьма сухомъ воздухѣ (22%), въ особенности когда онъ былъ притомъ и высокой температуры, результаты наблюденій были противоположны: относительная влажность воздуха по мѣрѣ приближенія къ поверхности тѣла постепенно увеличивалась. Въ жаркій июльскій день въ тѣни получено:

	Температура	Относ. влажность.
Между тѣломъ и сорочкой	35,7°	84%
" сорочкой и жилетомъ	35,4°	73%
" жилетомъ и трик. пиджакъ	34,0°	45%
Атмосферный воздухъ	32,2°	22%

Сомнѣнія возникающія по поводу влажности воздуха, содержащагося въ различныхъ слояхъ одежды, однако легко разрѣшаются, если относительную влажность замѣнить абсолютной, вчислив ее по температурѣ тѣхъ же слоевъ одежды даваемой Ральцевичемъ въ другомъ мѣстѣ²⁾.

¹⁾ Ральцевичъ. Къ вопросу о вѣзніи загрязненія и стирки на эластическія свои ства одежды. 1893 стр. 6.
²⁾ Оп. с. стр. 5.

63792 1912

Харьковскій университетъ
НАУКОВА БИБЛІОТЕКА

Влажность воздуха выразится так:

	Температура.	Абсолютная влажность.	Недост. насщ.
Между кожей и фуфайкой . .	35°	10,8 ^{мм}	30,6 ^{мм}
„ фуфайкой и сорочкой.	34°	11,1	28,5
Между сорочкой и жилетом.	32°	10,9	24,5
„ жилетом и сюртуком.	29,5°	10,4	20,3
Непосредств. над сюртуком.	25°	10,1	13,5
Въ комнатномъ воздухѣ . . .	21°	8,1	10,4

Замѣна относительной влажности абсолютной, обозначающей дѣйствительное содержаніе водяныхъ паровъ, разъяснила сущности дѣла и подтвердила априорное предположеніе, что въ ближайшихъ къ поверхности тѣла слояхъ одежды воздухъ содержитъ большее количество водяныхъ паровъ, чѣмъ въ болѣе отдаленныхъ отъ него слояхъ, тогда какъ ни относительная влажность, ни дефицитъ насыщѣнія этого не выражаютъ и даютъ даже поводъ къ противоположнымъ выводамъ.

Теплопроводимость воздуха подобно его электропроводимости также вѣроятно обуславливается абсолютной влажностью воздуха, а не относительной, какъ обыкновенно принимаютъ. Зависимость теплопроводимости отъ относительной влажности только кажущаяся. Если дѣло идетъ о воздухѣ одной температуры, но равной влажности, то воздухъ имѣющій болшую относительную влажность имѣетъ и болшую теплопроводимость, потому что и абсолютная его влажность болше, но нельзя заключать, что теплопроводимость воздуха, имѣющаго одинаковую относительную влажность, но разную температуру, будетъ одинакова; проводимость для тепла тамъ будетъ болше, гдѣ болше содержится воднаго пара, т. е. гдѣ болше абсолютная влажность.

Если во всѣхъ этихъ случаяхъ относительная влажность не можетъ имѣть примѣненія, за то она приобретаетъ исключительное значеніе при сужденіи о количествѣ гигроскопической воды, содержащейся въ различныхъ тканяхъ, составляющихъ нашу одежду. Волосъ обладаетъ замѣчательнымъ свойствомъ поглощать воду и измѣняться въ объемѣ только подъ вліяніемъ относительной влаж-

ности воздуха; ни абсолютная влажность, ни недостатокъ насыщѣнія не оказываютъ на него никакого вліянія. Величина удлиненія немытыя волосомъ, положимъ, при 50% влажности остается одна и та же, будь абсолютная влажность 1^{мм} или 20^{мм}. На этомъ свойствѣ волоса основано его примѣненіе въ качествѣ гигрометра—измѣрителя относительной влажности воздуха. Свойство волоса раздѣляють и всѣ ткани входяція въ составъ нашей одежды. Шерсть, по изслѣдованіямъ *Linrova* ¹⁾, при 98% влажности воздуха прибываетъ на 24% своего вѣса, а ленъ на 13%, при 54% влажности первая увеличивается въ вѣсѣ на 9%, а вторая на 4,8%.

Желая сдѣлательно знать количество *гигроскопической* воды (но не промежуточной) содержащейся въ одеждѣ, мы должны опредѣлить только относительную влажность воздуха.

Количество пыли осѣдающей въ воздухѣ между прочими причинами зависитъ также и отъ степени влажности воздуха. Чѣмъ суше воздухъ, тѣмъ частицы пыли дѣлаются легче, поступаютъ свободнѣе въ воздухъ, болше продолжительное время остаются въ немъ взвѣшанными и передвигаются вмѣстѣ съ его токами. Весьма возможно, что болше или меньше содержаніе воды въ частицахъ пыли, сдѣлательно легкость и удобоподвижность ихъ, зависитъ, какъ и въ другихъ гигроскопическихъ тѣлахъ, именно отъ относительной влажности воздуха. Если это такъ, то становится очень вѣроятнымъ, что количество пыли при прочихъ равныхъ условіяхъ растетъ вмѣстѣ съ уменьшеніемъ относительной влажности воздуха. Пыль же осѣдающая въ воздухѣ имѣетъ значеніе и въ качествѣ носителя болзнетворныхъ зародышей, а также и по своему механическому и физическому дѣйствию на открытыя кожу и слизистыя оболочки въ силу раздраженія производимаго ей и отнятія влаги. Последнее свойство пыли должно дать объясненіе тому странному факту, что чрезвѣрно сухой воздухъ въ комнатѣ гораздо неприяте для нашего самочувствія, чѣмъ такой же воздухъ атмосферный. Въ комнатномъ сухомъ воздухѣ, гдѣ источ-

¹⁾ Reichenbach. Ueber den gegenwärtige Stand unserer Kenntniss von den physikalischen Eigenschaften der Kleidung. Hygiene. Rundschau, 1904.

шников образования пыли всегда больше, чемъ въ свободномъ воздухѣ, къ высушивающему дѣйствию собственно воздуха присоединяется прямое отягиве влаги многочисленными пылевыми частицами и механическое раздраженіе ими слизистыхъ оболочекъ.

Если абсолютная влажность воздуха, какъ мы видѣли выше, опредѣляетъ количество влаги теремой человѣкомъ въдыхаемой, то недостатокъ насыщенія обуславливаетъ испареніе съ поверхности тѣла. Зависимость здѣсь однако будетъ не полной и не можетъ быть выражена простой пропорциональностью, такъ какъ на испареніе со стороны кожи вліяютъ и другіе факторы и даже въ большей степени, чемъ недостатокъ насыщенія, какъ-то: движеніе воздуха, его температура, давленіе, и кромѣ того въ процессѣ испаренія воды съ поверхности тѣла смѣшиваются два рода явленій — физическія и физиологическія и послѣднія могутъ быть играть большую роль.

Поразительное доказательство въ пользу значительнаго участія физиологическихъ процессовъ въ дѣлѣ испаренія воды съ поверхности тѣла доставилъ недавно *Wolpert*¹⁾. Основываясь на физическихъ законахъ испаренія слѣдовало бы ожидать, что потеря воды чрезъ испареніе поверхности тѣла въ движущемся воздухѣ будетъ больше, чемъ въ неподвижномъ воздухѣ. Опыты же *Wolpert*'а показали обратное. Человѣкъ, находясь въ струѣ движущагося воздуха, терялъ воды меньше, чемъ въ неподвижномъ воздухѣ той же температуры. Очевидно, что чувство тепла или „физиологическая“ температура, какъ выражается *Hann*, не тождественна съ показываемой термометромъ. Движущійся воздухъ кажется человѣку больше холоднымъ, чемъ неподвижный, хотя бы температура того и другого была одинакова. Этимъ именно ощущеніемъ тепла опредѣляется при посредствѣ нервной и сосудистой системы количество крови въ кожѣ и способность послѣдней отдавать воду чрезъ испареніе.

Съ другой стороны и въ чисто физическомъ отношеніи испареніе съ кожи регулируется недостаткомъ насыщенія собственно тѣхъ слоевъ воздуха, которые находятся непосредственно надъ испаряющей поверхностью тѣла, открытой или защищенной одеж-

дой, и который не одинаковъ съ недостаткомъ насыщенія воздуха, находящагося отъ тѣла на нѣкоторомъ разстояніи, въ силу разности температуръ. Если прибавить къ этому, что въ самомъ ученіи объ испареніи жидкостей, какъ о физическомъ явленіи, существуетъ еще много неяснаго и даже противорѣчиваго и что самые законы испаренія, какъ и многіе другіе физическіе законы, являются только приближительно вѣрными, то становится понятнымъ, почему мы еще пока не обладаемъ точнымъ знаніемъ условий, управляющихъ испареніемъ воды съ поверхности человѣческаго тѣла. Участіе физиологическихъ процессовъ является факторомъ, настолько затмѣивающимъ изученіе явленій испаренія, что *Rubner* призналъ отдачу водяного пара животнымъ организмомъ за чисто физиологическое явленіе, къ которому вовсе не прилжима физическіе законы испаренія съ мертвого неорганизованнаго субстрата, и отказался видѣть зависимость между величиной испаренія и недостаткомъ насыщенія. Отдача водяного пара по *Rubner*'у обуславливается изъ физическихъ свойствъ воздуха его температурой и относительной влажностью, недостатокъ же насыщенія не принимаетъ никакого участія. Выводы *Rubner*'а, основанные на наблюденіяхъ общей отдачи водяного пара дыханіемъ и поверхностью тѣла на животныхъ¹⁾ и совмѣстно съ *Lewaschew* на человѣкѣ²⁾, не могутъ быть однако признаны доказательными по отношенію къ потерѣ водяного пара одной поверхностью кожи и кромѣ того сами наблюденія съ большей легкостью объясняются, если признать и общую отдачу воды зависящей при прочих равныхъ физиологическихъ условіяхъ отъ недостатка насыщенія окружающаго воздуха. Прямыхъ наблюденій надъ испареніемъ съ поверхности тѣла, къ сожалѣнію, имѣется весьма мало и если исключить наблюденія *Schierbeck*'а³⁾ надъ человѣкомъ, какъ произведенныя при высокой температурѣ и малыхъ колебаніяхъ влажности воздуха,

¹⁾ Rubner. Die Beziehungen der atmesplätrischen Feuchtigkeits zur Wasserabgabe. Arch. f. Hyg., 1860, Bd. XI, S. 137—242.

²⁾ Rubner und Lewaschew. Ueber den Einfluss der Feuchtigkeitsschwankungen unbewegter Luft auf den Menschen. Arch. f. Hyg., 1897, Bd. 29, S. 155.

³⁾ Schierbeck. Eine Methode zur Bestimmung der Ventilation durch eine Kleidung. Arch. f. Hyg., 1893, Bd. 16, S. 203—237.

¹⁾ Wolpert. Ueber den Einfluss der Luftbewegung. Arch. f. Hyg., 1898, Bd. 33.

то намъ остаются одни только изслѣдованія Ф. Ф. Эрисмана¹⁾. Многочисленнымъ и точнымъ наблюденіемъ его надъ обнаженной и прикрытой одеждой рукой, съ несомнѣнностью показываютъ, что испареніе съ кожи подчиняется общимъ физическимъ законамъ и зависитъ отъ недостатка насыщѣнія, хотя величина испаренія возрастаетъ не прямо пропорціонально недостатку насыщѣнія, а пропорціонально квадрату его. Самъ Эрисманъ впрочемъ такой зависимости не вывелъ—онъ не говоритъ ни слова о недостаткѣ насыщѣнія—и сдѣлалъ лишь то заключеніе, что испареніе съ кожи обуславливается температурой и относительной влажностью воздуха и что зависимость между влажностью воздуха и испареніемъ не можетъ быть выражена простой пропорціей, а скорѣе прогрессіей.

Rubner доказалъ громадное значеніе жизненныхъ процессовъ въ отдачѣ воды съ поверхности тѣла, но отрицаніе имъ участія физическихъ законовъ испаренія не можетъ быть принято. Если, пользуясь сравненіемъ Flügge, нельзя живую кожу уподобить влажной поверхности атмометра, испареніе съ которой зависитъ отъ недостатка насыщѣнія, отъ давленія и движенія воздуха, то ее можно сравнить съ поверхностью атмометра, снабженнаго приспособленіемъ для большаго или меньшаго притока воды къ испаряющей поверхности. Роль этого приспособленія и играютъ въ организмѣ физиологическіе процессы. Мало доставляется воды къ испаряющей поверхности, мало и испаряется, но обратное не всегда справедливо: доставляется воды можетъ много, но испарится только то количество ея, которое можетъ превратиться въ паръ, въ силу физическихъ свойствъ окружающей атмосферы. Итакъ, при сужденіи объ отдачѣ воды живою кожей, слѣдуетъ различать два процесса—физиологическій и физическій. Первый заключается въ слабленіи кожи водой, обуславливается дѣятельностью кожи, ея кровеносныхъ сосудовъ и потовыхъ железъ и зависитъ отъ многихъ условій, лежащихъ въ самомъ организмѣ и во внѣшней природѣ: воюки и работа, усленное и недостаточное пи-

таніе, низкая или высокая температура воздуха (вѣрнѣе: физиологическая температура въ смыслѣ Нанпа). Второй процессъ—физическій и состоитъ въ отдачѣ воды окружающему воздуху; онъ вѣроятно происходитъ—насколько можно о томъ судить по нѣмногимъ до сихъ поръ даннымъ—какъ испареніе съ мертвато субстрата, и обуславливается движеніемъ воздуха, его давленіемъ и влажностью.

Зависимость испаренія отъ содержанія влаги въ воздухѣ определяется тѣмъ соотношеніемъ, которое существуетъ между наибольшимъ давленіемъ пара для данной температуры и тѣмъ давленіемъ, которое въ дѣйствительности наблюдается и пропорціонально или разности этихъ величинъ, т. е. недостатку насыщѣнія, если примемъ законъ Dalton'a, $E = \frac{F-f}{H}$, или пропорціонально болѣе сложному отношенію между F и f , если будемъ считать стоящимъ ближе къ истинѣ законъ Stefan'a, $E = \log \text{nat} \frac{H-f}{H-F}$.

Недостатокъ насыщѣнія, выражая собой мѣру висушнвающеи силы воздуха, даетъ болѣе опредѣленныя указанія при сужденіи о климатѣ какой-либо мѣстности, чѣмъ относительная влажность. Петербургъ, Москва и Севастополь въ июлѣ имѣютъ одинаковую относительную влажность 74%, тогда какъ недостатокъ насыщѣнія, равняющійся 3,8^{mm}, 4,7^{mm} и 6,4^{mm}, показываетъ, что сухость воздуха въ нихъ не одинакова. Виндава и Батумъ въ томъ же мѣсяцѣ имѣютъ относительную влажность 80% и 82% и недостатокъ насыщѣнія 2,6^{mm} и 3,9^{mm}. Если судить по относительной влажности, то климатъ Батума влажнѣе Виндавы, тогда какъ недостатокъ насыщѣнія показываетъ обратное.

Лечебная климатология однако продолжаетъ классифицировать мѣстности по ихъ температурѣ и относительной влажности. Обозначеніе влажности недостаткомъ насыщѣнія даетъ болѣе ясныя представленія о сухости воздуха, когда дѣло идетъ не столько о распредѣленіи мѣстности по ихъ метеорологическимъ элементамъ, сколько о направлѣніи указанихъ на метеорологическій факторъ непосредственно вліяющей на человѣческой организмъ.

¹⁾ Erlmann. Zur Physiologie der Wasserverdunstung von der Haut. Zeitschr. f. Bio., 1875, Bd. 11 S. 1.

Вообще недостаток насыщения принимается вездѣ, гдѣ является надобность судить о высунивающей силѣ воздуха, его способности поддерживать испареніе и поглощать водяные пары; въ некоторыхъ же особыхъ случаяхъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе абсолютной или относительной влажности. Такъ, какъ уже изложено было выше, знаніе абсолютной влажности необходимо при сужденіи о вліяніи воздуха на потерю воды съ поверхности дыхательныхъ путей, при опредѣленіи влажности воздуха находящагося въ различныхъ слояхъ одежды, при сужденіи о теплопроводности воздуха и о зависимости влажности комнатнаго воздуха отъ вѣшняго. Относительной влажности слѣдуетъ отдать предпочтеніе при оцѣнкѣ содержанія воды въ гигроскопическихъ веществахъ.

Способы предложенные для опредѣленія влажности воздуха могутъ быть раздѣлены на двѣ группы. Одни основаны на свойствахъ некоторыхъ веществъ химически соединяться съ водой и измѣнять свой вѣсъ, другіе имѣютъ въ основаніи чисто физическія явленія. Последнія заключаются: 1) въ измѣненіи объема некоторыхъ органическихъ тѣлъ подъ вліяніемъ влажности, 2) въ появленіи на гладкихъ поверхностяхъ видимаго осадка водяного пара въ случаѣ охлажденія ихъ до насыщающаго предѣла, 3) въ пониженіи температуры влажныхъ поверхностей подъ вліяніемъ большаго или меньшаго содержанія въ воздухѣ водяного пара, 4) въ измѣненіи величины испаренія въ зависимости отъ влажности воздуха, 5) въ измѣненіи объема или давленія воздуха послѣ поглощенія содержащейся въ немъ влаги веществомъ химически съ ней соединяющимся, или наконецъ 6) въ измѣненіи объема или давленія воздуха вследствие диффузіи водяного пара черезъ пористыя тѣла.

Къ первой группѣ относятся только одинъ вѣсовоіи способъ: поглощеніе водяного пара въ опредѣленномъ объемѣ воздуха хлористымъ кальціемъ, серной кислотой или фосфорнымъ ангидридомъ и взвѣшивание этихъ веществъ; прибавъ въ вѣсъ ихъ даетъ количество водяного пара содержащагося въ изслѣдуемомъ воздухѣ.

Къ весьма многочисленнымъ приборамъ, основаннымъ на физическихъ явленіяхъ, относятся: психрометръ, гигрометры—статистельный, объемный, волосной и диффузионный и испарительный (атмометры или эвапориметры).

Существеннымъ условіемъ при опредѣленіи влажности воздуха является точное измѣреніе температуры; показанія термометра въ большинствѣ изъ перечисленныхъ способовъ имѣютъ рѣшающее значеніе. Посему изложенію способовъ опредѣленія влажности необходимо предпослать описаніе конструкции термометровъ.

Когда дѣло идетъ о полученіи какихъ-либо величинъ помощью измѣренія, то первымъ и необходимымъ условіемъ является, чтобы единица, которой эти измѣренія производятся, точно соответствовала установленной нормальной. Измѣреніе температуры основано на измѣненіи объема тѣла подъ вліяніемъ тепла. Если бы мы имѣли жидкость, расширеніе которой шло прямо пропорціонально температурѣ, и если можно было бы имѣть цилиндрическую въ математическомъ смыслѣ термометрическую трубку, то, опредѣливъ постоянныя точки 0° и 100° и раздѣливъ пространство между ними на 100 частей, мы получили бы приборъ, точно измѣрающій измѣненія температуры. Величины полученные такими термометрами въ разное время и разными наблюдателями могли бы быть сравнены. Выполненіе этихъ условій является однако недоступнымъ. Источникомъ ошибокъ при измѣреніи температуры, кромя непостояннаго коэффициента расширенія ртути и невозможности имѣть цилиндрическую трубку, является еще расширеніе стекла составляющаго термометрическій сосудъ и неправомерность дѣльной скалы термометра. Въ точныхъ термометрахъ ошибки зависящія отъ нецилиндричности трубки устраняются отчасти калибровкойъ, которое въ обыкновенныхъ термометрахъ, даже раздѣленныхъ на $\frac{1}{10}^{\circ}$, не дѣлается. Все это ведетъ къ тому, что нѣтъ термометръ и найди помощью известныхъ способовъ, что точки 0° и 100° нанесены вѣрно, мы еще не получаемъ представленія о соответствіи остальныхъ дѣлений термометра съ истинными и можемъ признавать данный приборъ вѣрнымъ только по отношенію къ опредѣленнымъ нами точкамъ.

Чтобы пользоваться нашим инструментом, необходимо еще сравнить промежуточные деления с такими, на которых эти деления нанесены вѣрно. Такой термометр называется *нормальным*. Строго говоря и показанія нормального термометра не совпадаютъ съ истинными—такого инструмента, какъ ясно изъ вышележа-наго невозможно приготовить,—но уклопенія каждаго деленія отъ истинной температуры въ нормальномъ термометрѣ извѣстны чрезъ сравненіе его съ воздушнымъ термометромъ непосредственно или помощью другого нормального термометра. Знаю уклоненія инструмента отъ истинныхъ величинъ (*погрѣшности*), получаемъ таблицу *поправокъ*, помощью которыхъ показанія термометра приводятся къ истиннымъ. Нормальнымъ слѣдовательно называется термометръ снабженный таблицей поправки и повѣрить какою либо инструментомъ значитъ найти къ нему поправки. Такое представленіе о поправкѣ термометровъ не получило еще широкаго распространенія въ гигиенѣ, что и служитъ побудительной причиною остановиться на этомъ предметѣ нѣсколько болѣе, чѣмъ можетъ казаться необходимымъ для усилія свѣдѣній дѣла. Въ одной гигиенической работѣ, гдѣ всѣ выводы основываются на психрометрическихъ измѣреніяхъ, авторъ поправилъ свои четяре термометра такъ: „Одинъ изъ нихъ поправилъ общепотребительнымъ способомъ, погруженіемъ шарика его въ таюцій слѣзь, и оказался вѣрнымъ. Остальные термометры сходились съ поправленнымъ“. Такой способъ поправки, если даже допустить, что въ таюцій слѣзь погружался не одинъ шарикъ термометра, а весь столбъ ртути до 0° точки, является очень несовершеннымъ и значительно подрываетъ довѣріе къ полученнымъ результатамъ. Одинъ изъ термометровъ, имѣвшихся въ нашемъ распоряженіи, въ тающемъ льду показывалъ $-0,1^{\circ}$, т. е. поправка его для приведенія къ истинной температурѣ была $+0,1^{\circ}$. Если удовлетворяться поправкой только точки 0° , то приходится принять эту же поправку и для всѣхъ остальныхъ дѣлений термометра, т. е. при показаніи термометромъ, положимъ, $+20,0^{\circ}$ принимать истинную температуру равной $+20,1^{\circ}$. При поправкѣ же точки $+20,0^{\circ}$ термометра чрезъ сравненіе съ нормальнымъ, поправка на эту температуру оказалась $-0,2^{\circ}$, т. е. показанію термометра въ $20,0^{\circ}$

соотвѣтствуетъ истинная температура не въ $20,1^{\circ}$, а въ $19,8^{\circ}$ —разность въ $0,3^{\circ}$ достаточно большая, чтобы ей можно было пренебрегать, работая съ психрометромъ.

Проверка термометровъ, которыми я пользовался, произведена въ физическомъ кабинетѣ *Вл. Ф. Лумина* и подъ его руководствомъ. Единицей для сравненія служатъ нормальный термометръ № 7607, принадлежачій гигиеническому институту, съ дѣлениями отъ $-10,0$ до $+100,0^{\circ}$ С; каждый градусъ имѣетъ въ длину 4,15 мм. и раздѣленъ на десять частей. При термометрѣ имѣлась таблица поправокъ отъ *Physikalisch-technische Anstalt* въ *Scharlotenburg*ѣ. Во время составленія этой таблицы, въ мартѣ 1896 г., термометръ въ тающемъ льду показывалъ $-0,1^{\circ}$, годъ почти спустя въ февралѣ 1897 г. $-0,02^{\circ}$, т. е. точка 0° возвысилась на $0,08^{\circ}$, поправка слѣдовательно измѣнилась на $-0,08^{\circ}$. Эта величина придава алгебраически къ поправкамъ даннымъ для 1896 года и получена таблица поправокъ для 1897 года. Помощью графической интерполациіи выведены поправки для всѣхъ промежуточныхъ градусовъ. Полученная полная таблица и служила для вычисленія истинныхъ температуръ по показаніямъ этого термометра.

Въ испытанныхъ термометрахъ поправился сначала точка 0° чрезъ погруженіе въ таюцій ледъ, а затѣмъ поправился остальные дѣленія чрезъ сравненіе съ нормальнымъ. Приборъ, служачій для проверки точки 0° , состоитъ изъ стекляннаго цилиндрическаго сосуда съ отверстиемъ въ днѣ, помѣщенного въ другой цилиндрической сосудъ большаго диаметра, такъ что между стѣнками обоихъ остается слой воздуха. Внутренній сосудъ наполняется до краевъ мелкимъ скобленымъ льдомъ, полученнымъ изъ перегнанной воды. Ледъ смачиваютъ водою и плотно убаваютъ деревяннымъ цилиндромъ, пока не выйдутъ всѣ пузырьки воздуха и устранятся всѣ промежутки и каналы, по которымъ внѣшній воздухъ могъ бы приходиться въ соприкосновеніе съ шарикомъ термометра и возмѣнять его температуру. Въ приготовленной такимъ образомъ массѣ тающаго льда, помощью стеклянной трубки выбивается вертикальный каналъ, въ которомъ и помѣщается испытываемый термометръ, погружаемый въ ледъ почти до 0° . Поло-

жение вершины ртутного столба отжигается помощью микроскопа, зрительная ось которого находится в горизонтальной плоскости. Если градус термометра разделяет на десять или пять частей, то отсчет возможен с точностью до 0,01°; в термометрах служащих для калориметрии, в которых каждый градус разделяет на 50 частей, отсчитывается 0,001°.

По общепринятому способу проверки точки 0° производится, и в метеорологии и в гигиене, чрез погружение термометра в сосуд наполненный точным льдом или снѣгом выпавшим снѣгом, гдѣ термометр остается нѣсколько часовъ, пока положение столба ртути сдѣлается постояннымъ. Время проверки сокращается, если в сосуд поднимаютъ воды и тѣмъ ускоряютъ таяние снѣга. Сравнительное опредѣленіе точки 0° по обыкновенному способу и усовершенствованному показало слѣдующее:

	Поправки для 0°.	Обыкновенный спос.	Усовершенств. спос.
Нормальный термометр	+ 0,01°		+ 0,02°
Сухой термометр отъ психрометра	+ 0,1°		+ 0,12°

Разница получаемыхъ результатовъ слишкомъ ничтожна, чтобы оставлять болѣе легкой способъ проверки 0°, когда желаемая точность термометра не выше 0,1°. Не слѣдуетъ только пренебрегать погруженіемъ въ таящую ледъ всей ртути, т. е. шарика и трубки термометра до 0°. При несоблюденіи этого условія температура столба ртути будетъ выше, чѣмъ температура сосуда термометра, и показанія термометра будутъ ошибочны въ сторону +.

Величину происходящей отъ этого ошибки опытнымъ путемъ опредѣлялъ Э. Е. Лейст¹⁾, опредѣляя въ нѣсколькихъ термометрахъ точку 0° сначала обычнымъ способомъ, а потомъ такъ, что въ таящую снѣгъ погружены были только сосуды термометровъ, сами же термометры, защищенные отъ вліянія низкой температуры снѣга слоемъ войлока положеннаго на его поверхности,

¹⁾ О вліяніи температуры столба ртути у вѣсотворныхъ манометрическихъ термометровъ. Отд. отъ изв. Зап. Н. А. Н., 1891.

оставались на воздухѣ при температурѣ приблизительно въ 14°. Ошибка получавшаяся въ показаніяхъ термометровъ называлась, смотря по днѣш термометрической трубки, отъ 0,16° до 0,5°.

Много болѣе трудную задачу составляетъ сравненіе остальныхъ дѣлений термометра съ нормальнымъ и выведеніе для нихъ поправокъ. Методика такого сравненія Ф. Ф. Эрмманг¹⁾ описывается такъ: «Проверка при помощи нормального термометра производится въ деревянномъ сосудѣ возможно большихъ размеровъ, наполненномъ водою: нормальный и испытуемый термометры погружаются въ воду въ средній сосудъ разломъ; потомъ приливаютъ горячей воды и, доведя такимъ образомъ температуру въ сосудѣ до того градуса, съ котораго хотѣтъ начать проверку, тщательно смѣшиваютъ воду для того, чтобы температура ея была вездѣ одинакова; отсчитываютъ затѣмъ стояніе ртути въ обоихъ термометрахъ, даютъ водѣ остыть, отъ времени до времени помѣшивая ее и отсчитывая показанія обоихъ градусниковъ для цѣлаго ряда температуръ. На основаніи этихъ отсчетовъ составляютъ таблицу поправокъ для испытуемаго инструмента».

Слособъ этотъ имѣетъ въ себѣ нѣсколько источниковъ ошибки и можетъ дать годные результаты только въ случаѣ полной тождественности сравниваемыхъ термометровъ по отношенію къ величинѣ резервуаровъ и днѣшъ трубки.

Самый главный недостатокъ этого способа заключается въ быстрой охладженіи воды, вслѣдствіе открытой ея поверхности, а такъ какъ быстраго нагреванія ртути обратно пропорциональна массѣ, то два термометра съ разной величиной резервуаровъ будутъ показывать температуру не одновременно и термометръ съ болѣе широкимъ сосудомъ для ртути будетъ давать температуру выше, чѣмъ съ малымъ при пониженіи температуры и обратно при повышеніи ея. Кромѣ этого охладженіе воды въ открытомъ сосудѣ, если стѣнки его сдѣланы изъ плохо проводящаго тепло матеріала, происходитъ главнымъ образомъ съ поверхности, вслѣдствіе чего частицы воды, сдѣлавшіяся болѣе холодными и, слѣдовательно, болѣе плотными, опускаются на дно сосуда, замѣщаясь илущими имъ же

¹⁾ Курьё Гигиены. 1887, т. I, стр. 120.

встрѣчу снизу вверх болѣе теплыми и болѣе легкими частицами. Вода поэтому въ различныхъ горизонтальныхъ слояхъ не можетъ имѣть одинаковой температуры. Шарикъ сравниваемыхъ термометровъ долженъ быть слѣдовательно помѣщенъ по возможности ближе другъ къ другу въ одной горизонтальной плоскости. При вертикальномъ положеніи термометровъ это не представляетъ неудобствъ, если термометры имѣютъ почти одинаковую длину; при разной длинѣ термометровъ не вся масса ртути болѣе длиннаго термометра подвергается дѣйствию данной температуры, часть столба ртути остается при другой температурѣ, что отражается на показаніи термометра. Для исправленія показанія приходится вводить поправку на выстояние столба ртути, остающагося непогруженнымъ въ воду. Если, положимъ, термометръ показываетъ въ водѣ 40° и погруженъ въ воду только до 0° , такъ что столбъ ртути на протяжении 40° находится подъ вліяніемъ комнатной температуры, положимъ, 20° , то поправка эта равна $+0,1^{\circ}$. Введеніе этой поправки затрудняетъ вычисленія, да и самая поправка по разнымъ формуламъ оказывается различной.

Эти недостатки устранены въ особыхъ приборахъ, такъ называемыхъ *компараторахъ*¹⁾. Термометры могутъ быть сравниваемы въ вертикальномъ или горизонтальномъ положеніи. Въ томъ и другомъ случаѣ термометры помѣщаются дѣльнымъ въ воду, такъ что и резервуары и трубки ихъ находятся въ слое воды одинаковой температуры. Горизонтальные компараторы даютъ лучшие результаты. Приборъ состоитъ изъ мѣдной ванны, длиною около 1 метра, шириной отъ 0,25 до 0,30 метра и глубиной 0,15 до 0,20 метра. Ванна помѣщается въ другую большаго размѣра, имѣющую двойныя стѣнки. Обѣ ванны наполняются водой. Термометры располагаются на подставкахъ во внутренней ваннѣ въ горизонтальномъ положеніи. Толстое зеркальное стекло служитъ крышкою для внутренней ванны и препятствуетъ охлажденію воды черезъ испареніе. Этими стеклами закрываютъ ванну такъ, чтобы между ними и поверхностью воды не оставалось пузырьковъ воздуха. Для смѣшиванія воды и приданія ей равномер-

ной температуры въ обѣихъ ваннахъ имѣются особая приспособленія, состояща изъ широкой трубы, идущей по дну ванны черезъ всю ея длину; одинъ конецъ оканчивается свободно, другой же переходитъ въ вертикальную трубу съ отверстіемъ на верхнемъ концѣ, содержащую винтъ, которому помощью маховичка и безконечнаго ремня придается вращательное движеніе. Вода изъ нижнихъ слоевъ ванны такимъ образомъ постоянно проталкивается въ верхніе слои, чѣмъ достигается равновѣсная температура ванны. Для отсчетовъ термометровъ служитъ слабый микроскопъ, помѣщаемый на стеклянную крышку прибора. Къ отсчетамъ приступаютъ, когда убѣждаются, что въ ваннѣ достигнута равновѣсная температура и показанія термометровъ не измѣняются въ теченіе нѣкотораго времени.

Положимъ, что въ компараторѣ помѣщены три термометра: нормальный и два пробирныхъ. Отмѣтивъ и записавъ показанія всѣхъ трехъ термометровъ, для устраненія ошибокъ, происходящихъ отъ неврѣной оптики показаній термометровъ и отъ неравномерности температуры воды въ ваннѣ, тотъ же отсчетъ по всѣмъ термометрамъ повторяютъ отъ пяти до десяти разъ. Если въ теченіе такихъ повторныхъ отсчетовъ термометры показываютъ измѣненія температуры ванны менѣе, чѣмъ на $0,1^{\circ}$, то отсчеты признаются вѣрными и тогда переходятъ къ пробѣркѣ другихъ дѣлений термометровъ. Здѣсь поступаютъ смотря по роду термометровъ и желаемой точности и пробѣрки: въ калориметрическихъ термометрахъ дѣленія пробѣркаютъ черезъ каждые два градуса; гдѣ доводятся точностью въ $0,1^{\circ}$, термометры сравниваются черезъ пять, десять градусовъ. При сравненіи термометровъ можно идти отъ высшихъ температуръ къ низшимъ или обратно. Достигнувъ желаемой температуры чрезъ поддываніе въ ванну горячей или холодной воды и сѣтга, производятъ отсчеты для новой точки скалы термометровъ. Въ полученныхъ рядахъ отсчетовъ вычисляютъ среднія величины, которыя и принимаются поправками для изслѣдуемыхъ дѣлений термометра. Пробѣривъ такимъ образомъ нѣсколько точекъ термометрической скалы и точку 0° , опредѣляютъ помощью графической интерполации поправки для каждого градуса и составляютъ полную таблицу поправки для данного термометра.

¹⁾ Guillaume, Traité pratique de la thermométrie de précision. 1880.

ГЛАВА II.

Вѣсовой способъ.—Гигрометры: объемный, сгустительный и диффузионный.

Вѣсовой способъ. Вѣсовой или химической способъ определения влажности воздуха предложил Вунггеромъ въ 1830 году и до настоящаго времени считается наиболее простымъ и точнымъ. Онъ основанъ на пропускании опредѣленнаго объема воздуха чрезъ трубки содержаща вещества, которыя имѣютъ свойство поглощать водяные пары. Увеличеніе въ вѣсѣхъ трубокъ послѣ пропускания чрезъ нихъ воздуха и даетъ вѣсъ водяного пара, содержащагося въ воздухѣ. Вѣсовой способъ опредѣленія влажности въ лабораторной обстановкѣ весьма простъ, хотя нѣсколько мѣшкотевъ, но въ лабораторіи примѣненіе его сопряжено съ большими затрудненіями. Вотъ почему въ санитарной практикѣ онъ почти не употребляется. Насколько мнѣ известно, только одинъ *Савинскій* ¹⁾ пользовался имъ для опредѣленія влажности комнатнаго воздуха и воздуха непосредственно окружающаго больного. Полное описаніе вѣсового способа здѣсь было-бы излишне, такъ какъ ему отводится достаточно мѣста во всѣхъ руководствахъ по химіи, физикѣ и гигиенѣ. Если на чемъ и можно остановиться, такъ на нѣкоторыхъ подробностяхъ пользования способомъ для полученія вѣрныхъ результатовъ, какъ они выискивались изъ новѣйшихъ работъ, предпринятыхъ для проверки или улучшенія этого способа.

Въ качествѣ поглотителей применялись сначала хлористый кальцій или кричная сѣрная кислота, но потомъ было найдено

¹⁾ Опыты анализа воздуха, непосредственно окружающаго тѣло больного. Врѣчъ, 1833, стр. 401, 420.

(Andrews ¹⁾, Müller-Erzbach ²⁾, Shaw ³⁾), что хлористый кальцій даже свѣже прозеленный не удерживаетъ всей влаги изъ пропущеннаго чрезъ него воздуха. Въ настоящее время для химическаго способа принимаютъ сѣрную кислоту, или фосфорный ангидридъ.

Shaw (1888), пользуясь U-образными трубками, наполненными немой съ сѣрной кислотой, нашелъ, что только при скорости 8—10 литра въ часъ весь водяной паръ изъ воздуха поглощается первой трубкой, при большей же скорости тока воздуха часть влаги проходитъ чрезъ первую трубку непоглощенной и тогда опредѣлять влажность воздуха приходится по увеличенію вѣса нѣсколькихъ трубочекъ. Такой приемъ однако не увеличиваетъ точности способа, такъ какъ оказалось, что вѣсъ поглотительныхъ трубокъ измѣняется отъ случайныхъ причинъ—измѣненія въ температурѣ и давленія воздуха, обѣданіе водяного пара на наружную поверхность трубокъ. Эти случайныя ошибки, оставшіяся незамѣченными ни *Regnaud*, ни другими исследователями, работавшими съ химическимъ способомъ, доходятъ до 0,002 грм. на каждую трубку и заставляютъ стремиться къ возможно уменьшенію числа поглотительныхъ трубокъ. *Shaw* отмѣтилъ также, что каучуковыя трубки, приводяща воздухъ, могутъ быть источникомъ ошибокъ, такъ какъ сильно конденсируютъ водяной паръ, независимо отъ условій со стороны температуры.

Haldane & Pembrey (1890)⁴⁾ внесли существенныя улучшенія въ вѣсовой способъ, уменьшивъ возможность случайныхъ ошибокъ и увеличивъ поглотительную способность трубокъ. Аппаратъ ихъ состоитъ изъ пары пробирокъ (1×4 дюйма), соединенныхъ между собой стеклянной трубкой и наполненныхъ немой съ сѣрной кислотой, и изъ двухъ аспираторовъ, емкостью каждый въ 3 литра. Каждая пробирка закрывается пробкой, пропитанной и залитой парафиномъ; чрезъ пробку въ каждой пробиркѣ проходитъ двѣ стек-

¹⁾ *Philos. Mag.* vol. 4, 1852, p. 370.

²⁾ *Berichte Deutsch. chem. Gesell.* B. 14, p. 1093.

³⁾ *Shaw*, Report on hygrometric methods. *Philosophical Transactions*, vol. 178, A, 1889, p. 81.

⁴⁾ *Haldane & Pembrey*, An improved Method of Determining Moisture and Carbonic Acid in Air. *Philos. Mag.* v. 29 (5), 1890, p. 306.

длинные изогнутые трубки: одна, достигающая почти до дна пробирки, и другая, оканчивающаяся немного ниже нижней поверхности пробки. Пемза, служащая для наполнения пробирок, после измельчения просеивается сквозь сито, имеющее около 7 итей в 1 дюйм², и шель из нее удаляется помощью более частого сита; затѣм пемза накаливается до красна и еще горячею бросается въ крѣпкую два раза переганную сѣрную кислоту; избытокъ кислоты сливается. Одна пара такихъ пробирокъ, вѣсящая около 80 граммъ, поглощаетъ весь водяной паръ, заключающийся въ воздухѣ, даже при скорости тока послѣднего до 7 литровъ въ 1 минуту. Такимъ образомъ представляется возможнымъ для анализа довольствоваться одной парой поглотительныхъ трубокъ, чѣмъ уже уменьшаются случайныя ошибки, и кромѣ того авторы пользуются при взвѣшиваніи противѣсомъ, состоящимъ изъ такой же пары закупоренныхъ трубокъ и такого же приблизительно вѣса, помѣщая его на другую чашку вѣсовъ. Тѣ и другія трубки—абсорбціонныя и уравновѣшивающія—хранятся всегда вмѣстѣ. Этими предотвращаются случайныя измѣненія въ вѣсѣхъ трубокъ, происходящія отъ пережигъ температуры и давленія воздуха и отъ осажденія водяного пара.

Случайныя ошибки при взвѣшиваніи простираются при старомъ способѣ по изслѣдованіямъ *Shaw* до 0,002 грм., въ способѣ же *Haldane & Pembrey* только до 0,0003 грм. Изъ многочисленныхъ опытовъ, предпринятыхъ для проверки своего улучшеннаго способа, авторы вывели заключеніе, что изслѣдованіе воздуха по ихъ способу въ теченіе одной минуты равносильно по точности двухчасовому анализу по прежнему способу. Благодаря этимъ видоизмѣненіямъ и малому объему аспираторовъ, сокращается безъ ущерба для точности время анализа, такъ что и химическій способъ перестаетъ быть исключительно лабораторнымъ.

Точное опредѣленіе влажности воздуха внѣ лабораторіи дѣлается такимъ образомъ не затруднительнѣе, чѣмъ напр. опредѣленіе углекислоты по способу *Pettenkoffer*'а съ бутылками.

Haldane & Pembrey, работавшіе въ физиологической лабораторіи въ Cambridge, называютъ свой способъ для изслѣдованій газо-

объема, почему прибавляютъ еще пару пробирокъ, одну пробирку съ натрощеною известью, другую съ сѣрною кислотой. Скорость тока воздуха для поглощенія всей содержащейся въ немъ углекислоты не должна превышать одного литра въ минуту. При изслѣдованіи атмосфернаго воздуха достаточно пропустить 20 литровъ, для испорченнаго комнатнаго 3—6 литровъ.

Edelmann (1896 ¹⁾ при опредѣленіи влажности воздуха отдаетъ рѣшительное предпочтеніе фосфорному ангидриду ²⁾ въ силу его большей поглотительной способности и большей поверхности соприкосновенія, представляемой имъ, какъ мельчайшимъ порошкомъ, проходящему воздуху сравнительно съ пемзою смоченной сѣрною кислотой. Кромѣ того, употребленіе фосфорнаго ангидрида представляетъ удобство въ томъ отношеніи, что всегда по наружному его виду можно впередъ видѣть, способенъ-ли онъ вполнѣ поглотить влагу. Пока онъ сохраняетъ чистого бѣлый цвѣтъ и легко перемешается въ трубкѣ, можно быть увѣреннымъ въ его годности. *Edelmann* пользовался U-образными стеклянными трубками съ прилифованными краями; поверхъ фосфорнаго ангидрида въ концахъ трубокъ помѣщалась стеклянная вата; двухъ такихъ трубокъ оказалось вполнѣ достаточнымъ для поглощенія всего водяного пара изъ воздуха: при скорости его движенія 1,6 литровъ въ минуту, а при болѣе медленномъ токъ воздуха даже одной.

Edelmann подтверждаетъ замѣчаніе *Shaw, Haldane & Pembrey*, что каучуковыя трубки сильно удерживаютъ влагу, почему должны быть возможно короче. Первые опыты *Edelmann*'а съ химическимъ способомъ были неудачны, пока онъ не пропиталъ каучуковыя трубки послѣ многократнаго высушиванія парафиновымъ масломъ. Равнымъ образомъ *Edelmann* считаетъ весьма удачною мысль *Haldane & Pembrey* при взвѣшиваніи пользоваться противѣсомъ, такъ какъ это значительно уменьшаетъ ошибки. *Edelmann* оцениваетъ ошибки въ опредѣ-

¹⁾ Psychrometrische Studien. Meteor. Zeitsch., 1896.

²⁾ См. также Morley. Amer. Jour. of Science, v. 30. 1884. p. 140 и v. 34. 1887. p. 199. Количество неоглаженнаго водяного пара равняется для H₂SO₄ 1/2 миллиграммъ на 100 литровъ воздуха, а для Pb O₂ 1/2 миллиграммъ на 10000 литровъ.

леши влажности по химическому способу в 0,0003 грм. для абсолютной влажности и в 0,05% для относительной и приводит к заключению, что висовой способ не может быть превзойден в точности никаким другим гигрометрическим методом.

Упрек, делаемый висовому способу, главным образом со стороны метеорологов, и состоящий в том, что он доставляет только средние величины влажности за определенный промежуток времени, а не для данного момента, почему при проверке метеорологических приборов дает повод к ошибкам, так как влажность атмосферного воздуха подвержена большим колебаниям, этот упрек не может иметь места по отношению к компактному воздуху, который отличается большим постоянством. Кроме того и время исследования может быть сокращено, если поступать по указаниям *Haldane & Pembrey* или пользоваться предложением *Edelmann'a*. Последний наполняет газометр парафиновым маслом и, при желании исследовать воздух в определенный момент, набирает пробу воздуха в газометр быстро, а затем уже из газометра пропускает воздух для исследования через поглотительные трубки с желаемой медленностью.

Употреблением в аспираторе парафинового масла вместо воды достигается еще и другая цель, именно сокращение вычислений для приведения объема воздуха, отсчитанного аспиратором, к истинному объему воздуха, прошедшего через поглотительные трубки. Воздух, отдавая свою влажность серной кислоте, поступает в газометр сухим, но здесь он насыщается водяным паром, если газометр наполнен водой, и увеличивается в объем. В аспираторе следовательно находится смесь сухого воздуха с водяным паром и объем исследованного сухого воздуха равняется объему аспиратора за вычетом объема водяного пара. Воздух, поступивший в аспиратор, претерпевает еще изменение в объеме от перемены температуры, так как при насыщении сухого воздуха паром тратится тепло и температура аспиратора всегда бывает ниже окружающей среды.

У химического способа после новейших его улучшений остается, таким образом, единственный недостаток — некоторая

сложность вычислений. Определить количество водяного пара, содержащегося в воздухе, прошедшем через поглотительные трубки, можно очень точно, но затруднения состоят в точном определении объема исследованного воздуха.

Поэтому это пригодно.

При среднем давлении 740,6^{мм} и средней температуре $t = 19,3^\circ$ пропускаем через поглотительные трубки воздух, объем которого записан в аспираторе 36 литров, при температуре $t_1 = 18^\circ$. Взвешивание трубок показало, что в исследованном объеме воздуха водяного пара заключено 0,2053 грамма.

Если допустить, что 36 литров воздуха, измеренного аспиратором, равняется действительному количеству воздуха, прошедшего через поглотительные трубки, то в 1 куб. метр исследованного воздуха содержалось бы водяного пара в граммах:

$$p = \frac{1000 \times 0,2053}{36} = 5,703 \text{ гр.},$$

отсюда давление водяного пара равнолось бы:

$$f = \frac{(1 + 0,00367 \cdot 19,3^\circ)}{1,06} p = 5,761^{\text{мм}}$$

Но воздух в газометре имел $t_1 = 18^\circ$ и был насыщен водяным паром, т. е. находился под давлением $H - F_1$, тогда как исследованный воздух содержал в себе водяного пара, как сейчас определено, приблизительно 5,8^{мм}, т. е. находился под давлением $H - f$; следовательно исследованный воздух и воздух в аспираторе находились под разными давлениями и были разной температуры. Если обозначить через V_1 объем воздуха, измеренного в аспираторе, то V — истинный объем воздуха, прошедшего через поглотительные трубки будет:

$$V = V_1 \frac{(H - F_1) (1 + at)}{(H - f) (1 + at_1)} = 35,69 \text{ литров.}$$

В этом именно объеме воздуха и содержалось водяного пара 0,2053 грм., следовательно в 1 куб. метр $p = 5,753 \text{ гр.}$, а $f = 5,811^{\text{мм}}$.

Отсчитанный объем воздуха должен быть еще исправлен на изменение емкости самого аспиратора под влиянием теплового расширения его стенок, если емкость аспиратора была определена не при той температуре, при которой производилось исследование; тогда формула для приведения объема воздуха, отсчитанного в аспираторе, к истинному объему исследованного воздуха, примет такой вид:

$$V = V_0 (1 + kt_0) \frac{(H - F_1) (1 + at)}{(H - f) (1 + at_1)}$$

где k — коэффициент кубического расширения вещества, из которого сделан аспиратор, и равняется для стекла 0,0000258, а для цинка 0,000088. Последнего рода поправки можно пренебречь в большинстве случаев, так как она весьма мала. Если емкость аспиратора была определена при 0° и оказалась 36 литров, то при 18° емкость его будет 36,02 литра, если он сделан из стекла, и 36,06 литра, если из цинка.

Вычисления облегчаются, если идти следующим путем. Количество водяного пара, поглощенного трубками, обозначим через q , объем исследованного воздуха, измеренный аспиратором в литрах, пусть будет — V_1 , тогда в 1 куб. метр будет заключаться водяного пара в граммах — p

$$\frac{V_1}{q} = \frac{1000}{p} \quad \text{или} \quad p = \frac{1000 \cdot q}{V_1}$$

Вставив величину p в формулу $f = 0,943 (1 + at) p$, имеем:

$$f = \frac{943 (1 + at) q}{V_1} \dots \dots \dots (1)$$

где f — давление водяного пара в миллиметрах, а t — средняя температура исследуемого воздуха. Величина f получается приближенная, так как предполагается, что V_1 — объем воздуха аспиратора равняется V — объему исследованного воздуха. Вставив в формулу (1) вместо V_1 его исправленную величину

$$V_1 \frac{(H - F_1) (1 + at)}{(H - f) (1 + at_1)}$$

получаем:

$$f = \frac{943 \cdot q \cdot (H - f) (1 + at)}{V_1 (H - F_1)} \dots \dots \dots (2)$$

Это выражение дает уже точную величину f , если заменим f входящее во вторую половину равенства его численным значением, взятым из формулы (1). H — среднее барометрическое давление, t_1 — температура воздуха в аспираторе, F_1 — наибольшее давление водяного пара при этой температуре.

Если для большей точности принимать в расчет и изменение объема самого аспиратора от теплового расширения его стенок, то, предполагая, что аспиратор был градуирован при 0°, выражение (2) примет вид:

$$f = \frac{943 \cdot q (H - f) (1 + at_1)}{V_1 (1 + kt_1) (H - F_1)} \dots \dots \dots (3)$$

Когда газометр вместо воды наполнен парафиновым маслом, то воздух, пройдя через поглотительные трубки, входит в него сухой и таким же остается, кроме того и температура газометра остается одинаковой с температурой окружающего его воздуха, как это показав Edelman; при этих условиях

$$f = \frac{943 \cdot q (H - f) (1 + at)}{V (1 + kt) H} \dots \dots \dots (4)$$

Вьюсов способ, благодаря вышесказанным, указанным выше, может применяться и для прямых гигиенических целей — исследование воздуха жилых помещений, — но главным его назначением остается служить в гигиенических лабораториях и санитарных станциях контрольным методом для выведения постоянной величины у психрометров и проверки других гигрометров, помощью которых определение влажности совершается с меньшей затратой времени и труда.

Объемный гигрометр основан на поглощении из воздуха влаги веществами, химически с ней соединяющимися, как и вьсовой способ определения влажности, но отличается от него по методам измерения. В вьсовом способе измеряется вьс водяного пара, заключающагося в исследуемом объёмъ воздуха, вь объемных же гигрометрах измеряется объемъ воздуха до поглощения из него водяного пара и послѣ поглощения. Величина этого изменения, если давление сохранить постояннымъ, и опредѣляет количество водяного пара, содержащагося вь исследуемомъ воздухѣ.

Вмѣсто измерения перемены вь объемѣ при постоянномъ давлении можно наоборотъ измерять перемену вь давлении, послѣдовавшую за поглощеніемъ водяного пара, сохраняя исследуемый воздухъ при постоянномъ объемѣ. Если сосудъ снабженный манометромъ наполнить влажнымъ воздухомъ и поглотить сѣрной кислотой содержащаяся вь немъ водяные пары, то манометръ покажетъ нѣкоторое пониженіе давления вь сосудѣ. Величина этого пониженія, выраженная высотой ртутнаго столба вь миллиметрахъ, даетъ прямо величину давления водяного пара бывшаго вь воздухѣ, т. е. абсолютную влажность, почему такіе гигрометры носятъ еще названіе „абсолютныхъ“.

Водяные пары, содержащаяся вь воздухѣ, можно также удалять, хотя и не вполнѣ, охлажденіемъ воздуха до появленія росы. Если данный объемъ влажнаго воздуха охладятъ, положивъ, до температуры тающаго льда, то къ саватю его, зависящему отъ охлажденія, присоединится еще уменьшеніе вь объемѣ отъ перехода части пара вь капельножидкое состояніе. Слѣдовательно воздухъ влажный отъ охлажденія уменьшится вь объемѣ болѣе, чѣмъ сухой. Этимъ дается возможность опредѣлять и количество водяного пара, содержащагося вь воздухѣ.

Принципъ вьсѣхъ этихъ гигрометровъ весьма простъ, но практическое его осуществленіе представляетъ большія трудности, какъ это будетъ видно ниже, и приборы остаются почти исключительно лабораторными и притомъ вь большинствѣ случаевъ исследуемыми только самими авторами, изъ предложенными.

Вь виду крайней ограниченности примѣненія такихъ приборовъ описаніе ихъ можетъ быть дано кратко.

*Simon Subic*¹⁾ (1876), если не ошибаемся, первый изложил основанія объемныхъ гигрометровъ и описать два прибора этого рода. Первый приборъ состоитъ изъ колбы вь 1 литрѣ, снабженной манометромъ. Колбу наполняютъ исследуемымъ воздухомъ и потомъ охлаждаютъ до 0°, пока показанія манометра не сдѣлаются постоянными. Другой приборъ основанъ на высушиваніи замкнутого объема воздуха и состоитъ изъ двухъ одинаковыхъ сосудовъ, соединяющихся между собой внизу каучуковой трубкой и вверху высушивающей трубкой съ хлористымъ кальціемъ. Одинъ изъ сосудовъ наполняютъ сначала ртутью, а затѣмъ, открывъ край, сообщающій его съ исследуемымъ воздухомъ, перебиваютъ ртуть чрезъ соединительную каучуковую трубку вь второй сосудѣ, помѣстивъ его выше перваго, причѣмъ вытѣсняя ртуть замѣстится равнымъ объемомъ воздуха. Послѣ этого сосуди перебиваютъ, поставивъ второй сосудъ выше перваго, и перебиваютъ ртуть обратно вь первый сосудъ, откуда воздухъ переходитъ во второй сосудъ, пройдя чрезъ высушивающія трубки и отдавъ имъ свою влажность. Манометръ, укрепленный вь горнышкѣ второго сосуда, покажетъ уменьшеніе давления, равное давленію водяного пара, бывшаго вь пробѣ воздуха.

Болѣе извѣстенъ гигрометръ *Schwakhöfer's* (1879)²⁾, служившій *Zworskimu* однимъ изъ контрольныхъ приборовъ при выведеніи постоянной величины вь психрометрической формулѣ. Воздухъ заключаетъ вь градуированную бюретку и для высушиванія переносится нѣсколько разъ чрезъ сосудъ, содержащій сѣрную кислоту. Приборъ весьма сложенъ и требуетъ большой привычки къ нему, о чемъ ясно представленіе даетъ *Pentner*³⁾. Первые 50 опытовъ примѣненія такого гигрометра были совершенно неудачны, только послѣ 3-хъ недѣльнаго труда онъ освоился съ приборомъ и сталъ получать повидимому годные результаты, однако вь концѣ концовъ оказалось, что вь 50 опытахъ абсолютная влажность воздуха была опредѣлена на 2,5^{mm} ниже истинной.

1) Simon Subic. Manometer-Hygrometer. Wiener Berichte, 1876, 7^h, 531—552.

2) Shaw, l. c. p. 141.

Гораздо проще гигрометр *Edelmann'a* (1879) ¹⁾, состоящий из цилиндрического стеклянного сосуда, снабженного манометром и соединенного помощью двух кранов с маленьким сосудом, содержащим хлорную серную кислоту. После основательного высушивания прибора наполняют его исследуемым воздухом и, открыв оба крана, переливают в него из маленького сосуда серную кислоту; воздух, вытесненный серной кислотой, вступает по другому крану в сосуд, занятый прежде серной кислотой, и первоначальный объем исследуемого воздуха следовательно не изменяется. Спустя некоторое время отсчитывают на манометре разницу стояния ртути в обоих его колбах. Величина эта, выраженная в миллиметрах, дает без всяких вычислений давление водяного пара. Так как изменения в объеме исследуемого воздуха под влиянием температуры много превышают изменения от поглощения водяного пара, то существенным условием применения прибора является постоянно одинаковая температура во все время определения. С этой целью прибор заключается в жестяной цилиндр, защищающий его от колебаний температуры. Трудность сохранения постоянно одной и той же температуры представляет слабую сторону прибора. Уже вследствие поглощения водяных паров серной кислотой температура должна повышаться и отсчет по манометру следовательно может быть проведен, когда прибор вернется к начальной температуре.

Van Hasselt (1879) ²⁾ описал подобный же прибор, но пользовался фосфорным ангидридом, заключенным в тонкий стеклянный шарик, который разбивался встряхиванием для поглощения водяного пара. Разницу давления показывает масляный манометр, состоящий из двух стеклянных трубок соединенных внизу каучуковой. Это последнее приспособление дает возможность изменять высоту того или другого колба манометра и позволяет пред отсчетом привести объем исследуемого воздуха к первоначальному.

¹⁾ Müller. *Lehrbuch der Physik und Meteorologie*. 1879. Bd. 2. abth. 2., S. 631.

²⁾ Van Hasselt. *Ein Absorptionshygrometer*. Beiblätter, 3. 1879, p. 697.

Гигрометр *Rüdorff'a* (1880) ¹⁾ состоит из трехгорлой Вульфовой стакани, в средней горлышке которой укреплена бюретка, наполненная хлорной серной кислотой. Серную кислоту выпускают по каллиту, вследствие чего манометр покажет уменьшение давления, последовавшее от поглощения водяного пара, затем вновь приливают серной кислоты, пока давление не сдвигается начальным. Объем водяного пара равен объему вторично прилитой серной кислоты и, зная объем этой последней и сосуда, можно вычислить количество и давление водяного пара, сохранившегося в исследованном воздухе. Манометр наполняется серной кислотой уд. веса 1,300, которая по ошибочному мнению автора не гигроскопична ²⁾, т. е. будто бы не поглощает и не отдает водяных паров.

Neesen (1880) ³⁾ видоизменил прибор *Rüdorff'a*, взяв вместо одного сосуда два, соединенных между собой помощью дифференциального масляного манометра, вследствие чего температурные изменения в верхней среде, действуя одновременно на оба сосуда, не обнаруживают влияния на стояние манометра. Водяной пар поглощается, как и в гигрометре *Rüdorff'a*, серной кислотой налитой в две бюретки, укрепленные в горлышках того и другого сосуда. На определение влажности воздуха тратится от 10 до 15 минут.

Если в замкнутом пространстве, содержащем воздух, вместо поглощения водяного пара помощью серной кислоты или фосфорного ангидрида, будет доводить количество пара до насыщения, прибавляя воду, то общее газовое давление повысится и величина этого повышения даст возможность определить начальное давление водяного пара, бывшего в исследуемом воздухе. На

¹⁾ Rüdorff. *Zur Bestimmung des atmosphärischen Wasserdampfes*. Beiblätter, 4. 1880, p. 349.

²⁾ Регистры серной кислоты только тогда имеют это свойство, когда давление водяного пара, давшее им, равно существующему давлению водяного пара в окружающей влажностью воздуха.

³⁾ Neesen. *Abänderung des Absorptionshygrometers nach Rüdorff*. *Wiedemann's Annalen*, B. XI, 1880, p. 526—529.

этом основан объемный гигрометр *Matera's* (1880)¹⁾, рекомендуемый автором для определения постоянной величины в психрометрической формуле.

Agamenno и *Bonetti* *) (1892) описали дифференциальный гигрометр, основанный на изменении объема влажного воздуха после охлаждения и представляющий усовершенствование первого прибора *Subic's*.

Для понижать температуру определенного объема влажного воздуха до осаждения части пара и поддерживать постоянный объем, то давление уменьшится и по величине уменьшения можно определить и абсолютную влажность. Но так как изменение в давлении вследствие охлаждения зависит от понижения эластической силы самого воздуха в гораздо большей мере, чем от уменьшения давления водяного пара, то при отсчете по такому гигрометру каждый раз приходится вводить поправку, величина которой во много раз превосходит измеряемую величину. Эти затруднения можно устранить, если пользоваться двумя сосудами, соединенными между собой дифференциальным манометром, причем один из сосудов содержит раз навсегда высушенный воздух, а другой наполняется исследуемым воздухом. В таком аппарате сжатие самого воздуха от охлаждения уже не происходит и, если оба сосуда охладить до температуры тающего льда, то ртуть в манометре повысится со стороны влажного сосуда, показывая уменьшение давления, зависящее исключительно от осадания части водяного пара. Однако и при таком расположении прибора большей точности определения влажности воздуха нельзя ожидать, так как приходится основывать вычисления на разнице в несколько миллиметров ртути, поэтому *Agamenno* и *Bonetti* предлагали вместо измерения перемены в давлении при постоянном объеме измерять наоборот изменение объема при постоян-

¹⁾ *Matera*. Ueber ein neues einfaches Condensations-Hygrometer. *Wiedemann's Annalen*, 1880, Bd. X, S. 149—154.

²⁾ *Agamenno* e *Bonetti*. Sopra un nuovo tipo d'igrometro. *Atti Acad. dei Lincei*. (5) 1, 1892, p. 216—222.

— Ulteriori esperienze sopra un nuovo tipo d'igrometro. *Ibid* (5) 3, 1894, p. 23—30.

ном давлению. Тогда точность определения будет обуславливаться величиной сосудов и изменения в объеме могут выражаться несколькими кубическими сантиметрами. С этой целью оба нижние конца дифференциального манометра они соединяют с замкнутым сосудом, содержащим ртуть и снабженным винтом, как в барометрах с шкалой. Охладив воздух в обоих сосудах до 0°, опускают помощью винта ртуть в манометр, пока давление не сдастся первоначальным, бывшим до охлаждения сосудов. Зная объем сосудов и манометров, можно вычислить весь или давление водяного пара. Вычисления однако довольно сложны и авторы в первых своих опытах не достигли до желаемой или точности.

Некоторые из объемных гигрометров были предложены и для психических целей, именно для определения влажности ствля *)¹⁾. Объемным же гигрометром пользовались *Klas Sonden* и *R. Tigerstedt* *) при исследованиях газообмена у человека.

Не имея личной ошности с этими приборами, привожу в заключение мнение *Shaw* *)²⁾.

Shaw полагает, что простота объемных гигрометров чисто воображаемая, так как разницы давлений, измеряемая манометром всегда мала и держится приблизительно 10^{mm}. Приняв эту величину и желая сделать определение влажности с точностью до 1%, придется отсчитывать на манометре 0,1^{mm}, что составляет менее чем $\frac{1}{5000}$ обыкновенного барометрического давления; следовательно во все время определения необходимо сохранять постоянным объем или давление до той же степени точности, а так как при изменении температуры на 1°C изменяется объем или давление на $\frac{1}{273}$ первоначальной величины, то температура аппарата не должна колебаться больше, чем на 0,02°C, что представляет весьма трудную задачу.

¹⁾ *Klas Sonden*. Ein neues Hygrometer. *Verh. v. Forschritte der Physik*. 1865, t. 49, Abt. 3, S. 468.

²⁾ *Klas Sonden* und *R. Tigerstedt*. Untersuchungen über die Respiration und den Gasaustausch des Menschen. *Skandiv. Arch. f. Physiologie*. 1898, Bd. VI, S. 1—23.

³⁾ *S. Shaw*. l. c. p. 141.

Сгустительный гигрометр. Если в теплый воздух внести предмет с гладкой блестящей поверхностью, охлажденный ниже той температуры, при которой водяные пары содержащиеся в воздухе, могут оставаться в газообразном состоянии, то на поверхности висящего предмета осаждаются водяные пары в видъ росы. *Le Roy* (1751) первый предложил охлаждать в влажном воздухе сосудъ, наполненный водой, бросая в нее кусочки льду, пока на поверхности сосуда не начнется показываться роса. Слой воздуха прилегающего къ охлажденной поверхности насыщается водяными парами и при дальнейшемъ охлажденіи часть паровъ осаждается. Та температура, при которой воздухъ насыщается паромъ, носитъ названіе *точки росы*. Когда паръ начинаетъ осаждаться на охлажденной поверхности, то температура ея лежитъ нѣсколько ниже точки росы. При постепенномъ нагреваніи поверхности роса исчезаетъ, такъ какъ воздухъ перестаетъ быть насыщеннымъ и сгустившаяся вода вновь переходитъ въ газообразное состояние. Измѣривъ температуры поверхности въ моментъ появления и исчезанія росы и взявъ ихъ ариометическое среднее, получаемъ точку росы. Наибольшее давленіе водяного пара, соответствующее этой температурѣ, представляетъ собою давленіе пара въ моментъ наблюденія, т. е. абсолютную влажность воздуха.

Приборы, служащіе для опредѣленія влажности воздуха путемъ полученія точки росы, носятъ названіе сгустительныхъ или конденсаціонныхъ гигрометровъ.

Оставая въ сторонѣ гигрометры *Daniell'a* (1819) и *Regnault* (1845), такъ какъ эти приборы извѣстны по элементарнымъ учебникамъ физики, прямо переходю къ ихъ новѣйшимъ усовершенствованіямъ. Гигрометры, появившіеся послѣ *Regnault*, не описываются въ руководствахъ по гигиенѣ, даже вышедшихъ въ свѣтъ въ самое послѣднее время (*Langlois, Gärtner*, оба изданы въ 1896 г.; *Huerre* 1899, *Praussnitz* 1899.). Упомянутся обыкновенно гигрометры *Daniell'a* и *Regnault*, хотя первый, какъ приборъ мало совершенный, можетъ въ настоящее время имѣть только историческій интересъ, а второй съ большимъ успѣхомъ замѣняется другими инструментами, дающими лучшіе результаты.

*Alluard*¹⁾ (1878) предложилъ удачное видоизмѣненіе гигрометра *Regnault*. Какъ извѣстно, въ послѣднемъ роса осаждается на цилиндрической поверхности сосуда изъ полупрозрачнаго серебра, поему появленіе и исчезаніе осадка водяныхъ паровъ бываетъ трудно съ точностью замѣтить. *Alluard* замѣнилъ цилиндрической сосудъ призматическимъ съ плоскими поверхностями и для усиленія контраста прибавилъ рамку изъ того же металла, какъ и призма, но не присоединяющую къ охлаждающемуся сосуду и всегда сохраняющую свою блескъ.

Приборъ этотъ состоитъ изъ прямой призмы вышиной въ 0,08 метра съ квадратнымъ основаніемъ, имѣющимъ по 0,018 метра въ каждой сторонѣ. Призма укрѣплена вертикально на подставкѣ; одна изъ поверхностей ея хорошо выполирована и посеребрена или вызолочена и окаймлена такой же металлической рамкой. Въ крышкѣ призмы имѣются четыре отверстія: чрезъ одно надвигается эфиръ, чрезъ другое проходитъ термометръ, третье пропускаетъ трубку, доходящую до дна призмы; чрезъ эту трубку помощью каучуковой груши прогоняется струя воздуха, производящая испареніе эфира и вслѣдствіе этого охлажденіе всего сосуда; чрезъ четвертое отверстіе удаляются пары эфира. Если приборъ расположить такъ, чтобъ въ немъ не отражались окружающіе предметы, а полпрозрачная поверхность съ ея рамкой представлялась чернаго бархатнаго цвѣта, то появленіе первыхъ слѣдовъ росы на ней въ видѣ нѣжнаго бѣловатаго налета удается отмѣтить весьма легко. Какъ только роса появилась, отмѣчаютъ температуру эфира и прекращаютъ пропусканіе воздуха чрезъ эфиръ. Когда отъ нагреванія роса исчезаетъ, термометръ отсчитываютъ вновь. Разность температуръ появленія и исчезанія росы послѣ небольшого навыка удается свести на 0,2°, даже 0,1°.

Чтобъ не вліять своимъ присутствіемъ на температуру и влажность воздуха, окружающаго приборъ, наблюдатель производитъ отсчеты издали помощью зрительной трубки. Для полученія температуры воздуха служитъ второй термометръ, который рекомендуется вращать какъ пращу.

¹⁾ Alluard. Nouvel hygromètre à condensation. J. de Phys. 1878, p. 328.

Гигрометр Aluard'a даетъ въ комнатѣ превосходные результаты (Лавинскъ ¹⁾), но въ атмосферномъ воздухѣ при вѣтрѣ опредѣленіе помощью его точки росы дѣлается уже съ меньшей точностью. Приборъ можно охладить ниже точки росы и тумъ не мѣйше росы на немъ не появляется. Причина этого заключается по мнѣнію Crova въ томъ, что воздухъ при сильномъ вѣтрѣ, касаясь прибора, не успѣваетъ принять его температуры, Заорикинъ же полагаетъ, что при сильномъ движеніи воздуха происходитъ болѣе сильное нагрѣваніе поверхности прибора, почему онъ имѣетъ температуру вышнюю, чѣмъ эфиръ и погруженный въ него термометръ.

Чтобы сдѣлать появленіе росы независимымъ отъ скорости движенія воздуха, Crova ²⁾ (1883) предложилъ гигрометръ съ внутреннимъ стуженіемъ. Въ немъ роса осаждается на внутренней поверхности полноровной и покрашеной никкелемъ трубки, закрытой съ одного конца матовымъ стекломъ, а съ другой слабой душой. Трубка заключена въ призматической сосудѣ, въ который наливается эфиръ. Какъ внутренняя трубка, такъ и внѣшній сосудъ имѣютъ по парѣ тонкихъ трубочекъ, пользуясь которыми просасываютъ аспираторомъ или каучуковой грушей чрезъ внутреннюю трубку воздухъ подлежащій изслѣдованію, а чрезъ внѣшній сосудъ пропускаютъ воздухъ для охлажденія эфира. Смотря въ душу прибора, наблюдатель видитъ матовый кружокъ въ широкимъ блестящимъ кольцомъ вокругъ него вълѣдствіе отраженія свѣта отъ внутренней полноровной поверхности трубки. Когда трубка достаточно охладится отъ испаренія эфира, то на блестящемъ кольцѣ дѣлается видной роса сначала въ видѣ дымчатыхъ пятенъ, а при дальнѣйшемъ охлажденіи въ видѣ сажеобразнаго налета, покрывающаго всю внутреннюю поверхность трубки, за исключеніемъ обонхъ ея концовъ. Термометръ, погруженный въ эфиръ, показываетъ температуру его, равно какъ и внутренней трубки.

Преимущество гигрометра Crova надъ таковымъ же Aluard'a давать вѣрныя показанія и при сильномъ вѣтрѣ для гигиенъ не

¹⁾ Лавинскъ. Метеорологія и Климатологія. 1880, стр. 243.

²⁾ Crova. Description d'un hygromètre à condensation intérieure. J. de Phys. (2) 2, 1883, p. 166—169.

имѣть, конечно, значенія, но достоинство перваго прибора заключается въ томъ, что помощью его можно изслѣдовать воздухъ, не пережидая самаго гигрометра, такъ какъ онъ опредѣляетъ влажность того воздуха, который просасывается чрезъ внутреннюю трубку. Пережидая и увеличивая длину засасывающихъ трубокъ, можно брать пробу изъ различныхъ слоевъ комнатнаго или наружнаго воздуха. Однако работа съ приборомъ Crova требуетъ большаго навыка, чѣмъ съ гигрометромъ Aluard'a.

Во всѣхъ этихъ гигрометрахъ предполагается, что термометръ погруженный въ эфиръ, показываетъ и температуру поверхности, на которой происходитъ образованіе росы. Въ этомъ однако можно усомниться. Пластика въ гигрометрахъ, на которой осаждается водной паръ, подвергается съ одной стороны вліянію холоднаго эфира, а съ другой болѣе теплаго воздуха, почему температура ея должна быть выше температуры эфира, температуру котораго собственно показываетъ термометръ. Поэтому Dufour ¹⁾ (1889) предложилъ измѣрять температуру самой пластики. Приборъ его похожъ на гигрометръ Aluard'a, но имѣетъ ту особенность, что сторона призмы, на которой отжидается роса, представляется собой толстую пластинку изъ красной мѣди съ просверленнымъ въ толщѣ ея цилиндрическимъ каналомъ. Въ послѣднемъ помѣщается термометръ, а остающееся пространство канала плотно набивается мѣдными опилками. Помѣщая для сравненія вторую термометръ въ эфиръ наполняющей сосудъ, Dufour убѣдился, что температура мѣдной пластинки превышаетъ температуру эфира на 0,5° до 1,6°. Если помѣстить призму въ цилиндрической стеклянній сосудъ, снабженный крышкой, чрезъ которую проходить трубки, доставляющія воздухъ для изслѣдованія, то получается видоизмѣненіе прибора, подобное гигрометру Crova. Gilbaut ²⁾ (1892) съ той же цѣлью, какъ и Dufour, для осажденія росы примѣняетъ стекляннюю платинированную пластинку и опредѣляетъ температуру платины измѣненіемъ ея электропроводности. Точность измѣренія температуры простирается до $\frac{1}{5}$ ° C.

¹⁾ Dufour. Nouvel hygromètre à condensation. Journ. de Physique. 1889, (2) VIII, p. 74.

²⁾ Gilbaut. Nouvel hygromètre à condensation. Comptes rendues de l'Ac. des Sciences, t. CXIV, 1892, p. 67.

Существует кроме того еще несколько видовъзмѣнней ступенчатыхъ гигрометровъ.

Изъ всѣхъ этихъ приборовъ получили распространѣнiе въ метеорологiи только гигрометры Alluard и Crova. Въ руководствахъ по гигиѣнѣ, какъ сказано выше, изъ ступенчатыхъ гигрометровъ отводится мѣсто только гигрометрамъ Daniell'a и Regnault, но признается, что они для гигиенической практики не имѣютъ значенiя. Однако Капустинъ на III съѣздѣ врачей въ память Парога выказался за Crova и предложилъ этимъ гигрометромъ и прачевающимъ психрометромъ замѣнить для цѣлей гигиены всѣ другiе приборы, служащiе для измѣренiя влажности воздуха.

Гигрометрами Alluard'a и Crova и пользовался въ качествѣ контрольныхъ приборовъ при опредѣленiи постоянной величины, входящей въ психрометрическую формулу, причемъ выяснились ихъ достоинства и недостатки. Поэтому не будетъ излишнимъ остановиться на этихъ приборахъ нѣсколько подробнѣе, чтобы оцѣнить ихъ значенiе для гигиенической практики.

Опредѣленiе точки росы помощью гигрометра Crova удается далеко не съ перваго раза и пользование приборомъ сопряжено съ большими трудностями, чѣмъ это можно ожидать по его описанiю. Прежде всего трудно отмѣнить первые слѣды росы, появляющейся на внутренней поверхности трубки. Непривычный наблюдатель замѣчаетъ росу только тогда, когда она покрываетъ кольцеобразно уже всю трубку въ видѣ сажеобразнаго налета, что бываетъ при пониженiи температуры ртутн. янши точки росы; въ результатѣ влажность воздуха получается меньше действительной. Ошибка въ обратную сторону бываетъ тогда, когда эфиръ во вѣншемъ сосудѣ остается менѣе половины и не весь резервуаръ термометра погружается въ эфиръ. Въ этомъ случаѣ, въ силу того, что соприкасается съ эфиромъ только нижняя стѣнка трубки прибора, то и роса появляется только на ней, а верхняя стѣнка той же трубки остается блестящей; появленiе и исчезанiе росы въ видѣ дымчатыхъ пятенъ легко отмѣнить, но термометръ показываетъ температуру большую, чѣмъ имѣетъ эфиръ, и влажность воздуха опредѣляется слѣдовательно выше действительной. При малой степени влажности воздуха имѣетъ значенiе для точки росы

и скорость движенiя воздуха во внутренней трубкѣ. Не разъ приходилось наблюдать, что роса не появлялась въ трубкѣ при медленномъ движенiи воздуха, хотя температура росы, казалось, была и достигнута; лишь только ускорилось движенiе воздуха, какъ показывалась роса, несмотря на то, что термометръ погруженный въ эфиръ оставался на прежнемъ показанiи или даже повышался до 0,2°.

Надо думать, что малое количество воздуха, заключающееся во внутренней трубкѣ, при малой степени влажности хотя и осаждаютъ водяные пары, когда температура достигнетъ точки росы, но получающiйся осадокъ настолько ничтоженъ, что не увлажняется глазомъ; когда же усиливается токъ воздуха, то каждая новая порцiя его, осаждая свои пары на охлажденную поверхность, усиливаетъ интенсивность росы и дѣлаетъ наконецъ ее замѣтной. Отсюда слѣдуетъ, что токъ воздуха надо по возможности ускорять, усиливая дѣйствиельно всасывающей каучуковой груши; опасаться, что при быстромъ токѣ воздуха онъ не успеетъ охладиться до точки росы, нѣтъ оснований въ виду малаго диаметра приводящихъ трубокъ сравнительно съ поперечникомъ самой внутренней трубки. Не остается безъ влiянiя на вѣрность опредѣленiя точки росы и интенсивность дневного свѣта, при которомъ производится влѣдыванiе. Яркий солнечный день уменьшаетъ рѣзкость росы, увеличивая рефлексъ внутренней поверхности трубки, и поему точность отмѣтки появленiя и исчезанiя росы дѣлается меньшей сравнительно съ таковою же въ пасмурный день.

Всѣ эти недостатки гигрометра Crova побуждаютъ только послѣ продолжительнаго упражненiя съ приборомъ, и мнѣ лично повнадобилось три недѣли, пока получалась увѣренность, что отмѣаемыя точки росы соответствуютъ истиннымъ. Несомнѣнно влiянiе на неудачи и малая степень влажности воздуха, въ которомъ происходивали первые опыты влѣдыванiя этого гигрометра, вслѣдствие чего точка росы всегда была ниже 0°. При большихъ степеняхъ влажности полученiе точки росы удается гораздо легче. Самъ Crova¹⁾, сравнивая показанiя своего прибора съ показанiями

¹⁾ Crova, Sur l'hygrométrie, J. de Phys. 1883, p. 450—461.

гигрометра Alluard получал в атмосферном воздухе при втѣрѣ точку росы вышую, чѣмъ давалъ гигрометръ Alluard, что должно было служить доказательствомъ достоинствъ его прибора, но и въ комнатахъ на ряду съ одинаковыми величинами, даваемыми обоими приборами, получались также и разности въ температурѣ, при которой появлялась роса, доходивши до 1,6°.

Sollberg ¹⁾, сравнивая гигрометры Regnault и Crova съ вѣсовымъ способомъ опредѣленія влажности воздуха при температурахъ ниже 0°, отдалъ предпочтеніе гигрометру Regnault. Мои личныя сравненія гигрометра Crova съ химическимъ способомъ показали полное согласіе обоихъ методовъ.

Вѣсовыя способы. Гигрометръ Crova. Разница.

Абсолютная влажность.		
5,81 ^{mm}	5,76 ^{mm}	+0,05 ^{mm} .
4,97	5,02	-0,05.
Относительная влажность.		
34,9%	34,6%	+0,3%.
31,0	31,3	-0,3.

Для навоженія вѣшного сосуда своего гигрометра Crova употребляетъ сѣрный углеродъ. Рядъ опытовъ моихъ съ нимъ не показалъ однако никакихъ преимуществъ его надъ эфиромъ. Такъ какъ примѣненіе сѣрнаго углерода въ комнатахъ сопряжено съ большими неудобствами въ силу его ядовитости и неприятнаго запаха, то охлаждающей жидкостью всегда служилъ эфиръ.

Обращеніе съ гигрометромъ Alluard'a гораздо проще; съ нимъ съ перваго же раза получаются годные результаты и въ этомъ лежитъ его несомнѣнное преимущество надъ приборомъ Crova. Достоинство послѣдняго гигрометра давать вѣрную точку росы при сильномъ втѣрѣ имѣетъ значеніе для метеорологівъ, но въ гигіенѣ при изслѣдованіи комнатнаго воздуха такихъ условий не встрѣчается

¹⁾ Sollberg. Versuche über die Feuchtigkeits der atmosphärischen Luft. Fortschr. der Phys., T. 46, S. 245.

и примѣненіе гигрометра Crova, кажется не оправдываетъ затраченаго на него времени и труда. Кромѣ рѣдкихъ случаевъ—одновременное изслѣдованіе комнатнаго воздуха различныхъ слоевъ и наружнаго—гигрометру Alluard'a должно быть отдано рѣшительное предпочтеніе.

Тѣмъ не менѣе я далеко отъ мысли предлагать для санитарной практики и гигрометръ Alluard'a, такъ какъ для нея существуютъ болѣе удобные приборы. Значеніе гигрометра Alluard'a, равно и Crova,—служить контрольнымъ приборомъ для проверки другихъ приборовъ, примѣняемыхъ для измѣренія влажности воздуха.

Диффузионный Гигрометръ. Если наполнить два сосуда двумя различными газами не дѣйствующими химически другъ на друга и соединитъ сосуды трубкой, то газы начинаютъ мало-по-малу смѣшиваться, пока не образуется совершенно однородная ихъ смѣсь. Явленіе это называется *диффузіей* газовъ. Газы смѣшиваются также между собой, если они разделены пористой перегородкой. При этомъ они проникаютъ другъ въ друга не съ одинаковой скоростью. Газы имѣющие большую плотность проникаютъ черезъ перегородку съ меньшей скоростью, чѣмъ обладающие меньшей плотностью. Такимъ образомъ, если два газа, помещенные въ замкнутое пространство, разделены пористой пластинкой, то вслѣдствіе неравной скорости диффузіи давленіе по одну сторону перегородки становится больше, а по другую меньше первоначальнаго. Тамъ, гдѣ находится болѣе плотный газъ, происходитъ нарастаніе давленія, гдѣ помѣщенъ газъ менѣе плотный—паденіе давленія. Чѣмъ больше взаимно диффундирующие газы различаются по своей плотности, тѣмъ большая въ единицу времени получается разность въ давленіи по обѣимъ сторонамъ пористой пластинки.

Graham установилъ, что скорость диффузіи газовъ черезъ пористую перегородку пропорціональна давленію, подъ которымъ газы находятся, и обратно пропорціональна корню квадратному изъ ихъ плотностей.

Puluj ¹⁾ убедился, что этому закону подчиняется и водяной парь.

L. Dufour ²⁾, работавший ранее, принял однако къ противоположному выводу. Изучая диффузію сухого и влажнаго воздуха, онъ нашелъ, что сухой воздухъ диффундируетъ скорѣе влажнаго, совершенно обратное тому, что можно было ожидать по закону *Graham*, такъ какъ водяной парь легче воздуха. *Dufour* бралъ пористый сосудъ, употребленный для гальваническихъ элементовъ, помѣщая въ немъ стаканчикъ съ водою, закрывалъ каучуковой пробкой съ манометромъ и переносилъ въ сухой воздухъ. Внутри сосуда находились влажный воздухъ, внѣ его сухой. Если законъ *Graham* справедливъ и по отношенію къ парамъ жидкостей, то влажный воздухъ какъ газъ меньшей плотности долженъ выходить черезъ пористыя стѣнки сосуда съ большей скоростью, чѣмъ идущій ему навстрѣчу токъ сухого болѣе плотнаго воздуха и въ сосудѣ давленіе должно понизиться, такъ какъ въ него поступаетъ внѣ воздуха менѣе, чѣмъ выходитъ наружу. Опытъ показываетъ однако совершенно обратное: давленіе въ сосудѣ наполненномъ влажнымъ воздухомъ повышается, когда его помѣщаютъ въ сухой воздухъ. Если внутри пористаго сосуда замѣнить воду сѣрной кислотой, вследствие чего воздухъ въ немъ будетъ лишь въ водныхъ паряхъ, и обратно первому опыту перенести его въ влажный воздухъ, то манометръ покажетъ уменьшеніе давленія. Следовательно въ обоихъ случаяхъ сухой воздухъ, хотя и болѣе плотный, но диффундируетъ скорѣе влажнаго.

Kundt ³⁾ и *Puluj* въ опытахъ *Dufour*'а не видятъ противорѣчія закону *Graham* и объясняютъ ихъ тѣмъ, что въ опытѣ съ влажнымъ воздухомъ помѣщеннымъ въ сухую атмосферу водяной парь, какъ газъ удѣльно болѣе легкій, выходитъ изъ сосуда съ болѣе

¹⁾ Puluj, Ueber Diffusion der Dämpfe durch Thonzellen. Wien. Berichte, 2 abt. 1877, p. 401—418 и p. 639—664.

²⁾ L. Dufour, Recherches sur la diffusion qui se produit entre l'air sec et l'air humide à travers un paroi de terre poreuse. Bull. Soc. Vaud. des sciences nat. XIII, № 72, 1874, p. 165—217.

— Sur la diffusion hygrométrique. Ibid № 74, 1874, p. 608—651.

³⁾ Kundt, Zur Erklärung der Versuche Dufour's und Merget's über die Diffusion der Dämpfe. Wiedem. Ann., 2. 1877, p. 17—24.

скоростью, чѣмъ встрѣчный токъ сухого воздуха, но продиффундировавшій парь сейчасъ же замѣняется новымъ чрезъ испареніе воды находящейся въ сосудѣ и убыли водяного пара въ сосудѣ не происходитъ, сухой же воздухъ въ сосудѣ поступаетъ и увеличивается въ немъ давленіе. Въ опытѣ съ сухимъ воздухомъ прошедшій извнѣ водяной парь поглощается сѣрной кислотой и хотя токъ его болѣе обилитъ, чѣмъ выходящаго изъ сосуда сухого воздуха, но вслѣдствіе поглощенія водяного пара сѣрной кислотой давленіе въ сосудѣ уменьшается.

Шидловскій ¹⁾ указалъ, что объясненіемъ этимъ не подчиняются другіе опыты *Dufour*, оставшіеся по видимому неизвѣстными *Puluj*. *Dufour* бралъ пористый сосудъ закрытый пробкой съ манометромъ, держалъ его нѣсколько времени въ сухомъ воздухѣ и переносилъ въ влажный воздухъ. Манометръ показывалъ быстрое уменьшеніе давленія до 10—12^{мм}, которое съ теченіемъ времени уравнивалось, когда воздухъ внутри сосуда дѣлился однороднымъ съ вѣншимъ влажнымъ воздухомъ. Если тотъ же сосудъ, содержащій теперь влажный воздухъ, перенести въ сухой воздухъ, то давленіе въ сосудѣ повышается, продержавъ нѣкоторое время на одной высотѣ и затѣмъ постепенно уравнивается вновь до 0. *Шидловскій* полагаетъ, что уклоненіе диффузіи водяного пара отъ закона *Graham* и въ этихъ опытахъ только кажущееся и зависитъ отъ поглощенія пара стѣнками пористаго сосуда. Если пористый сосудъ съ сухимъ воздухомъ погружимъ въ влажную атмосферу, то начинается диффузія, воздухъ выходитъ, а парь входитъ въ сосудъ, но внутри его понадеваетъ мало, такъ какъ онъ стучается въ стѣнкахъ сосуда и получается уменьшеніе давленія въ сосудѣ совершенно независимо отъ относительной скорости диффузіи пара и воздуха. Подобное же объясненіе прилагается къ противоположному опыту *Dufour*, когда сосудъ съ влажнымъ воздухомъ помѣщается въ сухую атмосферу. Воздухъ, проникающій внутрь производитъ выдѣленіе водяного пара изъ внутренней поверхности пористой стѣнки и, кромѣ того выхожденіе водяного пара наружу ослаблено, такъ какъ наружная поверхность пористаго сосуда по-

¹⁾ Шидловскій, Ф. Опытъ приложенія закона Дюфура газамъ, черезъ пористыя тѣла къ опредѣленію влаги и влажности въ окружающей средѣ. Спб. 1886.

крыта оболочкой выдыхающегося пара, который был раньше в парах в густом состоянии; отсюда увеличение давления в пористом сосуде.

Каково бы ни было объяснение явлений, наблюдаемых при диффузии водяного пара через пористую перегородку, но Dufour отметил, что паростание или уменьшение давления в пористом сосуде — смотря потому содержит ли он постоянно влажный воздух или сухой — 1) обуславливается напряжением водяного пара в окружающей атмосфере, 2) почти пропорционально ему, 3) не зависит или весьма мало зависит от температуры, поэтому Dufour выразил предположение о возможности, пользуясь диффузией между двумя массами воздуха различной влажности, измерять влажность свободного воздуха. Собственные свои попытки в этом отношении впрочем сам Dufour считал неудачными и не настаивал на своем предположении.

Paluj (1877) устроил диффузионный гигрометр, основанный на измерении скорости диффузии, но этот инструмент давал не достаточно точные данные. Мысль Dufour'a удалось привести в исполнение *Шидловскому* (1886). Прибор предложенный им основан на измерении степени давления развиваемого входящим или выходящим при диффузии газом.

Диффузионный гигрометр Шидловского состоит из стеклянного цилиндрического сосуда, вместимостью около 150 куб. сант., закрытого сверху пригнатою стеклянной пластинкой. В средине последней имеется круглое отверстие с диаметром в 4 сант., закрытое пористой пластинкой из белой обожженной глины, приклеенной к стеклу лаком. В верхней части сосуда непосредственно под краем его находится отверстие; в одно вставляется манометр со шкалой разделенной на миллиметры, в другое, — стеклянная трубка с крапом, служащая для уравновешивания давления в сосуде, когда при быстрых переменах температуры изменяется объем воздуха в нем находящегося. Манометр наполняется легким нефтяным маслом, а сосуд почти до верха кришной серной кислотой или киселем смоченной водой. В первом случае воздух в сосуде под пористой пластинкой будет лишь водяных паров, во втором насыщен водяным паром.

Если прибор наполнен серной кислотой и внесен в влажную атмосферу, то частичное давление водяного пара по обеим сторонам пористой пластинки будет неодинаково, вследствие чего начнется диффузия воздуха и водяного пара через пористую пластинку и давление в сосуде как видно из преддущаго объяснения опытов Dufour'a, уменьшится, что и покажет манометр.

Величина этого уменьшения давления зависит от количества водяных паров, содержащихся в окружающем воздухе, и при одной и той же температуре будет небольшая, когда воздух совершенно насыщен водяным паром. Последнее условие легко осуществить, если пористую пластинку гигрометра прикрыть стекляннм колоколом, стѣнки котораго обложены пропускной бумагой пропитанной водой. Над пористой пластинкой будет теперь воздух, насыщенный водяным паром, и давление этого пара можно определять по таблицам Regnault, если известна температура воздуха. Для измерения ее служит термометр пропущенный через горлышко колокола почти до пористой пластинки. Если бы пористая пластинка была идеальна по отношению к диффузии, т. е. пропускала бы одѣ только газовыя молекулы, а не газы во всей их массѣ, то манометр, наполненный ртутью, и показал бы это давление в миллиметрах, если же был наполнен другою жидкостью, то величина показываемая манометром равнялась бы давлению водяного пара умноженному на отношение между удѣльными весами ртути и жидкости служащей для наполнения манометра.

Положим, что температура воздуха над пористой пластинкой равна 20,2°; соответствующее этой температуре (по таблицѣ Regnault) давление водяного пара насыщающаго пространство будет 17,58^{мм}. На эту величину упругость воздуха над пластинкой меньше, чѣм над ней, и эту величину должен бы давать манометр, если был наполнен ртутью, и $17,58 \times 13,56 = 239^{\text{мм}}$ при наполнении его водой. На дѣлѣ этого однако не получается и показанія манометра оказываются меньше ожидаемых на основании расчета. Положим, что въ нашем приборѣ манометр показывает 51^{мм}. Раздѣлив это число на 17,58, получим постоянную величину для данной пластинки $a = 2,82$, указывающую

на соотношение между показаниями манометра и упругостью водяного пара. Эта постоянная величина обыкновенно обозначается на пластинке. Зная величину a можно применять прибор для определения влажности воздуха. Давление в гигрометре идет пропорционально напряжению водяного пара в воздухе, посему разделив высоту манометра h на a получаем f — упругость в миллиметрах водяного пара находящегося в воздухе, т. е. абсолютная влажность

$$f = \frac{h}{a}$$

$$\text{и относительная влажность} = \frac{h \cdot 100}{a \cdot F} = \frac{f \cdot 100}{F}$$

При другом видоизменении гигрометра, когда он наполнен перегнанной водой, давление в сосуде будет выше, чем в окружающем воздухе. Только в том случае, если воздух в гигрометре насыщен водяным паром, давление в сосуде сравняется с атмосферным и манометр стоит на 0. Во всех промежуточных степенях влажности окружающего воздуха высота манометра будет пропорциональна разности между наибольшим давлением водяного пара при данной температуре и существующим давлением в действительности $F - f$, т. е. пропорциональна недостатку насыщения. Разделив высоту манометра h на величину a , известную из прежнего определения, имеем

$$F - f = \frac{h}{a}, \text{ отсюда } f = F - \frac{h}{a}$$

Так как энергия диффузии зависит от разности давления водяного пара по ту и другую сторону пористой пластинки и может делаться мало заметной, если разность эта мала, то Шидловский предложил пользоваться сухой кислотой, когда исследуемый воздух содержит много водяного пара, и прибегать к гигрометру с водой, когда воздух сух. Произведи ряд определений величины a для разных пластинок, Шидловский отметить, что величина эта не остается постоянной, а немного растет с повышением температуры; тем не менее он счел возмож-

ным пользоваться средней величиной, полученной из нескольких определений, и предложил применять свой прибор там, где нет необходимости „заниматься за особой точностью“ результатов. Однако впоследствии (1889 г.) вновь вернувшись к своему прибору и не имея в него каких-либо усовершенствований, если не считать наполнения манометра нефтяным маслом, вместо первоначально предложенной воды, Шидловский представил свой гигрометр III Съезду врачей в память Пирогова уже в качестве *точной, самостоятельного прибора, могущего служить для проверки других, применяемых для определения влажности, приборов*. Кроме того он указал на особую чувствительность своего прибора, так как для получения показаний манометра требуется только несколько минут, и отметить его постоянство, потому что диффузионная способность пористой пластинки не меняется от времени и от загрязнения.

К сожалению Шидловский ограничился приведением ряда величин a для нескольких пористых пластинок при разных температурах, но при одной и той же степени влажности воздуха, именно насыщенного водяным паром, и не представил параллельных наблюдений между своим прибором и каким-либо другим контрольным для доказательства применимости своего гигрометра при всех промежуточных степенях влажности. Несколько сравнений с психрометром August'a, сделанных им, конечно не могут считаться доказательными, так как сам психрометр в комнатном воздухе без вентилятора не дает надежных результатов. Не подвергая прибор Шидловского проверке с со стороны других исследователей, хотя признавая ему достоинства и простоту конструкции должны были сделать его желательным приобретением в деле исследования влажности воздуха.

В числе других приборов исследован был мой и гигрометр Шидловского. Контрольными приборами в первом ряду, сравнений служили гигрометр Стода и итальянский психрометр с вентилятором, постоянная величина которого была известна, а в остальных рядах сравнений только один психрометр.

В первом ряду наблюдений гигрометр Шидловского с

мѣткой на пластинкѣ 2,82 (его постоянная величина a) былъ наполненъ водой. Изъ 50 сравненій, не приведенныхъ здѣсь въ подробности, при температурѣ воздуха отъ 14,5° до 23,4° и при влажности отъ 30% до 55%, постоянная величина a оказалась равной въ среднемъ 3,19 съ колебаніями отъ 2,78 до 3,46.

Полученная мною величина значительно отличалась отъ обозначенной на пластинкѣ и подрывала довѣріе къ прибору. Въ самомъ дѣлѣ, если при $t=22,6^\circ$ манометръ показывается 31,5^{мм}, то при $a=3,19$ относительная влажность равняется 51%, а при $a=2,82$ только 46%. Приборъ дающій ошибку въ относительной влажности въ 5% никоимъ образомъ не могъ быть отнесенъ къ точнымъ. Съ другой стороны не представлялось невѣроятнымъ предположеніе, что диффузионный коэффициентъ пористой пластинки измѣнился отъ времени и загрязнения, такъ какъ приборъ былъ приобретенъ за вѣсколко лѣтъ до моихъ наблюденій съ нимъ. Наконецъ и первоначальное опредѣленіе a при приготовленіи прибора могло быть сдѣлано невѣрно. Для разрѣшенія этихъ сомнѣній сосудъ гигрометра былъ наполненъ сѣрной кислотой и произведено опредѣленіе величины a , какъ изложено выше при описаніи прибора.

Т А Б Л И Ц А 1.

t	f	%	h	a
16,1	13,62	100	-38,8	2,85
17,0	14,51	—	40,7	2,80
17,0	14,51	—	40,2	2,77
18,6	15,95	—	45,5	2,85
18,6	15,95	—	44,2	2,77
18,6	15,95	—	45,5	2,85
Среднее . . .				2,82

Изъ этого ряда наблюденій величина a оказалась равной 2,82, т. е. совершенно была одинакова съ бывшей при изготовленіи прибора, чѣмъ вполнѣ подтвердилось утверженіе Шидловскаго о неизмѣяемости диффузионной силы пластинки отъ времени и о постоянствѣ его гигрометра. Гигрометръ Шидловскаго съ сѣрной кислотой былъ затѣмъ оставленъ въ комнатномъ воздухѣ и изъ 6 сравненій съ психрометромъ получена для a та же самая величина, какъ это видно изъ слѣдующей таблички.

Т А Б Л И Ц А 2.

t	f	%	h	a
15,4	7,87	60	-22,2	2,82
15,6	8,26	63	23,5	2,85
16,0	8,66	64	24,5	2,83
17,0	9,13	63	26,0	2,85
18,6	10,51	66	29,5	2,81
18,6	10,51	66	28,8	2,74
Среднее . . .				2,82

Наблюденія слѣдовательно устраняютъ сомнѣнія въ вѣрности диффузионнаго коэффициента и говорятъ въ пользу гигрометра, но они не разъясняютъ, однако, почему въ 1 ряду сравненій величина a была иная и разнилась 3,19. Самъ Шидловскій, сравнивая психрометръ съ своимъ приборомъ, наполненнымъ сѣрной кислотой, получилъ согласія показаній обоихъ приборомъ въ воздухѣ приблизительно той же степени влажности (55%—64%), какъ и въ нашемъ послѣднемъ ряду. Сравненій своего прибора, наполненнаго водой, съ контрольными приборами Шидловскій не приводитъ, а заявляетъ только, что въ этомъ случаѣ *результаты были меньше согласныя*.

Таким образом приходится остановиться на одном из двух предположений: или диффузионный коэффициент не есть величина постоянная, хотя диффузионная способность пористой пластинки и не изменяется от времени, или что в первом ряду наблюдений, данных $a=3,19$, были какие-либо постоянные ошибки, оставшиеся неизвестными, но оказавшие свое влияние на полученный результат. Для устранения последнего предположения показания гигрометра Шидловского, наполненного водой, были сравнены с показаниями другого контрольного прибора, именно психрометра—пращи.

Т А Б Л И Ц А 3.

t	F-f	%	h	a
20,8	9,37	49	+29,0	3,09
22,0	13,08	33	39,0	2,98
26,0	18,86	25	58,5	3,10
27,0	19,83	25	64,0	3,23
27,9	20,92	25	69,0	3,25
28,8	19,84	33	67,0	3,38
28,0	17,33	38	61,0	3,52
27,7	15,91	42	50,0	3,14
22,4	8,31	59	24,5	2,95
18,3	6,81	56	23,5	3,45
Среднее . . .				3,21

Полученная величина $a=3,21$, оказалась почти тождественна с выведенной из 50 наблюдений ($a=3,19$), čímž и устраняются сомнения в надежности самих наблюдений.

Обращаясь к выяснению причин изменчивости величины a , можно остановиться на зависимости 1) от температуры, и 2) от

напряжения водяного пара в последующем воздухе. Изменяемость диффузионной способности пористой пластинки в зависимости от изменения температуры отбросил и сам Шидловский по счел возможным этой изменчивостью пренебречь, вероятно потому, что не видел какого-либо определенного соотношения между a и температурой. Из физики однако известно ¹⁾, что диффузионный коэффициент газов идет приблизительно пропорционально квадрату абсолютной температуры ²⁾. Закон этот оправдывается и по отношению к диффузионной способности пористых пластинок и притом на цифрах, данных самим Шидловским ³⁾. Действительно величина a для пластинки № 3 при температурѣ в $2,5^\circ$ была $=3,26$, а при температурѣ $17,5^\circ$ найдена равной $3,65$, должна же быть $3,62$ по отношению $3,26 : x = 275,5^2 : 290,5^2$. В пластинкѣ № 1 при 6° темп. $a=2,08$, при 22° a должна быть равна согласно вычислению $2,33$, по непосредственному же определению оказалась равной $2,28$.

Принять закон пропорциональности величины a квадрату абсолютной температуры доказанным и применив его къ нашему последнему ряду сравнений гигрометра Шидловского съ психрометромъ, произведенному при средней температурѣ в 25° , легко определить изменение величины a , зависящее от температуры. Величина a при 18° была $2,82$, при 25° должна быть $2,98$, оказалась же $3,21$.

Прямой вывод отсюда, что диффузионная способность пористой пластинки изменяется не только от температуры, но и от перемены въ напряженіи водяного пара въ атмосферѣ и что допущение, сдѣланное Шидловскимъ о пропорциональности между высотой давления въ его приборѣ и напряженіемъ водяного пара, не совершенно справедливо. Dufour считалъ эту пропорциональность только приближительной. Приведенныя выше наблюдения подтверждаютъ его положеніе; но еще яснѣе это видно изъ слѣдующаго ряда наблюдений, проведенныхъ надъ гигрометромъ Шидловскаго въ

¹⁾ Хвольсонъ. Курсъ физики. 1897, т. I, стр. 420.

²⁾ Абсолютная температура $T = t + 273$.

³⁾ Шидловский. Опытъ приращенія и пр., стр. 29.

комнатномъ воздухѣ при температурѣ почти одинаковой съ той, при которой производилось опредѣленіе величины a .

Т А Б Л И Ц А 4.

t	F-f	%	h	a
18,8	5,19	68	+18,3	3,52
18,8	5,19	68	17,8	3,43
17,8	6,12	60	19,9	3,25
17,9	6,27	59	21,5	3,43
16,9	5,95	59	19,0	3,13
17,0	5,62	61	19,0	3,38
Среднее . . .				3,36

Здѣсь вліяніе температуры исключено и если получилось $a = 3,36$ вмѣсто ожидаемаго $a = 2,82$, то очевидно въ силу неодинаковаго отношенія $\frac{f}{F}$, т. е. относительной влажности въ обоихъ случаяхъ. По одну сторону пористой пластинки въ томъ и другомъ случаѣ находился воздухъ, насыщенный водянымъ паромъ, по другую сторону пластинки въ первомъ случаѣ (табл. 1) былъ воздухъ совершенно сухой, въ послѣднемъ же ряду (табл. 4) воздухъ имѣлъ относительную влажность 63%.

Выше приведены были два ряда наблюденій надъ диффузионнымъ гигрометромъ, наполненнымъ сѣрной кислотой. Въ одномъ ряду (табл. 1) проверялась величина a въ воздухѣ, насыщенномъ водянымъ паромъ, въ другомъ (табл. 2) гигрометръ находился въ комнатномъ воздухѣ съ влажностью около 64%.

Показанія инструмента были вѣрны. Для разъясненія вопроса, одинаково-ли точны будутъ показанія гигрометра въ воздухѣ менѣе влажномъ, произведены еще два ряда наблюденій, помѣщаемыхъ вмѣстѣ въ слѣдующей таблицѣ.

Т А Б Л И Ц А 5.

t	f	%	h	a	t	f	%	h	a
17,0	7,07	49	-19,3	2,73	18,8	4,24	26	-10,8	2,52
16,4	6,78	49	18,5	2,73	19,4	4,92	29	11,2	2,28
16,8	7,81	55	21,4	2,74	19,0	3,73	23	9,0	2,41
17,5	7,78	52	21,7	2,79	18,6	3,91	24	9,3	2,38
16,8	6,82	48	18,2	2,67	17,4	3,36	23	7,5	2,23
16,6	5,97	42	16,3	2,73	17,9	4,42	29	10,0	2,26
Среднее . . . 2,72					Среднее . . . 2,35				

Величина a въ воздухѣ съ 49% влажности оказалась равной 2,72, а въ воздухѣ 26% — 2,35, тогда какъ при 63% и 100% была 2,82. Слѣдовательно и въ гигрометрѣ съ сѣрной кислотой показанія манометра только приблизительно пропорціональны напряженію водяного пара въ вѣсѣаемомъ воздухѣ.

Кромѣ температуры и относительной влажности на показанія гигрометра Шидловскаго оказываютъ вліяніе и движеніе воздуха, обстоятельство, отмѣченное и объясненное уже DuFour'омъ. При нашихъ сравненіяхъ гигрометра съ итальянскимъ психрометромъ оба прибора помѣщались рядомъ и движеніе воздуха, производимое вентиляторомъ, всегда увеличивало на 1—2^{мм} разность давленій, показываемаго манометромъ. При обычныхъ условіяхъ движенія комнатнаго воздуха это вліяніе выразится только въ доляхъ милліметра, въ свободномъ же воздухѣ вліяніе движенія воздуха дѣлается уже весьма замѣтнымъ. Изъ 20 не приведенныхъ здѣсь въ подробности сравненій гигрометра Шидловскаго съ психрометромъ — пращей сдѣланныхъ дѣломъ въ атмосферномъ воздухѣ средняя величина a была 3,78, тогда какъ въ комнатномъ воздухѣ приблизительно при той же температурѣ и влажности a равнялось только 3,21.

Въ свободномъ воздухѣ слѣдовательно диффузионный гигрометръ даетъ худшіе результаты, чѣмъ въ комнатномъ. Заявленіе Шидловскаго о чувствительности его прибора подтвердилось, хотя и не вполне. Дѣйствительно требовалось не болѣе 10 минутъ для достиженія манометромъ постояннаго показанія, но это однако относилось только къ тѣмъ случаямъ, когда гигрометръ и раба былъ приблизительно въ тѣхъ же условіяхъ влажности. Если же приборъ находился долго въ насыщенномъ влагою воздухѣ и переносился затѣмъ въ воздухъ средней влажности, то для полученія постояннаго показанія на манометрѣ нужно было уже 30—40 минутъ.

Шидловскій, предлагая свой приборъ, исходилъ изъ предположеній о неизмѣяемости величинъ a и b о пропорциональности между напряженіемъ водяного пара въ окружающей атмосферѣ и показаніемъ манометра. Мы видѣли, что эти предположенія не оправдались на дѣлѣ, чѣмъ и рѣшается въ отрицательномъ смыслѣ вопросъ о пригодности прибора въ качествѣ *точной* измѣрители влажности. Въ нашихъ опитахъ гигрометръ, наполненный сѣрною кислотой, давалъ вѣрные показанія только при высокой степени влажности изслѣдуемаго воздуха (100%.—65%); весьма вѣроятно, что также вѣрны были бы показанія гигрометра съ водой для воздуха крайней сухости, но такихъ наблюденій, къ сожалѣнію, не было произведено, наблюденія же при влажности, начиная съ 25° и выше, не говорятъ въ пользу точности прибора.

Въ настоящее время гигрометръ Шидловскаго можетъ служить лишь для приблизительнаго опредѣленія влажности. Привѣденіе поправки на температуру позволить извлекать изъ него лучшіе результаты, но существеннаго улучшенія прибора можно ожидать только послѣ дальнѣйшаго изученія его въ теоретическомъ отношеніи и въ частности послѣ опредѣленія законности, связывающей измѣненіе давленія въ гигрометрѣ съ влажностью окружающей среды. Изъ нашихъ наблюденій видно, что давленіе въ гигрометрѣ падаетъ вѣскольکو быстро, чѣмъ давленіе водяного пара, но они недостаточны для установленія математической зависимости между этими величинами.

ГЛАВА III.

Волосной гигрометръ.

Многія вещества растительнаго и животнаго происхожденія обладаютъ свойствомъ поглощать влагу изъ воздуха и при этомъ измѣняться въ своемъ объемѣ. Такъ струна укорачивается во влажномъ воздухѣ и удлиняется въ сухомъ, волосъ испытываетъ въ этихъ условіяхъ противоположныя измѣненія. Свойствомъ этимъ воспользовались для приготовленія приборомъ, непосредственно показывающихъ степень влажности воздуха. Изъ такихъ приборомъ удержался до настоящаго времени съ небольшими конструктивными измѣненіями волосной гигрометръ, предложенный еще въ концѣ прошлаго столѣтія Saussure'омъ. Saussure¹⁾ (1783) бралъ обезжиренный женскій волосъ, укрѣплялъ его однимъ концомъ въ металлической рамкѣ, а другимъ концомъ обводилъ вокругъ блока, снабженнаго стрѣлкой. Небольшой грузъ, прирѣпленный къ свободному концу волоса, удерживалъ его въ натянутомъ состояніи, стрѣлка же двигалась по дугѣ раздѣленной на градусы. Приборъ помещался сначала въ совершенно сухой воздухѣ и въ той точкѣ дуги, на которой останавливалась стрѣлка, отмѣчался 0, затѣмъ приборъ перемѣщался въ воздухъ насыщенный водянымъ паромъ и положеніе стрѣлки обозначалось цифрой 100; промежутокъ между 0 и 100 дѣлился на сто равныхъ частей. Однако приборъ съ такой скалою могъ служить только гигроскопомъ, а не измѣрителемъ влажности воздуха. Онъ показывалъ *градусы* влажности, величину совершенно условную, а не количество, абсолютное или

¹⁾ Saussure. Essais sur l'hygrométrie. Neuchâtel. 1783.

относительное, водяного пара, содержащегося в воздухе. Это замечал уже сам *Saussure* и старался найти относительную влажность воздуха, соответствующую каждому градусу гигрометра. Этим вопросом занялся¹⁾ потом *Dulong, Gay-Lussac* и *Melloni*. Оказалось, что градусы влажности *Saussure*'а и относительная влажность совпадают только при крайних точках скалы, в промежуточных же дѣленьях объ эти величины значительно разнятся друг от друга. Изъ таблицы *Gay-Lussac*'а видно, например, что градусам *Saussure* 20°, 50° и 70° соответствует относительная влажность в 9%, 28% и 47%. Тщательными изслѣдованіями *Regnault* (1845) были выяснены многія условия, влияющія на показанія волосяного гигрометра. *Regnault*, придерживаясь предписаній *Saussure*'а, бралъ пучокъ волосъ (тонкихъ, мягкихъ и ровныхъ), зашивалъ въ полотняный мѣшечекъ и кившталъ въ теченіе 30 минутъ въ растворѣ 10 гр. кристаллическаго углекислаго натра на 1 литръ воды; два раза промывалъ въ чистой водѣ, кипяти по нѣсколько минутъ, вынималъ волосъ, прополаскивалъ въ холодной водѣ и высушивалъ на воздухѣ. Впрочемъ самъ *Regnault* считалъ болѣе удобнымъ для обезжиренія помещать волосъ въ эфиръ на 24 часа, такъ какъ волосъ при послѣднемъ способѣ обработки сохраняетъ всю свою прочность и приобретаетъ почти ту же чувствительность, какъ и обработанный кипящимъ растворомъ соды. Приготовленный волосъ укрѣплялся на металлической рамкѣ; длина волоса была 24 сантиметра, диаметръ блока, на который навивался волосъ, 5^{мм}, грузъ равнялся 0,2 гр.²⁾ Съ цѣлью изученія гигрометровъ и сравненія ихъ между собой *Regnault* помещалъ ихъ въ воздухъ известной степени влажности, для чего предложилъ два способа.

Первый способъ основанъ на свойствѣ водныхъ растворовъ сѣрной кислоты отдавать въ воздухъ водяные пары съ давлениемъ опредѣленной величины и различной для каждой концентрации раствора, но все-таки меньшей, чѣмъ чистая вода. Давленіе водяного пара растворовъ *Regnault* опредѣлялъ помощью того же

¹⁾ *Regnault, Etudes sur l'hygrométrie. An. de Chimie et de Physique. XV, 1845 и XXXVII, 1853.*

²⁾ Волоски отжигалъ, что при грузѣ въ 0,6 грам. волосъ съ теченіемъ времени вытягивается и приборъ дѣлается невѣрнымъ.

аппарата, которымъ пользовался и для паровъ воды. Растворъ 1 частицы H_2SO_4 и 7 частицъ воды, напр., даетъ при 17° водяные пары съ давлениемъ въ 7,036^{мм}. Если такой растворъ помѣстить въ закрытый сосудъ, то воздухъ надъ растворомъ наполнится водянымъ паромъ, избыткомъ при 17° давленіе 7,036^{мм}. Такъ какъ воздухъ при такихъ же условіяхъ надъ водой будетъ содержать въ себѣ водяные пары съ давленіемъ въ 14,421^{мм}, то воздухъ надъ растворомъ $H_2SO_4 + 7H_2O$ будетъ имѣть 7,036.100 : 14,421 = 48,8% относительной влажности. Приготовивъ рядъ такихъ растворовъ съ различнымъ содержаніемъ воды, *Regnault* имѣлъ возможность подвергать гигрометры дѣйствию воздуха опредѣленной степени влажности и какъ сравнивать гигрометры между собою, такъ и опредѣлять отношеніе произвольной шкалы Соссюра къ дѣйствительной степени влажности воздуха. Для послѣдней дѣли, впрочемъ, *Regnault* этими растворами не пользовался, а считъ болѣе удобнымъ слѣдующій другой способъ.

Большой стеклянный колоколъ емкостью въ 15 литровъ помещался на чугунной подставкѣ и соединялся съ ртутнымъ манометромъ, съ воздушнымъ насосомъ и съ небольшимъ стекляннымъ шаромъ, на дѣи котораго была налита вода. Въ колоколъ помещались изучаемые гигрометры. Воздухъ въ колоколѣ нѣсколько разъ разряжался и высушивался, пока давленіе не уменьшалось до 3,23^{мм}. То дѣленіе скалы, на которомъ останавливалась стрѣлка гигрометра чрезъ 2 часа послѣ закрытія крана воздушнаго насоса, считалось за точку 0. Болѣе точное опредѣленіе точки крайней сухости *Regnault* считалъ безопаснымъ и даже невозможнымъ, такъ какъ при наблюденіяхъ надъ влажностью никогда не приходится къ ней приближаться, а волосъ, кромѣ того, при своемъ нормальномъ состояніи абсолютной сухости воздуха и не испытываетъ. Находясь въ сухомъ воздухѣ, онъ обнаруживаетъ ненормальное укороченіе, продолжающееся и долго послѣ того, какъ воздухъ былъ совершенно высушенъ. *Regnault* наблюдалъ гигрометръ, который надъ сѣрной кислотой продолжалъ укорачиваться и по истеченіи 3 мѣсяцевъ, правда очень мало, такъ какъ на отклоненіи въ одно дѣленіе требовалось болѣе двухъ недѣль. Послѣ отмѣтки точки 0 открывался на короткое время край

стеклянного шара, вследствие чего некоторое количество водяного пара, находившагося въ шарѣ, поступало въ колоколь съ гигрометрами и увеличивало въ немъ давленіе, которое и показывалось малометромъ. Такъ какъ пріорство давленія приходило на счетъ водяного пара, то, зная температуру, можно было вычислить и относительную влажность воздуха, заключающагося въ колокольѣ. При повторныхъ открываніяхъ крана воздухъ пріобрѣталъ все большую и большую степень влажности. Показанія гигрометровъ такимъ образомъ отличались, начиная отъ малыхъ степеней влажности и доходя до насыщенія водянымъ паромъ. Что касается до вліанія разряженнаго воздуха на показанія гигрометровъ, то *Regnault* убѣдился, что гигрометры показываютъ точно одинъ и тотъ же градусъ влажности, находится-ли они подъ обыкновеннымъ давленіемъ или въ пустотѣ, если только относительная влажность остается одинаковою; но въ пустотѣ ходъ гигрометра гораздо быстрее и черезъ нѣсколько минутъ онъ уже достигаетъ своего постоянного положенія.

Saussure утверждалъ, что гигрометры, построенные по его способу, не даютъ отклоненій одинъ отъ другого большихъ, чѣмъ ± 3 или ± 4 градуса. *Regnault* подтвердилъ это, но только по отношенію къ волосамъ одного и того же происхожденія и обезжиреннымъ въ одинъ и тотъ же приемъ; волосъ же разнаго происхожденія и приготовленные разными способами, оказало, дають очень большія разницы въ показаніяхъ, хотя и согласуются въ основнѣхъ точкахъ. Имѣя это въ виду, *Regnault* пришелъ къ заключенію, что невозможно построить таблицу для полученія относительной влажности изъ градусовъ скалы Соссюра, приложимой ко всѣмъ гигрометрамъ, и что для каждаго гигрометра должна быть составлена особая таблица. Вернувшись чрезъ 8 лѣтъ (1853) къ волосному гигрометру, *Regnault* всталъ еще болѣе на отрицательную сторону, хотя и не представилъ новыхъ фактическихъ даныхъ. Онъ утверждаетъ, что волосные гигрометры совершенно не могутъ быть сравнимы, т. е. не имѣютъ существеннаго качества всякаго намѣрительнаго прибора, что они весьма измѣнчивы, вовсе не обладаютъ чувствительностью, которая имъ приписывается, и заканчиваетъ пожеланіемъ, чтобы наблюдатели

отказались окончательно отъ прибора, на вѣрность котораго они никогда не могутъ рассчитывать. (Il est à désirer que les observateurs renoncèrent définitivement à un appareil sur le bon état du quel ils ne peuvent jamais compter).

Вопреки *Regnault*, волосной гигрометръ однако не былъ забытъ и съ различными конструктивными измѣненіями продолжалъ и до настоящаго времени пользоваться широкимъ распространеніемъ и въ метеорологіи, и въ физикѣ.

Существующіе волосные гигрометры по конструкціи могутъ быть сведены къ нѣсколькимъ типамъ.

Пользующійся наибольшимъ распространеніемъ и употребляющійся на русскихъ и нѣмецкихъ метеорологическихъ станціяхъ, гигрометръ *Hermann & Pfister* построенъ по *Saussure'y*, но грузъ, приводящій волосъ въ натяженіе, значительно превосходитъ установленный *Saussure'омъ* предѣлъ. Гигрометръ снабженъ двойной скалой: равнодѣльной по *Saussure'y* и показывающей прямо относительную влажность. Гигрометръ *Koppé* отличается меньшей длиной волоса и меньшей тщательностью работы, скала даетъ относительную влажность черезъ каждыя 5%. Существенную его особенность составляетъ приспособленіе, дающее возможность быстро производить пробѣрку точки 100%. Четырехъугольный жестяной ящикъ, въ которомъ укрѣпленъ приборъ, имѣетъ двѣ подвижныя стѣнки: переднюю стеклянную и заднюю металлическую, и между ними рамку съ натянутой на нее кисеи. Если смочить кисею водой и закрыть обѣ стѣнки, гигрометръ будетъ находиться въ замкнутомъ пространствѣ, которое скоро насыщается водянымъ паромъ. Черезъ переднюю стеклянную стѣнку можно видѣть показанія стрѣлки.

Въ этихъ гигрометрахъ, относящихся къ 1 типу, часть волоса, прилегающая къ блоку, исключается отчасти вслѣдствіе тренія изъ рабочей длины волоса, такъ что при различныхъ величинахъ влажности функционируетъ не одинаковая первоначальная длина волоса; кромѣ того при наивышнн на блокъ происходитъ искривленіе волоса, которое несовершенно исчезаетъ, когда онъ укоротится. Эти недостатки устранены въ гигрометрахъ *Sal-*

laron'a ¹⁾ и *Lambrecht'a*, въ которыхъ нижній конецъ волоса укрѣпленъ къ короткому плечу рычага второго рода, тогда какъ длинное плечо рычага служитъ само силою тяжести, приводящей волосъ въ натяженіе. Стрѣлка укрѣплена на оси рычага подъ угломъ къ нему въ 135°. Предполагалось, что равномерная скала такимъ образомъ устроеннаго гигрометра будетъ показывать прямо относительную влажность; такой скалой и были снабжены первые приборы *Lambrecht'a*. Ему самому однако пришлось убѣдиться впоследствии въ ошибочности такого предположенія и съ 1892 г. *Lambrecht* ²⁾ даетъ своимъ гигрометрамъ уже неравнобрюшную скалу, причемъ самыя большія промежутки между дѣлениями находятся у 0%; отсюда дѣленія постепенно уменьшаются до 80%, и опять немного увеличиваются отъ 80% до 100%; средина скалы соответствуетъ 35% относительной влажности. Этотъ приборъ назвать *Lambrecht'*омъ полиметромъ, такъ какъ, кромѣ относительной влажности, показываетъ еще температуру воздуха, точку росы и абсолютную влажность воздуха. Въ гигрометрахъ этого второго типа волосъ не одиночный, а замѣненъ дѣльнымъ пучкомъ волосъ.

Совершенно устраняется и треніе волоса о блокъ стрѣлки, равно и треніе осп стрѣлки о подставку, въ гигрометрѣ на метеорологической обсерваторіи въ *Montsouris*, близъ Парижа. Свободно висѣющій волосъ натягивается посредствомъ кусочка прикрѣпленной къ его нижнему концу мѣдной проволоки длиной въ 15 мм. Удлиненія и сокращенія волоса наблюдаются въ микроскопъ, снабженный микрометромъ. Этотъ приборъ относится къ 3 типу.

Въ гигрометрахъ 4 типа волосъ или пучекъ волосъ укрѣпленъ неподвижно на обояхъ своихъ концахъ, средина же волоса приводится въ натяженіе, какъ тетива у лука, крючкомъ рычага соединеннаго со стрѣлкой. Сюда относятся гигрометры *Richard* и *Klienckerfuss*.

Въ самопишущемъ гигрометрѣ *Richard* пучекъ волосъ приводится въ натяженіе тяжестью самого рычага, а движенія его

при измѣненіи длины волоса передаются указателю помощью двухъ соприкасающихся поверхностей, кривизны которыхъ вычислены такъ, чтобы экскурсіи указателя были пропорціональны относительной влажности. Вертикальный цилиндръ съ прилегающей къ поверхности его разграфленной бумагой, по которой перо указателя чертитъ кривую, совершаетъ помощью часового механизма одинъ оборотъ вокругъ оси въ теченіе семи дней. *Klienckerfuss* применилъ остроумный способъ передачи движеній волоса указателю, воспользовавшись такъ называемымъ двойнымъ способомъ подвѣшиванія. Вертикальный стержень, свободно двигающійся вокругъ своей оси и сверху внизъ, на верхнемъ концѣ снабженъ стрѣлкой, двигающейся по горизонтальной скалѣ, а въ среднѣ поперечной пластинкой, отъ обѣихъ концовъ которой идутъ вверхъ, слегка расходясь между собою, двѣ нити, укрѣпляющіяся къ штативу прибора. Вся система такимъ образомъ подвѣшена на двухъ виткахъ и, если предоставлена самой себѣ, то поперечная пластинка и нити находятся въ одной вертикальной плоскости. Черезъ отверстіе на одномъ концѣ той же поперечной пластинки свободно пропущенъ волосъ, верхній и нижній концы котораго укрѣплены неподвижно. Волосу дается такая длина, чтобы нити прибора оставались въ нѣсколько скрученномъ положеніи. Такимъ образомъ всякое измѣненіе въ длинѣ волоса, происходящее отъ влажности воздуха, передается стрѣлкѣ прибора. Гигрометръ *Klienckerfuss'a* а изготовляется *Lambrecht'*омъ и называется подъ именемъ *Lambrecht's Tsch-Polymer*.

Прочіе существующіе гигрометры могутъ быть отнесены къ подраздѣленіямъ этихъ четырехъ основныхъ типовъ. Такъ гигрометръ *Рейнбома* ¹⁾, описанный только самимъ авторомъ и не нашедшій примѣненія, относится къ 1 типу, но тяжесть, приводящая волосъ въ натяженіе, замѣнена силою пружины. Въ гигрометрѣ *Monnier*, продюжема въ Москвѣ подъ именемъ гигрометра *Nonidet*, одиночный волосъ натягивается пружиной и для уменьшенія объема прибора проходитъ подъ острымъ угломъ черезъ два вспомогательныхъ блока. Этотъ гигрометръ имѣетъ форму цилин-

¹⁾ Annuaire de Montsouris, 1888, p. 257.

²⁾ *Lambrecht's Polymer*. Gebrauchsanweisung und Wetterregeln. 27 Aufl. 1892.

¹⁾ Реизданы. Волосовой гигрометръ съ пружиной. Жур. Рус. Хим. Об., 1880, Т. XII.

дрической коробки, напоминающей анероида. Верхняя, несколько большая, часть окружности круга, составляющего его переднюю стѣнку, имѣетъ равномерную 100% шкалу относительной влажности, нижняя же половина круга занята термометромъ. Гигрометръ съ клеймомъ *RF* (*Richard freres?*) наружнымъ видомъ похожъ на предыдущій, также снабженъ пружиной, но шкала неравномерная и по способу укрѣпленія пучка волосъ относится къ 4 типу.

Кромѣ волоса для гигрометровъ принимаются и другія гигроскопическія вещества. Первый гигрографъ *Richard* имѣетъ въ своемъ основаніи тонкую пластинку изъ рога, выстроганную перпендикулярно къ его волокнамъ, но недостатокъ его заключается въ томъ, что на показанія прибора вліяла температура.

*Nodon*¹⁾ (1886) воспользовался способностью желатинъ изменяться въ объемъ подъ вліяніемъ влажности воздуха и построилъ гигрометръ изъ спирали, сдѣланной изъ бristolскаго картона, внутреннюю сторону которой покрывала асфальтовымъ лакомъ, а вѣшную слоемъ желатинъ съ прибавкой салicyловой кислоты, чтобы предотвратить ея разложеніе. Легкая стѣжка, прикрѣпленная къ внутреннему концу спирали, показывала относительную влажность. *Nodon* убѣдился, что измененіе въ объемъ желатинъ идетъ прямо пропорціонально влажности воздуха и что температура отъ -10° до 35° С. не имѣетъ вліянія на показанія прибора. На этихъ же основаніяхъ былъ построенъ и самонипущій приборъ, но оба прибора *Nodon* не получили известности и даже не упоминаются въ каталогахъ французскихъ фирмъ.

Гораздо большимъ распространеніемъ пользуется гигрометръ *Mithof*, построенный по образцу *Nodon*, но со спиралью металлической, вѣшная поверхность которой покрыта какими-то гигроскопическимъ веществомъ (*thierische membran*). Внутренній конецъ спирали неподвиженъ, въ вѣшномъ же концу укрѣплена стѣжка, двигающаяся по равномерной скалкѣ, раздѣленной чрезъ каждые 5%, и показывающая относительную влажность.

Насколько богата литература психрометра, настолько мало находимъ послѣ *Regnault* изслѣдованій, касающихся волосаного ги-

¹⁾ Nodon. Hygromètre à gelatine. J. de Phys., 1886, p. 462.

грометра. Метеорологи хотя и не покинули этотъ приборъ, но забыть *Regnault* повидному все же не остался безъ послѣдствій и на волосаной гигрометръ перестали смотрѣть какъ на точный приборъ, заслуживающій дальнѣйшихъ опытовъ и изслѣдованій.

*Kreil*¹⁾ (1852) пользовался волосанымъ гигрометромъ и, найдя разницу между нимъ и психрометромъ $\approx 4\%$, склоненъ былъ приписать часть ошибокъ на долю психрометра.

*R. Wolf*²⁾ (1870) сравнивалъ два гигрометра *Hermann* и *Pfister* съ показаніями психрометра; результаты были въ пользу первого прибора.

*Koppe*³⁾ (1878) смотритъ на свой приборъ какъ на достаточно сравнимый. *Saussure* принималъ, что волосъ подъ вліяніемъ измененій въ температурѣ испытываетъ измененія въ 19 миллионныхъ частей своей длины на 1° R, но *Koppe*, сравнивая свой гигрометръ въ совершенно насыщенномъ воздухѣ, но при разныхъ температурахъ, не нашелъ, чтобы температура въ предѣлахъ 20° C обнаруживала какое-либо вліяніе на длину волоса. Наблюденія эти впрочемъ не находятся въ противорѣчіи съ заключеніями *Saussure*'а⁴⁾, какъ это можетъ казаться. Послѣдній наблюдалъ температурныя измененія волоса въ сухомъ воздухѣ и нашелъ, что волосъ при повышеніи температуры на 1° R удлинился на 19 миллионныхъ своей длины, что соответствовало въ его гигрометрѣ измененію въ влажности въ 1° , въ воздухѣ же насыщенномъ влагой и самъ *Saussure* не могъ замѣтить температурныхъ измененій волоса и свою неудачу объясняетъ тѣмъ, что при повышеніи температуры воздухъ переставалъ быть насыщеннымъ паромъ, а при пониженіи температуры водной паръ осѣдалъ въ видѣ росы на приборъ и затруднялъ движеніе стѣжки.

*Срезневскій*⁵⁾ (1895) изучалъ волосаной гигрометръ съ теоретической стороны и доказалъ, что сокращеніе волоса идетъ почти пропорціонально десятичному логарифму относительной влажности. Этому условію удовлетворяетъ таблица *Goy-Lussac*'а, данная имъ для перевода градусовъ *Saussure*'а въ проценты относительной влажности.

¹⁾ Shaw. l. c.

²⁾ Saussure l. c. p. 37.

³⁾ Срезневскій. Théorie de l'hygromètre à cheveu. Уч. Зап. Импер. Унив. 1880, № 3, стр. 38—44.

Хотя волосной гигрометр и находится в постоянном употреблении в метеорологии, но наблюдатели смотрят на него как на второстепенный прибор и показания его считают заслуживающими доверия только в том случае, если он находится под контролем психрометра. Самостоятельная роль его начинается при температурах ниже 0° , так как психрометр доставляет в этом случае уже ненадежная данные и вовсе перестает давать указания на влажность атмосферы при температурах — 25° . Пользуясь в этих случаях гигрометром, к показаниям его придают поправку выведенную из сравнений с психрометром при температурах выше 0° в месяц, предшествовавший единичному применению волосного гигрометра. Исправленные таким образом показания гигрометра дают среднюю месячную величину влажности уже достаточной надежности. Было бы ошибочно однако предполагать, что такого же доверия заслуживают и разовые показания гигрометра или что средняя поправка, выведенная из 90 наблюдений в течение месяца, может быть приложена к волосному гигрометру в течение целого года. Мнение *Regnaud* о неспособности волосного гигрометра подтверждается ежедневным опытом. Это можно видеть напр. из поправок гигрометра *Hermann & Pfister's* № 353, выведенных мною лично из сравнений с психрометром на одной из метеорологических станций.

	Апрель.	Май.	Июнь.	Июль.	Август.	Сентябрь.	Октябрь.
1884	+6	+5	+8	+8	+7	+6	—
1885	—	+6	+8	+4	+5	+4	+3
1886	+5	+6	+7	+5	+6	+4	+4
1891	—	+9	+10	+11	+8	—	+7

Цифры эти представляют средние месячные поправки гигрометра, разовые же поправки значимы еще больше. Впрочем, из которой доля изменчивости поправки должна быть отнесена на счет психрометра, так как он в слабейшем был приспособлении для доставления ему постоянно одинаковой скорости ветра.

Если, не смотря на эти недостатки, волосной гигрометр употребляется в метеорологии, то по 1-ху потому, что ошибки гигрометра всего больше проявляются при малых и средних степенях влажности, в зиме же время приходится иметь дело с воздухом большой влажности и, по 2-ху, метеорологи выводят свои заключения из массовых наблюдений, в которых по закону больших чисел исчезают ошибки единичных наблюдений.

Среди гигиенистов нет согласия относительно применения волосного гигрометра: одни считают его не точным прибором, другие пользуются им при исследованиях в качестве самостоятельного инструмента. Такое разногласие легко объясняется. Если в метеорологии мало опытных исследований, касающихся этого прибора, то в гигиене они вовсе отсутствуют. Необходимость таких исследований однако должна быть поставлена вне сомнения, так как область применения и требования предъявляемые гигиеной к волосному гигрометру иные. Метеорологи имеют дело с атмосферным воздухом с его большой амплитудой влажности, заключения свои основывают на средних величинах, выведенных из длинного ряда наблюдений, почему случайные ошибки отдельных наблюдений взаимно уравниваются, гигиена изучает комнатный воздух с влажностью мало изменчивой и черпает свои выводы из единичных наблюдений, в которых ошибки инструмента проявляются во всей своей силе. Следовательно гигиена должна предъявлять к прибору, измеряющему влажность, большие требования, чем метеорология. Однако по отношению к волосному гигрометру гигиена до сих пор ограничивает свои требования только правильною точкой наибольшей влажности. Проверка гигрометров по отношению к другим степеням влажности кроме наибольшей производится редкими наблюдателями. Нет надобности добавлять, что применение для гигиенических исследований прибора, в котором проверена только одна точка скалы, нарушает доверие и к самым результатам исследований.

Кроме научного значения волосной гигрометр возбуждает интерес и по своему широкому распространению в обыденной жизни. Он очень прост в применении; дает прямо цифру

влажности, не требуя никаких манипуляций и вычислений; это почти единственный прибор, къ которому обращается публика, когда желает узнать влажность жилищъ помѣщений. На этихъ основанiяхъ казалось мнѣ полезнымъ пополнить наши пробѣлы въ знакомствѣ съ волосными гигрометромъ, въ частности же рѣшить вопросъ о пригодности его для изслѣдованiя воздуха жилищъ.

Первый рядъ наблюдений проведенъ въ комнату. Посреди комнаты объемомъ въ 300 куб. метровъ (музей гигиеническаго института московскаго университета), поставлены были на столѣ итальянскiй психрометръ, а около него размѣщены изучаемые гигрометры. Чтобы уменьшить влiянiе случайныхъ ошибокъ, въ течение 3 мѣсяцевъ сдѣлано около сотни сравненiй съ психрометромъ; наблюденiя разбивались на группы, изъ которыхъ выводились среднiя величины для показанiй приборовъ.

Сравнивались слѣдующiе гигрометры: самоннущiй волосной гигрометръ *Richard freres* № 8783, два гигрометра *Hermann & Pfister* съ клеймомъ *Il. Ф. Ос.* №№ 56 и 69, два гигрометра *Monnier* и одинъ гигрометръ *Mithoff* № 15581.

Т А Б Л И Ц А 6.

Относительная влажность.	Гигрографъ Richard.		Hermann & Pfister № 55.		№ 69.		Monnier № 1.		Monnier № 2.	
	Показанiя.	Поправка.	Показанiя.	Поправка.	Показанiя.	Поправка.	Показанiя.	Поправка.	Показанiя.	Поправка.
99%	12	-3	10	-1	13	-4	15	-6	-5	+14
11,6%	14,6	-3	11,8	-0,2	14,3	-2,7	—	—	—	—
15,3%	17,8	-2,5	14,6	+0,7	16,8	-1,5	16,0	-0,7	2,0	+13,3
20,1%	21,7	-1,6	17,4	+2,7	19,7	+0,4	22,8	-2,7	10,8	+9,3
24,9%	28,0	-3,1	22,9	+2,0	25,0	-0,1	27,7	-2,5	17,5	+7,4
28,1%	34,1	-6,0	28,5	-0,4	30,4	-2,3	33,9	-5,8	27,7	+0,4
31,4%	35,9	-4,5	29,6	+1,8	31,9	-0,5	35,5	-4,1	29,2	+2,3
36,1%	41,3	-5,2	34,8	+1,3	37,0	-0,9	40,5	-4,4	35,9	+0,2
49,2%	56,0	-6,8	51,5	-2,3	52,5	-3,3	53,3	-4,1	54,8	-5,6
100%	110	-10,0	105	-5,0	103	-3,0	85,0	+15,0	94,0	+6,0

Результаты наблюдений съ пятью гигрометрами, представленныя въ таблицѣ 6, даютъ основанiя къ поучительнымъ выводамъ. Прежде всего оказывается, что вѣрность точки 100%, не служить еще гарантiей вѣрности показанiй гигрометра и для другихъ степеней влажности воздуха. Въ самомъ дѣлѣ, если бы стрѣлку гигрометра *Monnier* № 1 перевести прямо на 15%, такъ, чтобы точка 100% соответствовала насыщенно воздуха влагой, то показанiя гигрометра претерпѣли бы существенныя измѣненiя и поправки при 36,1% влажности вмѣсто—4,4% сдѣлались бы—19,4%, т. е. приборъ сталъ бы давать совершенно негодныя данныя.

Точно также измѣнились бы къ худшему и показанiя гигрометра № 56: если бы стрѣлка его показывала 100% при насыщенiи, то при 20,1% влажности воздуха она стояла бы не на 17,4%, а приблизительно на 15%—принимая въ расчетъ разную величину дѣленiй при 100% и 20% — и поправка вмѣсто +2,7% сдѣлалась бы +5%. Кроме того несправильность въ измѣненiяхъ поправки, видная изъ таблицы 6, доказываетъ, что ни однимъ изъ этихъ гигрометровъ нельзя пользоваться для опредѣленiя влажности воздуха, не проверивъ предварительно его показанiй для нѣсколькихъ точекъ скалы.

Показанiя всѣхъ рассмотрѣнныхъ гигрометровъ были вѣрны только въ нѣкоторыхъ промежуточныхъ точкахъ скалы. Приводимыя ниже въ таблицѣ 7 результаты сравненiй съ психрометромъ гигрометра *Mithoff* № 15581 представляютъ рѣзкiй примѣръ ошибокъ показанiй гигрометра по всему протяженiю скалы при вѣрности обихъ основныхъ точекъ. Показанiя этого гигрометра и поправки для нихъ выведены изъ 58 сравненiй.

ТАБЛИЦА 7.

ГИГРОМЕТРЪ МИТЮФЪ № 1551.		
Относ. влажность.	Показанія.	Поправка.
0%	— 3	+ 3
10%	28	—18
14%	36	—22
18%	40	—22
25%	50	—27
27%	61	—34
30%	66	—33
34%	71	—37
100%	97	+ 3

Мы увидимъ впоследствии, что изъ этого прибора, повидимому совершенно негоднаго, такъ какъ онъ даетъ ошибки, доходившія почти до 40%, можно однако, пользуясь нѣкоторыми предосторожностями, получать сравнительно точныя данныя.

Предшущія сравненія гигрометровъ произведены въ комнатномъ воздухѣ зимой при малыхъ степеняхъ влажности приблизительно на протяжении половины гигрометрической скалы, почему были дополнены вторымъ рядомъ наблюденій уже въ атмосферномъ воздухѣ. Наблюденія были ведены въ дачной мѣстности подл Москвой въ июль и августъ. Гигрометры помещались въ саду на сѣверной сторонѣ дома, повѣрочнымъ приборомъ служилъ пращевой психрометръ, для котораго постоянная величина A , входящая въ формулу, была опредѣлена предварительно. Сравнивались кромя тѣхъ же двухъ гигрометровъ *Monnier* № 1 и № 2 еще гигрометръ *Mithof* № 17465, стѣнной гигрометръ *Lambrecht*'а и гигрометръ *Wurster*'а,

служащій для измѣренія влажности воздуха въ различныхъ слояхъ одежды. Конструкція его въ сущности та же, что и психрометра *Lambrecht*'а, но для вытѣрива мѣста пузекъ водосъ раздѣленъ на два параллельныхъ отдѣла и прибору приданъ очень малый объемъ.

Помѣщенія въ таблицѣ 8 показанія гигрометровъ представляютъ среднія величины, выведенныя изъ 111 сравненій гигрометровъ съ психрометромъ-пращей.

ТАБЛИЦА 8.

Относительная влажность по психрометру.	Mithof № 17465.		Wurster		Lambrecht стѣнной.		Monnier № 1.		Monnier № 2.	
	Показанія	Поправка	Показанія	Поправка	Показанія	Поправка	Показанія	Поправка	Показанія	Поправка
19,7%	31,0	-11,3	8,3	+11,4	15,0	+ 4,7	22,3	- 2,6	19,0	+ 0,7
29,9%	35,4	- 6,1	22,3	+ 7,0	22,0	+ 7,3	31,2	- 1,9	30,8	- 1,5
36,8%	43,8	- 7,0	30,5	+ 6,5	29,7	+ 7,1	40,1	- 3,3	42,0	- 5,2
47,1%	51,9	- 4,8	40,8	+ 6,3	36,5	+10,6	47,2	- 0,1	49,9	- 2,8
51,1%	61,0	- 9,9	48,8	+ 2,3	43,2	+ 7,9	53,0	- 1,9	56,9	- 5,8
56,8%	59,2	- 2,4	51,3	+ 5,5	45,5	+11,3	56,4	+ 0,4	60,2	- 3,4
62,1%	71,1	- 9,0	60,3	+ 1,8	54,9	+ 7,2	62,2	- 0,1	66,0	- 3,9
67,8%	72,4	- 4,6	65,6	+ 2,2	61,9	+ 5,9	68,0	- 0,2	73,1	- 5,3
72,8%	77,4	- 4,6	71,3	+ 1,5	67,6	+ 5,2	71,9	+ 0,9	77,8	- 5,0
77,0%	78,8	- 1,2	72,8	+ 4,8	70,0	+ 7,6	73,3	+ 4,3	79,0	- 1,4
84,0%	85,1	- 0,2	82,1	+ 2,8	80,9	+ 4,0	78,8	+ 6,1	84,9	0,0
91,8%	89,0	+ 2,8	85,6	+ 6,2	88,6	+ 3,2	83,3	+ 8,5	88,3	+ 3,5
100,0%	95,0	+ 5,0	95,0	+ 2,0	96,0	+ 4,0	85,0	+15,0	94,0	+ 6,0

Гигрометръ *Mithof*'а № 17465 далъ лучшие результаты, чѣмъ такой же гигрометръ № 15581, названный раньше (табл. 7) въ комнатномъ воздухѣ; въ первомъ ошибка достигала до +11%, тогда какъ въ последнемъ до +37%. Разница могла за-

вещь и от особенностей того и другого прибора, и от неблагоприятного влияния сухого воздуха, отмеченного *Saussure*’ом, по отношению к волосным гигрометрам и состоящего в уменьшении чувствительности прибора. Наблюдения поправки гигрометра *Wurster*’а не позволяют его считать прибором, заслуживающим доверия. Данные испытания не говорят и в пользу полимера *Lambrecht*’а, хотя он и выдержал пробу, указанную в брошюре прилагаемой к прибору ¹⁾. В настоящее время рекомендуется для проверки смачивать водой волосной пучек гигрометра помощью кисточки или пера и, если стрелка после повторного смачивания остановится на 95%, то прибор должен быть признан верным. После смачивания стрелка показывала 95%, а в замкнутом пространстве, насыщенном водяным паром, 96% и тем не менее гигрометр давал ошибки до 11% при средних степенях влажности. Показания гигрометра *Monnier* № 1, при влажности воздуха от 47% до 72%, оказались почти верными. При меньших степенях влажности поправки делались отрицательными и приблизительно такими же, как и при первом сравнении с психрометром в комнатном воздухе (табл. 6), при высших степенях влажности поправки становились положительными и постепенно возрастали. Гигрометр *Monnier* № 2 изменил несколько больше. При показании стрелки 55%, поправка была та же, что и при первом испытании, но при 30,8% поправка—1,5%, а ранее при 29,2% была +2,2%.

Во всех этих наблюдаемых гигрометрии находились в воздухе, влажность которого по провозу не могла быть изменена, вследствие чего для испытания приборов требовалось много времени. При зимних наблюдениях в комнатном воздухе понадобилось три месяца и при этом могла быть проверена только половина гигрометрической шкалы. Поэтому в атмосферном воздухе пришлось затянуть сравнения на втора месяца, пока набралось достаточное число данных. Такой способ проверки гигрометров, конечно, нельзя считать удобоисполнимым. Поэтому, во третьем ряду наблюдений, и воспользовался предложением

¹⁾ *Lambrecht*’s Polymeter. Gebrauchsanweisung und Wetterregeln. 27. Auflage. 1892.

Regnault брать воздух произвольной степени влажности по помощи растворов сѣрной кислоты различной крепости.

Приготовлены были семь растворов сѣрной кислоты в воде, в которых на 1 частицу H_2SO_4 приходилось воды от 3 до 17 частиц.

В таблице 9 приводятся эти растворы, с указанием процентного по весу содержания гидрата сѣрной кислоты, удельного веса, вычисленного по *Ure*, *Lunge-Isler* и *Kolbe*, и получаемой помощью их относительной влажности воздуха при температурах $16^\circ - 20^\circ C$ ¹⁾.

ТА Б Л И Ц А 9.

		Растворы H_2SO_4						
		$H_2SO_4 + 3 H_2O$	$H_2SO_4 + 4 H_2O$	$H_2SO_4 + 5 H_2O$	$H_2SO_4 + 7 H_2O$	$H_2SO_4 + 9 H_2O$	$H_2SO_4 + 11 H_2O$	$H_2SO_4 + 17 H_2O$
Удельный вѣсъ.	% Содержание H_2SO_4	64,47%	57,65%	52,13%	43,70%	37,64%	33,10%	21,20%
	Ure 15,5°C	1,533	1,4625	1,4086	1,3833	1,3795	1,2417	1,1727
	Lunge-Isler	1,5326	1,4780	1,4108	1,3401	1,2871	1,2471	1,1760
	Kolbe	1,5472	1,4760	1,4181	1,3389	1,3875	1,2493	1,1782
Относит. влажность		13%	21%	33%	49%	63%	71%	84%

Удельный вѣсъ, определенный психрометром, служить мог лишь для первоначальной установки растворов, точное же содержание H_2SO_4 определялось помощью титрования фидиком натром, установленным по шавелевой кислоте, а также и вѣсовым анализом (осаждение хлористым барием и взвешивание образовавшегося сѣрнокислого барита). Определение H_2SO_4 представляло довольно продолжительную операцию, так как, вследствие высокого удельного веса испытуемых растворов, нельзя было пользоваться измерением объема исследуемой жидкости, а приходи-

¹⁾ Полная таблица давлений водяного пара, даваемых различными растворами сѣрной кислоты и при разной температуре, см. *Regnault* (Annales de Chemie (3) XV, 1815, p. 179) и *Landolt* и *Bernstein* (Physikalisch-chemische Tabellen, 1894, p. 65).

лось каждый раз отбивать пробу. Навѣска, содержащая от 0,5 до 0,8 грм. H_2SO_4 , помещалась въ колбу и разводилась водой до 250 к. с. Полученная смѣсь и служила для химическаго изслѣдованія.

Водные растворы H_2SO_4 были доведены до удѣльнаго вѣса по *Ure*, но химическое изслѣдованіе показало ошибочность таблицъ *Ure*, и процентное содержаніе H_2SO_4 оказалось вѣдь менѣе требуемаго, хотя и на незначительную величину. Такъ определено 51,96%, 43,17%, 32,51% и 23,89% вѣсто требуемыхъ 52,13%, 43,75%, 33,10% и 24,26%. *Lunge-Ister* и *Kolbe* даютъ для этихъ растворовъ сѣрной кислоты удѣльный вѣсъ нѣсколько болѣе сравнительно съ давленіемъ *Ure*. Къ сожалѣнію, я познакомился съ ихъ таблицами уже послѣ того, какъ растворы H_2SO_4 были приготовлены по *Ure* и процентный составъ ихъ химическимъ анализомъ былъ опредѣленъ. Поэтому и съчелъ возможнымъ удовольствоваться своими растворами, такъ какъ въ данномъ случаѣ дѣло шло не столько объ опредѣленіи точныхъ поправокъ къ приборамъ, непостоянство которыхъ убѣдительно доказывали предыдущія наблюденія, сколько о провѣркѣ метода, предложеннаго *Regnault*, которымъ ни самъ онъ и никто изъ занимавшихся изслѣдованіемъ водяныхъ паровъ гигрометровъ не пользовался. Кромѣ того, зная процентное содержаніе H_2SO_4 , можно было по таблицамъ *Regnault*, помощью интерполированія, приблизительно опредѣлить и давленіе водяныхъ паровъ, приготовленныхъ мною растворовъ, и соответствующую относительную влажность.

Изслѣдуемые гигрометры подѣшывались въ стеклянныя колоколь, притертые краемъ стоячей на матовой стекляннй пластинкѣ. Внутри колокола на пластинку, служащую его основаніемъ, помещалась стеклянная чашка съ отбитыми краями, съ діаметромъ немного меньшимъ, чѣмъ діаметръ колокола; чашка наполнялась приблизительно на высоту сантиметра водой, или растворомъ сѣрной кислоты. Колоколь имѣлъ горлышко, верху закрываемое каучуковой пробкой, чрезъ которую была пропущена толстая проволока, загнутая крючкомъ. Чрезъ пробку колокола проходила кромѣ того стекляннй трубка, соединявшаяся съ водянымъ насосомъ и манометромъ. Имѣлось въ виду, для сокращенія

времени изслѣдованія, производить испытаніе гигрометровъ въ разрѣженномъ воздухѣ, такъ какъ въ пустотѣ, по наблюденіямъ *Regnault*, о чемъ уже было говорено, ходъ гигрометровъ весьма быстръ и въ нѣсколько минутъ они достигаютъ своей постоянной точки. Разрѣженіе воздуха однако удалось довести только до 240^{mm} и при этомъ лопнула стекляннй подставка колокола, пѣвшія въ толщину 5^{mm} , посему пришлось довольствоваться разрѣженіемъ въ $\frac{1}{2}$ атмосферы. Опытъ показать, что при этомъ гигрометрѣ скорѣе доходитъ до постояннаго положенія, чѣмъ при обыкновенномъ давленіи, но все-таки для этого требовалось болѣе двухъ часовъ. Показанія гигрометра, отмѣченныя полтора часа послѣ начала разрѣженія, увеличивались чрезъ 20 часовъ еще только на 1%. Поэтому, для полученія сравнимыхъ результатовъ, всѣ гигрометры оставались подъ колоколамъ отъ 20 до 24 часовъ. Вообще, ходъ гигрометра въ замкнутомъ пространствѣ гораздо медленнѣе, чѣмъ въ свободномъ воздухѣ. По *Saussure's* 1), гигрометръ, перенесенный изъ очень влажнаго воздуха въ очень сухой, сдѣлать очень быстро, въ 2 или 3 минуты, большую часть, именно около $\frac{3}{4}$ своего пути, и въ 10 или 12 минутъ послѣднюю $\frac{1}{4}$ часть, такъ что въ атмосферномъ воздухѣ, даже во время большой сухости, не требуется никогда болѣе 12 или 15 минутъ для достиженія постоянной точки. Въ комнатномъ воздухѣ, по моимъ наблюденіямъ, для этого нужно уже не менѣе часа, если гигрометръ переносится изъ очень влажнаго воздуха въ очень сухой.

Итакъ, гигрометры находились подъ колоколамъ въ воздухѣ опредѣленной влажности, вслѣдствіе чего легко было опредѣлить вѣрность ихъ показаній. Опредѣленія начинались съ вѣбкихъ растворовъ H_2SO_4 , дающихъ малое давленіе водяныхъ паровъ и малую степень относительной влажности. Затѣмъ гигрометры постепенно переводились въ воздухъ болѣе высокой влажности, для чего въ колоколь наливался болѣе слабый растворъ H_2SO_4 , и наконецъ помещался въ воздухъ наибольшей степени влажности, доставляемой парами чистой воды; въ дальнѣйшихъ опытахъ гигрометры подвергались дѣйствию тѣхъ же растворовъ, по уже въ

1) Saussure. Essais sur l'hygrométrie. 1783. p. 63.

обратномъ порядкѣ. Предполагалось такимъ образомъ выяснить, обнаруживается-ли какое вліяніе на показанія гигрометровъ предшествовавшее пребываніе ихъ въ влажной или сухой атмосферѣ. Полученные нами результаты испытаній гигрометровъ сдѣлали такое вліяніе яснымъ до очевидности.

Уже *Saussure* замѣтилъ, что общій недостатокъ волосныхъ гигрометровъ заключается въ томъ, что, находясь долго въ очень сухомъ воздухѣ, они теряютъ немного въ своей чувствительности. „Если ¹⁾ два гигрометра, послѣ продолжительнаго пребыванія въ сухомъ воздухѣ, положимъ, 40° (Соссюра) перенести въ воздухъ еще болѣе сухой, одинъ въ 30°, а другой въ 50°, и затѣмъ перенести обратно оба въ прежній воздухъ, то ни тотъ, ни другой гигрометръ не возвратится къ 40°; гигрометръ изъ менѣе сухого воздуха остановится на 42° или 43°, гигрометръ же изъ болѣе сухого воздуха дойдетъ только до 37° или 38°. Такимъ образомъ разница между ними будетъ около 5°, т. е. $\frac{1}{10}$ всей скалы; но эта разница исчезаетъ, если помѣстятъ гигрометры въ воздухъ крайней влажности, а затѣмъ въ сухой“. На основаніи этихъ наблюденій *Saussure* считалъ полезнымъ время отъ времени помѣщать гигрометры въ среду, насыщенную водянымъ паромъ, чтобы дать возможность водянымъ частицамъ проникнуть во все поры волоса. *Lambrecht* въ настоящій, прилагаемый къ его волюметру, замѣчаетъ, что волосъ, находясь долгое время въ чрезвычайно сухомъ воздухѣ, испытываетъ удлинненіе, которое исчезаетъ только послѣ того, какъ волосъ перенесетъ въ очень влажный воздухъ или смочутъ водой. Поэтому онъ συμβуетъ каждая четыре недѣли смачивать волосъ гигрометра водой, если приборъ применяется для опредѣленія влажности въ очень сухихъ помѣщеніяхъ.

По странной случайности, наблюденія *Saussure*'а не приводятся ни въ одномъ руководствѣ по гигиенѣ, можетъ быть потому, что для метеорологін, откуда гигиена заимствовала волосной гигрометръ, не могло имѣть значенія неблагоприятное вліяніе на гигрометры постоянно сухого воздуха, такъ какъ метеорологін имѣютъ

¹⁾ Op. с. р. 67.

дѣло съ атмосфернымъ воздухомъ, обладающимъ всегда большими колебаніями влажности, и кромѣ того пользуется волосными гигрометрами только въ качествѣ вспомогательнаго прибора. Приводимы ниже (табл. 10) наблюденія надъ гигрометрами показываютъ весьма ясно неблагоприятное вліяніе на нихъ сухого воздуха. Для воздуха одной и той же степени влажности всѣ гигрометры даютъ совершенно иные показанія, въ зависимости отъ того, переносится-ли они въ этотъ воздухъ изъ сухого воздуха или насыщеннаго влагой. Гигрометръ № 56 въ воздухѣ съ влажностью въ 72% показывалъ 79%, когда былъ перенесенъ сюда изъ сухого воздуха, и 72% послѣ того, какъ находился въ атмосферѣ, насыщенной водянымъ паромъ. Еще болѣе рѣзко выразилось это вліяніе сухости воздуха на гигрометрѣ *Mithof*'а № 15581. Приборъ, дававшій ошибки до 30%, а при первомъ сравненіи съ психрометромъ (табл. 7) даже до 37% и повидному совершенно негодный, сдѣлался вѣрнымъ, когда побывалъ въ средѣ насыщенной водянымъ паромъ.

Т А Б Л И Ц А 10.

	Относит. влажность	<i>Hermann & Pfister</i>				<i>Lambrecht</i> сухой.	<i>Mithof</i> № 17465	<i>Mithof</i> № 15581		
		№ 56	№ 69							
H ₂ SO ₄ + 3 H ₂ O	15 ⁹ / ₁₀	19	18	18	19	7	9	18	35	8
H ₂ SO ₄ + 4 H ₂ O	24 ⁹ / ₁₀	27	29	28	30	15	19	33	47	20
H ₂ SO ₄ + 5 H ₂ O	34 ⁹ / ₁₀	37	37	38	38	28	28	40	63	35
H ₂ SO ₄ + 7 H ₂ O	50 ⁹ / ₁₀	55	51	56	52	49	45	55	81	52
H ₂ SO ₄ + 9 H ₂ O	63 ⁹ / ₁₀	68	64	69	65	63	58	65	93	62
H ₂ SO ₄ + 11 H ₂ O	72 ⁹ / ₁₀	79	72	79	74	77	67	71	94	73
H ₂ SO ₄ + 17 H ₂ O	84 ⁹ / ₁₀	92	90	92	90	85	82	82	95	84
H ₂ O	100 ⁹ / ₁₀	105		103		96		92		95

¹⁾ Приготовленные растворы сѣрой кислоты не знали точно соответствовать ихъ формуламъ, почему относительная влажность вычислена по действительному процентному содержанию H₂SO₄, найденному химическимъ анализомъ.

Въ таблицѣ 10 въ первомъ столбцѣ для каждаго гигрометра помѣщены показанія его при возрастающей влажности воздуха, во второмъ—при убывающей. Проверка гигрометра *Mithof* № 17465, сдѣлана только при убывающей влажности. Когда гигрометръ былъ помѣщенъ надъ кривкой серной кислотой на три дня для опредѣленія точки 0, то отъ чрезмѣрнаго пересыханія пропущенъ гигроскопическій слой на его спираль и приборъ сдѣлался неподходящимъ для дальнѣйшаго приписанія.

Таблица 10 даетъ еще основанія и къ другому выводу. Оживляющее, если можно такъ выразиться, вліяніе влажнаго воздуха на волосной гигрометръ оказывается очень непродолжительнымъ. Оно сохраняется не долѣе 4 дней, такъ какъ уже на пятый день волосные гигрометры даютъ тѣ же показанія, какія были послѣ пребыванія ихъ въ сухомъ воздухѣ. Этотъ выводъ былъ подтвержденъ и прямымъ опытомъ. Гигрометръ № 56, находившійся долго въ сухомъ воздухѣ, былъ помѣщенъ надъ $H_2SO_4 + 5 H_2O$ и показалъ 37, какъ и въ опытѣ, приведенномъ въ таблицѣ 10, но надъ этимъ же растворомъ показаніе его было 35 послѣ того, какъ гигрометръ подвергся вліянію влажнаго воздуха. Опыты, повторенные съ другими степенями влажности и съ другими гигрометрами, давали тѣ же результаты. Особенно легко было это замѣтить на кривой, даваемой самопишущимъ гигрометромъ *Richard*. Послѣ смачиванія волоса прибора гигрометра измѣнялись на 3—5 дней и возвращались затѣмъ къ прежней величинѣ. Въ февралѣ 1897 года, когда гигрометръ постоянно находился въ сухомъ воздухѣ, поправка для показанія его въ 20% была—2%, въ апрѣлѣ того же года волосъ гигрометра разъ въ недѣлю смачивался водой и поправка для того же показанія была +10%. Изъ дальнѣйшихъ опытовъ выяснилось, что волосъ теряетъ свою чувствительность не только отъ пребыванія въ чрезмѣрно сухомъ воздухѣ, какъ указали *Saussure* и *Lambrecht*, но и въ сравнительно влажномъ воздухѣ, если только гигрометръ долго не подвергается вліянію атмосферы вполнѣ насыщенной водянымъ паромъ. Тотъ же гигрографъ *Richard* находился въ теченіе двухъ недѣль въ комнатѣ при влажности отъ 55% до 72%;

когда волосъ былъ смоченъ водой, то послѣдовало измѣненіе поправки на 8%. Такие же результаты дало и наблюденіе проведенное при тѣхъ же условіяхъ и надъ гигрометромъ *Mithof*. Приведу еще одно наблюденіе. Въ комнатѣ отмѣчены показанія четырехъ гигрометровъ: самопишущій *Richard*—51%, стѣнной *Lambrecht*—56%, *Hermann* & *Pfister* № 56—49% и № 69—53%. Пучекъ волосъ у первыхъ двухъ гигрометровъ былъ смоченъ водой и черезъ 3 дня послѣ этого вновь произведены отсчеты. Первые два прибора показывали 43% и 51%, вторые—контрольные 50% и 54%. т. е. разница въ показаніяхъ гигрометра *Richard*'а и контрольных измѣнилась на 9%, а для гигрометра *Lambrecht*'а—на 6%.

Итакъ, гигрометры для сохраненія ихъ чувствительности и вѣрности должно помѣщать въ среду насыщенную влагой не черезъ 4 недѣли, какъ совѣтуетъ *Lambrecht*, а каждые 5 дней или, по крайней мѣрѣ, разъ въ недѣлю, если они применяются для опредѣленія влажности комнатнаго воздуха. Это относително немного къ чрезмѣрно сухому воздуху, но и къ сравнительно влажному.

Теперь становится понятнымъ значеніе приспособленія Корре для проверки точки 100% его гигрометра. Подвергал волосъ вліянію воздуха насыщеннаго влагой и затѣмъ переноса въ вѣздущій воздухъ, мы тѣмъ возвращаемъ волосу его чувствительность и ставимъ приборъ въ тѣ же условія, въ которыхъ при пригодности гигрометра наносился двѣнаніе на скалѣ. Самая же проверка точки 100% имѣетъ сравнительно меньшее значеніе. Если наблюдатель работаетъ съ однимъ приборомъ, то итѣ основаній постоянно проверять точку насыщения. Эта точка отличается большимъ постоянствомъ. Какъ мы видѣли ранѣе, колебанія въ показаніяхъ гигрометровъ не относятся къ точкѣ 100%. Гигрографъ *Richard*, дававшій для 20% поправку то —2%, то +10%, въ насыщенномъ водянымъ паромъ воздухѣ показывалъ неизмѣнно 110%. Наконецъ, едва-ли въ приборѣ Корре, имѣющемъ двѣ подвижныя стѣнки, и получается полное насыщеніе воздуха водянымъ паромъ. Изъ физики извѣстно, какъ оно трудно достигается даже въ герметически закрытомъ пространствѣ и что конденсація пара на внутренней поверхности стекляннаго сосуда въ видѣ росы не служитъ еще доказательствомъ, что воздухъ въ немъ вполнѣ

насыщен. Гигрометры №№ 56 и 69 находились в воздухе насыщенном влагой под стеклянным колоколом 105 и 103; при тех же условиях, но в большом стеклянном ящике (0,7 × 0,31 × 0,5 метра) сь налитой на дно водой и сь плотно прикрывавшейся цинковой крышкой, стрелки гигрометров даже после двух-суточного пребывания доходили только до 98 и 96, хотя водяной парь и осадился на внутренней поверхности стенок ящика. Кь сожалению и не могь проверить силу гигрометра Корре, такь какь приборь, находящийся в гигиеническом институте, оказался немного испорченным. Суда по его конструкции, онъ долженъ быть поставленъ ниже гигрометра Heilmann & Pfister, принятого на метеорологических станциях. Повидимому, такого же мнѣния былъ и самъ авторь, такь какь снизилъ силу своего прибора дѣяниями не черезь каждые 1%, а черезь 5%¹⁾.

Таблица 11 представляет результаты проверки надъ растворами сѣрной кислоты еще шести гигрометровъ. Гигрометры Wurster'a и В. Ф. исследовались только при *убывающей* влажности.

ТАБЛИЦА 11.

	Влаж- ность.	MONNIER.						Lambrecht всозвонн.	Wurster.	P. R.	
		№ 1.		№ 2.		№ 3.					
H ₂ O ₄ + 3H ₂ O	15%	13	11	9	7	11	8	13	—	0	34
H ₂ O ₄ + 4H ₂ O	24%	29	24	30	24	23	26	23	—	18	—
H ₂ O ₄ + 5H ₂ O	34%	41	36	46	41	40	37	38	—	30	50
H ₂ O ₄ + 7H ₂ O	50%	59	53	67	60	66	68	60	61	50	62
H ₂ O ₄ + 9H ₂ O	63%	69	63	79	72	81	80	77	74	64	66
H ₂ O ₄ + 11H ₂ O	72%	76	70	87	80	89	80	85	84	71	74
H ₂ O ₄ + 17H ₂ O	81%	81	74	92	89	96	93	91	86	81	78
H ₂ O	100%	85	94	99	99	99	95	95	95	87	87

¹⁾ Подтверждениемъ сдѣланной мною оценки гигрометра Корре можетъ служить мнѣніе J. Arnould (Nouveaux Elements d'hygiène, 1895, p. 272): „Les hygromètres à cheveu ne sont, à vrai dire, que des hygroscopes et l'inventeur de l'un de ces instruments le plus en vogue, Korre, est le premier à le déclarer“. Статьи Корре объ его гигрометре, помѣщенной въ Meteor. Zeitschrift 1878, и не могь достать.

Таблица эта, не давая новыхъ данныхъ, подтверждаетъ положенія, высказанныя на основаніи изучения первыхъ пяти гигрометровъ. Въ ней видно, между прочимъ, значеніе, такъ сказать, индивидуальности каждаго прибора.

Гигрометръ Monnier № 1 имѣетъ почти вѣрную силу до 70%, а при 100%, даетъ ошибку въ 15%, Monnier № 3 при вѣрной точкѣ насыщения сильно уклоняется отъ истинной относительной влажности почти по всему протяженію гигрометрической шкалы и только при низкихъ степеняхъ влажности, начиная съ 34%, даетъ достаточно вѣрныя показанія.

Вообще можно сказать, что гигрометры, основанные на измѣненіи объема гигроскопическихъ тѣлъ подъ вліяніемъ влажности, требуютъ большой осторожности при ихъ употребленіи. Каждый применяемый приборъ долженъ быть предварительно изученъ по отношенію къ правильности дѣлений шкалы. Многие гигрометры готовятся чисто фабричнымъ путемъ и ходъ стрѣлки не соответствуетъ протяженію шкалы, вслѣдствіе чего дѣленія ея являются произвольными, другіе гигрометры изнаиваются отъ времени. Но и вѣрность волосаного гигрометра не гарантируетъ еще наблюдателя отъ ошибокъ при его примѣненіи. Необходимо еще соблюденіе условій, при которыхъ показанія ихъ остаются постоянными. Только знаніе недостатковъ, присущихъ всѣмъ гигрометрамъ этого рода и способъ ихъ устранения, даетъ возможность избѣгать ошибокъ при пользованіи ими и извлекать изъ нихъ приблизительно точные результаты. Такъ какъ для сужденія о достоинствѣ прибора необходимъ хотя и несложный, но все же лабораторный приспособленіе, не могуща быть у каждаго подъ рукою, то является желательнымъ, чтобы публика, приобретающая гигрометры, не довольствовалась испытаніемъ, произведеннымъ продавцомъ, а обращалась бы съ этой цѣлью въ компетентныя учрежденія. Сказаннымъ опредѣляется и значеніе волосаного гигрометра для тѣхъ случаевъ, когда требуется *точное* знаніе величины влажности воздуха. Въ этихъ случаяхъ они не должны вовсе примѣняться или, по примѣру метеорологовъ, въ видѣ только вспомогательнаго прибора, дающаго возможность отмѣтить удобно и скоро колебанія влажности, но не точную величину ея. Остатывавшаяся на этомъ

потому, что точность волосных гигрометров обыкновенно сильно преувеличивается и ими пользуются даже там, где всё выводы основываются на помощи измерения влажности воздуха, как напр. при исследованиях величин отдачи водяного пара кожей и легкими человека ¹⁾.

Возвращаясь к методу проверки гигрометров помощью растворов сёрной кислоты определенной концентрации, нельзя не видеть его значительных преимуществ. Этим способом в несколько дней получается определенное представление об исправности прибора и выводится его поправки, на что при обычных способах проверки чрез сравнение с контрольными приборами тратится больше месяца. Время проверки может быть еще сокращено, если вместо семи предлагаемых растворов довольствоваться тремя, дающими влажность 71%, 49% и 22%. Даже и при таком сокращенном исследовании получается достаточное число точек опоры для суждения о достоинстве прибора и верности его шкалы. В пределах влажности, даваемой этими растворами и заключаются границы колебаний влажности комнатного воздуха, установленной гигиены для человеческого организма. Пользуясь гигрометром, проверенным помощью этих растворов можно следовательно с уверенностью заключать, удовлетворяет ли исследуемый воздух гигиеническим требованиям. (40% — 70%).

Nodon ²⁾ помещает волосные гигрометры для проверки вместе с гигрометром Alluard'a в большой закрытый сосуд с стеклянными стёклами, в которых поставлены чашки с растворами сёрной кислоты неопределенной концентрации. Когда показания волосных гигрометров сдвигаются постоянным, определяется помощью гигрометра Alluard точка росы, а следовательно и относительная влажность воздуха, в котором находятся приборы. Заменяя растворы сёрной кислоты иными, большей или меньшей концентрации, получаем новую степень влажности воздуха и проверяем таким образом другие точки шкалы гигрометра.

¹⁾ См. напр. Rabner, Notitz., op., c., Schierbeck. Eine Methode... op., c., Natall. Einfluss von Schwankungen... Arch. f. Hyg., 1895, Bd. 23, s. 188.

²⁾ Nodon, Op. c.

Слова ¹⁾ для градуирования волосных гигрометров помещать их под стеклянный колокол, имеющий три отверстия. Съ двумя из них, снабженными кранами, соединены сосуды с кривой сёрной кислотой и водой, третье отверстие соединяется с гигрометром Crova. Если через этот гигрометр просасывать воздух из колокола, открывая то кран, сообщающий его с сёрной кислотой, то кран, ведущий в сосуд с водой, и оба крана одновременно, то в колокол получаются различные степени влажности воздуха, которыми и определяются гигрометры Crova.

Способ Regnault имеет над этими обоими способами решительное преимущество. Если приготовление растворов и несколько хлопотливо, за то они долго сохраняются, когда хорошо закупорены стеклянными прилифованными пробками. Так раствор, приготовленный в январе 1897 года, содержит сёрной кислоты 43,17%, а в марте 1899 года 43,14%.

Общи заключения, к которым приходим на основании изучения разнообразных волосных гигрометров, могут быть выражены так.

- 1) Волосные гигрометры, не смотря на всё современное улучшение, не могут считаться совершенными приборами.
- 2) Для сохранения полной чувствительности и постоянства и для получения сравнимых результатов гигрометры чрез каждые 5 дней должны быть помещаемы в воздух, насыщенный водяным паром.
- 3) Волосные гигрометры теряют часть своей чувствительности, находясь не только в очень сухом воздухе, как это отметили Saussure, но и при средних степенях влажности в 60% — 70%.
- 4) Особенно сильно вмешиваются и дают ошибки до 30%, 40% при таких условиях гигрометры Mithof.
- 5) Верность точки 100% не служит гарантией верности показаний гигрометра для остальных делений шкалы и обратно — гигрометры могут давать верные показания на большей части

¹⁾ Crova. Graduation des hygromètres à absorption J. de Phys. (2) III, 1884, p. 390.

своей шкалы, показывая большія ошибки при 100%, посему гигрометры должны быть проверяемы не по отношенію только точки насыщения, но и для промежуточных дѣлений.

6) Для этой цѣли весьма пригодны растворы сѣрной кислоты определенной концентраціи, указанные Regnault.

7) Наилучшими должны считаться гигрометры Hermann & Pfister, получаемые изъ главной физической обсерваторіи. Пользуясь ими съ соблюденіемъ всѣхъ предосторожностей и съ таблицей поправокъ для всѣхъ дѣлений шкалы, можно имѣть разныя величины влажности съ точностью до $\pm 2\%$.

Г Л А В А IV.

Психрометръ.

Психрометръ неподвижный. — Психрометръ съ вентиляторомъ (итальянскій). — Аспираціонный психрометръ Asmann'a. — Працевой психрометръ.

Психрометръ неподвижный. Психрометръ состоитъ изъ двухъ термометровъ, сухого и влажнаго, укрѣпленныхъ на общемъ штативѣ. Шарикъ влажнаго термометра обернуть кускомъ ткани, поддерживаемой во влажномъ состояніи посредствомъ постоянного притока къ ней воды. Если окружающій воздухъ совершенно насыщенъ водянымъ паромъ, то испареніи съ влажнаго термометра не происходитъ и оба термометра показываютъ одинаковую температуру. Когда содержание водянаго пара въ воздухѣ не достигаетъ состоянія насыщения, то вода испаряется съ поверхности влажнаго термометра, что вызываетъ пониженіе его температуры. Чѣмъ суше воздухъ, тѣмъ болѣе испаряется воды и тѣмъ болѣе становится разность между показаніями сухого и влажнаго термометровъ. Разность термометровъ и служитъ для опредѣленія помощью вычисленій или особыхъ таблицъ состоянія влажности воздуха.

Возникновеніе идеи о психрометрѣ ¹⁾ можно отнести къ концу прошлаго столѣтія, когда Leslie (1799), смачивая водой одинъ изъ шариковъ своего дифференціального термометра, наблюдалъ происходившій вслѣдствіе охлажденія измѣненіа показаній прибора

¹⁾ Grossmann. Beitrag zur Geschichte und Theorie des Psychrometers. Zeitschr. f. Meteorologie, 1889, S. 141.

и сравнивать их съ показаніями обыкновеннаго термометра съ цѣлью опредѣленія влажности воздуха. *Gay-Lussac* (1815) производилъ опыты надъ охлажденіемъ влажнаго термометра въ струѣ сухого воздуха при разныхъ температурахъ и полагалъ, что и обратно изъ разности температуръ можно опредѣлить влажность воздуха, но отступить передъ вычисленіемъ нужныхъ для того таблицъ, такъ какъ онъ требовалъ большаго числа опытовъ, а ступительный гигрометръ *Le Roy* казался ему болѣе удобнымъ въ примѣненіи. Онъ же установилъ для психрометра формулу, согласную съ выведенной впоследствии *Jevory* (1822), а еще поздѣе *August'омъ*.

Если мысль о психрометрѣ возникла у *Leslie* и *Gay-Lussac'a*, тѣмъ не менѣе заслуга теоретическаго вывода основаній психрометра и примѣненія его для практическихъ цѣлей принадлежитъ *August'у* ¹⁾ (1825), со времени котораго и самъ приборъ получаетъ свое настоящее названіе.

Для установленія связи между показаніями термометровъ и влажностью воздуха *August* выходилъ изъ предположеній, что 1) шарикъ влажнаго термометра окруженъ тонкимъ слоемъ воздуха, который имѣетъ его температуру и насыщенъ водянымъ паромъ, 2) этотъ слой воздуха постоянно замѣняется другимъ, который отдаетъ смоченному термометру часть своей теплоты, а самъ охлаждается до его температуры и насыщается водянымъ паромъ, на образованіе котораго расходуется тепло, получаемое шарикомъ термометра, и 3) когда количество тепла, затрачиваемого на испареніе, сдѣлается равнымъ количеству тепла, доставляемаго воздухомъ, влажный термометръ приходитъ въ состояніе равновѣсія.

На основаніи этихъ предположеній *August* вывелъ формулу, имѣющую слѣдующій видъ:

$$x = F_1 - \frac{k}{\delta_2} (t - t_1) H$$

гдѣ x есть абсолютная влажность, F_1 —давленіе водяного пара при температурѣ влажнаго термометра, t —температура сухого термо-

¹⁾ August, Ueber die Verdunstungskäfte und deren Anwendung auf Hygrometrie. Poggend. Ann. 1825, (2) V. S. 69—88, 335—344.

метра, t_1 —температура влажнаго термометра, k —удѣльная теплота воздуха, δ —плотность водяного пара, λ —скрытая теплота пара и H —давленіе воздуха. Забѣшивъ k , δ и λ ихъ численными значеніями, которыя для $k = 0,237$, $\delta = 0,622$ и $\lambda = 600$, получимъ

$$x = F_1 - 0,000635 (t - t_1) H.$$

Уже самому *August'у*, произведенію цѣлый рядъ сравненій психрометра съ гигрометромъ *Daniell'a*, пришлось убѣдиться, что его формула не вполне соотвѣтствуетъ дѣйствительности и что согласіе теоріи и наблюденій, замѣченное имъ вначалѣ, было чисто случайное, обусловленное отчасти невѣрностью таблицъ упругости водяного пара, которыми *August* пользовался, почему онъ нѣсколько разъ измѣнялъ значеніе численной величины въ своей формулѣ и въ послѣднемъ изданіи своихъ психрометрическихъ таблицъ (1848) принималъ ее равной 0,000762 (или 0,000952 для градусовъ Реомюра) ¹⁾.

Regnault (1845) ²⁾, составивъ на основаніи своихъ наблюденій новую таблицу упругости водяного пара при разныхъ температурахъ, которой пользуются и до настоящаго времени, подвергъ психрометръ экспериментальному исследованію и нашелъ, что формула, предложенная *August'омъ*, не обнимаетъ всѣхъ случаевъ примѣненія психрометра. Если формулу принять въ такомъ общемъ видѣ $x = F_1 - A(t - t_1) H$, то величина A , принята *August'омъ* постоянной, въ дѣйствительности измѣняетъ свое значеніе въ зависимости отъ условій, въ которыхъ поставленъ психрометръ. Повѣстивъ психрометръ въ трубку, поддерживаемую при постоянной температурѣ, чрезъ которую пропускался токъ сухого воздуха различной скорости, *Regnault* нашелъ, что наблюдаемая психрометрическая разность отягчалась отъ численной по формулѣ *August'a*, и отсюда заключилъ, что на показанія психрометра имѣетъ вліяніе и скорость движенія воздуха, обстоятельство не предусмотрѣнное *August'омъ*. Указавъ затѣмъ на зависимость показаній психро-

¹⁾ Звонимкинъ. Опредѣленіе влажности воздуха помощью психрометра. Извѣст. въ сан. Имп. Аз. Научн. 1881.

²⁾ Regnault. Etudes sur l'hygrometrie. An. de Ch. et de Phys., 1845, XV.

метра отъ лученспускающа со стороны окружающихъ предметовъ и подвергнувъ сомнѣнью самыя теоретическія основанія, принятія August'омъ, Regnault считъ однако бесполезнымъ отыскиваніе формулы, въ которую входилъ бы всѣ факторы, вліяющіе на показанія влажнаго термометра, полагая ихъ не поддающимися численному изображенію, и нашелъ возможнымъ довольствоваться формулой August'а, если только для той мѣстности или помѣщенія, гдѣ будутъ производиться наблюденія надъ влажностью, сдѣлать предварительно опредѣленіе величины A помощью какого-либо точнаго метода. Производя психрометрическія наблюденія и одновременно опредѣляя влажность воздуха вѣсовымъ способомъ, Regnault вычислилъ величины A для психрометра, находящагося въ комнатѣ и въ свободномъ воздухѣ при разныхъ условіяхъ.

Полученныя величины оказались уклоняющимися значительно отъ теоретической 0,000635:

- 1) Въ маленькой закрытой комнатѣ въ 100 к. м. $A = 0,00128$
- 2) Въ аудиторіи въ 1000 куб. м. съ закрытыми окнами. $A = 0,00100$
- 3) Въ той же аудиторіи, но съ открытыми противоположными окнами. $A = 0,00077$
- 4) На большомъ квадратномъ дворѣ Collège de France въ 1000 кв. м., окруженномъ высокими зданіями $A = 0,00074$
- 5) На длинномъ дворѣ, засаженномъ деревьями $A = 0,00100$
- 6) На томъ же длинномъ дворѣ, при положеніи психрометра на солнцѣ $A = 0,00090$
- 7) При температурахъ ниже 0°. $A = 0,00075$
- 8) На большомъ дворѣ таверны въ Пиренеяхъ $A = 0,00090$
- 9) На открытой возвышенности въ Пиренеяхъ, когда психрометръ не былъ защищенъ ни отъ вѣтра, ни отъ солнца $A = 0,00090$

Такимъ образомъ выяснилось, что въ психрометрической формулѣ нельзя брать одну и ту же постоянную величину для A , но

слѣдуетъ измѣнять ее сообразно условіямъ, въ которыхъ примѣняется психрометръ.

Для атмосфернаго воздуха при температурахъ влажнаго термометра выше 0° Regnault установилъ формулу:

$$x = F_1 - \frac{0,480 (t-t_1)}{610-t_1} H$$

или

$$x = F_1 - 0,00080 (t-t_1) H,$$

по которой и вычислены всѣ употребляющіяся въ настоящее время метеорологическія таблицы.

Regnault предполагалъ, что скорость вѣтра, не превосходящая 5—6 метровъ въ секунду, не имѣетъ существеннаго вліянія на показанія психрометра. Послѣдующіе наблюдатели однако опровергли такое предположеніе. Вліяніе движенія воздуха на психрометръ было подробно изучено Зорькинскимъ (1881), работы котораго въ уѣнѣ о психрометрѣ занимаютъ выдающееся мѣсто. Подвергая психрометръ искусственному вѣтру различной скорости, онъ нашелъ, что постоянное A по мѣрѣ увеличенія скорости вѣтра правильно уменьшается и выразилъ эту зависимость слѣдующими числовыми величинами¹⁾.

Скорость вѣтра въ метрахъ въ 1 сек.	A
0,13	0,00130
0,16	0,00120
0,2	0,00110
0,3	0,00100
0,4	0,00090
0,8	0,00080
2,3	0,00070
3,0	0,00069
4,0	0,00067

Изъ этихъ данныхъ слѣдуетъ, что наибольшая измѣчивость величины A бываетъ при малыхъ скоростяхъ движенія воздуха и

¹⁾ Цифры взяты съ графической таблицей Зорькинскимъ.

что только, начиная со скорости в 2,3—3 метра в секунду, A делается больше или меньше постоянной. Если принять во внимание, что скорость движения в 0,3 или 0,4 метра в секунду для человеческого организма не ощутима и, следовательно, может быть в комнатном воздухе, который мы считаем неподвижным, то становится понятной ненадежность определения влажности в комнатах помощью психрометра.

Зависимость показаний психрометра от такой переменной и трудно измеряемой величины, как скорость движения воздуха, вызвала стремление устроить психрометр, который подвергался бы влиянию ветра всегда определенной скорости, и тем самым устранив главный источник ошибок этого прибора. Начиная с попытки *Belli* (1831) стремление это выразилось устройством психрометра с вентилятором, психрометра-пращи и, наконец, в последнее время аспирационного психрометра *Assmann*'а. Один из видов психрометра с вентилятором, так называемый итальянский психрометр, исследовал *Зворыкин* и нашел для него $A = 0,000725$. *Angot* из своих исследований над итальянским же психрометром вывел эту величину равной 0,00078. Психрометр-пращу исследовали *Dögere*, *Macé de Lépinay*, *Denecke* и *Ferrel*. Первый определил $A = 0,000687$, *Macé de Lépinay* — $A = 0,000693$, *Denecke* — $A = 0,000706$, а *Ferrel* дал для психрометра-пращи следующую формулу:

$$x = F_i - 0,00066 (t - t_i) H (1 + 0,00115 t_i)$$

Assmann, заключив сосуды психрометра в металлическую трубку и продувая через нее воздух всегда с определенной скоростью, устранил одновременно два источника ошибок: влияние лучеспускания со стороны окружающих предметов и неравную скорость ветра.

Regnault уже отметил влияние на показания психрометра величины и формы термометрических сосудов, но полагал, что оно незначительно. *Зворыкин* выяснил это влияние и дал ему объяснение. Из его опытов видно, что при одной и той же скорости ветра, 1 метр в секунду, психрометр с большими

сферическими резервуарами в 10 мм. в диаметр дал $A = 0,00077$, а психрометр с маленькими цилиндрическими сосудами, имеющими в поперечнике 4 мм. имел величину $A = 0,00070$. Наблюдение это имеет важное значение, так как указывает причину разногласий выводов различных наблюдателей относительно зависимости величины A от скорости ветра, и кроме того, показывает, что зная скорость ветра нельзя еще заключать о величине постоянной, входящей в психрометрическую формулу. *Зворыкин* в конце своей работы высказал предположение, что если бы удалось точно установить зависимость A от скорости ветра и размеров термометров и высчитать влияние на психрометр лучеспускания со стороны окружающих предметов, то можно было бы а priori для каждого психрометра, зная скорость ветра, величину и форму термометрических сосудов, определить величину A . Сравнение психрометра с другими гигрометрами было бы в таком случае совершенно лишнее и психрометр с вентилятором представлял бы собой совершенно самостоятельный инструмент, подобно другим лучшим гигрометрам, превосходя их при том простотой и удобством и не уступаая им точностью¹⁾.

Ни сам *Зворыкин* во второй своей работе (1883²⁾ этой задачи не решает, ни другие исследователи (*Stefan*, *Maxwell*, *Ferrel*, *Grossmann*), строившие новые психрометрические формулы на основании теорий диффузии и теплопроводности, не дают желаемых решений. *Ferrel*³⁾ заключает разбор свой психрометрических формул словами, что „мы мало или вовсе не имеем надежды иметь точную психрометрическую формулу“⁴⁾. Приблизительно также выражается *Edelmann*⁵⁾.

Вопрос о психрометре был предметом многочисленных работ. Оставив в стороне те, которые относятся к теории прибора, как лежащие вне границ моей задачи, считаю необходимым привести еще наблюдения *Angot*⁶⁾. Из 3670 сравнений пси-

1) *Зворыкин*. Определение влажности воздуха. 1881, стр. 37.

2) *Зворыкин*. Исследование о психрометре. Москва. 1883.

3) *Grossmann*. Op. c.

4) *Edelmann*. Psychrometrische Studien und Beiträge. Zeitschr. f. Meteor., 1896, S. 325.

5) *Peč. J. de Phys.*, 1882 (2) 2, p. 119.

хрометра съ гигрометромъ *Allard'a*, сдѣланныхъ въ атмосферномъ воздухѣ, онъ нашелъ, что A вѣдывается въ зависимости отъ величины *психрометрической разности*, уменьшаясь по мѣрѣ увеличенія $t - t_1$; такъ при $t - t_1 = 0,35^\circ A = 0,001022$, а при $t - t_1 = 6,77^\circ A = 0,000705$. Ввелъ новую формулу и составилъ сообразно ей нѣш таблицу, *Angot* пришелъ къ заключенію, что новыя таблицы даютъ для неподвижнаго психрометра замѣтно лучшіе результаты, чѣмъ старыя, вычисленныя по *Regnault*, въ особенности при малой степени влажности воздуха. Выводы *Angot* пока стоить особнякомъ, хотя и были подтверждены *Ekhholm* омъ¹⁾.

Кромѣ выясненія существенныхъ моментовъ, вліяющихъ на показанія психрометра, каковы движеніе воздуха, форма и размѣры термометрическихъ сосудовъ, лученіе отъ окружающихъ предметовъ, обращено было вниманіе и на нѣкоторые второстепенные источники ошибокъ при примѣненіи психрометра. Такъ *Э. Е. Лейбъ*²⁾ указалъ, что влажный термометръ не показываетъ температуры сосуда термометра, которая собственно входитъ въ психрометрическую формулу, а величину нѣсколько большую, что зависитъ отъ того, что столбъ ртути термометра находится при высшей температурѣ, чѣмъ его сосудъ. Происходящая отъ этого ошибка въ опредѣленіи температуры можетъ доходить до $0,3^\circ$, что отражается и на величинѣ вычисленной влажности и на постоянной A .

*Eidemann*³⁾ издѣлывалъ обложки влажнаго термометра и нашелъ измѣненіе постоянной A отъ $0,000733$ до $0,000873$ въ зависимости отъ рода ткани, употребляемой для обертки влажнаго термометра. Одна и та же ткань, по положенная въ одинъ или два слоя, даетъ разныя величины для A . Батиста, примѣняемая на австрійскихъ метеорологическихъ станціяхъ (14×12 нитей въ $1/4$ кв. савт.), даетъ постоянную $A = 0,000836$, та же ткань, но наложенная на термометрической сосудъ въ два слоя, показывала $A = 0,000873$. Тотъ же авторъ подвергъ изученію

¹⁾ Ekhholm. Undersökningar i hygrometri. Res. Fortschritte der Physik. t. 44, 3 abt.

²⁾ Лейбъ. О вліяніи температуръ столба ртути. Зап. Им. Ак. Наукъ, 1891.

³⁾ Eidemann, op. c.

и правильность хода часового механизма, приводящаго въ движеніе вентиляторъ въ психрометрѣ *Assmann'a*, и нашелъ, что даваемая имъ скорость вѣтра весьма измѣнчива.

*Marriot*¹⁾ отбѣтилъ измѣненіе показаній психрометра, обусловленное большимъ или меньшимъ удаленіемъ отъ него сосуда, снабжающаго влажный термометръ водой.

Regnault въ концѣ своего изслѣдованія о психрометрѣ высказываетъ мнѣніе, что психрометръ такой же эмпирической инструментъ, какъ и гигрометръ *Saussure'a*, и что онъ имѣетъ надъ послѣднимъ единственное преимущество — меньшую измѣнчивость, но за то показанія его находятся въ болѣеи зависимости отъ мѣстныхъ условій. На основаніи этого *Regnault* предостерегаетъ отъ употребленія психрометра, какъ прибора дающаго сомнительныя данныя. Изъ сдѣланнаго выше обзора состоянія вопроса о психрометрѣ яствуетъ, что въ настоящее время и конструкция и пользование приборомъ испытали существенныя усовершенствованія, зависимость отъ мѣстныхъ условій почти устранена, тѣмъ не менѣе въ психрометрѣ остаются еще нѣкоторые недостатки, не позволяющіе считать его самостоятельнымъ инструментомъ и пользоваться имъ безъ предварительнаго опредѣленія постоянной величины для каждаго отдѣльнаго прибора.

Разработка условій примѣненія психрометра принадлежитъ главнымъ образомъ метеорологамъ. Гигіена, изучая влажность воздуха, какъ одинъ изъ факторовъ, вліяющихъ на здоровье человѣка, не могла не остановиться и на способахъ опредѣленія влажности. Если бы предметомъ изслѣдованій гигиены служилъ только атмосферный воздухъ, то ни о какой особой гигиенической методикѣ изслѣдованія влажности воздуха не могло бы быть и рѣчи; но, такъ какъ въ область гигиены, кромѣ изученія атмосфернаго воздуха, входитъ и изученіе воздуха жилищъ, въ которыхъ человѣкъ проводитъ большую часть своей жизни и котораго не знаетъ метеорологія, то естественно долженъ былъ возникнуть вопросъ, насколько примѣнимы тѣ или иные метеорологическіе способы опредѣленія влажности воздуха къ специальнымъ гигиеническимъ цѣлямъ.

¹⁾ Marriot. The Wet-bulb Thermometer. Quart. Jour. of the meteor. soc. 1877. vol. 3, p. 283.

Въ согласіе съ метеорологами и гигиенистами въ числѣ приборовъ, служащихъ для измѣренія влажности воздуха, ставятъ на первое мѣсто психрометръ, тѣмъ не менѣе пригодности его призмѣненію въ спеціальнымъ цѣлямъ гигиены, въ изслѣдованію воздуха жилищъ помѣщеній, разработана весьма мало.

Въ большинствѣ руководствъ по гигиенѣ и гигиеническимъ изслѣдованіямъ описывается психрометръ, его теорія, формула, по которой имъ пользуются, сообщаются изслѣдованія *Regnault* и рядъ цифровыхъ данныхъ, полученныхъ имъ для постоянной величины входящей въ формулу, но послѣдующія затѣмъ заключенія оказываются отъ нихъ независимыми. Указавъ, что въ формулѣ $f = F_i - A(t - t_i)$ *H* величина *A* зависитъ отъ мѣстныхъ условий, въ которыхъ примѣняется психрометръ, и что *Regnault* далъ слѣдующія величины *A*

въ небольшой комнатѣ	0,00128
въ большой комнатѣ	0,00100

руководства обыкновенно заканчиваютъ сообщеніемъ, что для метеорологическихъ наблюдений принимается $A = 0,00080$, т. е. принимается формула, если представить ее въ болѣе простомъ видѣ, $f = F_i - 0,6(t - t_i)$ и величина *A* равна $A = 0,00080 \cdot 760$.

Одни авторы¹⁾ (*Flügge, Rubner, Hürpe, Hartner, Arnold, Доброславина*) считаютъ эту формулу приложимой и къ вычисленію влажности комнатнаго воздуха, другіе²⁾ (*Срисманъ, Emmerich и Trillich, Praussnitz, Сиворонов*) указываютъ, что для этого случая нужно брать формулу съ множителемъ 0,65 и только *Lehmann*³⁾

¹⁾ Flügge. Grundriss der Hygiene 1891 S. 30.

Rubner. Lehrbuch der Hygiene. 1892 4 auf., S. 29.

—Учебникъ гигиены. Пер. съ 5 изд. 1897, стр. 33.

Hürpe. Handbuch der Hygiene. 1899 S. 170.

Hartner. Leitfaden der Hygiene. 1890 S. 7.

²⁾ Arnold. Nouveaux éléments d'hygiène. 1896 p. 272.

Доброславина. Гигиена. 1899 т. I, стр. 211.

³⁾ Срисманъ. Курсъ гигиены. 1887 т. I, стр. 79.

Emmerich und Trillich. Anleitung zu hygienischen Untersuchungen 1892 S. 33.

Praussnitz. Grundzüge der Hygiene. 1899 S. 83.

Сивороновъ. Пазмы и способы санитарныхъ изслѣдованій. 1889, стр. 158.

⁴⁾ Lehmann. Die Methoden der praktischen Hygiene. 1890 S. 136.

добавляетъ, что въ совершенно тихомъ воздухѣ, въ особенности въ комнатномъ, величина множителя поднимается до 0,9. *Langlois*⁴⁾ даже даетъ для психрометрической формулы $A = 0,000635$, т. е. теоретическую величину *Augusta*, хотя самъ *August* въ 1848 г. принималъ $A = 0,000762$. Если обратиться къ психрометрическимъ таблицамъ, приложеннымъ къ руководствамъ по гигиенѣ, то окажется, что онѣ вычислены по формулѣ $f = F_i - 0,6(t - t_i)$, какъ напр. у *Flügge*,⁵⁾ т. е. взяты прямо изъ метеорологическихъ таблицъ, служащихъ для опредѣленія влажности атмосфернаго воздуха, или (*Emmerich и Trillich*) вычислены по формулѣ $f = F_i - 0,65(t - t_i)$.

Regnault, какъ сказано выше, установилъ, что въ комнатномъ воздухѣ величина *A* заключается въ предѣлахъ между 0,00100 и 0,00128; умножая эти величины на 760, получимъ величину *n*, входящую въ формулу $f = F_i - n(t - t_i)$.

Итакъ, по *Regnault* въ комнатномъ воздухѣ $n = 0,76$ или 0,97, руководства же по гигиенѣ принимаютъ *n* равнымъ 0,6 или 0,65.

Для разъясненія возникающихъ недоумѣній можно сдѣлать два предположенія, или что употребленіе того или другого множителя въ психрометрической формулѣ мало отражается на полученныхъ результатахъ, или что гигиена, беря множители 0,6 или 0,65, основывается на какихъ либо новыхъ изслѣдованіяхъ, опровергнувшихъ выводы *Regnault* и доказавшихъ большую пригодность для комнатнаго воздуха величины 0,6 или 0,65, чѣмъ 0,76 и 0,97.

Первое предположеніе однако легко опровергается, если на цифровомъ примѣрѣ убѣдимся въ значеніи различной величины множителя *n* для получаемого результата. Возьмемъ величинъ *n* данныя *Regnault* для комнатнаго воздуха 0,76 и 0,97, величинъ *n* даваемыхъ гигиенистами 0,60 и 0,65 и прибавимъ сюда величину $n = 0,52$ данную *Macé de Lépinay* для психрометра-панды ($0,52 = 0,00069 \cdot 760$), покажемъ насколько измѣняется вычисленная величинъ влажности отъ принятія той или иной величинъ для *n*.

⁴⁾ Langlois. Précis d'hygiène publique et privée. 1896, p. 104.

⁵⁾ Flügge. Руководство къ гигиеническимъ способамъ изслѣдованія, 1882.

При одной и той же температурѣ воздуха въ 20°C вычисленные цифры относительной влажности при разности температуръ сухого и влажнаго термометровъ въ 3°, 6°, 9°, и 10° и при различныхъ множителяхъ n будутъ:

Т А Б Л И Ц А 12.

Температура сухаго термометра $t = 20^{\circ} \text{C}$.					
$t - t_1$	$n=0,97$	$n=0,76$	$n=0,65$	$n=0,60$	$n=0,52$
3°	66%	70%	72%	73%	74%
6°	35	42	46	47	51
9°	6	17	23	25	29
10°	—	9	15	18	23

Таблица 12 ясно доказываетъ, что употребленіе того или другого множителя n въ психометрической формулѣ вовсе не безразлично. Если можно допустить замѣну множителя 0,65 множителемъ 0,60, такъ какъ происходящая вследствие этого ошибка въ вычисленной относительной влажности не превышаетъ 1%, при среднихъ степеняхъ влажности воздуха и только при низкихъ степеняхъ ея доходить до 3%, то не оправдывается примѣненіе $n = 0,60$ вмѣсто $n = 0,97$, такъ какъ такая замѣна имѣетъ послѣдствіемъ ошибку, доходящую до 20%. Итакъ, неправильное или произвольное употребленіе множителя въ психометрической формулѣ можетъ влечь такіа грубая ошибка, что примѣненіе психометра въ качествѣ измерителя влажности комнатнаго воздуха совсѣмъ теряетъ свое значеніе.

Не трудно опровергнуть и второе предположеніе, что гигиена, принявая множители $n = 0,60$ или 0,65, основывается на какихъ-либо исследованияхъ, опровергшихъ выводы *Regnault* о величинѣ

постоянной A для комнатнаго воздуха. Литература психометра такого предположенія вовсе не оправдываетъ, напротивъ, въ исследованияхъ *A. Vogel's*, *Laval's* и *Zoorikina* мы видимъ явное подтвержденіе выводовъ *Regnault*.

Zoorikina ¹⁾ на основаніи своихъ наблюденій приходитъ къ выводу, что «если психометръ находится въ неподвижномъ воздухѣ, то величина A очень измѣнчива, именно отъ 0,0011 до 0,0015 и даже болѣе».

A. Vogel ²⁾ производилъ въ небольшой комнатѣ, размѣры которой не указываетъ, сравненіе психометра съ высомымъ способомъ и изъ 75 наблюденій вывелъ величину A для термометровъ по *Reaumur'e*у равной 0,00156, что соответствуетъ 0,00125 для термометра *Celsius'a*.

Laval ³⁾ сравнивалъ психометръ съ гигрометромъ *Alluard'a* въ комнатѣ и получилъ при закрытыхъ окнахъ $A = 0,00127$, 0,00102 и 0,00121, а при открытыхъ окнахъ 0,00098.

Наконецъ и *August* указалъ, что для пользования психометрическими таблицами въ комнатномъ воздухѣ необходимо сообщать психометру маятниковобразное движеніе, иначе получаютъ совершенно невѣрные результаты.

Такое состояніе вопроса о психометрѣ, отсутствіе экспериментальныхъ исследованийъ со стороны гигиенистовъ и ошибки, происходящія отъ неправильнаго примѣненія психометрическихъ формулъ, казались мнѣ достаточнымъ основаніемъ, чтобы попытаться подойти къ его рѣшенію. Такъ какъ разногласіе физиковъ и метеорологовъ съ одной стороны и гигиенистовъ съ другой заключается въ цифровыхъ значеніяхъ величины A , то опредѣленіе величины A для комнатнаго воздуха я и поставилъ своей задачей.

Исследование величины A для неподвижнаго психометра и слѣдъ удобнымъ соединить съ опредѣленіемъ этой же величины и для психометра снабженнаго вентиляторомъ, такъ какъ для объ-

¹⁾ Зорикина. Опредѣленіе влажности воздуха. 1881, стр. 23.

²⁾ A. Vogel. Experimentelle Beiträge zur Bestimmung hygrometrischer Methoden. Abhandl. der Acad. München, t. 8, 1860, S. 297.

³⁾ Laval. Vérification des lois de Dalton relatives à l'évaporation. Mem. de la soc. des sc. phys. et. nat. de Bordeaux. 1882 (2) V, p. 107.

ихъ дѣлей пользовался однимъ и тѣмъ же приборомъ, то остав-
ляя въ покоѣ вентиляторъ, то пуская его въ ходъ. Послѣ отмѣтки
показаній сухого и влажнаго термометровъ приводился въ дѣйствіе
вентиляторъ и отмѣчались вновь полученная показанія термомет-
ровъ. Приборъ, надъ которымъ производились эти наблюденія,
извѣстенъ подъ именемъ итальянскаго психрометра или психро-
метра системы *Cantoni*. Въ одной горизонтальной плоскости съ
шариками обоихъ термометровъ находится вентиляторъ, состоящій
изъ шести плоскихъ вертикальных лопатокъ, вращающихся на
вертикальной оси помощью часового механизма, помѣщеннаго въ
штативѣ прибора. Термометры нѣмецкаго образца т. е. состоя-
щіе изъ тонкой капиллярной трубки, законченной выѣстѣ съ скалкой
изъ молочнаго стекла въ другую трубку большаго діаметра, имѣли
нѣсколько сосудовъ съ большимъ поперечникомъ въ 10 мм. и
меньшимъ въ 8 мм. и были раздѣлены на $\frac{1}{5}^{\circ}\text{C}$. Термометры были
профрени въ физическомъ кабинетѣ *Вл. Ф. Лунина*, какъ от-
носительно точки 0° , такъ и другихъ дѣлений скалки; поправки
были выведены изъ сравненій съ нормальнымъ термометромъ
№ 7607, снабженнымъ таблицей поправокъ отъ *Physikalisch-
technische Anstalt* въ *Scharlottenburg*’ѣ. Сосудъ влажнаго термометра
обертывался согласно указаніямъ главной физической обсерваторіи и
тѣмъ же батогомъ (45×44 нити въ 1 кв. сант.), который при-
мѣняется для этой дѣли на всѣхъ русскихъ метеорологическихъ
станціяхъ.

Постоянная *A* для итальянскаго психрометра была опреде-
лена *Angot*¹⁾ въ 0,000780, *Зворыкинъ*²⁾ же даетъ ей величину
0,000725. Послѣдній работалъ съ психрометромъ, имѣющимъ
термометрическіе сосуды цилиндрической формы, [Angot форму и
размѣры своихъ термометровъ не описываетъ, но если бы это и
было имъ сдѣлано, то тѣмъ не менѣе пользоваться той или дру-
гой величиной для нашего психрометра не представлялось воз-
можнымъ, такъ какъ скорость движенія воздуха, доставляемая
вентиляторомъ, обуславливается силой его пружины и въ разныхъ
приборахъ можетъ быть различной. Поэтому нашъ итальянскій

¹⁾ Angot. Sur le psychromètre. *J. de Phys.*, 1881, X. p. 13.

²⁾ Зворыкинъ. Опредѣленіе влажности воздуха. 1881.

психрометръ не могъ служить въ качествѣ контрольнаго прибора,
пока не была опредѣлена для него величина *A*. Приборъ былъ
помѣщенъ на столѣ въ срединѣ одной изъ комнатъ физическаго
института, имѣющей 300 куб. метровъ, на разстояніи 3 метровъ
отъ окна. Къ стержню психрометра была укрѣплена каучуковая
трубка, одинъ конецъ которой находился на разстояніи 8—10
сантиметровъ отъ сосудовъ термометровъ, другой же соединялся
съ гигрометромъ *Crova*, помѣщеннымъ противъ другаго окна ком-
наты, и на разстояніи 5 метровъ отъ психрометра. Наблюденіе
могъ сдѣлательно исследовать воздухъ, окружающій психрометръ,
не вліяя своимъ присутствіемъ на его температуру и влажность.
Отсчетъ термометровъ производился съ точностью до $\frac{1}{10}^{\circ}$, почему
пользоваться зрительной трубкой представлялось излишнимъ. Кратко-
временное приближеніе наблюдателя къ психрометру, причемъ
отсчетъ десятыхъ долей производился равнѣе отсчета цѣлыхъ граду-
совъ, не могло оказывать вліянія на показанія термометровъ.
Наблюденія производились такъ. Послѣ отсчета показаній сухого
и влажнаго термометровъ приводился въ движеніе вентиляторъ и
одновременно, помощью каучуковой трубки, просасывался воздухъ
черезъ гигрометръ *Crova*. Другая группа нагнетала воздухъ въ со-
судъ гигрометра, наполненный эфиромъ, и производила его испареніе
и пониженіе температуры. Когда замѣчались первые слѣды
росы, отмѣчалось показаніе термометра и пропусканіе воздуха
черезъ эфиръ прекращалось; производились только легкія надавливанія
на грушу для равнобѣжнаго смѣшиванія эфира; когда роса
почти исчезала, вновь отсчитывался термометръ. Наблюденія повто-
рялось, пока два или три раза подрядъ не получались со-
вершенно одинаковыя показанія термометра съ разницей между
температурой повзлея и исчезанія росы не превосходящей 0,2°.
Затѣмъ отмѣчались вновь показанія психрометра при продолжа-
ющемся дѣйствіи вентиляторъ, чѣмъ наблюденіе и заканчивалось.
На полученіе точки росы по гигрометру *Crova* требовалось отъ
3 до 5 минутъ.

Точка росы есть та температура воздуха, при которой онъ
приходитъ въ состояніе насыщенія воднымъ паромъ какого либо
давленія. Слѣдовательно давленіе воднаго пара при температурѣ

ТАБЛИЦА 13.

Сравнение психрометровъ съ гигрометромъ Crova.

№№	H	Психрометръ неподвижный.				Психрометръ съ вентиляторомъ.				Гигрометръ Crova.	
		t	t ₁	t-t ₁	A	t	t ₂	t-t ₂	A ₁	Точка росы.	f
1	762,4	19,2	12,6	6,6	0,001173	19,3	10,9	8,4	0,000742	1,1	4,98
2	—	19,1	13,1	6,0	1361	19,2	11,0	8,2	760	1,3	5,03
3	762,5	16,3	10,1	6,2	1201	16,3	8,4	7,9	778	-3,4	3,55
4	—	16,2	10,3	5,9	1247	16,2	8,5	7,7	748	-2,2	3,90
5	757,9	16,6	10,1	6,5	1158	16,6	8,5	8,1	776	-3,5	3,51
6	—	16,4	10,1	6,3	1177	16,5	8,6	7,9	792	-3,2	3,61
7	753,3	14,4	8,7	5,7	1174	14,4	7,3	7,1	781	-3,7	3,46
8	—	14,4	8,7	5,7	1150	14,5	7,4	7,1	771	-3,3	3,58
9	—	14,4	8,8	5,6	1165	14,5	7,5	7,0	789	-3,1	3,63
10	741,6	14,9	9,9	5,0	1213	15,0	8,5	6,5	766	0,0	4,60
11	—	15,4	10,5	4,9	1210	15,4	9,2	6,2	773	1,5	5,12
12	737,3	18,1	12,2	5,9	1141	18,1	10,8	7,3	762	2,9	5,65
13	—	18,1	12,2	5,9	1101	18,2	11,0	7,2	744	3,3	5,81
14	744,0	17,9	12,0	5,9	1174	17,9	10,7	7,2	803	2,0	4,30
15	763,6	18,5	11,9	6,6	1208	18,5	10,9	8,5	759	-0,9	4,30
16	763,1	18,5	11,7	6,7	1152	18,5	10,4	8,4	769	-0,7	4,36
17	763,7	19,8	13,9	4,8	1189	19,8	12,7	6,1	729	7,2	7,50
18	758,5	21,2	16,3	4,9	1181	21,3	15,4	5,9	809	10,4	9,41
19	751,2	22,5	16,8	5,7	1350	22,5	14,9	7,6	729	8,8	8,46
20	748,9	23,0	17,4	5,6	1340	23,0	15,7	7,3	730	10,0	9,17
21	743,2	23,2	17,2	6,0	1301	23,2	15,7	7,5	800	9,4	8,81
22	—	23,3	17,0	6,3	1224	23,4	15,7	7,7	802	9,2	8,69
23	734,1	23,4	18,0	5,4	1340	23,4	16,5	6,9	781	11,4	10,03
24	735,6	23,0	18,0	5,0	1294	23,0	16,7	6,3	768	12,2	10,60
25	751,9	21,0	17,0	5,0	1298	22,0	15,7	6,3	786	10,6	9,54
26	741,7	23,0	18,1	4,9	1304	23,0	16,8	6,2	792	12,2	10,80
27	745,8	21,3	16,1	5,2	1359	21,3	14,5	6,8	779	8,6	8,35
28	—	21,3	15,8	5,5	1195	21,4	14,5	6,9	744	8,8	8,47
29	746,8	22,3	17,2	5,1	1331	22,4	15,8	6,6	777	10,6	9,54
30	748,6	21,1	16,7	6,4	1233	23,2	13,2	8,0	771	8,4	8,24
31	745,0	25,4	20,9	4,5	1391	25,4	19,7	5,7	790	16,2	13,71
Среднее 0,001234					Среднее 0,000771						

росы есть въ то же время и абсолютная влажность воздуха. Изъ формулы $f = F_1 - A(t - t_1)H$ слѣдуетъ, что

$$A = \frac{F_1 - f}{(t - t_1)H}$$

гдѣ f — абсолютная влажность, F_1 — давление водяного пара при температурѣ влажнаго термометра, $t - t_1$ — разность показаній сухаго и влажнаго термометровъ, H — давление воздуха.

По этой формулѣ вычислены постоянныя A и A_1 въ таблицѣ 13. Постоянная величина A для неподвижнаго психрометра оказалась равной 0,001234, а для психрометра съ вентиляторомъ 0,000771.

Всякая величина выигрываетъ въ своей достовѣрности, если опредѣленіе ея ведется по различнымъ способамъ, поему психрометры и гигрометръ Crova сравнены были съ вѣсовымъ способомъ и съ гигрометромъ *Alluarda*.

Для опредѣленія содержанія водяного пара въ воздухѣ вѣсовымъ путемъ воздухъ просасывался помощью аспиратора чрезъ рядъ U-образныхъ трубокъ, наполненныхъ мелкими кусками пемзы, смоченными крѣпкой сѣрной кислотой. Всасывающая трубка открывалась у среднего стержня психрометра около отверстія трубки, ведущей воздухъ въ гигрометръ Crova. Каждый разъ просасывалось чрезъ помещенія трубки 36 литровъ воздуха въ теченіе 2 часовъ. Въ началѣ наблюденія, въ среднѣ съ промежутками около 15 минутъ и въ концѣ наблюденія производились отчеты показаній психрометра неподвижнаго и съ вентиляторомъ, вмѣстѣ съ тѣмъ опредѣлялась абсолютная влажность по гигрометру Crova. Отмѣчались также температура аспиратора и давление воздуха. Имѣлись такимъ образомъ съ одной стороны вѣсъ водяного пара въ 1 куб. метрѣ воздуха, выраженный въ граммахъ и опредѣленный вѣсовымъ способомъ, съ другой стороны 7 — 8 отдѣльныхъ опредѣленій абсолютной влажности, полученныхъ гигрометромъ Crova, и столько же наблюденій по психрометрамъ. Изъ абсолютной влажности вычислялся вѣсъ водяного пара по формулѣ

$$p = \frac{1,06}{(1+at)} f.$$

Такихъ сравненій произведено было два.

	1 наблюдение.	2 наблюдение.
Абсолютная влажность по <i>Crova</i> .	5,76 ^{мм} .	5,02 ^{мм} .
Весъ водяного пара, вычисленный.	5,71 ^{гр} .	4,99 ^{гр} .
Весъ водяного пара, определенный взвѣшиваниемъ.	5,75 ^{гр} .	4,93 ^{гр} .

Наблюдения эти показали полное согласие результатовъ, даваемыхъ гигрометромъ *Crova* и вѣсовымъ способомъ.

Изъ сравненія психрометровъ съ вѣсовымъ способомъ величина *A* определялась:

Для неподвижнаго психрометра.	0,001185
Для психрометра съ вентиляторомъ.	0,000759

Въ третьемъ ряду опредѣлений величина *A* для психрометра контрольных приборовъ служилъ гигрометръ *Alluard*.

Гигрометръ *Alluard* помѣщался рядомъ съ психрометромъ на столѣ и отсчетъ термометровъ обоихъ приборовъ производился издали помощью зрительной трубы.

ТАБЛИЦА 14.

Сравненіе психрометровъ съ гигрометромъ *Alluard*'а

№№	П	Психрометръ неподвижный.				Психрометръ съ вентиляторомъ.				Гигрометръ <i>Alluard</i> 'а.	
		t	t ₁	t-t ₁	A	t	t ₁	t-t ₁	A	Точка росы.	f
1	741.0	15,2	10,3	4,9	0,001215	15,3	9,0	6,3	0,000 778	1,0*	4,94
2	—	15,2	10,3	4,9	165	15,3	9,0	6,3	763	1,2	5,61
3	—	15,4	10,5	4,9	190	15,4	9,2	6,2	766	1,6	5,15
4	—	15,5	10,5	5,0	166	15,5	9,2	6,3	752	1,6	5,15
5	737,3	18,1	12,2	5,9	165	18,1	10,8	7,3	777	2,6	5,33
6	—	18,1	12,2	5,9	150	18,1	10,8	7,3	763	2,8	5,61
7	—	18,1	12,2	5,9	110	18,2	11,0	7,2	758	3,2	5,77
8	744,0	17,9	12,0	5,9	174	17,9	10,7	7,2	790	2,2	5,38
Среднее . . . 0,001171					Среднее . . . 0,000769						

Сопоставляя величины *A*, полученные разными способами, чрезъ сравненіе психрометровъ съ гигрометрами *Crova* и *Alluard* и съ вѣсовымъ способомъ, имѣемъ:

	А для психрометра неподвижнаго.	А для психрометра съ вентиляторомъ.
Гигрометръ <i>Crova</i> (31 набл.).	0,001234	0,000771
Вѣсовой способъ (2 набл.).	0,001185	0,000759
Гигрометръ <i>Alluard</i> (8 набл.).	0,001171	0,000769

Среднее изъ 41 наблюдений.	0,001219	0,000770

Полученная величина *A* для неподвижнаго психрометра совершенно совпадаетъ съ результатами работъ *Regnault* надъ психрометромъ въ комнатномъ воздухѣ. По нашимъ наблюдениямъ $A=0,001219$, *Regnault* же далъ 0,00128 для комнаты въ 100 куб. метровъ и 0,00100 для залы въ 1000 куб. метровъ.

Не только средняя величина 0,001219, но и отдѣльные наблюдения, изъ которыхъ она выведена, не оправдываютъ примѣненія для комнатнаго воздуха формулы, назначенной для свободнаго воздуха. Ни разу для комнаты въ 300 куб. м., въ которой произведены всѣ эти наблюдения, *A* не уменьшалась не только до 0,00080, но и до величины, данной *Regnault* для комнаты въ 1000 куб. метровъ.

Разсматривая въ таблицѣ 13 величины *A* для неподвижнаго психрометра, замѣчаемъ, что величины большія средней и меньшія ея не разбросаны равномерно, — какъ это обыкновенно бываетъ, когда различіе полученныхъ величинъ обуславливается непозбѣжными случайными ошибками, — а стремятся къ замѣтному раздѣленію на двѣ группы: въ первой половинѣ преобладаютъ величины меньшія средней, во второй — большія. Вычисляя среднюю для первой группы (18 набл.) получимъ $A=0,001184$, для второй же (13 набл.) $A=0,001304$. Такая группировка наблюдений даетъ поводъ думать, что не всѣ наблюдения произведены были

при одинаковых условиях. Приходится предполагать, что в последних 13 наблюдениях были какие-то особенные причины, повзвизавшие на увеличение постоянной A . Дѣло разъясняется, если обратиться къ времени года, когда наблюдения производились. Первые 18 наблюдений изъ таблицы 13, равно какъ сравненіе психрометра съ вѣсовымъ способомъ и съ гигрометромъ *Allward*, сдѣланы были въ концѣ марта и началѣ апрѣля, т. е. во время года для Москвы еще сравнительно холодное, послѣднія же 13 наблюдений въ концѣ апрѣля и въ маѣ, когда климатическія условия вѣшняго воздуха уже совершенно измѣнились. Холодное время года создаетъ совершенно шіяя условия для обращения воздуха въ комнатахъ сравнительно съ лѣтомъ. Большая разница температуръ вѣшняго и внутреннего воздуха вызываетъ съ одной стороны сильный обмѣвъ между воздухомъ, находящимся внутри и вѣв жилого помѣщенія, съ другой стороны усиливаются движенія и собственно комнатнаго воздуха отъ охлажденія наружными стѣнами и окнами, равно какъ отъ нагреванія отопительными приборами. Лѣтомъ естественная вентиляция жилищъ сильно понижается и воздухъ въ нихъ находится въ большемъ равновѣсіи, чѣмъ зимой. Меньшая же скорость движенія воздуха отражается на психрометрѣ, уменьшая испареніе съ влажнаго термометра и увеличивая постоянную A въ психрометрической формулѣ.

Слѣдовательно, величина A для психрометра, помѣщеннаго въ комнатномъ воздухѣ, не остается постоянной, а измѣняется елобавиши въ зависимости отъ разности температуръ наружнаго и комнатнаго воздуха. Въ томъ же смыслѣ, какъ температурная разность, оказываетъ вліаніе и размѣръ помѣщенія. Въ большой залѣ температура всегда менѣе равномерна, чѣмъ въ маленькой комнатѣ, что вызываетъ большее нарушеніе равновѣсія и болѣе сильные токи воздуха.

Для выясненія вліанія на постоянную A обширныхъ помѣщещей неподвижный психрометръ сравнивался съ итальянскимъ психрометромъ въ студенческой лабораторіи гигиеническаго института, имѣющей объемъ въ 1093 куб. метра. Предмудшими наблюдениями постоянная A , входящая въ формулу для итальянскаго пси-

Т А Б Л И Ц А 15.

Сравненіе неподвижнаго психрометра съ итальянскимъ психрометромъ.

Время наблюдений.	Психрометръ итальянскій.					Психрометръ неподвижный.				
	II	t	t ₁	t-t ₁	f	t	t ₁	t-t ₁	A	
а) Въ комнатѣ въ 300 куб. метровъ.										
15/ix	740,2	16,5	10,9	5,4	6,53	16,5	12,1	4,4	0,001284	
17/ix	763,1	15,3	8,6	6,7	4,41	15,3	10,1	5,2	1215	
18/ix	751,0	16,9	10,2	6,7	5,41	16,9	11,8	5,1	1282	
19/ix	754,3	16,6	9,9	6,7	5,22	16,5	11,3	5,2	1216	
19/x	752,7	16,7	10,6	6,1	6,00	16,7	11,8	4,9	1,771	
20/x	751,0	16,4	10,3	6,1	5,82	16,3	11,5	4,8	1193	
20/x	757,4	16,5	9,3	7,2	4,55	16,5	10,3	6,2	1022	
21/x	749,2	17,6	9,5	8,1	4,20	17,5	10,7	6,8	1060	
—	—	—	17,9	9,7	8,2	4,26	17,8	11,4	6,4	1137
21/x	755,0	17,1	8,5	8,6	3,29	17,0	9,8	7,2	1084	
Среднее									0,001166	
б) Въ комнатѣ въ 1093 куб. метра.										
22/x	751,0	16,1	9,5	6,6	5,05	16,1	10,4	5,7	0,001017	
—	—	15,9	9,5	6,4	5,16	15,9	10,3	5,6	995	
23/x	757,4	15,2	7,7	7,5	3,49	15,3	8,8	6,5	962	
—	—	15,3	7,8	7,5	3,61	15,3	8,7	6,6	1010	
24/x	759,0	15,2	8,1	7,1	3,92	15,0	9,3	5,7	1116	
—	—	15,3	8,3	7,0	4,09	15,0	9,4	5,6	1110	
25/x	748,9	14,2	7,6	6,6	3,99	14,2	8,8	5,4	1105	
—	—	14,3	7,6	6,7	3,93	14,2	8,7	5,5	1085	
27/x	749,2	20,8	10,6	10,2	3,72	20,6	11,6	9,0	960	
29/x	767,4	18,2	8,4	9,8	2,45	18,2	9,6	8,7	962	
Среднее									0,001031	

Т А Б Л И Ц А 16.

Сравнение неподвижного психрометра с итальянским.

(t и φ , получены из показаний итальянского психрометра).

С е н т я б р я .								Н о я б р ь - Д е к а б р я .							
Число	H	t	t ₁	$\frac{t-t_1}{t}$	f	%	A	Число	H	t	t ₁	$\frac{t-t_1}{t}$	f	%	A
6	745,5	15,7	11,9	3,8	6,79	51,4	0,001271	28	759,6	17,7	9,3	8,4	2,12	13,8	0,001039
9	748,5	15,4	12,4	3,0	7,87	60,4	1274	29	758,7	18,2	9,7	8,5	2,11	13,3	1097
—	—	15,7	12,6	3,1	8,26	62,6	1129	2	758,6	20,2	11,4	8,5	2,33	14,4	1126
10	746,4	17,0	14,2	2,8	9,13	63,3	1402	3	759,3	20,9	12,0	8,9	3,10	16,5	1089
—	—	17,0	14,3	2,7	9,13	63,3	1460	4	762,6	20,9	11,7	9,2	3,07	16,6	1025
11	740,0	18,5	15,4	2,9	10,51	65,8	1253	5	762,4	19,8	11,2	8,6	2,76	15,9	1087
—	—	18,7	15,9	2,8	10,90	67,8	1202	8	748,1	19,5	10,5	9,0	2,64	15,4	1014
12	747,3	17,8	14,4	3,4	9,06	59,7	1247	7	757,3	16,2	8,1	8,1	1,64	11,9	1048
13	750,4	16,9	13,6	3,3	8,38	58,5	1301	10	758,5	15,1	7,2	7,9	1,41	10,9	1033
15	751,9	17,6	13,3	4,3	7,47	49,8	1209	11	738,9	17,3	9,5	8,2	2,61	17,5	1086
Среднее 0,001275								Среднее 0,001061							

хрометра, была определена, что и дало возможность пользоваться имъ въ видѣ контрольнаго прибора. Наблюдения производились съ 20 по 29 октября, когда температура наружнаго воздуха понижалась до -10° и при начавшемся оттошении. Почти въ это же время наблюдались психрометръ и въ комнатѣ въ 300 куб. м. Въ обоихъ помѣщеніяхъ психрометръ помѣщался по среднѣй комнатѣ на столѣ. Изъ таблицы 15, заключающей эти наблюдения видно, что величина A для неподвижнаго психрометра оказалась:

Въ комнатѣ въ 1093 куб. м. $A = 0,001031$.
 " " " 300 " " $A = 0,001166$,

т. е. получались результаты, согласные и съ весенними наблюдениями и съ исследованиями *Regnaudt*. Наблюдений было сдѣлано десять, число, по *Зворыкину*, вполне достаточно для опредѣленія A съ точностью не меньшей $\pm 0,00001$, если разность между термометрами не менѣе 5° .

Чтобы выяснить наконецъ вліяніе на психрометръ тѣхъ слабыхъ токовъ воздуха, которые хорошо ощущаются нашимъ тѣломъ, замѣчаются по движению дыма, пламени, легкихъ предметовъ, но недостаточно сильны, чтобы быть замѣрены помощью анемометра, психрометръ помѣщался близъ оконъ, дверей, тамъ вообще, гдѣ такіе токи воздуха ощущались. Величина A полученная для неподвижнаго психрометра въ этихъ случаяхъ оказалась въ среднемъ

0,00097.

Въ таблицѣ 16 приведены еще два ряда наблюдений надъ неподвижнымъ психрометромъ въ той же комнатѣ въ 300 куб. метровъ, но въ разное время года. Наблюдения эти вновь подтверждаютъ зависимость постоянной A отъ температурной разности вѣшняго и внутренняго воздуха. Въ сентябрѣ постоянная A была 0,001275, а въ декабрѣ 0,001061

Группируя всѣ наблюдения надъ величиной A для неподвижнаго психрометра, получаемъ слѣдующія данныя:

Комната въ 300 куб. метровъ.	Мартъ.	$A = 0,001184$
	Май	0,001304
	Сентябрь	0,001275
	Октябрь	0,001166
	Декабрь	0,001061
Комната въ 1039 куб. метра.	Октябрь	0,001031

Итакъ, никогда въ комнатномъ воздухѣ постоянная величина A для неподвижнаго психрометра не выходитъ изъ предѣловъ, установленныхъ *Regnaudt*, и принятіе множителя $n = 0,65$, что соответствуетъ $A = 0,00085$, является неправильнымъ и произвольнымъ.

Объяснение болѣе или менѣе вѣроятное величина множителем, принятого гигиеной для психрометрической формулы, повидимому, можно видеть, во первых, въ неправильномъ толкованіи изслѣдованій *Regnault*. Последній для величины A въ большой комнатѣ съ открытыми окнами даетъ 0,00077, для атмосфернаго воздуха одинъ разъ 0,00074, другой разъ 0,00080. Сравнивая первую и третью величины, можно легко дойти до допущенія, что величина A не измѣняется существенно, производится-ли изслѣдованіе влажности въ комнатѣ или въ свободномъ воздухѣ. Величина 0,00077 однако представится совсѣмъ въ иномъ освѣщеніи, если познакопиться съ оригинальной работой *Regnault*. Величину эту онъ получилъ въ комнатѣ съ открытыми *противоположными* окнами, такъ что въ *комнатѣ былъ довольно сильный ветеръ*. „Les expériences ont été faites dans le même amphithéâtre, mais après avoir ouvert deux fenêtres opposées, dans l'axe desquelles se trouvait placé le psychromètre. L'instrument se trouvait ainsi plongé dans un courant d'air assez vite¹⁾“. Оказывается, что психрометръ, хотъ и находился въ комнатѣ, но былъ поставленъ со стороны движенія воздуха въ исключительныя условія, соотвѣственно чему измѣнилась и величина A .

Другое объясненіе и, можетъ быть, болѣе вѣроятное заключается въ томъ, что гигиена, пользуясь психрометромъ *August'a*, взяла и постоянную величину, данную этимъ авторомъ для его прибора. *Uffelmann*²⁾, говоря о психрометрѣ, представляетъ сокращенную таблицу для вычисленія влажности, взятую изъ психрометрическихъ таблицъ *August'a*. Вычисляя по этой таблицѣ величину n , входящую въ психрометрическую формулу, находимъ ее равной 0,65. Слѣдовательно, самъ *Uffelmann* принималъ $n=0,65$, чему соответствуетъ $A=0,00085$. Припоминая однако сказанное нами рапѣе, что *August* нѣсколько разъ измѣняетъ численное значеніе постоянной величины, входящей въ психрометрическую формулу, чтобы получить болѣе совпаденіе между содержаніемъ водянаго пара въ воздухѣ и показаніями своего прибора, и что въ

последнемъ изданіи своихъ таблицъ въ 1848 году *August* принималъ $A=0,000762$, неминуемо приходимъ къ заключенію, что гигиена приняла то численное значеніе постоянной, которое самъ *August* отвергъ, какъ неправильно, когда познакопился съ новыми таблицами давленія водянаго пара, составленными *Regnault* въ 1845 году. Въ самомъ дѣлѣ, таблица *August'a*, которую въ изслѣченіи приводитъ *Uffelmann*, даетъ невѣрные величины содержанія водянаго пара въ граммахъ на 1 куб. метрѣ воздуха, въ чемъ легко убѣдиться, если сравнить ее съ таковою же таблицей *Emmerich* и *Trillich*³⁾, вычисленной по даннымъ *Regnault*.

Обращаясь теперь къ рѣшенію вопроса, можетъ ли неподвижный психрометръ считаться достаточно точнымъ инструментомъ для опредѣленія влажности въ комнатномъ воздухѣ, когда величина A , служащая для вычисленія влажности, подвержена колебаніямъ въ зависимости отъ размѣра помѣщенія и температурной разности вѣшняго и внутреннего воздуха, прежде всего приходится остановиться на томъ обстоятельстве, что влажность нашихъ жилищъ дѣлается предметомъ изслѣдованія главнымъ образомъ въ холодное время года. Въ это же время обнаруживается значеніе различныхъ способовъ отопленія и физическихъ свойствъ стѣнъ и комнатнаго воздуха по своей влажности становится отличными отъ атмосфернаго, тогда какъ лѣтомъ тотъ и другой имѣютъ приблизительно одну и ту же степень влажности. Это уже сужаетъ предѣлы колебаній постоянной A и позволяетъ остановиться на тѣхъ величинахъ ея, которыя въ холодное время года наблюдаются. Если прибавить къ этому, что только меньшее число жилищъ помѣщеній приближается по своимъ размѣрамъ къ 1000 куб. метрамъ, въ большинствѣ же случаевъ приходится имѣть дѣло съ комнатами меньшаго размѣра, то выборъ подходящей величины A уже не представитъ затрудненій.

Я полагаю, что принатіе для неподвижнаго психрометра, находящагося въ комнатномъ воздухѣ, величины $A=0,0011$ —средняя величина изъ нашихъ наблюденій надъ психрометромъ въ холодное время года—позволитъ пользоваться этимъ приборомъ безъ боль-

¹⁾ *Regnault, Etudes sur l'hygrométrie. Ann. de Ch. et de Phys.* 1853, t. 37.

²⁾ *Uffelmann. Handbuch der Hygiene.* 1859, S. 62.

³⁾ *Emmerich and Trillieh. Op. e. S. 33.*

ших погрешностей в результатах. Психрометр всегда удастся поместить так, чтобы он не подвергался движению воздуха, ощутимому для нашего тела, и который, как мы видели, приводит к понижению A до 0,0010, повышение же величины A до 0,0012 наблюдается только в теплое время года и может быть следовательно предусмотрено. Надо иметь кроме того в виду, что правильный выбор постоянного A имеет большое значение при малых степенях относительной влажности воздуха, по мере же увеличения влажности неправильное применение величины A все менее и менее отражается на результатах. Так при 20° температуры воздуха и разности сухого и влажного термометров в 9° мы имеем относительную влажность 13%, если $A=0,00110$, и 25%, если $A=0,00080$, при разности же термометров в 3° и при тех же величинах A получаем 69% и 73%. В теплое время года влажность воздуха даже в очень сухих помещениях, имевших зимой 15%—20%, повышается до 60%, 65%, почему уменьшаются и ошибки от неправильного применения A .

Остается определить размер погрешностей, получающихся от применения 0,0011 вместо 0,0010 и 0,0012. Пронходящая вследствие этого изменения относительной влажности представлена в следующей таблице.

Т А Б Л И Ц А 17.

Температура воздуха = 20° С.			
А.	Относительная влажность при температурах влажного термометра.		
	12,4°	15,1°	17,0°
0,0010	28%	52%	76%
0,0011	25	50	75
0,0012	22	48	74

Ошибки $\pm 3\%$ при 25% влажности и $\pm 2\%$ при 50% допустимы и доказывают полную применимость неподвижного психрометра для определения влажности воздуха в жилых помещениях, так как не большей точностью располагают и метеорологи, пользующиеся психрометрами без вентиляционных приспособлений.

Формула для вычисления влажности по показаниям неподвижного психрометра, принимая $\lambda = 0,0011755 = 0,88$, представляется в следующем виде:

$$f = F_1 - 0,88(t - t_1)$$

для термометров *Celsius'a* и

$$f = F_1 - (t - t_1)$$

для термометров по *Reaumur'y*.

Остановиться на различии постоянной в психрометрической формуле для термометров по C и по R приходится потому, что в повседневном обиходе у нас применяются термометр R и термометрами по R снабжены употребительные старые психрометры. На двух из таких приборов (С.Иб. Мет. Зав. и Швабе), имеющих готовую таблицу для получения относительной влажности из показаний сухого и влажного термометров, мы пришлось убедиться, что составители таблицы такого различия не делали. Они вычислены по формуле $f = F_1 - 0,65(t - t_1)$ и не обращено внимания, что множитель 0,65 дан для градусов C . Пронходящая от этого ошибка в вычисленной влажности равносильна той, которая получится, если взять для градусов C множитель 0,52 вместо 0,65. Следовательно, когда табличка показывает 30%, то действительное содержание влажности равняется 24% при множител 0,65 и 13% когда множитель равняется 0,88. Впрочем, такая же ошибка была сделана и более компетентным лицом, чем строители приборов, именно физиком *Вольнером*, как то указывает *Зюркинг*: *Вольнер* приводит ряд численных значений постоянного R и не обращает внимания, что одни даны для термометров R , другие для C . Так как градус R

относится к градусу C , как 5:4, то для приведения постоянной A , данной для термометра C к градусам R , нужно ее помножить на $\frac{5}{4}$, т. е. $A_R = \frac{5}{4} A_C$ и обратно $A_C = \frac{4}{5} A_R$.

Из всего изложенного можно сделать следующие выводы:

1) Принятая в настоящее время в гнибей постоянной A для вычисления влажности по показаниям неподвижного психрометра и составленная для этого таблицы непригодны для комнатного воздуха, так как вследствие этого являются ошибки всегда в сторону плюса, доходящая до 20% относительной влажности при малом содержании водяных паров в воздухе.

2) Величина A , входящая в психрометрическую формулу для комнатного воздуха, заключается в пределах от 0,00100 до 0,00130, не достигая никогда до 0,00080, положенной в основу метеорологических таблиц.

3) Для одного и того же помещения величина A не остается постоянной, а колеблется в зависимости от условий нарушающих равновесие комнатного воздуха.

4) К таким условиям относится разность температур внешнего и комнатного воздуха. Постоянная A уменьшается по мере увеличения этой разности и обратно.

5) Неустойчивость величины A делает неподвижный психрометр неприменимым, когда требуются точные величины влажности (проверка других психрометрических приборов, равновысартарных исследований).

6) При правильном применении психрометрической формулы ($f = F_t - 0,83(t-t_1)$ для термометра C и $f = F_t - (t-t_1)$ для R) неподвижный психрометр в воздухе закрытых помещений дает величины относительной влажности с точностью до $\pm 3\%$, достаточной для повседневного употребления и не меньшей, чем достигается на метеорологических станциях при пользовании этими приборами.

Для облегчения пользования психрометром вычислены мной краткие таблицы для термометров C и R . Таблички дают относительную влажность с точностью до $\pm 3\%$ для 25% влажности, $\pm 2\%$ для 50% и $\pm 1\%$ для 75%.

Если желают иметь отметки большей точности, то к полученным по табличке или вычисленным по соответствующей формуле величинам относительной влажности следует прибавлять 3% при влажности воздуха в 25%, 2% при 50% и 1% при 75%, когда психрометр подвергается слабым, но ощутимым токам воздуха, и столько же убавлять, когда измеренный производится в тепле время года и психрометр находится в почти неподвижном комнатном воздухе.

ТАБЛИЦА 18.

Таблица для вычисления влажности по показаниям сухого и влажного термометров по C .

$$f = F_t - 0,83(t-t_1)$$

Сухой термометр C .	ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ.									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
12°	5,3*	6,0*	6,8*	7,6*	8,4*	9,1*	9,9*	10,7*	11,3*	12*
13	5,9	6,8	7,6	8,4	9,2	10,0	10,8	11,5	12,2	13
14	6,6	7,5	8,4	9,2	10,1	10,9	11,7	12,5	13,2	14
15	7,3	8,2	9,2	10,0	10,9	11,8	12,6	13,4	14,2	15
16	8,0	9,0	9,9	10,8	11,8	12,6	13,5	14,4	15,2	16
17	8,6	9,7	10,7	11,6	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17
18	9,3	10,4	11,4	12,4	13,4	14,4	15,3	16,2	17,1	18
19	10,0	11,1	12,2	13,2	14,3	15,3	16,2	17,2	18,1	19
20	10,6	11,8	12,9	14,0	15,1	16,1	17,1	18,1	19,0	20
21	11,2	12,6	13,6	14,8	15,9	17,0	18,0	19,1	20,0	21
22	11,8	13,2	14,4	15,6	16,7	17,9	18,9	20,0	21,0	22
23	12,5	13,8	15,1	16,4	17,6	18,8	19,8	20,9	22,0	23
24	13,1	14,5	15,9	17,1	18,4	19,6	20,7	21,9	23,0	24
25	13,7	15,2	16,6	17,9	19,2	20,5	21,7	22,8	23,9	25

ВЛАЖНЫЙ ТЕРМОМЕТР.

ТАБЛИЦА 19.

Таблица для вычисления влажности по показаниям сухого и влажного термометровъ по R.

$$r = F_1 - (t - 4).$$

Сухой термометръ R.	ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ.									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
10°	4,4 ^b	5,0 ^b	5,7 ^a	6,3 ^a	7,0 ^a	7,6 ^a	8,2 ^a	8,8 ^a	9,4 ^a	10 ^a
11	5,0	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	9,1	9,8	10,4	11
12	5,7	6,4	7,2	7,9	8,7	9,4	10,1	10,7	11,4	12
13	6,4	7,2	8,0	8,8	9,5	10,2	10,9	11,6	12,3	13
14	7,0	7,9	8,7	9,5	10,3	11,1	11,9	12,6	13,3	14
15	7,7	8,6	9,5	10,3	11,2	12,0	12,8	13,5	14,3	15
16	8,3	9,3	10,2	11,2	12,0	12,8	13,7	14,5	15,2	16
17	9,0	10,0	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,4	16,2	17
18	9,6	10,7	11,7	12,7	13,7	14,6	15,5	16,4	17,2	18
19	10,2	11,3	12,6	13,5	14,2	15,4	16,4	17,3	18,2	19
20	10,8	12,0	13,2	14,2	15,3	16,3	17,3	18,2	19,1	20
ВЛАЖНЫЙ ТЕРМОМЕТРЪ.										

Психрометръ съ вентиляторомъ (итальянскій). Постоянная A для психрометра съ вентиляторомъ, какъ видно изъ таблицы 13, опредѣлена по сравненію съ гигрометромъ *Sroga* равной 0,000771 съ вѣроятною погрѣшностью ¹⁾ среднего результата $\pm 0,000003$ и отдѣльнаго наблюденія $\pm 0,000014$. Среднія величина A , опредѣленная изъ 42 сравненій съ гигрометрами *Sroga* и *Alluard* и съ всѣми способами, оказалась 0,00077.

Величина эта подходитъ къ постоянной данной *Angot* ²⁾ для этого прибора 0,00078, но отличается отъ 0,000725, опредѣленной *Zoorinkimъ* ³⁾. Различіе объясняется формой и размѣромъ термометрическихъ сосудовъ и не одинаковой силой пружины вентилятора. Итальянскій психрометръ у *Zoorinkina* имѣлъ термометрические сосуды цилиндрической формы съ поперечникомъ въ 5,7 мм и длиной 27 мм, наши же термометрические сосуды были яйцевидной формы 8 мм въ меньшемъ поперечникѣ и 10 мм въ большемъ. Зависимость между размѣрами и формой термометрическихъ сосудовъ и величиной A *Zoorinkimъ* объясняется такъ: ⁴⁾ „Паръ, поднимающійся съ поверхности смоченнаго термометра, дѣлаетъ прилежащій воздушный слой ѣвоторой конечной толщины влажнѣе остальной массы воздуха; толщина этого болѣе влажнаго слоя бываетъ, конечно, меньше при болѣе сильномъ вѣтрѣ и, по всей вѣроятности, одинакова для разныхъ термометровъ при одной и той же скорости вѣтра. Если же взять слой воздуха опредѣленной конечной толщины (напр. 1 мм), прилежащій къ термометрамъ разной величины или формы, и вычислить какой объемъ (напр. сколько куб. миллиметровъ) изъ этого слоя приходится на единицу поверхности (напр. на квадрат. мм.) термометрическаго сосуда, то найденная величина будетъ вообще различна“. Въ термометрахъ *Zoorinkina* на \square мм. поверхности большого термометра приходилось 1,18 куб. мм., а малаго термометра 1,33 куб.

¹⁾ О вычисленіи погрѣшностей наблюденій см.:

Хвольсонъ, *Буръ Физикъ*. 1897. т. I, стр. 244.

Vielle, Cours de Physique. 1888, т. I, p. 4.

Chevalier et Chancel, Précis d'analyse chimique quantitative, 1859, p. 661.

²⁾ *Angot, Sur le psychromètre*. *J. de Phys.* 1881, X, p. 13.

³⁾ *Zoorinkimъ*. Опредѣленія влажности. 1881, стр. 11.

⁴⁾ *Ibidem*, стр. 29.

мм. „На поверхности того термометра, для которого найденная величина больше, испарение должно происходить быстрее, иначе прилегающий к нему воздух будет меньше влажен, чем воздух другого; следовательно для первого $t - t_1$ должна быть больше, а A меньше. Съ уменьшениемъ толщины этого слоя, вследствие увеличения скорости вѣтра, всекомы нами величины будутъ для разныхъ термометровъ разниться все меньше и меньше, следовательно и $t - t_1$ и A будутъ дѣлаться все болѣе и болѣе одинаковыми“. Если, пользуясь указаіями Зворикина, вычислить какой объемъ слоя воздуха толщиной въ 1 мм. придется на 1 кв. мм. его термометра и нашего, причемъ для упрощенія вычисленій будемъ считать послѣдній сферическимъ съ діаметромъ въ 9 мм., то для термометра Зворикина получится 1,17 куб. мм., а для нашего 1,24 куб. мм. на единицу поверхности. Поэтому для нашего психрометра величина A должна быть меньше, а если въ дѣйствительности она найдена болѣею, чѣмъ у Зворикина, то вследствие меньшей силы пружины вентилятора. Это даетъ намъ наглядное доказательство, что величина A не можетъ быть избрана а priori, а для каждаго психрометра должна опредѣляться особо.

Приходится отмѣтить кроми того, что и въ одномъ и томъ же приборѣ вентиляторъ даетъ скорость вѣтра не постоянно одинаковую, а измѣняющуюся въ зависимости отъ продолжительности дѣйствія пружины. Когда пружина заведена, скорость вѣтра получается наибольшая, но уже черезъ нѣсколько минутъ ослабѣваетъ пружина и уменьшается скорость вѣтра, что отражается на психрометрической разности. Если послѣ 10-минутнаго дѣйствія вентилятора отмѣтитъ температуру влажнаго термометра, завести пружину вентилятора и сдѣлать отмѣтку вновь, то приходится убѣждаться, что температура влажнаго термометра понижается до $0,1^\circ$, даже $0,3^\circ$. Такое измѣненіе термометрической разности влечетъ измѣненіе и постоянной A , какъ можно видѣть изъ слѣдующаго примѣра.

Если $t = 16,6^\circ$, $t_1 = 8,5^\circ$ и $t - t_1 = 8,1^\circ$, то

$$f = 3,58 \text{ мм и относит. влажность} = 25\%,$$

если же психрометрическая разность уменьшается на $0,2^\circ$, т. е. $t_1 = 8,7^\circ$, а $t - t_1 = 7,9^\circ$, то

$$f = 3,81 \text{ мм и относ. влажность} = 27\%.$$

Если въ условіяхъ перваго примѣра мы изъ показаній психрометра опредѣлимъ постоянную A , получивъ помощью контрольнаго прибора, напр. сгустительнаго психрометра, $f = 3,58$, тогда $A = 0,00077$. При уменьшеніи психрометрической разности на $0,2^\circ$, т. е. при $t - t_1 = 7,9^\circ$, и при прежнихъ температурахъ воздуха и абсолютной влажности $A = 0,00081$, т. е. измѣнится на $+0,00004$.

Въ ту же сторону, какъ и ослабленіе пружины вентилятора, вліяетъ и частичное высыханіе багета, покрывающаго шарикъ влажнаго термометра. Батистъ въ комнатномъ воздухѣ подвергается высыханію гораздо скорѣе, чѣмъ въ атмосферномъ воздухѣ, и приблизительно чрезъ каждыя двѣ недѣли долженъ быть замѣняемъ новымъ, иначе подъ вліяніемъ пыли и загрязненія онъ начинаетъ высыхать и меньше вбирать въ воду, чѣмъ въ свѣжемъ состояніи, вследствие чего испаряющая поверхность шарика термометра уменьшается. Уже небольшое, желтое, высохшее пятнышко на батистѣ въ поперечникѣ 2—3 мм. измѣняетъ психрометрическую разность на $0,1^\circ$, даже $0,2^\circ$.

Разность термометровъ въ психрометрѣ съ вентиляторомъ всегда бываетъ больше, чѣмъ при неподвижномъ психрометрѣ, поему при первомъ должно сильнѣе обнаружиться вліяніе на постоянную A и на вычисляемую влажность неправильнаго отсчета влажнаго термометра, зависящаго оттого, что столбъ ртути въ немъ находится при высшей температурѣ, чѣмъ его сосуда, вследствие чего, показаніе термометра выше истиннаго. Этогь источникъ ошибокъ при пользованіи психрометромъ указавъ Э. Е. Лейстоль¹⁾, давшимъ и формулу для приведенія показаній влажнаго термометра къ истинной температурѣ его сосуда:

$$\theta = 0,000446(n + t)(t - \tau),$$

1) Лейстоль. О вліяніи температуры столба ртути. Зап. Имп. Ак. Н., 1891.

где n — длина столба ртути от термометрического сосуда до нулевой черты, выраженная в градусах, t — отсчет термометра, τ — средняя температура столба и равняется $\frac{T+t}{2}$. В наших термометрах $n = 20^{\circ}$.

Если $T = 23,2^{\circ}$, $t = 15,2^{\circ}$, то $\tau = 19,2^{\circ}$ и поправка

$$\theta = 0,000446 \cdot 35 - 4 = -0,06^{\circ}.$$

Поправкой этой и счет возможным пренебречь, так как она менее $0,1^{\circ}$ и потому, что введение ее внесло бы усложнения и при вычислениях A и при пользовании психрометром для определения влажности. Кроме того в комнатном воздухе температура едва ли достигает такой величины, чтобы поправка эта доходила до $0,1^{\circ}$. Другое дело, впрочем, представится в жарких и сухих странах при определении влажности наружного воздуха. Пренебрежением этой именно поправки может быть объясняется ненадежность показаний психрометра, как то признает *Angot*, при психрометрической разности превосходящей 12° .

Взрывная погрешность постоянной A для итальянского психрометра, введенная из 31 сравнения его с гигрометром *Crova*, равняется, как сказано выше, $\pm 0,000003$, следовательно, если мы пользуемся психрометром для определения влажности, то взрывная ошибка результата равняется той, которая произойдет от замены $0,00077$ величиной большей или меньшей ее на $0,000008$.

Если, положим, при $t = 18,5^{\circ}$ и $t_1 = 10,0^{\circ}$ мы определили $f = 4,18$ и $\% = 26,3$, то при $A = 0,000773$ f будет $4,15$, а $\% = 26,2$, т.-е. взрывная ошибка вычисленной абсолютной влажности $\pm 0,03$ мм. и относительной влажности $\pm 0,1\%$. Такая погрешность относится к среднему результату, полученному приблизительно из 30 наблюдений. Погрешность единичного наблюдения равна $\pm 0,000014$. Если постоянная A не верна на $\pm 0,000014$ или $1,8\%$ своей величины, то в вышеприведенном примере погрешность абсолютной влажности будет $\pm 0,08$ мм. и относительной влажности $\pm 1\%$.

Так как источники ошибок, кроющиеся в силе пружины вентилятора и в вычислении баллиста, легко могут быть при внимании устранены, то итальянский психрометр представляет весьма точный инструмент для определения влажности в комнатном воздухе и для проверки других приборов, раз постоянная величина его была определена. С той же степенью точности может служить он и для совершенно спокойного наружного воздуха. При ветре надежность его менее. В этом случае психрометр будет находиться в струе воздуха различной скорости, а не той, при которой определена его постоянная величина.

Этот итальянский психрометр и служил нам, наравне с психрометром *Crova*, проверочным прибором при изучении других инструментов, применяемых для определения влажности воздуха.

Аспирационный психрометр *Assmann's* есть водовлажный психрометр с вентилятором. Каждый термометрический сосуд заключен в открытую снизу трубку с двойными стенками, вентилятор же с часовым механизмом, соединяющийся с этими трубками, помещен в цилиндрической коробке наверху прибора. Воздух просасывается мимо термометров в восходящем направлении со скоростью 2,4 метра в секунду. Трубки отодвинуты снаружи и имеют двойные стенки, между которыми тоже просасывается воздух. Термометрические сосуды таким образом защищены от нагревания лучами солнца и от лучеиспускания окружающих предметов. *Spring* определил для психрометра *Assmann's* постоянную равную $0,000662$. *Edelmann* после тщательного изучения прибора признает его превосходящим и наилучшим из всех существующих психрометров. Однако и у психрометра *Assmann's* проверка постоянной необходима.

Более подробное описание и рисунок прибора можно видеть в *Метеорологик и Камматологик Лачинова*, 2 изд., у *Gartner's* (*Leitfaden der Hygiene*) и в энциклопедическом словаре *Брокгауза и Эфрона* т. VIII, стр. 629.

Працевой психрометр. Если термометр привязать к шнуру и привести в быстрое круговое движение в горизонтальной плоскости, то чрез 2—3 минуты он покажет температуру окружающего воздуха. Обернув шарик термометра кисеею, смоченной водой, и повторив вращение термометра, получим температуру влажного термометра. Из разности показаний термометров определяется влажность воздуха. Такова простейшая форма психрометра-пращи, предложенная *Walferdin'om's* ¹⁾. Если к шнуру прикрепить два термометра, сухой и влажный, то показания обоих доходят до постоянной величины одновременно. Дальнейшее усовершенствование психрометра-пращи заключалось в том, что оба термометра верхними концами прикрепились под углом к вертикальному стержню, подставка которого позволяла ему вращаться по оси. Вращение производилось или шнурком, как это делается при запуске волчка, или помощью шестерни и зубчатого колеса. Последнее видоизменение прибора (*Срезневский*) делает его очень удобным и портативным.

Вращением термометров достигается та же цель, как и при помощи вентилятора. Сухой термометр, приходя в соприкосновение с постоянно м比亚ющими частицами воздуха, быстрее и вбрые указывает его температуру, влажный же термометр, если вращение равномерно, подвергается влиянию вбтра постоянно одинаковой скорости—условие, необходимое для правильного пользования психрометром. Главнейший упрек, делаемый психрометру-пращи, заключается в том, что термометр показывает температуру выше истинной, вследствие близости наблюдателя. Упрек вполне справедлив, но надо иметь в виду, что близость наблюдателя отражается в равной мбре на обоих термометрах, почему ошибки в определении влажности почти не получаются и кроме того ошибка в температурбх на 0,1° или 0,2° вполне окупается другими достоинствами прибора. С другой стороны необходимо отметить, что и при употреблении психрометра с вентилятором не может быть уверенности, что получаемая температура не выше истинной на 0,1° или 0,2°. Та комната

¹⁾ Regnault. Etudes sur l'hygrometrie. An. de Ch. et de Phys., 1833, t. 37, p. 283.

гигиенического института, в которой производились описанные выше наблюдения над итальянским психрометром, имела водяное отопление и нагревательная батарея помещается под окном, на 3 метра расстояния от которого был поставлен психрометр. Хотя психрометр был защищен от прямого лучеспускания батареи, но каждый раз, когда батарея была нагрбта, термометр от действия вентилятора повышался до 0,2°. Явление это повторилось настолько правильно, что осенью, когда отопление производилось только жарбда, всегда можно было по повышению термометра заключать безошибочно, что в этот день батареи была нагрбта. Очевидно, что вентиляторы, не смотря на свою малую величину, приводят в движение значительные массы воздуха, по крайней мбре на пространствах, имеющих радиус в 3 метра.

Doyere (1855) ²⁾ сравнивал психрометр-пращу при различных условиях атмосферы с показаниями ступенчатого гигрометра и вбсового способа и вывел его постоянную равной 0,000687.

Macé de Lépinaf (1881) ³⁾, основываясь на исследованиях *Regnault*, предполагал, что, употребляя достаточную скорость вбтра, можно достигнуть того, что величина *A* не будет чувствительно изменяться, т. е. сбдается независимой от скорости вращения психрометра-пращи и, следовательно, от скорости вбтра. Сравнения психрометра-пращи с гигрометром *Alluard'a* в комнате и в атмосферном воздухе подтвердили его предположения и показали, что при скорости вращения от 4,13 до 10 метров в секунду величина *A* не изменяется и остается равной 0,000693.

Denecke (1886) ²⁾ производит определение влажности помощью двух термометров, привязанных каждый к шнуру, вращая сначала сухой термометр, а потом влажный. Последний был обернут двойным слоем кисеи. Так как длина шпура до шарика термометра была 1 метр и при вращении термометр в течение секунды делал один оборот, то скорость вращения была 6,3 метра в секунду. Проверочными приборами служили гигро-

¹⁾ Douot. Sur le psychrometre. J. de Phys., 1881 (1) X, p. 113.

²⁾ Macé de Lépinaf. Recherches experimentales sur le psychrometre a froide. Ibid. p. 17.

метр *Regnault* и вѣсовой способъ. Изъ своихъ наблюдений *Denecke* получить $A = 0,000706$.

*Ferrel*¹⁾ для працевого психрометра вывелъ формулу

$$f = F_1 - 0,00066(1 + 0,00115t_1)(t - t_1)H.$$

*Abbe*²⁾ подтверждаетъ, что эта формула применима для всѣхъ скоростей вѣтра выше 3 метровъ въ секунду и очень близка ко всѣмъ формамъ и величинамъ сосудовъ.

Працевой психрометръ, имѣющийся въ гигиеническомъ институтѣ, снабженъ зубчатымъ колесомъ, движение котораго передается шестернѣ и укрѣпленной на ней вертикальной оси прибора съ термометрами. При вращеніи зубчатого колеса термометры описываютъ кругъ съ радиусомъ въ 0,19 метра. Если зубчатое колесо дѣлаетъ 50 оборотовъ въ минуту, то скорость вращенія термометровъ 4,6 метра въ секунду. Термометры имѣютъ шарообразные резервуары съ диаметромъ въ 11 мм.

Такъ какъ величина A зависитъ отъ скорости движенія воздуха и отъ формы и размѣровъ термометрическихъ сосудовъ, то являясь вопросомъ, нельзя ли а priori для нашего психрометра—пращи опредѣлить A , основываясь на вышеназванныхъ наблюденіяхъ. Къ сожалѣнію, ни одно изъ нихъ не даетъ указаній на размѣръ термометрическихъ сосудовъ, съ которыми эти данныя получены. Если *Abbe*, подтверждая, что формула *Ferrel*'а подходитъ близко къ термометрическимъ сосудамъ всѣхъ размѣровъ и формъ, ссылается на *Зюрыкина*, нашедшаго ту же величину A для скорости въ 3 метра въ секунду, то по справкѣ съ графической таблицей *Зюрыкина* оказывается, что 0,00066 относится къ маленькому термометрическому сосуду съ поперечникомъ въ 4 мм. и, следовательно, не можетъ быть пригодно для нашихъ термометровъ въ 11 мм. Для величины A термометровъ съ диаметромъ въ 10 мм. *Зюрыкинъ* даетъ слѣдующее уравненіе, подтвержденное *Grossmann*'омъ:

$$10^6 A = 593,1 + \frac{135,1}{\sqrt{V}} + \frac{48,0}{V}$$

1) *Denecke*. Ueber die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit. Zeitschr. f. Hygiene, 1886, I, S. 47.

2) *Grossmann*. Beitrag zur Geschichte und Theorie des Psychrometers. Zeitschr. f. Meteorologie, 1889, S. 141.

Т А Б Л И Ц А 20.

Сравненіе психрометра—пращи съ итальянскимъ психрометромъ.

№№	H	Итальянскій психрометръ.				Психрометръ—праща.			
		t	t ₁	t-t ₁	f	t	t ₂	t-t ₂	A ₂
1	750,0	21,4	11,9	9,5	4,87	21,4	11,5	9,9	0,000 702
2	749,2	17,6	9,5	8,1	4,20	17,8	9,2	8,6	697
3	—	20,8	10,6	10,2	3,72	21,0	10,3	10,7	703
4	—	17,9	9,7	8,2	4,26	18,1	9,3	8,8	681
5	748,6	16,7	6,2	10,5	1,04	17,0	5,9	11,1	711
6	—	16,7	6,1	10,6	0,94	17,0	5,9	11,1	723
7	745,2	19,6	8,4	11,2	1,82	19,6	8,1	11,5	729
8	—	19,6	8,4	11,2	1,82	19,7	7,9	11,8	698
9	749,1	21,2	9,4	11,8	2,00	21,4	9,1	12,3	730
10	743,2	21,7	11,1	10,6	3,80	21,6	10,7	10,9	716
11	749,1	21,4	11,2	10,2	4,04	21,6	10,9	10,5	723
12	750,2	19,6	8,8	10,8	2,23	19,6	8,3	11,3	702
13	736,6	19,6	9,8	9,8	3,45	19,8	9,4	10,4	696
14	748,6	20,3	9,6	10,7	2,76	20,2	9,1	11,1	706
15	748,0	20,5	9,8	10,7	2,88	20,4	9,3	11,1	707
16	755,0	17,1	8,5	8,6	3,29	17,2	8,2	9,0	712
17	—	17,1	8,5	8,6	3,29	17,3	8,1	9,2	688
18	—	19,5	9,1	10,4	2,68	19,7	8,7	11,0	701
19	763,3	18,1	9,7	8,4	4,06	18,3	9,6	8,7	733
20	763,5	18,5	10,0	8,5	4,18	18,7	9,8	8,9	717
21	763,1	18,5	10,1	8,4	4,30	18,7	9,8	8,9	699
22	761,5	16,2	8,5	7,7	3,77	16,4	8,3	8,1	715
23	767,4	17,1	8,5	8,6	3,21	17,3	8,0	7,3	674
24	—	18,2	8,3	9,9	2,32	18,4	7,5	10,8	661

Среднее . . . 0,003705

где V есть скорость ветра в метрах в секунду. Вычисляя по этому уравнению A при $V=4,6$ метров, получим $A=0,00067$. Изменение диаметра шарика термометра на $+1$ мм. изменит по *Зюркину* эту величину на $+0,00001$, следовательно для нашего психрометра можно было бы принять $A=0,00068$. Такое допущение оказалось однако несправедливым.

Непосредственное определение постоянной A для психрометра-праца по сравнению с итальянским психрометром дало, как это видно из 20 таблицы,

$$A=0,000705,$$

с вероятною погрешностью среднего результата $\pm 0,000002$ и единичного наблюдения $\pm 0,000012$.

Если A не верно на $\pm 0,000012$, т. е. на $1,7\%$ своей величины, то ошибка вычисленной абсолютной влажности при $t=18,5^\circ$ и $t-t_1=10^\circ$ будет $\pm 0,09$ мм. и относительной влажности $\pm 0,6\%$, при $t-t_1=8^\circ$ ошибка абсолютной влажности может быть $\pm 0,07$ мм. и относительной влажности $\pm 0,4\%$.

Величина погрешностей працевого психрометра несколько меньше, чем итальянского психрометра, следовательно первый инструмент точнее. Второе достоинство его состоит в том, что психрометр-праца может с одинаковою точностью применяться и для атмосферного воздуха, чего нельзя сказать про итальянский психрометр. Помимо опытных доказательств послѣднему положению, данных *Davies'ом* и *Masé de Leria's*, къ нему приходим и послѣ простого теоретическаго разсужденія. При вращеніи психрометра въ струѣ воздуха какой-либо скорости въ одной половинѣ круга вращенія скорость ветра складывается со скоростью движенія психрометра, а въ другой вычитается изъ нея, следовательно на вѣтрѣ психрометр-праца подвергается вліянію движенія воздуха той же скорости, какъ и при неподвижномъ воздухѣ. Въ числѣ недостатковъ психрометра-праца должны быть отмѣнены: 1) некоторая субъективность въ управленіи приборомъ; легко можетъ быть, что два наблюдателя съ однимъ и тѣмъ же приборомъ не получатъ совершенно тождественныхъ результатовъ; 2) вліяніе близости наблюдателя на температуру, показываемую термометрами.

Достоинства прибора однако превышаютъ его недостатки и если прибавить къ этому, что въ сложенномъ видѣ онъ имѣетъ малый объемъ и очень удобенъ для переноски, то психрометр-праца долженъ быть поставленъ въ числѣ инструментовъ, желательныхъ для широкаго распространенія въ санитарной практикѣ.

Такъ какъ въ числѣ причинъ, препятствующихъ распространенію психрометра-праца, надо поставить отсутствіе назначенныхъ для него таблицъ и невозможность пользоваться составленными для метеорологическихъ цѣлей, то прилагаю таблицу 21 для вычисленія влажности, составленную по образцу таблицы *Зюркина*, и, какъ ея дополненіе, таблицу 22 давленія воднаго пара на каждыя $0,1^\circ$, взятую у *Regnault*, но нѣсколько сокращенную и иначе расположенную. Пользованіе этой таблицей значительно облегчитъ вычисленія, какъ можно видѣть изъ примѣра:

$$\begin{aligned} t &= 18,5^\circ \\ t_1 &= 10,4^\circ \\ t-t_1 &= 8,1^\circ \end{aligned}$$

Для разности въ $8,1^\circ$ находимъ въ 21-ой таблицѣ 4,31; вычитъ эту величину изъ числа, выражающаго давленіе воднаго пара при $10,4^\circ$, имѣемъ $9,41 - 4,31 = 5,1$ мм. Это число и будетъ абсолютная влажность, выраженная въ миллиметрахъ. Для полученія относительной влажности помножаемъ абсолютную влажность на 100 и дѣлимъ на давленіе воднаго пара при температурѣ сухого термометра, т. е.

$$\frac{5,10 \times 100}{15,85} = 32\%.$$

Цифры мелкаго шрифта въ таблицѣ 21 показываютъ насколько нужно увеличивать или уменьшать числа, подъ которыми онѣ подпесаны, если высота барометра выше или ниже 755 мм. на 1 мм.

ТАБЛИЦА 21.

Таблица для вычисления абсолютной влажности по показаниям психрометра-траси.

0,000705 (t—t₁) 755 для разныхъ величинъ (t—t₁)

t—t ₁	0,0°	0,1°	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°	0,6°	0,7°	0,8°	0,9°
0°	0,00	0,05	0,11 0,002	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37 0,005	0,43	0,48
1°	0,53	0,58	0,64 0,003	0,69	0,75	0,80	0,85	0,90 0,002	0,96	1,01
2°	1,06	1,12	1,17 0,003	1,22	1,28	1,33	1,38	1,44 0,003	1,49	1,54
3°	1,60	1,65	1,70 0,002	1,76	1,81	1,86	1,92	1,97 0,002	2,02	2,08
4°	2,13	2,18	2,24 0,003	2,29	2,34	2,40	2,45	2,50 0,003	2,56	2,61
5°	2,66	2,71	2,77 0,003	2,82	2,87	2,93	2,98	3,03 0,003	3,09	3,14
6°	3,19	3,25	3,30 0,003	3,35	3,41	3,46	3,51	3,57 0,003	3,62	3,67
7°	3,73	3,78	3,83 0,003	3,89	3,94	3,99	4,05	4,10 0,003	4,15	4,21
8°	4,26	4,31	4,36 0,002	4,42	4,47	4,52	4,58	4,63 0,002	4,68	4,74
9°	4,79	4,84	4,90 0,003	4,95	5,00	5,05	5,11	5,16 0,002	5,22	5,27
10°	5,32	5,38	5,43 0,002	5,48	5,54	5,59	5,64	5,70 0,002	5,75	5,80
11°	5,86	5,91	5,96 0,002	6,02	6,07	6,12	6,18	6,23 0,002	6,28	6,34
12°	6,39	6,44	6,49 0,002	6,55	6,60	6,65	6,71	6,76 0,002	6,81	6,87

ТАБЛИЦА 22.

Давление водяного пара въ миллиметрахъ ртутного столба по Regnault.

Темп. С.	0,0°	0,1°	0,2°	0,3°	0,4°	0,5°	0,6°	0,7°	0,8°	0,9°
5°	6,53	6,58	6,63	6,67	6,72	6,76	6,81	6,86	6,90	6,95
6°	7,00	7,05	7,10	7,14	7,19	7,24	7,29	7,34	7,39	7,44
7°	7,49	7,54	7,60	7,65	7,70	7,75	7,80	7,86	7,91	7,96
8°	8,02	8,07	8,13	8,18	8,24	8,29	8,35	8,40	8,46	8,52
9°	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,87	8,93	8,99	9,05	9,11
10°	9,17	9,23	9,29	9,39	9,41	9,47	9,54	9,60	9,67	9,73
11°	9,79	9,86	9,92	9,99	10,05	10,12	10,19	10,26	10,32	10,39
12°	10,48	10,53	10,60	10,67	10,73	10,80	10,88	10,95	11,02	11,09
13°	11,16	11,24	11,31	11,38	11,46	11,53	11,61	11,69	11,76	11,83
14°	11,91	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
15°	12,70	12,78	12,84	12,95	13,03	13,11	13,20	13,28	13,37	13,45
16°	13,54	13,62	13,71	13,80	13,89	13,97	14,06	14,15	14,24	14,33
17°	14,42	14,51	14,61	14,70	14,79	14,88	14,98	15,07	15,17	15,26
18°	15,36	15,45	15,55	15,65	15,75	15,85	15,95	16,05	16,15	16,25
19°	16,35	16,45	16,55	16,66	16,76	16,86	16,97	17,07	17,18	17,29
20°	17,39	17,50	17,61	17,72	17,83	17,94	18,05	18, 6	18,27	18,38
21°	18,50	18,61	18,72	18,84	18,95	19,07	19,19	19,31	19,42	19,54
22°	19,66	19,78	19,90	20,02	20,14	20,27	20,39	20,51	20,64	20,76
23°	20,89	21,02	21,14	21,27	21,40	21,53	21,66	21,79	21,92	22,05
24°	22,18	22,32	22,45	22,59	22,72	22,86	23,00	23,14	23,27	23,41
25°	23,55	23,69	23,83	23,98	24,12	24,26	24,41	24,55	24,70	24,84

Г Л А В А V.

Испарители.

Влажность воздуха с точки зрения гигиены имеет значение не сама по себе, но в том отношении, поскольку вызывает через испарение потерю влаги человеческим организмом и окружающими его предметами. Поэтому естественна была мысль непосредственно определять иссушающую силу воздуха, измеряя для этого количество испарившейся воды с какой-либо поверхности, а не заключать об этой силе по данным, полученным помощью приборов, измеряющих влажность воздуха.

Испарение представляет весьма сложное физическое явление и, кроме других факторов, имеющих сравнительно меньшее значение, обуславливается главным образом температурой, давлением, влажностью воздуха и его движением. Влияние на испарение движения воздуха весьма значительно, но в неподвижном воздухе испарение по закону *Dalton'a* зависит от температуры и влажности воздуха, или прямо пропорционально недостатку насыщения $F - f$ и обратно пропорционально давлению. Следовательно, измеряя испарение в атмосферном воздухе, мы получаем представление о высушивающей силе воздуха, его способности отнимать воду от находящихся в нем предметов. Изменяя же испарение в покойном воздухе, можно может быть назвать комнатный воздух, имея возможность кроме того определять и влажность воздуха.

Мысль о применении с последней целью явления испарения высказывается почти во всех руководствах по гигиене, но из-

кто однако кроме *Krieger'a*¹⁾ (1871) не пользовался ей на деле.

Приборы, служащие для измерения величины испарения, известны под именем атометров или эвапориметров. Число их весьма велико²⁾, но все они могут быть разделены на два класса: в одних потеря воды через испарение узнается прямым измерением, в других через уменьшение веса. Могут быть сданы и дальнейшие подразделения в зависимости от того, происходит ли испарение с свободной водной поверхности, или испаряется вода проникая чрез пористая тела. Во всех этих приборах испарение воды принято выражать толщиной испарившегося слоя в миллиметрах.

Из всех эвапориметров описаны здесь будут два, служившие нам для изучения испарения в комнатном воздухе: эвапориметр *Wild'a*, применяющийся на русских метеорологических станциях, и *Piche'a*, распространенный во Франции.

Испаритель *Wild'a* состоит из круглой мѣдной чаши, поверхность которой равняется 250 кв. сант., поставленной на так называемые сортировальные вѣсы. Стрѣлка, прикрепленная къ коромислу вѣсов, движется по дугѣ вдоль шкалы, которая разделена таким образом, что каждое дѣление ее соответствует испарению изъ чаши слоя воды въ 0,2 миллиметра. Такой слой при поверхности чаши въ 250 кв. сант. вѣситъ 5 граммъ.

Испаритель *Piche'a* имеет вид цилиндрической стеклянной трубки, завазанной съ одного конца, въ диаметръ около 1 сантим. и длиной 30—35 сантим. Трубка наполняется водой и открытый конецъ ее закрывается кружкомъ изъ непрокаленной толстой бумаги съ диаметромъ въ 3 сантиметра, которая удерживается на мѣстѣ пружиной. Запасъ такихъ бумажныхъ кружковъ приобретается вмѣстѣ съ приборомъ. Наполнивъ трубку и приладивъ бумажный кружокъ, опрокидываютъ ее внизъ и помѣщаютъ въ отвѣсномъ положеніи, подѣлывая за стеклянное ушко, припаиваемое къ закрытому концу.

¹⁾ Krieger. Aetiologische Studien. Strassburg. 1880.

²⁾ Geleisch. Ueber Verdunstungsmesser. Zeitschr. f. Instrukt. 1890. X. Личковъ. Кругъ метеорологіи и климатологіи.

Вода пропитывает кружок и испаряется с его поверхности, замещаая по мѣрѣ испаренія воздухомъ, проникающимъ въ видѣ мелкихъ пузырьковъ внутрь трубки чрезъ бумажный кружокъ. Трубка градуирована такъ, что испаренію слоя воды толщиной въ 1 мм. съ поверхности бумажного кружка соответствуетъ одно дѣленіе, раздѣленное еще на десять частей достаточно крупныхъ, что даетъ возможность отсчитывать величину испаренія съ точностью до $\frac{1}{100}$ миллиметра¹⁾.

Постановка наблюдений была слѣдующая.

Испарители *Wild'a* и *Piche'a* *) помещались среди комнаты емкостью въ 300 куб. метровъ на столѣ рядомъ съ самопишущими термометромъ и гигрографомъ *Richard'a* и итальянскимъ психрометромъ. Величины испаренія отбѣивались разъ въ сутки въ 1 часть дня, средняя же величина температуры и влажности за истекшія сутки вычислялась изъ 4 наблюдений, выигнхъ съ кривыхъ самопишущихъ приборовъ (1 ч., 6 ч. д., 12 ч. н. и 6 ч. у.). Малаа суточная амплитуда колебаній температуры и влажности комнатнаго воздуха позволяла, собственно говоря, безъ особаго ущерба для точности средней величины пользоваться и двумя наблюдениями въ сутки. Ежедневно въ 1 ч. дня производился отчетъ по итальянскому психрометру и изъ полученныхъ t и φ выводились поправки для самопишущихъ приборовъ, которыя и принимались во вниманіе при вычисленіи среднихъ величинъ. Наблюдения по барометру производились только разъ въ сутки, почему средней величиной атмосфернаго давленія считалась средняя арифметическая двухъ отсчетовъ барометра въ два слѣдующихъ другъ за другомъ дня.

¹⁾ Подобные же испарители описал Tate (1862), а еще ранее Leslie (1813). Приборъ Tate'a (Experimental researches on the laws of Evaporation. Philos. Mag. (4) XIII, 1862, p. 125, 283, XXV, 1863, p. 331), предложенный имъ въ качествѣ гигрометра и позволяющій, болѣе чувствительный, чѣмъ испаритель Piche'a, состоитъ изъ трубки, открытой съ одной концами и закрытой концы наклонно въ горизонтъ; въ одну сторону расширенію и изогнутому концу трубки принадлежитъ въ горизонтальномъ положеніи кружокъ изъ колокольца съ шероховатостью въ 3 мм. длиной, при испареніи съ другаго конца вода движется въ трубку съ скоростью 2 дюймовъ въ часъ. Приборъ Leslie (см. Geleisch. 1. с.) имѣлъ такую же градуированную трубку, какъ и испаритель Piche'a, но означалась только гвинтомъ поворачивать шаромъ.

²⁾ Приборъ Wild'a имѣлъ названіе Гл. Ф. О., испаритель Piche'a былъ работы Duret et Lejeune, Paris.

Такъ какъ движеніе воздуха оказываетъ большое вліяніе на испареніе, то принимались мѣры, чтобы случайные токи воздуха отъ открыванія дверей, форточекъ, вентиляторовъ не имѣли мѣста во время наблюдений.

Испарители слѣдовательно находились въ сравнительно неподвижномъ воздухѣ, такъ какъ комнатный воздухъ и при отсутствіи ощущаемыхъ токовъ всегда находится въ слабомъ движеніи.

Отдѣльныхъ наблюдений надъ испарителемъ *Piche'a* сдѣлано 58 и 50 съ испарителемъ *Wild'a*. Для упрощенія слѣдующихъ вычисленій наблюденія подвергнуты предварительной обработкѣ: въ 1) величины испаренія были приведены къ 755 мм и въ 2) наблюденія разбиты на группы, по 3—4 наблюдений въ каждой, и выведены для каждой группы среднія величины температуры, абсолютной влажности и испаренія.

Выше было сказано, что скорость испаренія по закону *Dalton'a* идетъ прямо пропорціонально недостатку насыщенія окружающаго воздуха $F - f$. Такое опредѣленіе вліяется однако не совершенно справедливымъ. Такъ какъ температура испаряющейся жидкости, если только ее искусственно не подогревать, всегда ниже температуры окружающаго воздуха, то надъ жидкостью образуется слой воздуха, насыщеннаго паромъ при температурѣ жидкости и испареніе идетъ пропорціонально не $F - f$, а $F_1 - f$, гдѣ F_1 — наибольшее давленіе водянаго пара при температурѣ испаряющейся жидкости. Слѣдовательно законъ *Dalton'a* долженъ быть изображенъ такъ:

$$E = \frac{C \cdot S(F_1 - f)}{H}$$

гдѣ E — скорость испаренія въ единицу времени, S — поверхность C — некоторая постоянная величина и H — давленіе воздуха.

Если S примемъ за единицу и не будемъ брать въ расчетъ давленія воздуха, то формула будетъ имѣть слѣдующій видъ

$$E = C_1(F_1 - f).$$

При вычисленіи величины испаренія по этой формулѣ приходится поэтому, кромя температуры воздуха и его влажности,

знать еще и температуру испаряющей поверхности. Это не представляется затрудненным, когда дело идет о свободной водной поверхности, которую имеем в испарителе *Will'a*, так как можем измерить ее температуру, погружая термометр в воду. Не так обстоит дело с испарителем *Piche'a*: термометр здесь не применим. Температуру его бумажного кружка обыкновенно принимают ¹⁾ равной температурѣ влажного термометра неподвижного психрометра, находящегося при тех же условиях. Допущение это однако не может считаться справедливым, так как на температуру влажного термометра оказывается влияние, как это было указано в главѣ о психрометрѣ, родъ и толщина обертки и неизвестно, как относится другъ къ другу испарение съ влажного батиста и пропускной бумаги. Вѣрнѣе будетъ предположение, какъ это сдѣлалъ *Houdaille* ²⁾, что температура бумажного кружка въ испарителѣ *Piche'a* нѣсколько выше, чѣмъ температура влажного термометра, какова же въ действительности — остается неизвестной.

Для прямого измерения температуры бумажного кружка приготовлены были мной два термоэлектрическихъ элемента изъ тонкой платиновой и желѣзной проволоки. Каждый элементъ состоялъ изъ двухъ проволокъ, спаянныхъ на концѣ на протяженіи около 2 сантиметровъ и загнутыхъ въ видѣ незамкнутого кольца съ поперечникомъ около $\frac{1}{2}$ сантиметра.

Спай, благодаря своей кольцеобразной формѣ, могли применяться для измерения температуры шарообразной поверхности термометра и плоской поверхности бумажного кружка, такъ какъ въ томъ и другомъ случаѣ прикосаніе приблизительно на одномъ и томъ же протяженіи. Отклоненія гальванометра, соответствующія разлнчной разности температуръ обонхъ спаевъ, были определены предварительнымъ опытомъ, для чего каждый спай выветѣ съ термометромъ, раздѣленнымъ на $\frac{1}{10}^{\circ}$, погружался въ стандартный, наполненный масломъ. Отклоненіе стрѣлки гальванометра до 5° разности температуръ обонхъ спаевъ шло пропорционально равно-

¹⁾ Annuaire de Montsouris, 1875, p. 291.

²⁾ Houdaille. Sur les lois de l'évaporation. Comptes rendus, 1885, t. 100, p. 170—172.

сти температуръ, при чѣмъ 1° разницы въ температурѣ давалъ отклоненія въ 3° дуги круга.

Измереніе температуры испаряющей поверхности въ испарителѣ *Piche'a* производилось по двумъ способамъ. Одинъ спай приводился въ соприкосновеніе съ оболочкой влажного термометра, другой съ бумажнымъ кружкомъ, или одинъ спай оставался въ воздухѣ, а другой прикосался послѣдовательно къ шару влажного термометра и къ бумажному кружку. Такимъ образомъ определялась собственно разность температуръ обонхъ испаряющихъ поверхностей. Къ этому приему пришлось прибѣгнуть потому, что прямое измереніе температуры испаряющей поверхности помощью термоэлектрическаго элемента оказалось невозможнымъ, такъ какъ спай, приложенный къ охлажденной поверхности, не принималъ ее температуры, а показывалъ нѣсколько большую, вслѣдствіе нагреванія другой поверхности спаивъ воздухомъ — во первыхъ, и вслѣдствіе уменьшенія испаренія съ тѣхъ точекъ влажной поверхности, къ которымъ спай прикосался — во вторыхъ.

Измеренія показали, что температура бумажного кружка испарителя *Piche'a* всегда выше, чѣмъ соответствующая температура влажного термометра неподвижного психрометра. Такъ при $17,7^{\circ}$ и абсолютной влажности $6,0^{\text{мм}}$ влажный термометръ показывалъ $12,1^{\circ}$, а температура кружка *Piche'a* была $13,1^{\circ}$. Нѣсколько такихъ измереній (8) дали возможность установить зависимость между температурой и влажностью воздуха — съ одной стороны и температурой испаряющаго кружка *Piche'a* — съ другой. Если для неподвижнаго психрометра разность термометровъ выражается формулой $f = F_1 - 0,83(t - t_1)$, то для испарителя *Piche'a* оказалась применимой формула

$$f = F_1 - 1,2(t - t_1)$$

отсюда

$$F_1 - f = 1,2(t - t_1).$$

Выраженіе это позволяетъ въ каждомъ случаѣ примененія испарителя *Piche'a*, когда известна абсолютная влажность воздуха f и температура его t , опредѣлить помощью постепеннаго приближенія и температуру бумажного кружка t_1 .

По этой формулѣ вычислены t_1 и F_1 въ таблицѣ 23; величины температуры воздуха — t , абсолютной влажности — f , относительной влажности — $\%$, испарение въ миллиметрахъ за сутки по испарителю *Piche'a* — E_p , тоже по испарителю *Will'a* — E_w даны прямыми наблюдениемъ.

Изъ формулы $E = C(F_1 - f)$ слѣдуетъ, что

$$C = \frac{E}{F_1 - f}$$

Эта постоянная величина оказалась въ среднемъ равной 0,475.

Изъ таблицы слѣдуетъ, что въ воздухѣ закрытыхъ помещений зависимость между влажностью воздуха и количествомъ воды, испарившейся въ течение сутокъ съ испарителя *Piche'a*, можетъ быть выражена слѣдующимъ уравнениемъ

$$E = 0,475 (F_1 - f).$$

По этому уравнению можетъ быть определено E , когда известны температура воздуха и f , а F_1 вычислена по уравнению $F_1 - f = 1,2(t - t_1)$. Обратное же примѣненіе уравненія для вычисленія f представляетъ большія затрудненія. Чтобы по показаніямъ испарителя *Piche'a* судить о влажности воздуха, приходится составить таблицу, въ которой для каждаго градуса температуры при разныхъ степеняхъ влажнаго воздуха вычислены $F_1 - f$ и E .

Затрудненія эти, вызываемыя примѣненіемъ уравненія $E = 0,475 (F_1 - f)$ для определенія влажности воздуха, могутъ быть устранены, если отрѣшиться отъ представленія о формулѣ *Dalton'a*, какъ о непреложномъ физическомъ законѣ. Въ самомъ дѣлѣ, имѣется много основаній полагать, что эта формула только приближительная. *Dalton* полагалъ, что испарение идетъ пропорціонально площади испаряющей поверхности. *Stefan*¹⁾ и *Срезневскій*²⁾ показали для круглыхъ и эллиптическихъ сосудовъ, что испарение совершается пропорціонально не площади, а радиусу ихъ.

1) Stefan. Ueber die Verdampfung aus einem Kreisförmig oder elliptisch begrenzten Becken. Wien. Berichte, 1881. t. 83, p. 943.

2) Срезневскій. Объ испареніи жидкостей. 1883.

ТА Б Л И Ц А 23.

$\%$	t	t_1	f	$F_1 - f$	$F - f$	E_p	E_w	$C = \frac{E_p}{F_1 - f}$	$C_1 = \frac{E_w}{F - f}$
04	17,9	15,3	9,77	3,15	5,49	1,50	0,38	0,476	0,969
01	17,1	14,3	8,81	3,35	5,70	1,58	0,36	0,471	0,955
05	16,6	13,5	7,78	3,73	6,28	1,64	0,45	0,440	0,972
51	16,6	13,15	7,13	4,15	6,93	1,84	0,46	0,443	0,966
47	16,7	12,95	6,66	4,47	7,49	2,03	0,71	0,454	0,993
47	15,6	12,0	6,16	4,31	7,04	2,10	0,78	0,487	0,111
42	16,8	12,6	5,91	5,00	8,33	2,32	0,80	0,464	0,996
35	14,6	10,35	4,31	5,07	8,03	2,35	0,70	0,464	0,987
31	18,0	12,7	4,67	6,32	10,69	3,06	0,80	0,484	0,975
29	18,2	12,8	4,55	6,48	11,00	3,04	0,81	0,469	0,974
27	17,8	12,3	4,09	6,59	11,08	3,20	0,80	0,486	0,972
24	18,3	12,5	3,81	6,98	11,84	3,45	0,92	0,494	0,978
23	16,7	11,2	3,26	6,03	10,89	3,29	0,90	0,486	0,982
21	19,1	12,85	3,45	7,52	13,00	3,78	—	0,503	—
17	20,1	13,1	2,92	8,36	14,58	4,04	—	0,483	—
15	18,0	11,5	2,30	7,81	13,06	3,85	1,03	0,493	0,979
15	19,4	13,05	2,57	8,64	14,19	4,06	1,05	0,470	0,974
Среднее								0,475	0,05

*Houdaille*³⁾ принять для величины испарения и площади испаряющей поверхности более сложную зависимость.

По формулѣ *Dalton*'а испарение обратно пропорционально барометрическому давлению. Наблюдения *de Heen*'а²⁾ съ испарителемъ *Piche*'а не подтвердили этого положения: при 755^{мм} испарилось 100 мм. а при 162^{мм} давления 1,23 мм.

По *Dalton*'у скорость испарения растётъ пропорционально разности $F_1 - f$. *Stefan* установилъ, что оно идетъ пропорционально

$$\log \text{nat} \frac{H-f}{H-F_1}.$$

*De Heen*²⁾ вывелъ для скорости испарения слѣдующую формулу

$$E = C \cdot F_1 (100 - 0,88f) \sqrt{V},$$

гдѣ f —относительная влажность, а V —скорость движения воздуха.

Изъ опытовъ *Laval*'а⁴⁾ слѣдуетъ, что

$$E = \frac{SF_1 \left(\frac{1-F}{f} \right)}{F^a} \times \text{Const.}$$

*Гермунъ*⁵⁾ полагаетъ, что формула *Stefan*'а ближе выражаетъ истину, чѣмъ формула *Dalton*'а и *de Heen*'а. Ель такому же заключенію по отношенію къ формуламъ *Dalton*'а и *Stefan*'а пришелъ и *Winkelmann*⁶⁾.

Изъ предъидущаго видно, что истинные законы, управляющие испареніемъ, остаются пока неизвѣстными и что всѣ формулы, предложенныя для установленія зависимости между влажностью

1) *l. c.*

2) *De Heen. Recherches sur la vitesse d'évaporation des liquides. Bull. de l'Acad. de Belgique, 1891 (3) XXI, p. 11, 214, 708.*

3) *Laval. Vérification expérimentale des lois de Dalton. Mem. de la Soc. des sc. ph. et. nat. de Bordeaux, 1882, (2) V, p. 170. Ref. Jour. de Phys., 1882, p. 500.*

4) *Гермунъ. Испарение. Физикал. слов. Брокгаузъ и Зеверъ, 1894, т. XIII, стр. 436.*

5) *Winkelmann. Die Verdampfung in ihrer Abhängigkeit von unserem Druck. Wied. Ann. t. 33, p. 445—453. По рус. вь Fortschritte der Physik im Jahre 1888, 2 abthell, p. 329.*

воздуха и величиной испарения, являются только приблизительно выражающими эту связь. Одно несомнѣнно, что испарение зависитъ и отъ наибольшаго напряженія водяного пара при данной температурѣ F или F_1 и отъ содержанія водяного пара въ воздухѣ f , т. е., выражался математическимъ закономъ, что испарение E есть функция F и f .

Если истинный законъ, выражающій связь между какими-либо величинами, неизвѣстенъ, то эту связь выражаютъ эмпирической формулой или формулой взятой наугадъ¹⁾. Въ нашемъ случаѣ формулѣ можно придать такой видъ

$$E = aF + bf$$

или, если принять, что испарение идетъ приблизительно пропорционально разности $F - f$, взять формулу

$$E = a(F - f) + b(F - f)^2$$

Въ обѣихъ формулахъ a и b есть нѣкоторые постоянныя величины, численныя значенія которыхъ можно опредѣлить изъ наблюдений помощью способа наименьшихъ квадратовъ.

Въ таблицѣ 23 величины f и E даны, кромѣ того дана и температура воздуха t , для которой по таблицамъ *Reynault* находимъ и величину F .

Для формулы $E = aF + bf$ изъ таблицы составляемъ 17 уравненій.

$$\begin{aligned} 15,26 a + 9,77 b &= 1,50 \\ 14,51 a + 8,81 b &= 1,58 \\ 14,06 a + 7,78 b &= 1,64 \\ 14,06 a + 7,13 b &= 1,84 \\ &\dots \dots \dots \end{aligned}$$

Рѣшая эти уравненія, получаемъ

$$a = 0,292 \text{ и } b = -0,306.$$

1) Хвольсонъ. Буръе Физика. 1897, т. I, стр. 23, 247.

Вставляем эти величины в формулу, имеем

$$E = 0,292 F - 0,306f$$

или

$$E = 0,292(F - 1,048f)$$

Так же поступаем для отыскания численного значения величин a и b в формулах $E = a(F - f) + b(F - f)^2$.

$$5,49 a + 30,14 b = 1,50$$

$$5,70 a + 32,49 b = 1,58$$

$$6,28 a + 39,44 b = 1,64$$

$$6,93 a + 48,02 b = 1,84$$

Решив эти уравнения по способу наименьших квадратов, имеем

$$E = 0,274(F - f) + 0,001(F - f)^2.$$

Остается определить, каки из этих формул ближе соответствуют действительности. Для этого по каждой формуле вычислим величины E и сравним их с полученными непосредственным наблюдением. Уклонения вычисленных величин от наблюдаемых составят „погрешности“, а квадратный корень из сумм квадратов погрешностей деленной на 15 (число уравнений—число неизвестных) даст среднюю ошибку результата. Последняя равна для первой формулы $\pm 0,09$, для второй $\pm 0,099$. Первая формула следовательно точнее и ею следовало бы пользоваться при вычислении величин испарений, если бы не препятствовали тому соображения следующего рода. Эмпирические формулы дают надежные результаты, если применяются для вычисления величин, находящихся в промежутке между измеренными нами, т. е. для так называемого интерполирования. Но ими следует пользоваться с осторожностью для экстраполирования, т. е. для получения величин, лежащих вне пределов наблюдений, по которым эти формулы установлены, где истинный, неизвестный закон может существенно отличаться от закона эмпири-

ческого. Наши наблюдения над испарением произведены в пределах влажности воздуха от 15% до 64% и в этих пределах, строго говоря, обе формулы и должны бы только применяться. Однако формула $E = 0,274(F - f) + 0,001(F - f)^2$ более растяжима и может быть распространена и для вычисления испарения при относительной влажности воздуха выше 64%, так как при 100%, когда $f = F$, она обращается в 0, что согласно с действительностью. Формула же $E = 0,292(F - 1,048f)$ не удовлетворяет последнему условию, так напр. при 20° испарение по ней прекращается при 96% влажности.

На этом основании в таблице 24 величина испарения за 24 часа по эвапориметру *Piche'a* при разной температур и относительной влажности воздуха вычислена по формуле ¹⁾.

$$E = 0,274 (F - f) + 0,001(F - f)^2.$$

Что же касается до применения этих формул при влажности воздуха от 15% до 60%, то обе они дают почти тождественные результаты; так напр. при 20° температуры и различных % влажности воздуха величина испарения выражается следующими цифрами в миллиметрах.

$$10\% \quad 20\% \quad 30\% \quad 40\% \quad 50\% \quad 60\%$$

$$E = 0,292(F - 1,048f) \quad 4,55 \quad 4,01 \quad 3,48 \quad 2,95 \quad 2,41 \quad 1,89$$

$$E = 0,274(F - f) + 0,001(F - f)^2 \quad 4,54 \quad 4,00 \quad 3,49 \quad 2,96 \quad 2,46 \quad 1,95$$

Таблица 24 назначена для получения относительной влажности воздуха по показанию испарителя *Piche'a*, если известна средняя температура воздуха за истекший период наблюдений. Средняя температура за сутки может быть выведена из показаний maximum и minimum термометра или из двух показаний обыкновенного термометра, если температура исследуемого помещ-

¹⁾ Кя подобной же формулы, но для испарителя другого рода, $E = 0,014(F - f) + 0,0012(F - f)^2$ см. в работе Fitzgerald. *Proc. Fortschritte der Physik im Jahre 1887*, т. 43; 2 abd., p. 397.

чения не подвергалась большим колебаниям. Числа испарения даны для давления воздуха в 755 мм. Если наблюдение над испарителем Piche'a производилось при ином давлении H , то полученное количество испарившейся воды может быть приведено к 755 чрез умножение на $\frac{H}{755}$.

Наблюдения, положенные на основу таблицы 24, даны эванориметром Piche'a, помещенным среди комнаты, зимой, при отсутствии отопительных токов воздуха. Этих условий и надо придерживаться, чтобы получить по таблицам вѣрные величины влажности. Если прибор будет находиться в почти неподвижном воздухе, какимъ бывает комнатной воздухъ летом, или будет подвергнутъ влиянию хотя и слабымъ, но отопительных токовъ воздуха, то нельзя рассчитывать на надежность опредѣленной влажности. Вообще условия применения испарителя Piche'a одинаковы съ таковыми же для неподвижнаго психрометра и такова же приблизительно должна быть и точность получаемыхъ этими приборами измѣреній влажности.

О степени точности этихъ опредѣлений можно судить по величинамъ данной нами выше средней погрѣшности результата при применении формулы $E = 0,274 (F - f) + 0,001 (F - f)^2$. Средняя погрѣшность E была $\pm 0,099$, вѣроятная погрѣшность равняется $\pm \frac{2}{3} \cdot 0,099$, т. е. $\pm 0,07$. Наблюдая следовательно испарение и получивъ по испарителю Piche'a количество испарившейся воды за сутки, напр., 3,49 при температурѣ 20°, что соответствуетъ по таблицѣ 30% влажности, мы при одѣлкѣ достовѣрности этой последней величины должны принять въ расчетъ, что величина 3,49 дается съ точностью $\pm 0,07$, т. е. показанія 3,42 и 3,56 находятся въ предѣлахъ возможной ошибки, а такъ какъ измѣненія величины 3,49 на $\pm 0,52$ влекутъ измѣненія въ вычисленной влажности на 10%, какъ это видно изъ таблицы 24, то точность опредѣленія относительной влажности должна приниматься равной $\pm 1,5\%$. Имѣя однако въ виду, что сами 17 уравненій, изъ которыхъ выведена формула представляютъ среднія величины изъ наблюдений, вѣрнѣе будетъ считать точность получаемыхъ помощью

ТАБЛИЦА 24.

Количество испаряющейся воды въ миллиметрахъ за 24 часа по испарителю Piche'a при разной температурѣ и различныхъ величинахъ относительной влажности воздуха.

$$E = 0,274 (F - f) + 0,001 (F - f)^2.$$

Температура воздуха в градусах С.	Относительная влажность воздуха								
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
12°	2,67	2,36	2,06	1,75	1,47	1,16	0,87	0,58	0,29
13°	2,84	2,53	2,20	1,88	1,56	1,24	0,93	0,62	0,31
14°	3,05	2,70	2,36	2,01	1,67	1,33	0,99	0,66	0,33
15°	3,26	2,89	2,47	2,15	1,78	1,41	1,06	0,70	0,35
16°	3,49	3,08	2,69	2,29	1,90	1,51	1,13	0,75	0,37
17°	3,73	3,28	2,87	2,45	2,02	1,61	1,21	0,80	0,40
18°	3,98	3,52	3,06	2,61	2,16	1,72	1,28	0,85	0,42
19°	4,26	3,76	3,27	2,78	2,31	1,83	1,37	0,91	0,45
20°	4,54	4,00	3,49	2,96	2,46	1,95	1,46	0,97	0,48
21°	4,84	4,27	3,72	3,16	2,64	2,08	1,55	1,03	0,51
22°	5,16	4,55	3,96	3,37	2,79	2,21	1,65	1,10	0,54
23°	5,50	4,86	4,22	3,59	2,97	2,36	1,76	1,16	0,58
24°	5,87	5,17	4,49	3,82	3,16	2,51	1,87	1,24	0,61
25°	6,26	5,52	4,79	4,07	3,37	2,67	1,98	1,31	0,65

эвапориметра *Piche'a* отдельных определений влажности воздуха въ $\pm 3\%$ или $\pm 4\%$.

Справедливость этого расчета подтверждается и прямыми наблюдениями. Всѣ 58 наблюдений давших основу для составления таблицы 23 произведены въ сентябрь, октябрь и ноябрь. Къ нимъ прибавлены въ декабрь дополнительные наблюдения въ той же комнатѣ гигиеническаго института. Температура и влажность воздуха отмѣчались термографомъ и гигрографомъ *Richard'a*, подъ контролемъ итальянскаго психрометра. Какъ видно изъ таблицы 25, изъ 12 наблюдений только два раза отклонение вычисленной относительной влажности по испарителю *Piche'a* отъ истинной влажности доходило до 4% , въ остальныхъ 10 наблюденияхъ ошибки были меньше.

Т А Б Л И Ц А 25.

t	f	E	Относительная влажность.		
			Наблюдаемая.	Вычисленная.	Разность.
19,1*	2,46	3,96	15%	13%	- 2%
19,0	2,62	4,02	16	15	- 1
20,1	2,63	4,20	15	17	+ 2
20,5	3,05	4,20	17	19	+ 2
20,0	2,78	3,98	16	20	+ 4
19,8	2,92	3,94	17	19	+ 2
19,7	3,50	3,88	20	18	- 2
18,7	3,17	4,07	14	11	- 3
16,3	2,55	3,25	19	17	- 2
17,3	2,06	3,79	14	10	- 4
18,5	2,38	3,81	15	13	- 2
19,4	3,18	3,78	19	18	- 1

Затѣмъ въ томъ же декабрѣ сдѣлано 6 наблюдений съ испарителемъ *Piche'a* въ маленькой комнатѣ объемомъ около 60 куб. метровъ въ частной квартирѣ.

Т А Б Л И Ц А 26.

t	f	E	Относительная влажность.		
			Наблюдаемая.	Вычисленная.	Разность.
18,0	9,83	1,32	64%	68%	+ 5%
18,6	9,57	1,58	60	61	+ 4
18,0	9,37	1,39	61	67	+ 6
18,7	9,15	1,76	57	59	+ 2
17,1	8,13	1,98	56	58	+ 2
19,1	9,54	1,76	58	62	+ 4

Вычисления и наблюдения величины относительной влажности представляютъ следовательно большія отклонения въ маленькой комнатѣ, чѣмъ въ большой. Этого и можно было ожидать, такъ какъ въ малыхъ помѣщеніяхъ воздухъ подвергается большому застою, чѣмъ въ большихъ. Важнейшею величиною *A* въ формулѣ для неподвижнаго психрометра является фактомъ вполне установленнымъ, оба же прибора—психрометръ и испаритель—суть по существу приборы тождественные, съ тѣмъ только различіемъ, что въ одномъ измѣряется степень охлаждения происходящая отъ испаренія воды, въ другомъ же самое количество испарившейся воды. Причины вліяющія на интенсивность испаренія въ обоихъ приборахъ должны быть признаны одинаковыми.

Еще большія отклонения вычисленныхъ величинъ влажности отъ истинныхъ должны быть въ комнатномъ воздухѣ лѣтомъ, когда онъ приближается по температурѣ къ атмосферному воздуху и обмѣнъ между комнатнымъ воздухомъ и вѣшнымъ происходитъ крайне слабо. При этихъ условіяхъ слѣдуетъ ожидать, что испареніе будетъ вѣдн меньше интенсивно и количество испарившейся воды окажется меньше ожидаемаго по формулѣ установленной въ зимнее время года. Эти соображенія подтверждаются наблюдениями

сь испарителем *Piche'a* дѣлать. Къ сожалѣнію такихъ наблюдений произведено только три.

Т А Б Л И Ц А 27.

t	f	E	Относительная влажность.		
			Наблюдаемая.	Вычисленная.	Разность.
21,4°	8,91	2,43	47%	54%	+ 7%
22,0	9,28	2,54	47	54	+ 6
23,1	10,95	2,31	52	61	+ 9

Итакъ пользуясь испарителемъ *Piche'a* можно получать величины влажности точности весьма достаточной для практическихъ дѣлей, но главное достоинство прибора *Piche'a*, какъ измѣрителя влажности въ комнатномъ воздухѣ, заключается въ томъ, что онъ даетъ среднія величины влажности за какой-либо промежутокъ времени, почему онъ долженъ занять мѣсто рядомъ съ регистрирующими приборами. Для равного же изслѣдованія влажности испаритель *Piche'a* мало пригоденъ. Предположеніе высказанное *Rubner*омъ¹⁾, что пользуясь эванориметромъ *Piche'a* можно въ теченіе 10—15 минутъ опредѣлить влажность какого-либо помещенія, не оправдалось на дѣлѣ. Это предположеніе, вѣроятно, было навязано большими величинами испаренія, которыя даетъ приборъ *Piche'a* въ атмосферномъ воздухѣ. Въ комнатномъ воздухѣ испаритель *Piche'a* даже въ теченіе часа испаряетъ такъ мало воды, что по испарившемуся количеству рискованно судить о влажности воздуха.

До сихъ поръ мы не касались испарителя *Wild'a*. Изъ существенныхъ количествъ испарившейся воды данныхъ этимъ приборомъ и помѣщенныхъ въ таблицѣ 23 видно, что испареніе въ приборахъ *Wild'a* и *Piche'a* не идетъ между собой строго параллельно; такъ при показаніяхъ испарителя *Piche'a* 2,32, 3,06 и 3,20 испаритель *Wild'a* показывалъ во всѣхъ трехъ случаяхъ одну и ту же величину 0,80. Такое несоотвѣтствіе показаній двухъ приборовъ, замѣтное уже въ таблицѣ 23, представляющей среднія изъ 3—4 наблюдений, еще рѣзче бросалось въ глаза въ наблюденіяхъ отдѣльныхъ не приведенныхъ здѣсь дѣлками. Оно можетъ быть объяснено меньшей чувствительностью къ измѣненіямъ влажности эванориметра *Wild'a* сравнительно съ приборомъ *Piche'a*. Въ этомъ послѣднемъ бумажный кружокъ представляющій испаряющую поверхность находится въ лучшихъ условіяхъ для отдѣли водного пара окружающему воздуху, чѣмъ водная поверхность прибора *Wild'a*, въ которомъ вода отстоитъ отъ краевъ сосуда приблизительно на 2 сантиметра. Въ испарителѣ *Wild'a* надъ водой, вѣроятно, образуется сравнительно толстый слой неподвижнаго воздуха, насыщающагося мало-по-малу водными паромъ, и испареніе происходитъ главнымъ образомъ чрезъ посредство диффузіи пара изъ этого слоя въ окружающій воздухъ. Можно предположить, что неподвижность этого слоя воздуха, непосредственно прилегающаго къ водной поверхности, не нарушается и въ томъ случаѣ, если движеніе окружающаго воздуха совершается съ ничтожной скоростью, положимъ, менѣе 0,1 метра въ 1 секунду; послѣдовавшее затѣмъ увеличеніе скорости движенія воздуха, положимъ, до 0,2 метра можетъ механически увлечь весь слой неподвижнаго доголь воздуха, замѣнить его новымъ и быстро усилить испареніе. Становится такимъ образомъ весьма вѣроятнымъ, что испареніе въ приборѣ *Wild'a* идетъ неравномерно, толчками, то усиливается, то уменьшается. Испаритель *Piche'a* не создаетъ условій для застоя воздуха и можно думать, что при испареніи съ его кружка, какъ физическія явленія (диффузія), такъ и механическія (конвекція) участвуютъ въ равной мѣрѣ. Эванориметръ *Wild'a* слѣдовательно менѣе пригоденъ для измѣренія влажности воздуха, чѣмъ эванориметръ *Piche'a*, и нѣтъ основанія пользоваться для этой цѣли

¹⁾ *Rubner*, Lehrbuch der Hygiene. 1892. S. 30.

имъ, равно и другими приборами, основанными на измѣреніи различны испаренія съ свободной водной поверхности, какъ это предлагалъ *Krieger*. Всѣ такіа опредѣленія всегда будутъ имѣть весьма малую цѣнность.

Изъ таблицы 23 слѣдуетъ, что суточная величина испаренія для испарителя *Wild'a* можетъ быть выражена формулою

$$E = 0,08(F - f).$$

Въ формулѣ наибольшее напряженіе водяного пара при температурѣ жидкости F , замѣнено наибольшимъ напряженіемъ его при температурѣ воздуха — f , такъ какъ изъ опыта оказалось, что разность той и другой температуры не превосходитъ 2°. Замѣна эта дѣлаетъ формулу болѣе удобной для вычисленія величины испаренія, когда известна влажность воздуха. Надобность въ такомъ вычисленіи можетъ встрѣтиться, когда напр. желаютъ повысить влажность какого-либо закрытаго помѣщенія, располагая въ немъ сосуды съ водой. Пользуясь формулою, можно опредѣлить приблизительно необходимую площадь водной поверхности, чтобы довести влажность до желаемого предѣла. Для подобнаго рода опредѣленій не было до сихъ поръ опорныхъ точекъ, такъ какъ неизвѣстны были величины испаренія съ свободной водной поверхности, находящейся въ комнатномъ воздухѣ при разныхъ температурахъ и влажности. Формула служитъ для вычисленія площади водной поверхности, дающей въ определенное время известное количество водяного пара. Количество же водяного пара, которое необходимо ввести въ данное помѣщеніе, чтобы повысить въ немъ содержание влажности до желаемого $\%$, должно вычисляться другимъ путемъ. Для этой послѣдней цѣли, повидимому, могутъ быть примѣнены формулы *Марковича* ¹⁾, данныя имъ для ршенія различныхъ вопросовъ о загрязненіи комнатнаго воздуха углекислотой.

Изъ таблицы 23 видно, что въ комнатномъ воздухѣ испареніе изъ чашки прибора *Wild'a* совершается весьма слабо. Такъ при

¹⁾ Марковичъ. Полный математическій анализъ хода загрязненія воздуха различными помѣщеній. Врѣвь, 1885, стр. 505, 530.

18° температуры и 15% влажности за сутки испарился слой воды всего въ 1 мм. толщиной, что соответствуетъ при поверхности испаряющаго сосуда въ 250 кв. сант. 25 граммъ.

Для выясненія вопроса насколько испареніе повысится, если сосуды съ водой подвергать нагреванію, произведены сравнительныя наблюденія съ двумя чашками эвалориметра *Wild'a*: одна изъ нихъ оставалась на столѣ въ средней комнатѣ, другая помѣщалась на нагревательную батарею центрального водяного отопленія.

Наблюденія показали, что, даже немного нагревая чашку съ водой, можно усилить испареніе отъ 8 до 10 разъ. Такъ при 17,9° температуры и 30% влажности воздуха изъ чашки, стоявшей на столѣ, испарилось въ 24 часа 0,7 мм. воды, а изъ чашки на батареѣ 8,3 мм.; температура воды въ первой чашкѣ была 16,1°, во второй 24,3°.

Общіе выводы.

Въ своей работѣ я стремился изложить по возможности всѣ существующіе способы опредѣленія влажности воздуха и дать имъ сравнительную оцѣнку на основаніи личнаго опыта. Только объемный гигрометръ и аспираціонный психрометръ *Assmann'a* описаны мной по литературнымъ даннымъ. Значеніе всѣхъ этихъ способовъ разсматривалось главнымъ образомъ въ смѣслѣ пригодности для изслѣдованія комнатнаго воздуха, но не было оставлено въ сторонѣ и примѣненіе ихъ для атмосфернаго воздуха.

Не мнѣ судить, насколько моя цѣль достигнута, но я полагаю, что мнѣ удалось доказать различіе способовъ изслѣдованія влажности воздуха комнатнаго и атмосфернаго.

Выводы, къ которымъ давали основанія изученія различныхъ приборовъ, разбросаны по всей книгѣ, посему общій обзоръ полученныхъ результатовъ является не безполезнымъ.

Всѣ разсмотрѣнные приборы для измѣренія влажности воздуха могутъ быть раздѣлены по ихъ точности на двѣ группы.

Точныхъ приборовъ или способовъ оказалось немного; къ таковымъ могутъ быть отнесены: вѣсовый способъ, сгустительные

гигрометры *Crova* и *Alluard'a* и психрометры итальянской и прашевой.

Къ приборамъ, дающимъ только приблизительно вѣрные результаты (точность $\pm 2\% \pm 3\%$ относительной влажности) относятся: неподвижный психрометръ, волосяной и диффузионный гигрометры и испаритель *Piche'a*.

Заключения, выведенныя для каждаго изъ рассмотрѣнныхъ въ этой работѣ приборовъ, съ трудомъ поддаются краткому изложенію и представляемыя ниже положенія должны быть разсматриваемы какъ главнѣйшія.

Положенія.

1) Вѣсовыя способъ и сгустительныя гигрометры должны имѣть примѣненіе въ качествѣ контрольныхъ приборовъ для вѣрки другихъ инструментовъ, служащихъ для измѣренія влажности воздуха. Нѣтъ, однако, оснований отказываться отъ нихъ и для непосредственнаго примѣненія при изслѣдованіи влажности воздуха.

2) Волосяные гигрометры—къ числу ихъ отнесемъ и гигрометръ *Mithof'a*—въ комнатномъ воздухѣ даютъ худшіе результаты, чѣмъ въ атмосферномъ воздухѣ, такъ какъ пребываніе въ воздухѣ одной и той же степени влажности или съ малыми колебаніями влажности дважьятъ ихъ чувствительности къ перемѣнамъ влажности. Совершенно вѣрные гигрометры, если не подвергаются кажде 5 дней вліянію воздуха, вольнѣ насыщеннаго водянымъ паромъ, даютъ ошибки до 9% влажности (волосяные гигрометры) и даже до 40% (гигрометръ *Mithof'a*).

3) Принятый въ настоящее время въ гигиенѣ способъ опредѣленія влажности комнатнаго воздуха изъ показаній неподвижнаго психрометра помощью психрометрическихъ таблицъ, данныхъ метеорологами для атмосфернаго воздуха, равно и вычисленіе этой влажности по формулѣ $f = F_1 - 0,65(t - t_1)$ не вѣрны и отрицаютъ отъ психрометра всякое значеніе, какъ измѣрителя влажности воздуха, такъ какъ ошибки въ опредѣленіи влажности, полученной этими способами, доходятъ до 20%.

4) Величина A , входящая въ формулу для неподвижнаго психрометра, находящагося въ комнатномъ воздухѣ, заключается въ предѣлахъ между 0,00100 и 0,00130, никогда не доходя до 0,00080, положенной въ основу метеорологическихъ таблицъ.

5) Для одного и того же помещенія величина A измѣняется въ зависимости отъ условій, нарушающихъ равновѣсіе комнатнаго воздуха, среди которыхъ слѣдуетъ поставить и разность температуръ между внутреннимъ и вѣншимъ воздухомъ; въ зимнее время A держится около 0,00100, лѣтомъ доходитъ до 0,00130.

6) Неподвижный психрометръ при правильномъ примѣненіи формулы ($f = F_1 - 0,0011(t - t_1)H$ или $f = F_1 - 0,83(t - t_1)$, гдѣ $0,83 = 0,0011.755$) даетъ въ комнатномъ воздухѣ величины относительной влажности съ точностью $\pm 3\%$.

7) При опредѣленіи влажности помощью психрометра съ вентиляторомъ и прашевого психрометра должна быть опредѣлена чрезъ сравненіе съ вѣсовымъ способомъ или съ сгустительнымъ гигрометромъ постоянная A для каждаго отдѣльнаго прибора. При этомъ условіи точность опредѣленія доходитъ до $\pm 1\%$ относительной влажности.

8) Диффузионный гигрометръ Шидловскаго представляетъ удобный, но недостаточно точный приборъ для опредѣленія влажности.

9) Испаритель *Piche'a* можетъ примѣняться въ комнатномъ воздухѣ для вычисленія его влажности по количеству испарившейся воды. Онъ даетъ среднія величины влажности и по нему стоитъ въ ряду съ самозаписывающими приборами.

ЛИТЕРАТУРА.

1. **Admiraal.** Neuerung an Hygrometern. Zeitschr. f. Instrumk., 1889, 9, p. 347.
2. **Agamenzone e Bonetti.** Sopra un nuovo tipo d'igrometro. Atti Acad. del Lincei, 1892 (5) 1, p. 216—222.
3. **Agamenzone e Bonetti.** Ulteriore esperienze sopra un nuovo tipo d'igrometro. Ibid., 1894 (5) 3, p. 23—30.
4. **Alluard.** Nouvel hygromètre à condensation. J. de Phys., 1878, p. 328.
5. **Angot.** Sur le psychromètre. J. de Phys., 1881, X, p. 13.
6. **Annuaire de Montsouris,** 1888.
7. **Arnould.** Nouveaux Eléments d'Hygiène. 1895.
8. **Assmann.** Das Klima. Handbuch f. Hyg. v. Weil, 1894, Bd. 1.
9. — Schleuder psychrometer. Zeitschr. f. Meteor., 1884.
10. **August.** Ueber die Verdunstungskälte und deren Anwendung an Hygrometrie. Poggend. Ann., 1825 (2) V, s. 69—88, 335—344.
11. **Baumgartner.** Versuche über Verdampfung. Wien. Ber., 1877, 75², s. 313—319.
12. **Baumgartner.** Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Verdampfungsgeschwindigkeit von Flüssigkeiten. Ibid. s. 679—688.
13. **Bebber.** Hygienische Meteorologie. 1895.
14. **Бергеръ.** О влажности воздуха въ отапливаемых помещенияхъ 1875.
15. **Bourbouze.** Nouveaux modèles d'hygromètres. J. de Phys., 1885.
16. **Бродовичъ.** Отношение влажности воздуха въ жилыхъ помещенияхъ къ заболѣванію дыхательныхъ путей. 1887.
17. **Бубновъ.** Сухая перегонка пыли. Сборн. работъ гигиен. лаборат. Москов. универс., 1888, вып. II, стр. 167.
18. **Бубновъ.** Къ вопросу о рациональномъ устройствѣ отопленія и вентилляціи. 1890.
19. **Bunsen.** Gasometrische Methoden. 1877.
20. **Crova.** Description d'un hygromètre à condensation intérieure. J. de Phys. 1883, (2) 2, p. 166—169.
21. **Crova.** Sur l'hygrométrie. Ibid. p. 450—461.
22. — Sur une méthode de graduation des hygromètres à absorption. Ibid. 1884, (2) 3, p. 390.
23. **De-Heen.** Recherches sur la vitesse d'évaporation des liquides. Bull. de l'Acad. de Belgique, 1891 (3) 21, p. 11, 214, 798.
24. **Danecke.** Ueber die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit. Zeitschr. f. Hygiene, 1886, 1, s. 47.
25. **Добротславинъ.** Гигиена. 1889.
26. **Dufour.** Nouvel hygromètre à condensation. J. de Phys. 1889 (2) 8, p. 74.
27. **Dufour H.** Sur les substances hygrométriques. Arch. des sciences phys. et natur. de Genève. (3) 16, p. 197. Peф. Fortschritte der Phys. t. 43, 3 abt., s. 248.
28. **Dufour H.** Mesure de l'humidité de l'air. Ach. des sc. Phys. (3) 20, p. 210—211.
29. **Dufour L.** Recherches sur la diffusion, qui se produit entre l'air sec et l'air humide à travers un paroi de terre poreuse. Bull. Soc. Vaud. des sc. nat. 1874, XIII № 72 p. 165—217.
30. **Dufour L.** Sur la diffusion hygrométrique. Ibid. № 74, p. 608—651.
31. **Edelmann.** Psychrometrische Studien und Beiträge. Zeitschr. f. Meteor., 1896, s. 325.
32. **Eckholm.** Psychrometrische Studien. Ibid., s. 21.
33. — Undersökningar i Hygrometri. Fortschritte der Phys., t. 44, 3 abt.
34. **Elsner.** Die Praxis des Chemikers. 1893.
35. **Emmerich und Trillich.** Anleitung zur hygienischen Untersuchungen. 1892.
36. **Erismann.** Zur Physiologie der Wasserverdunstung von der Haut. Zeitschr. f. Biol., 1875, Bd. 11, s. 1.
37. **Эрисманъ.** Курсъ гигиены. 1887.
38. **Exner.** Ueber die Diffusion der Dämpfe durch Flüssigkeitslamellen. Wien. Berichte, 1877, 75², s. 263—286.
39. **Forrel.** On psychrometric tables. Fortschritte der Phys., t. 44, 3 abth., s. 437.
40. **Fitzgerald.** Verdunstung. Ibid. t. 43, 2 abth., s. 397.
41. **Flügge.** Grundriss der Hygiene. 1891.
42. **Флюгге.** Руководство къ гигиеническимъ способамъ исследования. 1882.
43. **Гаммарстенъ.** Учебникъ фзіологической химіи. 1892.
44. **Gärtner.** Leitfaden der Hygiene. 1896.

45. **Géhrard et Chancel.** Précis d'analyse chimique quantitative. 1859.
46. **Gelich.** Verdunstungsmesser. Zeitschr. f. Instrumk., 10, s. 47—60.
47. **Гершуръ.** Испарение. Энцикл. слов. Вронгаузъ и Эфронъ, 1894, т. XIII, стр. 436.
48. **Gilbault.** Nouvel hygromètre à condensation. Comptes rendues, 1889, t. 114, p. 67.
49. **Guillaume.** Traité pratique de la thermometrie de précision. 1893.
50. **Grossmann.** Beitrag zur Geschichte und Theorie des Psychrometers. Zeitschr. f. Meteor., 1889, s. 141.
51. **Зворыкинъ.** Опредѣленіе влажности воздуха поощью психрометра. Пролож. къ XI т. Зап. Имп. Акад. Н., 1881.
52. **Зворыкинъ.** Исслѣдованіе о психрометрѣ. 1883.
53. **Haldane and Pembrey.** An Improved Method of Determining Moisture and Carbonic Acid in Air. Philos. Mag. 1890, (5) vol. 29, p. 306—331.
54. **Hazen, Henry.** The Condensing Hygrometer and the Psychrometer. The Amer. jour. of sc., (3) XXX, p. 435—451.
55. **Hempel.** Gasanalytische Methoden. 1890.
56. **Houdaille.** Sur les lois de l'évaporation. Comptes rendues, 1885, t. 100, p. 170—172.
57. **Houdaille.** Sur l'évaporation dans l'air en mouvement. Ibid. t. 101.
58. **Huerpe.** Handbuch der Hygiene. 1899
59. **Jamin et Bouly.** Cours de Physique.
60. **Каминскій.** Годовой ходъ и географическое распределеніе влажности Россійской Имперіи. 1894.
61. **Kammertmann.** Un nouveau thermomètre-fronde à boule mouillée. Arch. des sc. Phys., 1888.
62. **Klas Sonden.** Ein neues Hygrometer. Pof. Fortschritte der Physik, t. 49, abt. 3, s. 466.
63. **Klas Sonden et R. Tigerstedt.** Untersuchungen über die Respiration und den Gesamtluftwechsel des Menschen. Skand. Arch. f. Physiol., 1895, Bd. 6, s. 1—238.
64. **Krieger.** Untersuchungen und Beobachtungen über die Entstehung von entzündlichen und fieberhaften Krankheiten. Zeitschr. f. Biol. 1869, Bd. 5, s. 476—635.
65. **Krieger.** Aetiologische Studien. 1880.
66. **Kundt.** Zur Erklärung der Versuche Dufour's und Merget's über die Diffusion der Dämpfe. Wied. Ann., 1877, 2 s. 17—24.
67. **Landauer.** Der Einfluss der Wassercntziehung auf den Stoffwechsel im Organismus. VIII Congrès internat. d'Hygiène. 1896, t. IV, p. 320—324.
68. **Landois.** Учебникъ физиологии. 1893.

69. **Landolt and Bernstein.** Physicalisch-chemische Tabellen. 1894.
70. **Langlois.** Précis d'hygiène publique et privée. 1896.
71. **Laschtschenko.** Ueber den Einfluss der Wassertrinkens auf Wasserdampf und Kohlensäure Abgabe des Menschen. Arch. f. Hyg., 1898, Bd. 33, s. 145—150.
72. **Laval.** Vérification des lois de Dalton relatives à l'évaporation. Mem. de la soc. des sc. phys. et nat. de Bordeaux. 1882 (2) V, p. 107.
73. **Laval.** Evaporation des dissolutions et des liquides qui renferment des corps solides en suspension. Ibid. 1885 (3) II, p. 37—62.
74. **Лачиновъ.** Meteorologia et climatologia. 1889.
75. **Lehmann.** Die Methoden der practischen Hygiene. 1890.
76. **Лейстъ.** О вліянніи температур столба ртути и вѣлноторыхъ максимумъ-термометровъ и смоченныхъ термометровъ психрометра. Зап. Имп. Акад. Н. 1891.
77. **Macé de Lepinay.** Recherches experimentales sur le psychromètre à fronde. Jour. de Phys. 1881, p. 17.
78. **Marcel.** Sur l'évaporation des liquides. Comptes rendues. 1853, t. 36, p. 339.
79. **Маркевичъ.** Полный математическій анализъ хода загаряненія воздуха жидкихъ помѣщеній. Врачъ, 1885, стр. 305, 530.
80. **Mariot.** The Wet-bulb Thermometer. Quart. Journ. of the meteor. soc. 1877, vol. 3, p. 283.
81. **Matern.** Ueber ein neues einfaches Condensations-hygrometer. Wiedem. Ann., 1880, Bd. 9, s. 149—154.
82. **Мелиновъ.** Разборъ способовъ искусственнаго увлажненія воздуха жидкихъ помѣщеній. 1882.
83. **Менделѣевъ.** Основы химіи. 1889.
84. **Mewes.** Ueber die Bestimmung der Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Gesundheits-Ingenieur, 1895, s. 17.
85. **Midgley.** Constructive Errors in some hygrometers. Quart. Journ. Met. Soc., 1893, vol. 19, p. 197—202.
86. **Müller.** Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 1879.
87. **Müller-Erbach.** Die Verdampfung als Mittel der Wärmemessung. Zeitschr. f. Instrumk., Bd. 10, s. 88—97.
88. **Neesen.** Abänderung des Absorptionshygrometers nach Rüdorff. Wiedem. Ann., 1880, Bd. XI, s. 521—529.
89. **Nodon.** Hygromètre à gelatine. Journ. de Phys., 1886, p. 462.
90. **Nuttall.** Ueber den Einfluss von Schwankungen in der relativen Feuchtigkeit der Luft auf die Wasserdampfabgabe der Haut. Arch. f. Hyg., 1895, Bd. 23, s. 184—192.
91. **Pembrey.** Comparative Experiments with the Dry-and Wet-bulb Psychrometer and an improved chemical Hygrometer. Philos. Mag., 1893 (5) vol. 35, p. 525—530.

92. **Fraunsnitz.** Grundzüge der Hygiene. 1899.
93. **Paluj.** Ueber Diffusion der Dämpfe durch Thonzellen. Wien. Berichte. 1877. 2 abth., s. 401—418 и 639—664.
94. **Ральцевичъ.** Къ вопросу о влияніи загрязненія и старости на физическія свойства одежды. 1895.
95. **Regnault.** Etudes sur l'hygrométrie. Ann. de Chimie et de Physique. 1845, XV, 1855, XXXVII.
96. **Reichenbach.** Ueber den gegenwärtigen Stand unserer Kenntniß von den physikalischen Eigenschaften der Kleidung. Hygien. Rundschau, 1894.
97. **Рейнботъ.** Волосной гигрометръ съ пружиной. Жив. Рус. Хим. О., 1880, XII.
98. **Riedel.** Haarhygrometer mit Compensationsvorrichtung. Dingler's Journal, Bd. 256, s. 442.
99. **Rohrbeck.** Hygroskop. Zeitschr. f. Instrumk., 1888, Bd. 8, s. 406.
100. **Rubner.** Die Beziehung der atmosph. Feuchtigkeit zur Wasserabgabe. Arch. f. Hyg., 1890, Bd. XI, s. 137—242.
101. **Rubner.** Thermische Wirkungen der Luftfeuchtigkeit. Ibid., s. 256.
102. " Notiz über die Wasserdampfausscheidung durch die Lunge. Ibid., 1898, Bd. 33, s. 151—154.
103. **Rubner.** Lehrbuch der Hygiene. 1892.
104. " Учебникъ гигиены. 1897.
105. **Rubner** und **Lewaschew.** Ueber den Einfluss der Feuchtigkeitsschwankungen unbewegter Luft auf den Menschen während körperlichen Ruhe. Arch. f. Hyg., 1897, Bd. 29, s. 1—55.
106. **Rüdorf.** Zur Bestimmung der atmosph. Wasserdampfes. Beiblätter zu den Ann. der Phys. und Chemie, 1880, Bd. 4, s. 849.
107. **Савицій.** Опыты анализа воздуха, непосредственно окружающаго тѣло больного. Врачъ, 1883, стр. 401, 420.
108. **Saussure.** Essais sur l'hygrométrie. 1783.
109. **Schierbeck.** Eine Methode zur Bestimmung der Ventilation durch eine Kleidung. Arch. f. Hyg., 1893, Bd. 16, s. 203—237.
110. **Schierbeck.** Ueber die Bestimmung der Feuchtigkeitsgehaltes der Luft. Ibid., 1895, Bd. 25.
111. **Scott.** R. Note of the Use of the rotatory Thermometer. Quart. Journ. Met. Soc., vol. 3, p. 26.
112. **Simon Subic.** Manometer-Hygrometer. Wien. Ber., 1876, Bd. 73, s. 531—552.
113. **Sire, Georges.** Sur deux types nouveaux d'hygromètres à condensation. Comptes rendus., 1885, t. 101, p. 638.
114. **Shaw.** Report on hygrometric Methods. Philos. Transact., 1888 vol. 179.



115. **Sollberb.** Versuche über die Feuchtigkeit der atmosph. Luft. Fortschritte der Phys., t. 46, s. 345.
116. **Сворцовъ.** Планы и способы санитарныхъ пастъходованій. 1889.
117. **Срезневскій.** Обь испареніи жидкостей. 1883.
118. " Theorie de l'hygromètre à cheveu. Учен. Зап. Импер. Юрьев. Унив., 1895, № 3, стр. 38—44.
119. **Stefan.** Ueber die Verdampfung aus einem Kreisförmig oder elliptisch begrenzten Becken. Wien. Berichte, 1881, Bd. 83, s. 943.
120. **Stefan.** Ueber die Verdampfung und die Auflösung als Vorgänge der Diffusion. Ibid., 1889, Bd. 98, s. 1418—1442.
121. **Tate, Thomas.** Experimental Researches on the Laws of Evaporation and Absorption. Philos. Mag., 1892, vol. 23, p. 126—283; 1893, vol. 25, p. 331.
122. **Uffelmann.** Handbuch der Hygiene. 1889.
123. **Van Hasselt.** Ein Absorptionshygrometer. Beiblätter, 1879, Bd. 3, s. 697.
124. **Verschaffelt.** Tension de vapeur et l'état hygrométrique. Bull. de Belg. 1894 (3) 28, p. 261—275.
125. **Vielle.** Cours de Physique. 1884.
126. **Vogel, August.** Experimentelle Beiträge zur Beurtheilung hygrometrischer Methoden. Abhandl. der bayr. Acad., München, 1860, t. 8, s. 297.
127. **Хвольсонъ.** Куръ физики. 1897.
128. **Weihrauch.** Ueber das Sättigungsdeficit. Zeitschr. f. Meteor., Bd. II, s. 260—264.
129. **Winkelmann.** Ueber Verdampfung von der einzelnen Theilen einer kreisförmigen freien Oberfläche. Wied. Ann., 1888, Bd. 35, s. 401.
130. **Winkelmann.** Die Verdampfung in ihrer Abhängigkeit vom äusserem Druck. Ibid., Bd. 33, s. 445—453.
131. **Wolfert.** Ein Procent-Hygrometer. Ref. Journ. de Phys., 1873.
132. " Hygrometer von Mumienhaaren und von Kokonfäden. Hygien. Rundschau, 1895, s. 397.
133. **Wolfert.** Ueber den Einfluss der Luftbewegung auf die Wasserdampf- und Kohlensäure Abgabe des Menschen. Arch. f. Hyg., 1898, Bd. 33.
134. **Шидловскій.** Опытъ примѣненія явленія диффузіи газовъ чрезъ поретныя тѣла къ опредѣленію влаги и углекислоты въ окружающемъ воздухѣ. 1886.
135. **Шидловскій.** Приборъ указывающій процентъ углекислоты. Мед. Приб. къ Морск. Сборн., 1888.
136. **Якобий.** О подгизорачныхъ тканяхъ одежды. Здоровье. 1875, № 27.