

# ЗАПИСКИ

## МАТЕМАТИЧЕСКАГО ОТДѢЛЕНІЯ

Новороссійскаго Общества Естествоиспытателей.

ТОМЪ IV.

### СОДЕРЖАНІЕ:

- А. П. Старковъ : О поверхностяхъ обнимающихъ всѣ положенія движущейся сферы переменнаго радиуса.
- Н. А. Умовъ : Изъ лекцій Математической Физики :  
I. Теорія бесконечно-малыхъ колебаній консервативной системы около положенія устойчиваго равновсія.  
II. Колебанія системы съ одною степенью свободы.
- В. Н. Лигинъ : Непосредственныя примѣненія солнечной теплоты (инсолаторы).
- В. Н. Лигинъ : Литература вопроса о сложныхъ циркуляхъ.  
Протоколы засѣданій съ 21 марта 1881 г. по 6 апрѣля 1882 г.

ОДЕССА.

ТИПОГРАФІЯ П. А. ЗЕЛЕНАГО, КРАСНЫЙ ПЕРЕУЛ., Д. № 3.  
1883.





III  
Н 7.

## Непосредственныя примененія солнечной теплоты.

(Инсолаторы)

Проф. В. Н. Лилина.

Въ обширномъ смыслѣ, всё двигатели, которыми пользуются въ промышленности, порождаются солнечной радіаціей. Теченія и паденія водъ въ рѣкахъ, движущія гидравлическія машины, и воздушныя теченія, вращающія вѣтряные приѣмники, происходятъ отъ разнообразныхъ дѣйствій солнечной теплоты. Топливо, питающее паровыя и другія термическія машины, есть продуктъ химическихъ разложеній, вызванныхъ въ растительномъ царствѣ лучистой энергіей солнца. Животный организмъ, рассматривая его какъ механической двигатель, есть своего рода термическая машина, расходующая топливо въ видѣ органической пищи, образованной подъ вліяніемъ тѣхъ-же лучей. Такимъ образомъ солнечная радіація является конечнымъ источникомъ всей энергіи, которую, подъ разнообразными формами, расходуетъ наша промышленность.

Но во всѣхъ этихъ случаяхъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей пользуются *косвенно*, утилизируя энергію, сообщенную ими, путемъ болѣе или менѣе сложныхъ превращеній, массамъ воды или воздуха и представителямъ органической жизни. Съ давнихъ поръ останавливались на вопросѣ, — нельзя ли этимъ начальнымъ источникомъ энергіи, вызывающимъ посредственно чуть-ли не всё движенія на нашей планетѣ, воспользоваться *прямо*, воспринимая какимъ нибудь особеннымъ приборомъ теп-

НАУКОВА БІБЛІОТЕКА М. М. МЕНДИКОВА



ловую радиацию солнца подобно тому, какъ водяное колесо или вѣтряная мельница воспринимаютъ непосредственно энергію водяного потока или воздушнаго теченія?

Многочисленные опыты, сдѣланные физиками для измѣренія тепловой напряженности солнечной радиации у земной поверхности, позволяютъ принять приближенно, что площадь, равная одному квадратному метру и перпендикулярная къ солнечнымъ лучамъ, получаетъ въ среднемъ около 10 единицъ теплоты въ минуту, или 600 такихъ единицъ въ часъ. Но изъ механической теоріи теплоты извѣстно, что каждая тепловая единица способна произвести механическую работу въ 424 килограмметра. Изъ сопоставленія этихъ чиселъ слѣдуетъ, что количество солнечной теплоты, падающей отвѣсно на площадь въ 1 квадрат. метръ, могло-бы, если-бы оно все было превращено въ механическую работу, доставить работу, равную почти одной паровой лошади (75 килограмметровъ въ секунду). Конечно, никогда не удастся достигнуть полного превращенія всей получаемой теплоты въ работу. Но результатъ приведеннаго теоретическаго расчета такъ значителенъ, что онъ не оставляетъ никакого сомнѣнія относительно практической важности поставленнаго выше вопроса о непосредственной утилизаціи тепловой энергіи, проливаемой солнцемъ на поверхность земли.

Для рѣшенія этого вопроса было издавна сдѣлано много различныхъ попытокъ; но всѣ онѣ не имѣли серьезнаго практическаго значенія<sup>1)</sup>. Только въ послѣднія два десятилѣтія

<sup>1)</sup> Чтобы не расширять чрезмѣрно предѣлы настоящаго очерка, мы должны пройти молчаніемъ различныя попытки, сдѣланныя многими предшественниками и частью современниками Мушо для прямой утилизаціи солнечной теплоты. обстоятельное изложеніе всѣхъ этихъ изслѣдованій читатель найдетъ въ сочиненіи Mouchot «La chaleur solaire et ses applications industrielles». Приводимъ здѣсь только слѣдующій краткій хронологическій перечень.

212 до Р. X. — Архимедъ сжигаетъ, съ помощью зеркалъ, римскій флотъ, осаждающій Сиракузы.

100 до Р. X. — Геронъ Александрійскій строитъ солнечный фонтанъ.

непосредственные приемники солнечной теплоты или *инсолаторы* (какъ ихъ стали называть въ самое недавнее время) достигли, благодаря настойчивымъ изслѣдованіямъ французскаго ученаго Мушо (Mouchot), такихъ усовершенствованій, что пригодность ихъ для практическихъ цѣлей въ извѣстныхъ условіяхъ едва-ли можетъ подлежать сомнѣнію.

Посвящая этимъ приборамъ настоящій очеркъ, мы, кромѣ общаго интереса, какой можетъ представлять новое изобрѣтеніе, имѣли въ виду и то обстоятельство, что болѣе близкое знакомство съ свойствами инсолаторовъ могло-бы содѣйствовать разрѣшенію вопроса о степени практической применимости ихъ въ нѣкоторыхъ частяхъ нашего отечества.

Изслѣдованія Мушо надъ приемниками солнечной теплоты начались съ 1860 года и продолжались двадцать лѣтъ почти

1551. — Адамъ Лонисеръ предлагаетъ способъ перегонки посредствомъ солнечной теплоты.

1620. — Саломонъ де-Ко изобрѣтаетъ солнечную машину.

1640. — Мартини изобрѣтаетъ часы, движимые солнечной теплотой.

1662. — Вильгельмъ сосредоточиваетъ солнечные лучи помощью большого зеркала.

1670. — Кирхеръ изобрѣтаетъ часы, движимые дѣйствіемъ солнечныхъ лучей.

1747. — Бюффонъ посредствомъ зеркалъ воспламеняетъ доски на расстоянии 68 метровъ.

1767. — Соссюръ достигаетъ значительнаго нагрѣванія, окружая выставленныя на солнце тѣла стеклянными оболочками, и строитъ свой гелиотермометръ.

1780. — Дюкарла строитъ солнечную печь.

1784. — Ла-Клишъ предлагаетъ пользоваться солнцемъ какъ движущей силой.

1834. — Джонъ Гершель повторяетъ опыты Соссюра и пользуется солнечной теплотой для приготовленія кушаній.

1847. — Франшо строитъ солнечный приемникъ съ цилиндрическимъ рефлекторомъ.

1849. — Андро строитъ свои солнечныя печи.

1865. — Деліанкуръ строитъ солнечный насосъ.

1868. — Эриксонъ приводитъ въ дѣйствіе солнечной теплотой паровую и воздушную машину.



непрерывно. Мы не станем слѣдовать за изобрѣтателемъ по всему торному пути постепенныхъ усовершенствованій заду-маннаго прибора, а остановимся прямо на выработанныхъ имъ основныхъ положеніяхъ, изъ сочетанія которыхъ получился современный инсолаторъ.

Если какое-нибудь тѣло, принадлежащее къ хорошимъ проводникамъ теплоты и имѣющее при незначительной толщинѣ большую поверхность нагрѣва или инсоляціи, напримѣръ тонкій листъ мѣди, покрыть слоемъ сажи, съ цѣлью увеличить способность поглощенія тепла, и выставить этотъ листъ на солнце такъ, чтобы солнечные лучи падали на него отвѣсно, то температура листа сначала довольно быстро повышается, но затѣмъ останавливается на нѣкоторомъ предѣлѣ, значительно ниже, чѣмъ точка кипѣнія воды. Эта остановка въ нагрѣваніи происходитъ отъ того, что листъ не сохраняетъ всей поглощаемой имъ теплоты, а теряетъ большую ея часть, вслѣдствіе лучеиспусканія въ наружное пространство и соприкосновенія съ окружающимъ воздухомъ и тѣлами, на которыхъ покоится листъ. Но если тотъ-же листъ помѣстить на дурной проводникъ теплоты, напримѣръ — положить его въ деревянный, открытый сверху ящикъ и покрыть этотъ ящикъ тонкой пластинкой чистаго стекла, то температура листа поднимется значительно выше и можетъ даже перейти за точку кипѣнія воды. Главную роль играетъ въ этомъ опытѣ наложенная на ящикъ стеклянная пластинка. Она, во первыхъ, прекращаетъ происходившую прежде непрерывно замѣну прилегающаго къ листу и нагрѣтаго имъ слоя воздуха новымъ холоднымъ слоемъ; во вторыхъ, по особенному свойству стекла, эта пластинка, пропуская съ большою легкостью извнѣ *светлые* тепловые лучи, въ то-же время не даетъ прохода наружу *темнымъ* тепловымъ лучамъ, испускаемымъ почерненнымъ мѣднымъ листомъ, передавая лишь весьма медленно эту внутреннюю теплоту наружному воздуху путемъ проводности. Такимъ

образомъ стекло здѣсь играетъ роль сберегателя солнечной теплоты, свободно пропускающаго ее въ ящикъ, но преграждающаго ей выходъ изъ этого пространства.

Это замѣчательное свойство стекла послужило исходной точкой изслѣдованій Мушо. Оно было замѣчено очень давно, вѣроятно, вслѣдъ за изобрѣтеніемъ стекла, которое, по свидѣтельству Страбона, восходитъ по меньшей мѣрѣ до Египтянъ; ибо на этомъ свойствѣ основано столь-же древнее употребленіе стеклянныхъ рамъ въ домахъ и парникахъ <sup>1)</sup>.

Только-что сказанное приводитъ насъ къ первому положенію относительно устройства инсолатора: въ этихъ приборахъ *нагрѣваемое тѣло, въ которое скопляются солнечную теплоту, должно быть заключено въ стеклянную оболочку.* Стекло должно быть чистое, бѣлое и не слишкомъ толстое, такъ какъ число пропускаемыхъ лучей замѣтно убываетъ съ увеличеніемъ его толщины.

Кромѣ стеклянныхъ листовъ и оболочекъ, съ давнихъ поръ пользовались еще двумя другими средствами для прямой утилизаціи солнечной теплоты, сосредоточивая послѣднюю помощью собирательныхъ зеркалъ или собирательныхъ стеколъ.

Кому не извѣстенъ рассказъ о томъ, какъ Архимедъ сжегъ римскій флотъ, осаждавшій Сиракузы, наведя на корабли систему зажигательныхъ зеркалъ. Правда, что возможность

<sup>1)</sup> Возможность значительно усиливать нагрѣваніе тѣлъ солнечными лучами посредствомъ стеклянныхъ оболочекъ доказалъ еще Соссюръ слѣдующимъ простымъ опытомъ: взявъ пять стеклянныхъ прямоугольныхъ ящичковъ разныхъ размѣровъ и вложивъ эти ящички одинъ въ другой, такъ, чтобы между ихъ стѣнками оставались небольшіе промежутки, въ которые были введены термометры, онъ замѣтилъ, что солнечные лучи, падающіе на такой приборъ, поднимаютъ столбъ термометра, находящагося между двумя меньшими, внутренними, ящичками, до 87° 5 Ц. Принявъ затѣмъ еще нѣкоторыя предосторожности для устраненія охлажденія, Соссюру удалось довести температуру до 110° Ц. — Гершель, производя подобные-же опыты у мыса Доброй Надежды въ 1834 году только съ двумя стеклянными оболочками, достигалъ поднятія термометра до 97°, 103° и даже, въ одномъ исключительномъ случаѣ, 116° Ц.



этого факта долгое время подвергалась сомнѣнію, которое поддерживалось даже такими авторитетами, какъ Кеплеръ, Декартъ и Монжъ; но опыты Бюффона<sup>1)</sup> и вычисленія Пейрара<sup>2)</sup> окончательно доказали возможность подвига, приписываемаго Архимеду. Исторіи извѣстенъ впрочемъ примѣръ еще болѣе древняго примѣненія зажигательныхъ зеркалъ. Въ Италіи, еще до основанія Рима, жрецы культа Весты, когда случайно потухалъ священный огонь, поддерживаемый весталками на алтарѣ этой богини, возобновляли его нерукотворно, собирая теплоту солнца помощью полированныхъ металлическихъ зеркалъ. У Плутарха встрѣчается даже описаніе этихъ рефлекторовъ, изъ котораго съ большою вѣроятностью можно заключить, что они имѣли форму конуса, происходящаго отъ обращенія равнобедреннаго прямоугольнаго треугольника около одного изъ катетовъ, т. е. конуса, котораго образующая составляетъ уголъ въ  $45^\circ$  съ осью. Достоинно вниманія, что именно эту форму собирательныхъ зеркалъ, оставленную безъ употребленія около двухъ тысячъ лѣтъ, примѣнили въ недавнее время

<sup>1)</sup> Приборъ, построенный Бюффономъ, представлялъ сложное зеркало, состоящее изъ 360 небольшихъ стеклянныхъ зеркалъ, которыя держались въ общей прямоугольной оправѣ шириной 2, 27 метр. и вышиной 2, 60 метр. Каждое малое зеркало, высотой 16 сантим. и шириной 22 сантим., имѣло кромѣ того свою оправу, такъ что могло отдѣльно обращаться во всѣ стороны и отдѣлялось отъ сосѣднихъ промежутками въ 1 сантим. Нужно было около получаса, чтобы привести въ совпаденіе всѣ отраженныя изображенія, но приборъ разъ установленный могъ служить неопредѣленное время, пока не было надобности измѣнить фокуснаго разстоянія. Размѣры фокуса мѣнялись съ его разстояніемъ отъ зеркала; на разстояніи 16 метр. онъ имѣлъ въ діаметрѣ около 16 сантим., на разстояніи 48 метр.— около 43 сантим. 10 апрѣля 1747 г., 128 зеркалъ зажгли смоленную сосновую доску на разстояніи 48 метр., при чемъ воспламененіе послѣдовало внезапно и на всемъ протяженіи фокуса. На разстояніи 68 метр. загоралось дерево, а на разстояніи 8,10 и 13 метр. плавилась металлы. См. Buffon, Introduction à l'histoire des métaux (6-me mémoire).

<sup>2)</sup> По вычисленіямъ Пейрара, система изъ 590 зеркалъ высотой въ 0,5 метр., направляемая 60 человѣками, можетъ зажечь флотъ на разстояніи 1 километра.

Тиндаль для сосредоточенія слабыхъ лучей лунной теплоты<sup>1)</sup>, а по его примѣру, какъ мы скоро увидимъ, и Мушо—для солнечныхъ пріемниковъ.

Такъ какъ цѣль инсолаторовъ заключается въ скопленіи на данномъ протяженіи возможно большаго количества солнечной теплоты, то къ дѣйствию стеклянной оболочки важно присоединить еще дѣйствіе собирательнаго элемента,—зеркала или стекла. Выборъ между этими двумя типами не представляетъ затрудненій. Дѣйствительно, употребленіе собирательнаго стекла имѣло-бы нѣсколько важныхъ неудобствъ: 1) оно сосредоточиваетъ теплоту на очень ограниченномъ пространствѣ, тогда какъ для всѣхъ важнѣйшихъ примѣненій инсолатора, на примѣръ, для нагрѣванія нѣкоторой массы воды, необходимо, чтобы концентрація теплоты происходила на возможно большемъ протяженіи этой массы, чего можно было-бы достигнуть лишь цѣлой системой стеколъ; 2) собирательное стекло, во первыхъ, отражаетъ часть падающихъ на него лучей, а изъ оставшихся еще поглощаетъ тѣмъ большее число, чѣмъ значительнѣе толщина стекла; 3) необходимость помѣщать такое стекло между солнцемъ и нагрѣваемымъ тѣломъ, лишаетъ последнее непосредственной инсоляціи, что составляетъ новое неудобство. Съ употребленіемъ собирательнаго зеркала устраняются всѣ эти затрудненія, такъ какъ, избравъ для него извѣстную форму, можно получить гораздо болѣе обширный (линейный) фокусъ, а надлежащимъ выборомъ матеріала для отражательной поверхности легко ослабить потерю лучей въ очень значительной мѣрѣ; наконецъ, затѣненіе нагрѣваемаго предмета устраняется само-собою.

Такимъ образомъ мы приходимъ къ второму заключенію, что *солнечные лучи должны сосредоточиваться на нагрѣваемый предметъ собирательнымъ зеркаломъ.*

<sup>1)</sup> Тиндаль. Теплота, § 662.



Разсмотримъ теперь, — какая форма и какой материалъ для отрагательной поверхности рефлектора всего лучше удовлетворяютъ нашей задачѣ.

Форма зеркала должна прежде всего быть настолько проста, чтобы его конструкція не представляла практическихъ затрудненій. При этомъ ограниченіи и въ предположеніи, что всѣ падающіе лучи параллельны, какъ это имѣетъ мѣсто для столь отдаленнаго источника радіаціи, какъ солнце, намъ для выбора представляются три типа собирательныхъ зеркалъ: круговое, параболическое и коническое.

Представимъ себѣ дугу круга  $AB$  (фиг. 1), которой центръ находится въ  $C$ , а середина въ  $D$ . На основаніи законовъ отраженія и свойствъ окружности, легко убѣдиться, что, когда дуга  $AB$  содержитъ небольшое число градусовъ, всѣ лучи, падающіе параллельно къ прямой  $CD$  на вогнутую сторону этой дуги, разсматривая послѣднюю какъ отражающую линію, послѣ отраженія соединятся приблизительно въ одной точкѣ  $F$ , лежащей въ срединѣ разстоянія  $CD$ . Это замѣчаніе даетъ возможность построить два рода круговыхъ собирательныхъ зеркалъ. Съ одной стороны, если вообразимъ, что дуга  $DA$  вращается около прямой  $DC$ , то получимъ часть шаровой поверхности, — сферическій сегментъ; давая вогнутому зеркалу форму такого сегмента, это *сферическое* зеркало будетъ, по выше сказанному, отражать въ одну точку  $F$  всѣ лучи, падающіе параллельно къ его оси. Съ другой стороны, если представимъ, что прямая линія определенной длины, проведенная изъ точки  $A$  перпендикулярно къ плоскости дуги  $AB$ , движется, оставаясь постоянно себѣ параллельной и опираясь своимъ основаніемъ на дугу  $AB$ , эта прямая опишетъ цилиндрическую поверхность, имѣющую поперечнымъ сѣченіемъ дугу круга, и ясно, что вогнутое *круго-цилиндрическое* зеркало, имѣющее форму такой поверхности, будетъ собирать всѣ лучи, падающіе параллельно къ  $CD$ , во всѣ точки прямой, перпен-

дикулярной въ  $F$  къ плоскости дуги  $AB$  и имѣющей длину, равную подвижной образующей линіи. Изъ этихъ двухъ рѣшеній только второе можетъ имѣть значеніе для нашей задачи, такъ какъ сферическое зеркало собираетъ отраженные лучи въ одной только точкѣ. Но и второе рѣшеніе непримѣнимо въ большинствѣ случаевъ: упомянутое условіе, чтобы дуга  $AB$  составляла небольшую часть окружности, необходимо потому, что въ противномъ случаѣ крайніе лучи, падающіе въ концахъ дуги  $AB$ , соединяются въ другой точкѣ  $E$ , которой разстояніе отъ  $F$  возрастаетъ вмѣстѣ съ числомъ градусовъ, заключенныхъ въ дугѣ  $AB$ . Если радіусъ  $CD$ , которымъ, очевидно, опредѣляется разстояніе нагрѣваемаго предмета отъ зеркала, не великъ, то, при маломъ числѣ градусовъ дуги  $AB$ , и самая эта дуга будетъ незначительна, т. е., зеркало будетъ лишь малыхъ размѣровъ, чѣмъ ограничивается число падающихъ и отраженныхъ лучей, а слѣдовательно и производимое нагрѣваніе. Увеличивать же радіусъ  $CD$  неудобно потому что вмѣстѣ съ этимъ возрастаетъ разстояніе  $FD$ , а слѣдовательно и путь лучей послѣ отраженія, что, вслѣдствіе охлажденія въ проходныхъ слояхъ воздуха, ослабляетъ ихъ тепловую напряженность. Такимъ образомъ, круго-цилиндрическое зеркало пригодно лишь для слабыхъ инсолаторовъ.

Этого неудобства можно избѣжать, замѣнивъ дугу круга дугой параболы. На основаніи свойствъ послѣдней кривой легко убѣдиться, что, какова-бы ни была длина взятой нами параболической дуги  $AB$  (фиг. 2), всѣ лучи, падающіе на вогнутую часть этой дуги параллельно къ оси  $DF$  параболы, отразятся въ одну и ту же точку, именно въ фокусъ  $F$  кривой. Воображая теперь, какъ въ случаѣ круговой дуги, одинъ разъ, что дуга  $DA$  вращается около оси  $DF$ , а другой разъ, что прямая определенной длины, возставленная въ  $A$  перпендикулярно къ плоскости кривой  $ADB$ , движется, сохраняя свое направленіе и описывая своимъ основаніемъ дугу  $AB$ ,



получимъ двѣ формы вогнутого собирательнаго зеркала, *параболическую* и *параболо-цилиндрическую*, изъ которыхъ первая сосредоточиваетъ падающіе параллельно къ  $FD$  лучи въ одной фокальной точкѣ  $F$ , а вторая—вдоль цѣлой фокальной прямой, перпендикулярной въ  $F$  къ плоскости параболы  $AB$  и равной высотѣ цилиндра. Отстраняя снова первое изъ этихъ рѣшеній, какъ непригодное для нашей цѣли, у насъ остается параболо-цилиндрическая форма, не имѣющая уже тѣхъ недостатковъ, какіе представляла круго-цилиндрическая.

Эти двѣ цилиндрическія формы, параболо-цилиндрическую и круго-цилиндрическую, и употреблялъ Мушо въ своихъ первыхъ инсолаторахъ, построенныхъ имъ до 1869 года<sup>1)</sup>; примѣръ такого примѣненія представленъ на фиг. 3, гдѣ  $A$  есть сосудъ съ нагрѣваемой водой,  $B$  и  $C$ —стеклянный цилиндръ съ такой-же крышкой, составляющіе вмѣстѣ стеклянную оболочку, а  $D$ —цилиндрическое зеркало, поставленное такъ, чтобы солнечные лучи падали на него параллельно къ оси.

Но объ указанныя цилиндрическія формы представляютъ одно важное неудобство. Какъ видно изъ примѣра фигуры 3, такіе рефлекторы могутъ отражать солнечные лучи лишь на одну часть поверхности помѣщеннаго въ фокусѣ тѣла и, слѣдовательно, нагрѣвать непосредственно это тѣло только съ одной стороны; это соображеніе и побудило Мушо, въ 1869 году, замѣнить цилиндрическія зеркала — *коническими*.

Образованіе этой послѣдней формы крайне просто: стоитъ представить себѣ, что прямоугольный треугольникъ  $ADB$  (фиг. 4) вращается около одного изъ своихъ катетовъ,  $DB$ . Принявъ внутреннюю поверхность полученнаго такимъ образомъ конуса за зеркальную, ясно, что всѣ лучи, падающіе на

<sup>1)</sup> Еще раньше, въ 1847 г., пытался примѣнить параболо-цилиндрическое зеркало для той-же цѣли извѣстный инженеръ Франшо (Franchot); опыты его не имѣли успѣха, потому что онъ не окружалъ нагрѣваемое тѣло стеклянной оболочкой.

эту поверхность параллельно къ ея оси  $DB$ , послѣ отраженія сойдутся въ различныхъ точкахъ этой оси или ея продолженія, такъ что эта прямая и будетъ служить фокальной линіей. Подобное зеркало имѣетъ передъ цилиндрическими два преимущества: во первыхъ, и это главное его достоинство, оно направляетъ солнечные лучи на расположенное по его оси нагрѣваемое тѣло со всѣхъ сторонъ, производя такимъ образомъ равномерное нагрѣваніе по всей поверхности; во вторыхъ, конструкція его чрезвычайно проста. Но здѣсь необходимо обратить вниманіе еще на одно обстоятельство.

При одной и той-же величинѣ отверстія  $AC$ , можно различно располагать угломъ  $ABC$  при вершинѣ конуса, взявъ его тупымъ, прямымъ или острымъ, и представляется вопросъ, какая величина этого угла всего выгоднѣе для цѣлей инсолатора. Помощью элементарнаго геометрическаго разсужденія не трудно доказать, что если уголъ  $ABC$  прямой, или, другими словами, если производящій прямоугольный треугольникъ  $ADB$  равнобедренный, то фокальная линія, занимая пространство  $DB$ , т. е. именно ось зеркала, будетъ короче, чѣмъ въ случаяхъ, когда уголъ  $ABC$ , при той-же величинѣ отверстія  $AC$ , острый или тупой<sup>1)</sup>; слѣдовательно, въ первомъ случаѣ отражен-

<sup>1)</sup> Пусть  $ABC$  (фиг. 5) будетъ прямоугольно-коническое зеркало, а  $AB'C$  и  $AB''C$  два другія коническія зеркала, одно остроугольное, другое тупоугольное, но съ такимъ-же отверстіемъ. Чтобы доказать, что фокальная линія перваго зеркала короче фокальныхъ линій двухъ остальныхъ, можно воспользоваться замѣчаніемъ Dupuy (Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, t. 35), что всякій лучъ, параллельный къ оси коническаго зеркала, отражается по прямой, составляющей съ образующей, проходящей чрезъ точку паденія, уголъ равный тому, который эта образующая составляетъ съ осью зеркала. Изъ этого свойства слѣдуетъ, что лучъ  $MA$ , параллельный къ общей оси  $DB'$  трехъ зеркалъ, отражается отъ прямоугольнаго конуса по  $AD$ , отъ остроугольнаго по  $AD'$ , отъ тупоугольнаго по  $AD''$ , и что треугольники  $ABD$ ,  $AB'D'$ ,  $AB''D''$  равнобедренные, т. е., что  $AD=BD$ ,  $AD'=B'D'$ ,  $AD''=B''D''$ . Но такъ какъ  $MA$  есть крайній лучъ, то фокальныя линіи трехъ зеркалъ будутъ соответственно  $BD$ ,  $B'D'$ ,  $B''D''$ ; и изъ того, что перпендикуляръ  $AD$  меньше наклонныхъ  $AD'$ ,  $AD''$ , слѣдуетъ, что фокальная линія  $BD$  также меньше фокальныхъ линій  $B'D'$ ,  $B''D''$ .



ные лучи будут сосредоточены на меньшемъ пространствѣ, такъ что нагрѣваніе будетъ сильнѣе. И такъ, прямоугольный конусъ, въ которомъ уголь при вершинѣ прямой, выгоднѣе другихъ. По этимъ соображеніямъ Мушо и употреблялъ въ своихъ послѣднихъ солнечныхъ приемникахъ исключительно одни прямоугольно-коническіе рефлекторы. Въ дѣйствительности пользуются лишь усѣченной частью  $A E F C$  прямоугольного конуса, заключенной между двумя плоскостями  $A C$ ,  $E F$ , перпендикулярными къ его оси.

Въ очень недавнее время, французскій инженеръ Пифрѣ (Pifre) сдѣлалъ еще новый шагъ въ усовершенствованіи зеркалъ инсолаторовъ. Зеркало Пифра состоитъ изъ трехъ усѣченныхъ конусовъ  $M$ ,  $N$ ,  $P$ , соединенныхъ попарно вдоль окружностей основанія, такъ, что ихъ оси  $E F$ ,  $F G$ ,  $G H$  лежатъ на одной прямой, какъ видно изъ фиг. 6, представляющей сдѣланный чрезъ ось разрѣзъ зеркала. Въ среднемъ усѣченномъ конусѣ  $N$ , образующая составляетъ съ осью уголь въ  $45^\circ$ , какъ въ коническомъ рефлекторѣ инсолаторовъ Мушо; образующая-же нижняго усѣченного конуса  $M$  наклонена къ оси подъ угломъ нѣсколько большимъ чѣмъ  $45^\circ$ , а образующая верхняго  $P$ —подъ угломъ нѣсколько меньшимъ. При такомъ расположеніи, три фокальныя линіи, произведенныя отраженіемъ лучей, падающихъ на три пояса  $M$ ,  $N$ ,  $P$  параллельно къ ихъ общей оси  $H E$ , почти совпадаютъ, налагаясь одна на другую приблизительно вдоль той части оси, которая служитъ фокальной линіей средняго усѣченного конуса. Отсюда, во-первыхъ, слѣдуетъ, что линейный фокусъ такого *сложно-коническаго* зеркала короче и сильнѣе, чѣмъ въ прямоугольно-коническомъ. Кромѣ того, область наибольшаго нагрѣва лежитъ гораздо ниже. Дѣйствительно, если представимъ себѣ прямоугольно-коническое зеркало раздѣленнымъ на очень узкія коническія полоски рядомъ плоскостей, проведенныхъ перпендикулярно къ оси на равныхъ и очень близкихъ другъ отъ

друга разстояніяхъ, то линейный фокусъ одной отдѣльно-взятой полоски будетъ тѣмъ напряженнѣе, чѣмъ выше лежитъ эта полоска, ибо верхнія полоски имѣютъ бѣольшую поверхность и, слѣдовательно, отражаютъ большее число лучей; значитъ, прямоугольно-коническое зеркало нагрѣваетъ верхнюю часть оси больше нижней. Это обстоятельство составляетъ большое неудобство въ тѣхъ случаяхъ, соответствующихъ именно важнѣйшимъ примѣненіямъ инсолаторовъ, когда ими пользуются для кипяченія воды и обращенія этой воды въ паръ; потому что нагрѣваніе воды происходитъ быстрѣе въ верхней части котла, чѣмъ въ нижней, что идетъ въ разрѣзъ съ обыкновеннымъ способомъ отопленія котловъ и съ условіями возможно полной утилизаціи получаемой теплоты. Зеркало Пифра въ значительной степени устраняетъ это неудобство, какъ это видно изъ сравненія фиг. 7 и 8, въ которыхъ штрихованныя площади представляютъ, для каждаго пояса, количества падающей на нагрѣваемый сосудъ теплоты. Такимъ образомъ сложно-коническій рефлекторъ имѣетъ ту выгоду, что позволяетъ уменьшить высоту котла на счетъ его діаметра и нагрѣвать этотъ котелъ съ нижней части.

Справедливость этихъ теоретическихъ заключеній о сравнительныхъ достоинствахъ прямоугольно-коническихъ и сложно-коническихъ зеркалъ вполне подтвердилась рядомъ опытовъ, сдѣланныхъ въ 1882 году спеціальной комиссіей, назначенной французскимъ правительствомъ для изученія практической пригодности инсолаторовъ. Примѣняя два зеркала этихъ системъ съ одинаковой площадью нагрѣва къ дистилляціи воды, комиссія нашла, что въ одинаковое время зеркало Пифра даетъ, въ среднемъ, на 25% больше дистиллированной воды, чѣмъ прямоугольно-коническій рефлекторъ.

Для облегченія чистки и починокъ, большія зеркала системы Пифра состоятъ изъ нѣсколькихъ секторовъ, которые легко укрѣпляются на общемъ скелетѣ изъ металлическихъ



прутьевъ (см. фиг. 14). Въ малыхъ приборахъ секторы скрѣпляютъ просто крючками, такъ что нѣтъ надобности въ подобномъ скелетѣ, а самый рефлекторъ состоитъ лишь изъ двухъ усѣченныхъ конусовъ, вмѣсто трехъ (см. фиг. 12 и 13), причемъ одинъ изъ нихъ тупоугольный, а другой остроугольный, но оба мало разнятся отъ прямоугольнаго; дѣйствіе такого упрощеннаго сложно-коническаго зеркала можно прослѣдить по діаграммамъ фигуры 9.

Обращаясь теперь къ вопросу, изъ какаго вещества долженъ состоять рефлекторъ инсолатора, для того чтобы онъ отражалъ на нагрѣваемое тѣло возможно большее число падающихъ тепловыхъ лучей, съ перваго взгляда естественно остановиться на амальгамированныхъ стеклахъ, т. е. на обыкновенныхъ стеклянныхъ зеркалахъ, такъ какъ они хорошо отражаютъ свѣтовые лучи и, кромѣ того, не страдаютъ отъ атмосферныхъ вліяній (послѣднее условіе важно потому, что солнечные пріемники дѣйствуютъ всегда на открытомъ воздухѣ). Но, съ другой стороны, имѣя въ виду извѣстныя намъ свойства теплоты, можно ожидать, что значительная часть солнечныхъ лучей, проникнувъ свободно сквозь стекло, преобразуются зеркальной амальгамой въ темные лучи и теряютъ такимъ образомъ способность снова проходить черезъ стекло. Это предположеніе вполне подтвердилось опытами, которые доказали преимущество полированныхъ металлическихъ рефлекторовъ.

Но полированные металлы обладаютъ не одинаковой способностью отражать теплоту и не въ равной степени сопротивляются атмосфернымъ вліяніямъ. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ, отражательная способность полированныхъ металловъ, т. е., отношеніе отраженной ими теплоты къ принятой, зависитъ отъ рода падающихъ лучей. Для солнечной теплоты, Дезенъ (Desains) и Лапровостэ (Laprovostaye) нашли слѣдующіе результаты <sup>1)</sup>:

<sup>1)</sup> Desains, «Leçons de Physique», an. 1865, t. II, p. 599.

МЕТАЛЛЪ ЗЕРКАЛА	Отражательная способность для солнечной теплоты
Серебро . . . . .	0,92
Золото . . . . .	0,87
Зеркальн. металлъ (сплавъ мѣди и олова) . . . . .	0,64
Сталь . . . . .	0,60
Платина . . . . .	0,60

Но такъ какъ эта таблица обнимаетъ лишь небольшое число металловъ, а болѣе обширныхъ наблюденій относительно отраженія именно солнечной теплоты отъ металлическихъ зеркалъ произведено не было, то мы приводимъ еще другую таблицу, выведенную изъ опытовъ тѣхъ-же ученыхъ надъ отраженіемъ лучей искусственнаго источника, именно такъ называемой лампы Локателли, при углѣ паденія въ 50°:

МЕТАЛЛЪ	Отражательная способность для лампы Локателли
Серебро . . . . .	0,97
Золото . . . . .	0,96
Красная мѣдь . . . . .	0,93
Желтая мѣдь . . . . .	0,93
Зеркальн. металлъ . . . . .	0,86
Олово . . . . .	0,85
Сталь . . . . .	0,83
Цинкъ . . . . .	0,81
Полиров. платина . . . . .	0,80
Желѣзо . . . . .	0,77

Эти данныя показываютъ, что полнѣе другихъ должны утилизировать тепловую радіацію солнца серебряныя зеркала;



сверхъ того, они сравнительно мало подвержены атмосфернымъ вліяніямъ. Къ сожалѣнію, самый выгодный металлъ есть вмѣстѣ съ тѣмъ одинъ изъ самыхъ дорогихъ. Чтобы уменьшить стоимость такихъ рефлекторовъ, ихъ дѣлаютъ изъ мѣдныхъ листовъ, покрытыхъ съ отражающей стороны тонкимъ, хорошо полированнымъ слоемъ серебра<sup>1)</sup>.

Изъ всего сказаннаго о формѣ и веществѣ рефлекторовъ вытекаетъ слѣдующее третье положеніе: *зеркало инсолатора должно имѣть сложно-коническую форму и отражательная его поверхность должна быть изъ полированного серебра.*

Главную задачу въ примѣненіяхъ инсолаторовъ составляетъ, какъ мы увидимъ ниже, кипяченіе жидкостей и превращеніе ихъ въ пары помощью солнечной теплоты. Этимъ обуславливается необходимость еще одной существенной части прибора — *котла*, помѣщеннаго вдоль линейнаго фокуса рефлектора внутри стеклянной оболочки. Стѣнки этого сосуда должны быть сдѣланы изъ вещества, возможно лучше проводящаго получаемую отъ зеркала теплоту, а въ этомъ отношеніи всего выгоднѣе красная мѣдь, теплопроводность которой значительно больше, чѣмъ у другихъ пригодныхъ для нашей цѣли металловъ. Дѣйствительно, изъ наблюденій Видемана и Франца получается слѣдующая сравнительная таблица:

МЕТАЛЛЪ	Теплопроводность
Красная мѣдь . .	0,736
Желтая мѣдь . .	0,236
Цинкъ . . . . .	0,193
Олово . . . . .	0,145
Желѣзо . . . . .	0,119
Свинець . . . . .	0,085

<sup>1)</sup> Мушо пытался замѣнить серебро полированной желтой мѣдью, обладающей также значительной отражательной способностью, но оказалось, что такіа зеркала быстро тускнутъ и поэтому требуютъ очень частой чистки.

Наружную поверхность стѣнокъ котла покрываютъ сажей для увеличенія ихъ поглотительной способности<sup>1)</sup>. Что касается формы и устройства котла, то они зависятъ отъ той специальной цѣли, къ которой примѣняется дѣйствіе инсолатора; вообще-же они должны отвѣчать условію возможно малой потери теплоты путемъ проводности чрезъ точки опоры и лучеиспусканія въ наружное пространство.

Намъ остается коснуться еще одной принадлежности инсолатора. Для полного дѣйствія солнечныхъ лучей, падающихъ на зеркало, они должны быть направлены параллельно къ оси послѣдняго, т. е. перпендикулярно къ плоскости его верхняго основанія; чтобы это условіе не переставало выполняться при перемѣщеніи солнца на небесномъ сводѣ, необходимо чтобы зеркало вмѣстѣ съ котломъ и стеклянной оболочкой слѣдовали за этимъ движеніемъ солнца. При малыхъ размѣрахъ инсолатора, такое перемѣщеніе достигается весьма просто, поворачивая чрезъ каждыя  $\frac{1}{4}$  или  $\frac{1}{2}$  часа подставку рефлектора въ горизонтальной плоскости и наклоняя ее къ этой плоскости вращеніемъ на шарнирахъ (см. фиг. 12 и 13). Большіе же пріемники, съ значительнымъ вѣсомъ, приходится снабжать особымъ механизмомъ, позволяющимъ съ легкостью сообщать прибору нужныя движенія помощью рычаговъ или рукоятокъ. Подобные механизмы могутъ быть устроены различно; но мы не станемъ останавливаться на этомъ вопросѣ, имѣющемъ здѣсь лишь второстепенный интересъ, тѣмъ болѣе, что дальше мы встрѣтимъ нѣсколько примѣровъ такого рода приспособленій.

<sup>1)</sup> Въ длинномъ ряду ученыхъ и изобрѣтателей стремившихся практически утилизировать теплоту солнечныхъ лучей, первый, примѣнившій почерненіе поверхности нагреваемого тѣла, былъ повидимому французскій физикъ Дюкарла (1738—1816), которому, благодаря этому пріему, удалось варить мясо и овощи подъ стеклянными колпаками, выставленными на солнце. Успѣху опытовъ Дюкарла препятствовало главнымъ образомъ то ошибочное его воззрѣніе, что нагреваніе должно усиливаться съ числомъ стеклянныхъ оболочекъ, окружающихъ нагреваемый предметъ. Приборъ Дюкарла описанъ подробно въ его сочиненіи «Traité du feu complet».



НИКОЛАНДРОВИЧЪ  
НИКОВА



Во всемъ предшествующемъ мы старались намѣтить въ краткихъ чертахъ тотъ логическій путь, который постепенно привелъ Мушо и его послѣдователей къ изобрѣтенію современнаго инсолатора. Соединивъ все добытыя при этомъ общія положенія, мы приходимъ къ слѣдующему окончательному выводу:

*Инсолаторъ состоитъ изъ сложно-конического посеребреннаго металлическаго зеркала, сосредоточивающаго солнечныя лучи на мѣдный, снаружи почерненный котелъ, расположенный вдоль линейнаго фокуса рефлектора и заключенный въ стеклянную оболочку; приборы большихъ размѣровъ, сверхъ того, снабжены механизмомъ для перемѣщенія ихъ вслѣдъ за солнцемъ.*

Этими немногими словами дѣйствительно выражается вся сущность устройства современнаго солнечнаго приемника, въ чемъ можно убѣдиться, взглянувъ, напримѣръ, на фиг. 12, 13 и 14, представляющія нѣкоторыя изъ его новѣйшихъ конструкцій<sup>1)</sup>. Такимъ образомъ приборъ этотъ является для насъ прямымъ и естественнымъ результатомъ сочетанія опредѣленныхъ научныхъ выводовъ и мы можемъ дать себѣ полный отчетъ въ происхожденіи и значеніи его отдѣльныхъ частей.

Обращаясь теперь къ примѣненіямъ инсолатора для практическихъ цѣлей, замѣтимъ сначала, что до настоящаго времени этимъ приборомъ пытались воспользоваться преимущественно въ трехъ направленіяхъ: 1) для приведенія въ дѣйствіе паровыхъ машинъ и, слѣдовательно, вообще для механическихъ цѣлей, напримѣръ, для подъема воды, ирригаціи, различныхъ другихъ потребностей сельскаго хозяйства, и т. д.; 2) для перегонки, напримѣръ, для дистилляціи морской или нечистой воды, для фабрикаціи спирта, водокъ, ликеровъ, духовъ и проч.; и 3) для приготовленія горячихъ напитковъ и кушаній. Особен-

<sup>1)</sup> На черт. 14 кромѣ приемника изображенъ въ сторонѣ еще холодильный аппаратъ, состоящій изъ частей U, H, Q и предназначенный для дистилляціи жидкости, кипящей въ котлѣ.

ныхъ выгодъ ждутъ отъ всѣхъ этихъ примѣненій инсолатора въ очень южныхъ краяхъ, гдѣ съ необыкновенной силой и продолжительностью солнечнаго нагрѣванія соединяется почти полное отсутствіе топлива, гдѣ воду для питья необходимо очищать перегонкой, а растительность немыслима безъ поливки.

Начало изслѣдованій Мушо по занимающему насъ предмету относится, какъ уже было замѣчено выше, къ 1860 году. Но какъ эти первыя его попытки, такъ и длинный рядъ другихъ опытовъ, сдѣланныхъ въ теченіе пятнадцати послѣдующихъ лѣтъ, производились съ дешевыми аппаратами малыхъ размѣровъ, устроенными въ то время еще мало извѣстнымъ изслѣдователемъ на скудные сбереженія отъ скромнаго учительскаго жалованья<sup>1)</sup>. Первый инсолаторъ значительныхъ размѣровъ Мушо удалось построить лишь въ 1874 году, благодаря назначенной ему для этой цѣли правительственной субсидіи.

Въ этомъ приборѣ (фиг. 10) прямоугольно-коническій рефлекторъ имѣлъ въ діаметрѣ верхняго основанія 2,6 метра, а въ діаметрѣ нижняго 1 метръ; онъ состоялъ изъ 12 посеребренныхъ секторовъ, вдвинутыхъ въ пазы прутьевъ желѣзнаго скелета. Такъ называемая *площадь нормальной инсоляціи*, т. е., площадь нормальнаго (поперечнаго) сѣченія пучка падающихъ на отражательную поверхность солнечныхъ лучей, за вычетомъ неполированныхъ частей внутри конуса, каковы кругъ нижняго основанія, прутья скелета и проч.,—эта площадь нормальной инсоляціи равнялась 4 квадр. метр. Въ нижнее или малое

<sup>1)</sup> Проходи здѣсь, для краткости, молчаніемъ эти начальные опыты Мушо, нельзя однако не указать на то, что они именно и подготовили изобрѣтеніе современнаго инсолатора и потому съ научно-исторической точки зрѣнія представляютъ большой интересъ. Читатель найдетъ описаніе этихъ опытовъ въ 8 и 9 главахъ сочиненія Мушо «La chaleur solaire et ses applications industrielles», 2-me édition.



отверстіе зеркала было вставлено чугунный кругъ, на которомъ покоился мѣдный котелъ. Послѣдній состоялъ изъ двухъ концентрическихъ сосудовъ, имѣвшихъ форму колокола, изъ коихъ большій имѣлъ 80, меньшій 50 сантим. высоты, при діаметрахъ въ 28 и 22 сантим. Нагрѣваемая вода помещалась въ промежуткѣ между этими сосудами, образуя такимъ образомъ кольцевидный цилиндрическій слой толщиной въ 3 сантим. Объемъ воды не превышалъ 20 литровъ<sup>1)</sup>, такъ что паръ занималъ пространство около 10 литр. Внутренній сосудъ оставался пустымъ; онъ оканчивался мѣдной трубой, которая однимъ концомъ входила въ паровую камеру, а другимъ сообщалась помощью гибкой трубки или съ паровой машиной, или съ дистилляціоннымъ аппаратомъ. Другая гибкая трубка, выходящая изъ основанія котла, служила для питанія послѣдняго водой. Стеглянная оболочка, окружающая весь котелъ, имѣла также видъ колокола, стоящаго на днѣ рефлектора, высотой 85 сантим. и 40 сантим. въ діаметрѣ, при толщинѣ стѣнокъ въ 5 миллиметр., такъ что между стѣнками этого стекляннаго колокола и котла оставался промежутокъ въ 5 сантим. Для перемѣщенія прибора за солнцемъ, его поворачивали на 15° въ часъ вокругъ вала, параллельнаго къ оси міра, и постепенно наклоняли къ этому валу сообразно склоненію солнца. Для достиженія этой двойкой цѣли инсолаторъ опирался цапфами на валъ, перпендикулярный къ ихъ оси, и валъ этотъ составлялъ съ горизонтомъ, отъ сѣвера къ югу, уголъ, равный широтѣ мѣста. Такимъ образомъ получались два движенія, позволяющія прибору слѣдовать за ходомъ солнца, ибо, при полуоборотѣ вала, инсолаторъ поворачивался отъ востока къ западу, тогда какъ вращеніемъ на цапфахъ онъ устанавливался противъ солнца, каково-бы ни было видимое положеніе послѣдняго. Каждое изъ этихъ двухъ движеній производилось

<sup>1)</sup> 1 литръ=0,0813 ведра=61,027 куб. дюйм.—1 метръ=3,2809 русск. фут.=1,4061 арш.

защѣпленіемъ безконечнаго винта и требовало лишь толчка о рукоятку: первое черезъ каждые полчаса, второе разъ въ недѣлю.

Опыты съ этимъ инсолаторомъ производились въ Турѣ и дали, между прочимъ, слѣдующіе результаты.

8 мая<sup>1)</sup>, при обыкновенной ясной погодѣ, 20 литр. воды въ 20°, влитые въ котелъ въ 8 ч. 30 м. утра, дали послѣ 40 минутъ паръ въ 2 атмосферы давленія, т. е. температуры 121°. Давленіе, затѣмъ, быстро достигло 5 атмосферъ,—предѣла, за которымъ было опасно продолжать опытъ, такъ какъ стѣнки котла имѣли толщину лишь въ 3 миллим. Около полудня, при 12 литр. воды въ котлѣ, паръ въ 100° поднялся менѣе чѣмъ въ 15 мин. до 5 атм. давленія, т. е. до температуры 153°.

22 іюля, около 1 ч. пополудни, при необыкновенной жарѣ, приборъ обрашалъ въ пары 5 литр. воды въ часъ, что соотвѣтствуетъ расходу пара въ 140 литр. въ минуту.

За неимѣніемъ паровой машины, приспособленной къ инсолатору, пришлось употребить большую учебную модель машины безъ расширенія и безъ холодильника, которой цилиндръ вмѣщалъ  $\frac{1}{3}$  литра. Эта машина въ ясную погоду дѣлала 80 ударовъ въ минуту при постоянномъ давленіи въ 1 атмосферу.

Проведя паръ изъ котла въ дистилляціонный аппаратъ, 5 литр. вина закипали въ  $\frac{1}{4}$  часа; тотъ-же паръ очень быстро варилъ овощи и т. п.<sup>2)</sup>

Эти первые крупныя опыты Мушо обратили вниманіе публики, ученыхъ и правительства на новое изобрѣтеніе. Въ началѣ 1877 года Мушо былъ посланъ министромъ народнаго

<sup>1)</sup> Все числа мѣсяца приведены въ настоящей статьѣ по новому стилю, температуры—по термометру Цельсія.

<sup>2)</sup> Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. 81, an. 1875, p. 571—574.



просвѣщенія Ваддингтономъ на годъ въ Алжирію для изученія дѣйствій солнечныхъ приемниковъ въ болѣе благоприятныхъ условіяхъ.

Изъ отчета объ этой поѣздкѣ, представленнаго Мушо Парижской Академіи наукъ<sup>1)</sup> и министру<sup>2)</sup>, мы извлекаемъ слѣдующую таблицу, показывающую, какія количества теплоты, въ различныхъ мѣстахъ Алжиріи, способны утилизировать инсолаторъ въ минуту и на квадратный метръ площади нормальной инсоляціи. Цифры этой таблицы получены Мушо изъ опытовъ съ особымъ небольшимъ приемникомъ, названнымъ имъ солнечнымъ кипяильникомъ. Онъ состоитъ изъ прямоугольно-конического зеркала, имѣющаго площадь нормальной инсоляціи въ 18 квадр. дециметр., стекляннаго цилиндра и почерпнаго снаружи небольшого котла, снабженнаго крышкой, сквозь которую проходитъ термометръ. Въ котелъ, при каждомъ опытѣ, вливалось  $\frac{3}{4}$  литра воды; наблюдалась начальная ея температура, время, протекшее до начала кипѣнія, равно какъ и температура кипѣнія,—и по этимъ даннымъ вычислялось количество тепловыхъ единицъ, которое утилизировалось въ минуту на каждый квадратный метръ площади нормальной инсоляціи.

Мѣсто наблюденія.	Время наблюденія.	Состояніе неба.	Число единицъ теплоты, утили- зир. въ минуту на квадр. метръ площ. нормальн. инсоляціи.
Алжирь . . . .	апрѣль	чисто	7 (средняя)
	май	»	8 »
	іюнь	»	8,5 »
Барджъ-Бу-Ар- рериджъ . .	30 іюля	очень ярк. солнце	8,5
Сегифъ . . . .	1 августа	»	7,8
» . . . .	2 »	»	6

<sup>1)</sup> Comptes rendus, t. 86, an. 1878, p. 1019—1021.

<sup>2)</sup> «La chaleur solaire», 2-me édition, p. 232—243.

Мѣсто наблюденія.	Время наблюденія.	Состояніе неба.	Число единицъ теплоты, утили- зир. въ минуту на квадр. метръ площ. нормальн. инсоляціи.
Константина .	3 августа	очень ярк. солнце	7,4
Бискра . . . .	10 »	»	9
» . . . .	11 »	слегка покрыто парами	5
» . . . .	13 »	яркое солнце	9,2
Пикъ Шеліа .	18 »	солнце и вѣтеръ	9,7
Трудъ . . . .	17 »	солнце	9,6
Батна . . . .	22 »	»	9,2
Пикъ Тонгуръ	23 »	солнце и вѣтеръ	9
Медеа . . . .	16 сентября	яркое солнце	7
Богари . . . .	19 »	»	7,1
Джелфа . . . .	20 »	»	7,3
Лагуать . . .	22 »	чистое небо	8,4
» . . . .	23 »	подернуто	7,8
Эль-Ариша . .	26 »	яркое солнце	9,8
Жеривиль . . .	4 октября	»	8,7
» . . . .	4 »	легкія облака	6,7
Бенъ-Атабъ . .	5 »	яркое солнце	9,4
Эль-Мей . . . .	7 »	»	9,4
Тарауа . . . .	8 »	»	7,6
Оранъ . . . .	23 »	»	8,1
Средняя . . . .			8,5

По замѣчанію Мушо, цифры послѣдняго столбца, выведенныя, какъ мы видѣли, изъ опытовъ съ очень малымъ приборомъ, должны быть меньше тѣхъ, какія могли-бы дать, при равныхъ прочихъ условіяхъ, инсолаторы значительныхъ размѣровъ, такъ какъ по наблюденіямъ, сдѣланнымъ имъ въ Турѣ, количество теплоты, утилизируемой въ данное время



на каждый квадратный метръ площади нормальной инсоляціи, возрастаетъ вмѣстѣ съ размѣрами рефлектора <sup>1)</sup>).

Другой интересный практическій выводъ изъ Алжирскихъ наблюденій Мушо, относится къ возможной продолжительности рабочаго дня инсолаторовъ въ климатѣ Алжиріи. Слѣдя за измѣненіями напряженности солнечной теплоты въ теченіе дня, Мушо нашель, что эти колебанія вообще мало чувствительны между 8 час. утра и 4 час. пополудни. Напряженность тепловыхъ лучей уже достаточна отъ 6 до 7 час. утра; она быстро возрастаетъ съ 7 до 8 час. и проходитъ въ обратномъ порядкѣ тѣ-же измѣненія между 4 и 6 час. вечера. Отсюда слѣдуетъ, что въ Алжиріи, въ ясные дни, можно рассчитывать на 8, перѣдко даже на 10 часовъ дѣйствія инсолатора.

Возвратясь въ ноябрѣ 1877 года въ Алжиръ, Мушо представилъ свои приборы и результаты наблюденій мѣстному Общему Совѣту (Conseil général), который немедленно ассигновалъ ему 5000 франковъ на сооруженіе большого инсолатора для готовившейся тогда Парижской всемірной выставки. Къ этой первой субсидіи присоединились вскорѣ другія: именно 5000 франк. по назначенію генераль-губернатора Алжиріи и 5200 франк. со стороны Французской Ассоціаціи для успѣховъ наукъ, всегда готовой на щедрую помощь нуждающемуся изслѣдователю. Наконецъ, для покрытія расходовъ на выставкѣ министерство земледѣлія ассигновало Мушо еще около 15000 франк. «Пусть скажутъ теперь», восклицаетъ по этому поводу Ройомонъ <sup>2)</sup>, «что во Франціи не поощряютъ изобрѣтателей!».

При такихъ-то благоприятныхъ условіяхъ и съ практической помощью талантливаго молодаго инженера Абея Пифра,

<sup>1)</sup> Къ сожалѣнію, Мушо не сообщилъ числовыхъ данныхъ, которыя его привели къ этому интересному заключенію о возрастаніи полезнаго дѣйствія съ размѣрами пріемника, такъ что нельзя судить о томъ, въ какой пропорціи происходитъ это возрастаніе. Было бы полезно произвести спеціальныи рядъ опытовъ для разъясненія этого вопроса.

<sup>2)</sup> Rouaimont, «La conquête du soleil», Paris, 1882, p. 244.

которому, какъ мы увидимъ, пришлось впоследствии играть очень видную роль въ вопросѣ, Мушо выступилъ на всемірной выставкѣ 1878 года съ громаднѣйшимъ инсолаторомъ, какой когда-либо былъ построенъ (фиг. 11).

Площадь большого основанія прямоугольно-коническаго рефлектора имѣла около 20 квадр. метр. Вдоль фокуса его, длина котораго равнялась 2 метр., былъ установленъ желѣзный трубчатый котель, вѣсившій, со всѣми принадлежностями, до 200 килограммовъ; вмѣстимость котла была въ 100 литр., изъ коихъ 30 для паровой камеры и 70 для воды. Посредствомъ особаго механизма можно было мгновенно установить приборъ для данной широты, т. е., такъ наклонить главный валъ, около котораго совершается суточное движеніе, чтобы онъ составлялъ съ горизонтомъ уголъ, равный широтѣ мѣста. Другая система зубчатыхъ колесъ позволяла наклонять рефлекторъ вмѣстѣ съ котломъ къ главному валу сообразно склоненію солнца. Наконецъ, посредствомъ рукоятки снабженной двойнымъ шарниромъ Гука, можно было перемѣщать приборъ съ востока на западъ. Такъ какъ рефлекторъ съ котломъ уравнивались противовѣсомъ, то послѣднее движеніе требовало лишь незначительнаго усилія; его даже можно было сдѣлать автоматическимъ при помощи часового механизма. Всѣ эти детали легко прослѣдить на фиг. 11.

Этотъ инсолаторъ дѣйствовалъ въ первый разъ 2 сентября. 70 литровъ воды закипѣли въ  $\frac{1}{2}$  часа. Манометръ, не смотря на значительныя побѣги пара, показывалъ до 6 атмосферъ.

12 сентября, при слегка облачномъ небѣ, давленіе въ котлѣ возрастало быстро; котель питался посредствомъ инжектора безъ замѣтнаго уменьшенія давленія.

22 сентября, при постоянномъ, но не вполне ясномъ солнцѣ, давленіе достигло 6,2 атмосферъ. Въ тотъ-же день былъ приведенъ въ дѣйствіе инсолаторомъ, подъ постояннымъ давленіемъ около 3 атм., насосъ системы Танжи, который под-



нималь отъ 1500 до 1800 литр. воды въ часъ на высоту 2 метр.

29 сентября солнце показалось къ 11 час. 30 мин., а въ полдень закипѣли 75 литр. воды; упругость пара въ теченіе 2 часовъ постепенно возрастала отъ 1 до 7 атмосф., предѣльнаго показанія манометра, не смотря на нѣсколько преходящихъ облаковъ. Паръ былъ проведенъ въ ледодѣльный аппаратъ Карре и получились первые куски льда, произведенные дѣйствіемъ солнечныхъ лучей.

Эти результаты заслуживаютъ тѣмъ большаго вниманія, что они достигнуты при не совсѣмъ благоприятныхъ обстоятельствахъ: вслѣдствіе неудовлетворительной конструкціи, котель пропускалъ паръ то чрезъ предохранительный клапанъ, то чрезъ паропроводную трубку; сверхъ того оказалось, что для инсолаторовъ трубчатые котлы менѣе выгодны, чѣмъ обыкновенные цилиндрическіе или кольцеобразные.

Рядомъ съ описаннымъ большимъ инсолаторомъ, на выставкѣ дѣйствовали и малые пріемники. Зеркала въ  $\frac{1}{5}$  квадр. метра жарили  $\frac{1}{2}$  килогр. мяса и кипятили  $\frac{3}{4}$  литра воды въ  $\frac{1}{2}$  часа, варили кофе, и т. п. Солнечные дистилляторы тоже работали успѣшно; съ рефлекторами въ  $\frac{1}{2}$  квадр. метра 3 литра вина закипали въ  $\frac{1}{2}$  часа и получалась водка хорошаго качества<sup>1)</sup>

Экспертная коммиссія выставки и французское правительство успѣшили отдать должную честь изобрѣтателю, достигшему послѣ почти двадцатилѣтнихъ неуклонныхъ изслѣдованій этихъ блестящихъ результатовъ. Первая присудила Мушо золотую медаль, второе назначило ему значительную пожизненную пенсію.

Этотъ громкій успѣхъ не усыпилъ однако въ Мушо его прежней энергіи и настойчивости въ преслѣдованіи разъ по-

<sup>1)</sup> «La chaleur solaire», 2-me édit., p. 243—246.

ставленной цѣли. Уже нѣсколько мѣсяцевъ послѣ закрытія всемірной выставки, онъ предпринимаетъ въ окрестностяхъ Алжира новый рядъ опытовъ надъ техническими примѣненіями инсолаторовъ и представляетъ въ маѣ 1880 года отчетъ о нихъ Академіи.

Съ прямоугельно-коническимъ рефлекторомъ, имѣющимъ 0,8 метр. въ діаметръ большаго основанія, Мушо достигаетъ внутри стеклянной оболочки температуръ въ 400 — 500° и съ успѣхомъ примѣняетъ этотъ результатъ къ плавленію квасцовъ, къ приготовленію бензойной кислоты, къ очищенію льняного масла, къ сгущенію сироповъ, къ сублимаціи сѣры, къ дистилляціи сѣрной кислоты, и проч.

Другой инсолаторъ большихъ размѣровъ, предназначенный для механическихъ цѣлей, имѣлъ площадь нормальной инсолаци въ 3,8 квадр. метр. Въ немъ замѣчается новое устройство котла, при которомъ испаряемая жидкость постоянно остается въ соприкосновеніи со всей поверхностью нагрѣва и для пара оставлено большее пространство; стѣнкамъ котла дана толщина въ 5 миллим.

Въ этомъ приборѣ, 18-го ноября, 35 литр. воды закипѣли въ 80 минутъ, а  $1\frac{1}{2}$  часа спустя давленіе пара достигло 8 атмосф. Приспособленный къ прямой перегонкѣ, тотъ-же инсолаторъ доставлялъ 22 декабря около 5100 литр. пара нормальнаго давленія въ часъ и перегналъ 24 декабря изъ 25 литр. вина 4 литр. водки въ 85 минутъ.

Въ началѣ марта тотъ-же пріемникъ приводилъ въ движеніе горизонтальную паровую машину безъ расширенія и безъ холодильника со скоростью 120 оборотовъ въ минуту подъ постояннымъ давленіемъ въ 3,5 атмосф. Наконецъ, 18 марта, подъемная машина весьма посредственной конструкціи, движимая этимъ инсолаторомъ, поднимала 6 литр. воды на 3,5 метр. и выбрасывала на 12 метр. водяную струю для поливки<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Comptes rendus, t. 90, an. 1880, p. 1212—1213.



Еще въ 1876 году, вскорѣ послѣ Турскихъ опытовъ, Мушо продалъ права на всѣ свои привиллеги, кромѣ французской, нѣкому Кордье въ Лондонѣ. Въ 1878 году онъ уступилъ права и на французскій патентъ своему помощнику на всемирной выставкѣ Пифру, который, выкупивъ иностранныя привиллеги у Кордье, сталъ такимъ образомъ полнымъ владельцемъ предпріятія. Но чтобы вести съ успѣхомъ дѣло распространенія и дальнѣйшаго совершенствованія новаго изобрѣтенія, нужны были значительныя матеріальныя средства. Уже годъ спустя, Пифру удалось составить акціонерное общество съ крупнымъ основнымъ капиталомъ подъ названіемъ «Центрального Общества утилизаціи солнечной теплоты» (*Société Centrale d'utilisation de la chaleur solaire*). Это общество, во главѣ котораго стоитъ извѣстный предприниматель Куврѣ (*Couvreux*), основало въ Парижѣ съ 1881 года обширныя мастерскія, гдѣ не только изготовляются инсолаторы для продажи, но и продолжаютъ, подъ руководствомъ Пифра, различныя изслѣдованія, клонящіяся къ дальнѣйшимъ практическимъ улучшеніямъ солнечныхъ приемниковъ.

Главныя усовершенствованія, сдѣланныя Пифромъ въ инсолаторахъ Мушо, заключаются въ замѣнѣ прямоугольно-конической формы рефлектора сложно-конической, въ уменьшеніи высоты котла и въ упрощеніи механизма для періодическихъ перемѣщеній прибора.

Съ выгодами сложно-коническаго зеркала мы уже знакомы изъ прежняго.

Эти выгоды должны были, какъ мы видѣли, отразиться и на расположеніи котла. При прямоугольно-коническомъ рефлекторѣ приходилось давать котлу очень большую высоту; это увеличивало вѣсъ инсолатора, повышало его центръ тяжести и затрудняло управленіе приборомъ. Съ введеніемъ рефлектора Пифра, вслѣдствіе укороченія и усиленія линейнаго фо-

куса, получилась возможность значительно уменьшить высоту котла, укоротивъ его и сверху и снизу, такъ чтобы одинъ паровой куполь поднимался надъ уровнемъ верхняго основанія рефлектора, а между дномъ котла и дномъ зеркала оставался нѣкоторый промежутокъ, которымъ можно воспользоваться, заполняя его какимъ-нибудь дурнымъ проводникомъ теплоты. Чтобы съ такимъ уменьшеніемъ высоты котла не пришлось, для сохраненія объема, увеличивать его діаметра, Пифръ устранилъ внутренній пустой цилиндръ котловъ Мушо, замѣнивъ, слѣдовательно, прежнюю кольцеобразную полость для воды и пара сплошной цилиндрической; для нѣкоторыхъ примѣненій удержано впрочемъ кольцеобразное расположеніе. Тогда какъ боковыя стѣнки котла, заключенныя въ стеклянный цилиндръ, снаружи почернены съ цѣлью усилить поглощеніе теплоты, мѣдный куполь, выдающійся изъ стекляннаго сосуда и соприкасающійся съ наружнымъ воздухомъ, имѣетъ, наоборотъ, полированную и блестящую поверхность, что уменьшаетъ потерю теплоты чрезъ лучеиспусканіе.

Для установки ихъ по солнцу, инсолаторы Пифра имѣютъ двойное движеніе около двухъ осей, одной горизонтальной и другой вертикальной (см. фиг. 14). Для перемѣщенія въ горизонтальной плоскости, отъ востока къ западу и обратно, служитъ простой рычагъ, движущій платформу, на которой стоитъ рефлекторъ. Наклоненіе-же прибора достигается слѣдующимъ образомъ: зеркало, съ одной стороны, ходитъ на двухъ шарнирахъ съ общей горизонтальной осью, а съ другой, опирается на одну или двѣ круговыя зубчатки, смотря по величинѣ прибора. Эти зубчатки, а съ ними и рефлекторъ, можно поднимать двумя шестернями, которыя вращаютъ рукояткой, снабженной безконечнымъ винтомъ. Оба эти движенія требуютъ лишь незначительнаго усилія. Вслѣдствіе такого упрощенія ориентирующаго механизма, и штативъ, на которомъ покоится весь приборъ, сталъ гораздо легче и удобнѣе для переноски.



Не подлежит сомнію, что этими усовершенствованіями и нѣкоторыми другими детальными улучшеніями, на которыхъ здѣсь неумѣстно останавливаться, Пифръ увеличилъ полезное дѣйствіе солнечныхъ приемниковъ и облегчилъ ихъ практическое употребленіе.

Инсолаторы, которые изготовляются теперь въ мастерскихъ Центрального Общества утилизаціи солнечной теплоты, можно раздѣлить на четыре типа, различающіяся по своему назначенію и размѣрамъ.

Приборы перваго типа (фиг. 12), небольшой величины, могутъ служить или какъ учебныя модели для физическихъ и механическихъ кабинетовъ, или же какъ солнечныя котелки для приготовленія напитковъ и кушаній. Подставка прибора состоитъ изъ двухъ досокъ, соединенныхъ шарнирными петлями; одна ставится горизонтально, а другую, на которой укрѣплено зеркало, можно наклонять вращеніемъ на петляхъ, сообразно положенію солнца. Въ стеклянный цилиндръ, расположенный по фокусу зеркала, вставляется, смотря по надобности, обыкновенный кипятыльникъ, кофейникъ, рѣшетка, вертель, и т. д.

Инсолаторы втораго типа (фиг. 13), получившіе названіе *караванныхъ* аппаратовъ, предназначаются для военныхъ и другихъ экспедицій и, вообще, для путешествій по знойнымъ и безлѣснымъ пустынямъ, какъ дорожныя солнечныя кухни. Секторы, изъ которыхъ составляется рефлекторъ, и всѣ кухонныя принадлежности укладываются въ небольшой, удобный для дороги ящикъ. Раскладка и укладка отнимаютъ мало времени; зеркало устанавливается на самой крышкѣ ящика.

Третій типъ составляютъ приборы, специально приспособленные къ перегонкѣ и подобнымъ цѣлямъ. Котель состоитъ изъ двухъ концентрическихъ цилиндровъ, между которыми помещается испаряемая жидкость, вверху, гдѣ собираются пары, и трубокъ, проводящихъ эти пары въ холодильникъ.

Наконецъ, къ четвертому типу относятся инсолаторы большихъ размѣровъ, служащіе для доставленія движущей силы. Подножье у нихъ чугунное; секторы рефлектора вставлены въ легкій желѣзный скелетъ (фиг. 14); стеклянный цилиндръ составленъ изъ трехъ цилиндрическихъ вырѣзокъ. Котель устроенъ какъ въ предыдущихъ приборахъ. Мѣдная трубка, выходящая изъ купола и спускающаяся параллельно къ оси котла, проводитъ паръ въ резервуаръ, на которомъ вправлены предохранительный клапанъ, манометръ и другая трубка, ведущая паръ къ приемной машинѣ; сверхъ того, котель снабженъ сверху указателемъ уровня. Самые большіе инсолаторы этого рода имѣютъ 5,5 метр. въ діаметръ верхняго основанія рефлектора.

Разсмотрѣнныя выше улучшенія въ устройствѣ инсолаторовъ были задуманы Пифромъ еще въ началѣ 1879 года. Чтобы изучить ихъ практическое значеніе, онъ осенью того-же года предпринялъ поѣздку въ Алжирію. Произведенные здѣсь опыты привели его къ столь поощрительнымъ выводамъ, что въ августѣ 1880 года онъ рѣшился выступить передъ Парижскими учеными и публикой съ своимъ измѣненнымъ инсолаторомъ, испытывая публично его дѣйствіе въ теченіе цѣлаго мѣсяца въ Conservatoire des Arts-et Métiers. Отчетъ Пифра объ этихъ испытаніяхъ былъ тогда-же сообщенъ Академіи наукъ Мангономъ<sup>1)</sup>.

«Рефлекторъ прибора», говорится въ этомъ отчетѣ, «имѣетъ 9,25 кв. метр. полезной площади, а котель вмѣщаетъ 50 литр. воды. При ясномъ небѣ, кипѣніе начинается черезъ 40 минутъ, а давленіе пара возрастаетъ на 1 атмосф. каждыя 7 или 8 минутъ. Паровая машина специально приспособлена для солнечныхъ приемниковъ. Составляя одно цѣлое съ приборомъ, она установлена такъ, что ея валъ сохраняетъ постоянное направленіе, не смотря на то, что она участвуетъ въ пе-

<sup>1)</sup> Comptes rendus, t. 91, an. 1880, p. 388—389.



ремѣщеніи инсолатора вслѣдъ за солнцемъ. Вращательный насосъ, который она приводитъ въ движеніе, поднимаетъ, подъ постояннымъ давленіемъ, даже во время питанія котла, 99 литр. воды въ минуту на высоту 3 метр. При этомъ нужно замѣтить, что паровая машина слишкомъ сильна для испытываемаго солнечнаго приѣмника; ее слѣдовало-бы двигать рефлекторомъ, имѣющимъ полезную площадь по крайней мѣрѣ въ 20-кв. метр. или 5,5 метр. въ діаметрѣ большого основанія; тогда ея дѣйствительная сила достигла бы 1 пар. лошади».

Весной 1881 года Пифрѣ выставилъ свои усовершенствованные инсолаторы на земледѣльской и промышленной выставкѣ, открытой въ Алжирѣ во время 10-го съѣзда Французской Ассоціаціи для успѣховъ наукъ; здѣсь самый большой приборъ имѣлъ 3,5 метр. въ діаметрѣ большого основанія зеркала и приводилъ въ движеніе паровую машину подъ среднимъ давленіемъ въ 4,5 атмосфер. Наконецъ, въ 1882 году можно было видѣть тѣ-же приборы на выставкѣ въ Бордо, а также въ Тюльерійскомъ саду, гдѣ, на примѣръ, 6 августа инсолаторъ съ рефлекторомъ въ 3,5 метр. двигалъ небольшую типографскую машину Маронини, выпускавшую первые листы, печатанные дѣйствіемъ солнечныхъ лучей.

Въ то время, когда Пифрѣ знакомилъ публику съ дѣйствіями инсолаторовъ, въ правительственныхъ сферахъ Франціи оживленно обсуждался грандіозный проектъ проведенія желѣзныхъ дорогъ черезъ Сахару. Извѣстный инженеръ Жакменъ (Jacquin) обратилъ вниманіе министра общественныхъ работъ на пользу, которую можно ожидать при постройкѣ и эксплуатациіи этихъ дорогъ отъ приѣмниковъ солнечной теплоты, въ виду тѣхъ необыкновенно благоприятныхъ условій, какія встрѣтило бы ихъ примѣненіе въ Африканской пустынѣ. Для окончательнаго разъясненія вопроса о степени практической пригодности инсолаторовъ къ означенной цѣли, 19 февраля

1880 года была учреждена министромъ специальная «Коммиссія солнечной теплоты» (Commission de la chaleur solaire)<sup>1)</sup>. Эта коммиссія въ свою очередь испросила у министра назначенія двухъ подкоммиссій, которымъ было поручено произвести— одной въ Монпелье, другой въ Константинѣ (въ Алжиріи)—сравнительные опыты надъ двумя совершенно одинаковыми инсолаторами и опредѣлить ихъ *коэффициентъ полезнаго дѣйствія*<sup>2)</sup>.

Изъ этихъ двухъ подкоммиссій только одна, работавшая въ Монпелье, опубликовала пока результаты своихъ изслѣдованій; отчетъ ея, написанный профессоромъ Крова (Crova), какъ главнымъ руководителемъ всѣхъ произведенныхъ наблюденій, былъ представленъ Бертело Парижской Академіи 3 апрѣля 1882 года<sup>3)</sup>. Трудъ этотъ есть несомнѣнно самое точное и обстоятельное научное изслѣдованіе надъ свойствами инсолаторовъ, какое было сдѣлано по настоящее время, и имѣетъ еще особую цѣну вслѣдствіе хорошо извѣстной ученому міру специальной компетенціи профессора Крова въ области явленій солнечной радіаціи, т. е., именно тѣхъ явленій, на которыхъ основано дѣйствіе инсолаторовъ; поэтому намъ необходимо съ особеннымъ вниманіемъ остановиться на выводахъ этой работы.

«Солнечными аппаратами», говоритъ проф. Крова въ началѣ своего отчета, «называютъ приборы, служащіе для при-

<sup>1)</sup> Въ составъ этой коммиссіи вошли инженеры *Tarbé* (предсѣдатель), *Hardy*, *Jacquin*, *Hirsch*, *Gariel*, *Lemoine*, *Brosselin* (секретарь) и *Marié-Davy*, директоръ Парижской метеорологической обсерваторіи.

<sup>2)</sup> Подкоммиссія въ Монпелье состояла изъ профессора *Crova* и инженеровъ *Durouchel* (предсѣдатель), *Guibal* (секретарь) и *Fulcrand*. Во вторую подкоммиссію (въ Константинѣ) вошли инженеры *Lebiez* (предсѣдатель), *Tiscot*, *Moll* и *Jus* (секретарь), профессоръ физики въ мѣстномъ колледжѣ *Charbonnière*, полковникъ генеральнаго штаба *de Polignac* и артиллерійскій капитанъ *Mangenot*.

<sup>3)</sup> *Comptes rendus*, t. 94, an. 1882, p. 913—945. Въ болѣе подробной формѣ этотъ отчетъ помѣщенъ профессоромъ Крова въ *Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Section des Sciences*, t. 10. Въ настоящей статьѣ мы пользовались и той и другой редакціей.



нятія лучистой энергіи солнца и для превращенія ея въ термометрическую теплоту, которой можно пользоваться или непосредственно, или-же преобразуя ея въ одну изъ формъ энергіи, каковы механическая, электрическая или химическая работа.

Самые извѣстные изъ этихъ приборовъ — рефлекторы, которые были въ послѣднее время предметомъ настойчивыхъ изслѣдованій Мушо и въ устройствѣ которыхъ Пифоръ сдѣлалъ важныя усовершенствованія. Были высказаны самыя разнообразныя мнѣнія относительно практической пользы этихъ приборовъ: одни смотрятъ на нихъ только какъ на интересный опытъ, не имѣющій практическаго значенія; другіе предвидятъ для нихъ большую будущность, считая ихъ призванными во многихъ случаяхъ доставлять промышленности ту энергію, которую мы обыкновенно заимствуемъ изъ горѣнія угля». «Въ виду этихъ преувеличеній въ одну или въ другую сторону, можно было предложить себѣ слѣдующіе вопросы: 1) пригодны-ли солнечныя пріемники, въ томъ видѣ, въ какомъ они были построены Мушо и усовершенствованы Пифоромъ, для примѣненій къ промышленнымъ цѣлямъ; 2) извѣстны-ли болѣе совершенныя средства утилизировать солнечную энергію.

Работа, которую мы предприняли въ 1881 году подъ покровительствомъ г. министра общественныхъ работъ, дастъ, мы надѣемся, полезный матеріалъ для рѣшенія перваго вопроса. Мы изложимъ только полученные численные результаты, предоставляя каждому оцѣнивать значеніе этихъ приборовъ по доставляемымъ ими результатамъ. Что-же касается втораго вопроса, то мы полагаемъ, что онъ не подлежитъ обсужденію въ настоящее время въ виду скудности нашихъ познаній по этому предмету».

Инсолаторъ, надъ которымъ производились испытанія, изображенъ на фиг. 14<sup>1)</sup>. Его рефлекторъ имѣлъ 2,7 метр. въ

<sup>1)</sup> Приборъ, отправленный для второй подкомиссіи въ Константиноу, имѣетъ точно такіе же размѣры и устройство.

діаметръ верхняго, 0,8 метр. въ діаметръ нижняго основанія и площадь нормальной инсоляціи, равную 5,22 квадр. метр. Котель имѣлъ вмѣстѣ съ куполомъ 1,3 метр. высоты и 0,2 метр. въ діаметръ, а средній объемъ воды въ немъ равнялся 20 литр. Опыты производились на возвышенномъ и открытомъ со всѣхъ сторонъ мѣстѣ; они продолжались съ 1 января по 31 декабря 1881 года и дѣлались ежечасно во всѣ дни, когда свѣтило солнце и когда наблюденія были возможны<sup>1)</sup>. Паръ, развивающійся въ котлѣ инсолатора, сгущался въ змѣевикѣ, охлаждаемомъ токомъ холодной воды. Взвѣсивая количество воды, продистиллированной въ часъ, можно было, на основаніи извѣстныхъ формулъ Реньо, опредѣлить число тепловыхъ единицъ, утилизованныхъ въ то-же время инсолаторомъ; а раздѣляя это число на площадь нормальной инсоляціи, т. е., на 5,22 кв. метр., получалось число тепловыхъ единицъ, утилизованныхъ приборомъ на 1 квадр. метръ площади нормальной инсоляціи въ часъ. Кромѣ того, изъ актинометрическихъ наблюденій, производившихся ежечасно посредствомъ актинометра Крова<sup>2)</sup>, выводилось падающее въ теченіе каждаго часа количество теплоты. Такимъ образомъ наблюдатели имѣли, съ одной стороны, дѣйствительное число тепловыхъ единицъ, полученныхъ отъ солнца въ часъ на площадь, равную 1 квадр. метр. и перпендикулярную къ солнечнымъ лучамъ, а съ другой стороны — число тепловыхъ единицъ, которые были утилизированы приборомъ въ то-же время и на такую-же площадь для дистилляціи нѣкотораго количества воды. Частное отъ раздѣленія втораго числа на первое давало отношеніе

<sup>1)</sup> Такихъ дней было въ теченіе всего года 189, изъ коихъ—74 полныхъ, въ которые солнце свѣтило цѣлый день, и 115 неполныхъ, когда солнце свѣтило лишь часть дня.

<sup>2)</sup> Описаніе этого прибора можно найти въ статьѣ проф. Крова «Mesure de l'intensité calorifique des radiations solaires et leur absorption par l'atmosphère terrestre», (2-me partie), помѣщенной въ Journal de Chimie et de Physique, série V, t. 19, p. 167—194.



энергии, утилизированной приборомъ для дистилляціи воды, къ падающей энергии, т. е., коэффициентъ полезнаго дѣйствія инсолатора.

Параллельно съ этими опытами для опредѣленія коэффициента полезнаго дѣйствія производился рядъ другихъ наблюдений, съ цѣлью принять въ расчетъ обстоятельства, которыя вліяютъ на абсолютную напряженность солнечной радіаціи и на коэффициентъ полезнаго дѣйствія прибора: измѣрялись температура воздуха въ тѣни, его влажность, направление и приблизительная сила вѣтра, а также высота солнца, которая давала возможность вычислять толщину атмосфернаго слоя, пройденнаго солнечными лучами въ моментъ наблюденія, посредствомъ формулы, данной Лапласомъ.

Въ теченіе всего 1881 года было сдѣлано 930 наблюдений, при чемъ продистиллировано 2725 литр. воды.

За все это время приборъ, установленный неподвижно, на открытомъ воздухѣ, безъ всякой защиты, не обнаружилъ никакихъ поврежденій и сохранился до конца въ отличномъ состояніи безъ большаго ухода и при самыхъ незначительныхъ починкахъ, — что служитъ убѣдительнымъ доказательствомъ его практической пригодности съ этой стороны. Рефлекторъ, по полученнымъ комиссіей предписаніямъ, былъ предоставленъ днемъ и ночью вліяніямъ переменъ погоды безъ всякаго ухода, кромѣ чистки спиртомъ съ мѣломъ.

Обращаясь къ разбору полученныхъ результатовъ и взявъ среднія изъ чиселъ, доставленныхъ упомянутыми многочисленными наблюденіями, проф. Крова приходитъ прежде всего къ слѣдующимъ общимъ выводамъ:

1) Среднее количество воды, перегнанной дѣйствіемъ всей поверхности зеркала, равно 13,814 литр. въ день, что составляетъ 2,425 литр. на квадрат. метръ площади нормальной инсоляціи въ день.

2) Количество теплоты, утилизированной непосредствен-

но въ часъ и на квадратный метръ, равно въ среднемъ 258,8 единицъ теплоты; наибольшая величина, котораго достигало это количество, есть 545,7 ед. тепл.<sup>1)</sup>

3) Средняя величина коэффициента полезнаго дѣйствія инсолатора за годъ равна 0,491, такъ что въ Монпелье приборъ утилизируетъ въ среднемъ около половины падающей теплоты; наименьшее изъ наблюдавшихся значеній этого коэффициента было 0,204, а наибольшее 0,854<sup>2)</sup>.

Стараясь, затѣмъ, выяснитъ какія обстоятельства преимущественно вліяютъ на величину коэффициента полезнаго дѣйствія инсолатора, проф. Крова приходитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія не только не пропорционаленъ тепловой напряженности радіаціи, но даже измѣняется не въ одинаковую сторону. Именно, изъ произведенныхъ актинометрическихъ наблюдений оказывается, что максимумы радіаціи имѣютъ мѣсто въ Монпелье весною, когда воздухъ достигаетъ наибольшей теплопрозрачности вслѣдствіе низкой температуры почвы и сухости воздуха, между тѣмъ какъ на-

<sup>1)</sup> Эти числа не безинтересно сравнить съ результатами, найденными Мушо въ Алжиріи; послѣдній, какъ мы видѣли выше, получилъ для средняго количества теплоты, утилизированной на квадрат. метръ въ минуту, 8,5 ед. тепл. или 510 ед. тепл. на квадрат. метръ въ часъ.

<sup>2)</sup> Въ концѣ статьи читатель найдетъ таблицу, содержащую общій сводъ всѣхъ наблюдений комиссіи. Помѣщенные въ этой таблицѣ максимальныя значенія важны въ томъ отношеніи, что они выражаютъ предѣлы, которыхъ можно достигнуть при самыхъ благоприятныхъ обстоятельствахъ. Само собой разумѣется, что всѣ эти численные результаты имѣютъ прямое значеніе только для Монпелье и для того года, въ который работала комиссія. Однако сравненіе выводовъ изъ метеорологическихъ наблюдений, произведенныхъ въ томъ же году въ Монпелье, съ выводами изъ одновременныхъ наблюдений на другихъ метеорологическихъ станціяхъ могло бы показать, какъ должны измѣниться для этихъ новыхъ мѣстъ результаты, найденныя комиссіей; но, къ сожалѣнію, на метеорологическихъ станціяхъ пока еще не наблюдается тепловая напряженность солнечной радіаціи, — обстоятельство, которое вообще составляетъ важное препятствіе для строгихъ научныхъ изслѣдованій надъ инсолаторами.



ибольшія значенія коэффициента полезнаго дѣйствія наблюдаются въ теченіе лѣта, когда радіація сравнительно слабѣе, а температура выше. Это объясняется тѣмъ, что здѣсь беретъ перевѣсъ вліяніе температуры воздуха: чѣмъ эта температура ниже, тѣмъ больше охлаждается котель, не смотря на стеклянную оболочку. Другая причина охлажденія кроется въ присутствіи надъ котломъ парового купола; этотъ куполь, непосредственно соприкасаясь съ воздухомъ, сильно охлаждается и образуетъ какъ-бы холодильникъ, который, какъ показали опыты, сдѣланные при температурахъ ниже нуля, способенъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ обращать въ жидкое состояніе весь паръ, освобождаемый кипящей водой; очевидно, что подобнаго же рода явленіе должно происходить въ меньшихъ размѣрахъ постоянно и сказываться тѣмъ явственнѣе, чѣмъ окружающая температура ниже, что и объясняетъ вполне упомянутое преобладающее вліяніе температуры воздуха.

Это во первыхъ показываетъ, что при конструкціи инсоляторовъ слѣдуетъ уменьшать размѣры купола и, — за невозможностью заключать его въ стеклянный цилиндръ, окружающій котель, такъ какъ это увеличило-бы размѣры, цѣну и хрупкость этого сосуда, — покрывать куполь толстымъ слоемъ войлока или другимъ дурнымъ проводникомъ теплоты; подобными средствами можно было-бы нѣсколько увеличить коэффициентъ полезнаго дѣйствія.

Кромѣ того, сказанное о вліяніи температуры наружнаго воздуха указываетъ на возможность достигнуть болѣе полной утилизациі теплоты или большаго *полезнаго дѣйствія*<sup>1)</sup> въ знойныхъ климатахъ, среди высокихъ наружныхъ температуръ. Мы утилизировали-бы всю солнечную теплоту, которую поглощаетъ почерненная поверхность котла, если бы въ окружающемъ воздухѣ и въ стеклянномъ сосудѣ какими-нибудь

<sup>1)</sup> Это есть числитель дроби, которою выражается *коэффициентъ полезнаго дѣйствія*

средствами поддерживалась температура кипѣнія; въ дѣйствительности, мы будемъ имѣть тѣмъ большее полезное дѣйствіе чѣмъ наружная температура выше.

Сравнивая между собой наблюденныя въ теченіе одного мѣсяца значенія коэффициента полезнаго дѣйствія и показанія актинометра при одинаковыхъ температурахъ, оказывается, что этотъ коэффициентъ измѣняется вообще обратно актинометрическому показанію. Эту особенность проф. Крива объясняетъ слѣдующимъ образомъ.

Солнечныя радіаціи состоятъ, какъ извѣстно, изъ свѣтлыхъ радіацій, которыя передаются черезъ воздухъ и стекло, поглощаются котломъ и идутъ на образованіе въ немъ паровъ, и радіацій темныхъ, которыя составляютъ около двухъ третей полнаго тепловаго дѣйствія солнечныхъ лучей, достигающихъ земной поверхности. Воздухъ поглощаетъ эти темныя радіаціи съ тѣмъ болѣею силой, чѣмъ онъ влажнѣе; стекло же тоже непрозрачно для одной части этихъ радіацій. Чѣмъ теплопрозрачность воздуха болѣе, тѣмъ солнечныя радіаціи богаче лучами, поглощаемыми стекломъ; слѣдовательно, эти лучи не доходятъ до котла; значитъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія тѣмъ меньше, чѣмъ показаніе актинометра болѣе. Когда тепловая и свѣтовая прозрачность воздуха слаба, — солнечныя лучи достигаютъ прибора уже лишенными части этихъ темныхъ радіацій, для которыхъ стекло непрозрачно; потерю, которую они испытываютъ при прохожденіи черезъ стеклянный цилиндръ, относительно невелика, и коэффициентъ полезнаго дѣйствія увеличивается. И такъ, можно дѣйствительно сказать, что этотъ коэффициентъ не возрастаетъ вмѣстѣ съ показаніемъ актинометра и что онъ не измѣняется въ томъ-же направленіи; очень часто онъ мѣняется даже въ обратную сторону.

Это обстоятельство должно вліять на уменьшеніе тѣхъ значеній коэффициента полезнаго дѣйствія, на которыя можно



было-бы, повидимому, рассчитывать при употреблении инсолаторовъ въ жаркихъ странахъ, гдѣ теплопрозрачность воздуха, а слѣдовательно и напряженность тепловой радіаціи солнца очень значительны; при чемъ, съ другой стороны, не слѣдуетъ забывать, что, при одинаковой напряженности радіаціи, высокая температура этихъ странъ должна, уменьшая охлажденіе, способствовать увеличенію этого коэффициента. Важный матеріаль для рѣшенія этихъ вопросовъ могъ-бы дать отчетъ второй подкоммисіи, работавшей въ Константинобѣ.

Сводя итоги всему сказанному, мы видимъ, что замѣчательный трудъ проф. Крова и его сочленовъ по коммисіи значительно расширилъ наши познанія о свойствахъ инсолаторовъ, обогативъ ихъ слѣдующими важными положеніями. 1) Полезное дѣйствіе этихъ приборовъ, т. е., количество утилизируемой теплоты, должно возрастать съ температурой воздуха, а слѣдовательно и съ переходомъ въ болѣе знойные климаты. 2) Коэффициентъ полезнаго дѣйствія обыкновенно измѣняется обратно тепловой напряженности солнечныхъ лучей, такъ что наибольшія значенія этого коэффициента соотвѣтствуютъ наименьшимъ напряженіямъ тепловой радіаціи; при одинаковомъ напряженіи тепловой радіаціи, коэффициентъ этотъ возрастаетъ вмѣстѣ съ температурой воздуха. 3) Въ Монпелье, инсолаторы Пифра утилизируютъ въ среднемъ около половины принятой теплоты, а при исключительно благопріятныхъ условіяхъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія можетъ достигать 80 съ лишнимъ процентовъ. 4) Для увеличенія какъ коэффициента полезнаго дѣйствія, такъ и самаго полезнаго дѣйствія, слѣдуетъ уменьшить куполь котла и покрывать его дурнымъ проводникомъ теплоты. 5) Со стороны прочности, простоты и практичности наружнаго устройства, приборъ вполне удовлетворителенъ.

Большая часть этихъ заключеній повидимому благопріятна для практической судьбы изслѣдуемыхъ снарядовъ.

Но какъ-бы выгодны ни были условія, среди которыхъ будутъ дѣйствовать инсолаторы, не слѣдуетъ думать, чтобы они, даже въ самыхъ знойныхъ и сухихъ климатахъ, могли замѣнить большія двигательныя машины. Слѣдующій простой расчетъ показываетъ ясно, что если—на что есть много оснований надѣяться—эти приборы станутъ достояніемъ практики, то только для цѣлей, не требующихъ очень значительныхъ силъ. Это обстоятельство, конечно, нисколько не умаляетъ ихъ практическаго значенія, ибо извѣстно, какую важную роль играютъ въ промышленности и въ жгучемъ рабочемъ вопросѣ такъ называемые малые моторы, пригодные для мелкихъ промысловъ.

Изъ актинометрическихъ наблюденій, произведенныхъ въ 1877 году Виоллемъ (Violle) въ Алжиріи<sup>1)</sup>, при весьма благопріятныхъ для тепловой радіаціи условіяхъ (на высотѣ 750 и 993 метр. надъ уровнемъ моря, среди лѣта), получается въ среднемъ для тепловой напряженности солнечныхъ лучей въ мѣстностяхъ, близкихъ къ Сахарѣ, 1008 или круглымъ числомъ 1000 тепловыхъ единицъ въ часъ и на квадратный метръ площади нормальной инсолаціи. Допуская даже, что коэффициентъ полезнаго дѣйствія инсолатора въ этомъ краѣ достигаетъ 0,8, приборъ утилизовалъ-бы тамъ 800 единицъ теплоты въ часъ и на квадратный метръ полезной площади рефлектора. Предполагая, далѣе, что одинъ килограммъ угля освобождаетъ при горѣніи 8000 тепловыхъ единицъ и что половина этой теплоты утилизируется въ котлахъ паровыхъ машинъ для превращенія воды въ паръ, упомянутые 800 калорій представили-бы теплоту, утилизованную на каждые  $\frac{800}{4000}$  килограмма, т. е. на каждые 200 граммовъ угля, что составляетъ для цѣлаго рабочаго дня, допуская, что работа продолжается непрерывно 10 часовъ въ день, — 2 килогр. угля на

<sup>1)</sup> Comptes rendus, t. 86, an. 1878, p. 818—821.



квадратный метръ полезной площади рефлектора. И такъ, инсолаторъ, дѣйствующій при благоприятныхъ условіяхъ въ южныхъ частяхъ Алжиріи, производилъ-бы въ день на каждый квадратный метръ площади нормальной инсоляціи зеркала работу, для которой паровая машина потребовала-бы расхода угля въ 2 килограмма.

Паровая машина безъ охлажденія, съ отсѣчкою на  $\frac{1}{4}$ , при давленіи пара въ 4 атмосф., расходуетъ около 3,5 килогр. угля на паровую лошадь въ часъ, или 35 килогр. угля на паровую лошадь въ 10-часовой рабочей день. Сопоставляя приведенныя числа, мы находимъ, что для питанія паровой машины въ 1 лошадиную силу, въ указанныхъ условіяхъ, потребуется рефлекторъ, котораго площадь нормальной инсоляціи равна  $\frac{35}{2}$ , или 17,5 квадр. метр.

Эти цифры показываютъ, что для утилизаціи большихъ количествъ солнечной теплоты пришлось-бы употреблять рефлекторы очень значительныхъ размѣровъ. Но тогда, независимо отъ увеличенія стоимости и вѣса инсолатора, возникло-бы другое важное неудобство: при большой поверхности зеркала сильный вѣтеръ можетъ легко сломать весь приборъ; при опытахъ въ Монпелье, произведенныхъ съ зеркаломъ, коего полезная площадь была всего около 5 квадр. метр., замѣчалось уже это вредное дѣйствіе сильныхъ вѣтровъ. Съ этой точки зрѣнія было-бы выгодно вмѣсто одного большого прибора употреблять одновременно нѣсколько малыхъ.

Изъ приведенныхъ сейчасъ соображеній видно, что мы въ правѣ ожидать дѣйствительной пользы отъ употребленія инсолаторовъ только въ извѣстной, ограниченной области техники, — именно въ области тѣхъ примѣненій, которыя не требуютъ значительныхъ движущихъ силъ, значительнаго расхода энергіи. При обсужденіи вопроса о практической пригодности солнечныхъ пріемниковъ, мы, чтобы не впасть въ заблужденіе, прежде всего не должны терять изъ виду этого ограни-

ченія. Преобладающая роль, которую солнечная радіація играетъ *косвенно* во всей нашей промышленности, способна возбуждать самыя преувеличенныя надежды на изобрѣтеніе, клонящееся къ *непосредственному* пользованію этимъ громаднымъ источникомъ энергіи. Одно изъ самыхъ увлекательныхъ и возвышенныхъ воззрѣній, слагавшихся въ этомъ направленіи, прекрасно очерчено профессоромъ Крова въ вступленіи къ его разсмотрѣнному раньше отчету.

«Каменный уголь», говоритъ проф. Крова, «представляетъ извѣстное количество энергіи, скопленное въ геологическія эпохи въ нѣдрахъ земной коры; мы расходуетъ въ настоящее время этотъ запасъ энергіи, собранный въ теченіе миліоновъ вѣковъ, и, надо также сказать, — мы расточаемъ его. Лучшія паровыя машины требуютъ около одного килограмма угля въ часъ и на паровую лошадь, между тѣмъ какъ по началамъ механической теоріи теплоты можно было-бы съ такимъ-же вѣсомъ топлива получить силу въ десять паровыхъ лошадей, если-бы вся теплота, освобождаемая углемъ при горѣніи, обращалась въ механическую работу.

Промышленность пожирала теперь это сбереженіе вѣковъ и возникаетъ вопросъ, на долго-ли ей хватитъ этого запаса. Количество солнечной энергіи, которая скопляется въ наше время въ видѣ растительныхъ продуктовъ, образующихся подъ вліяніемъ солнечной радіаціи, такъ мало въ сравненіи съ постоянно возрастающими нуждами нашей промышленности, что невозможно возлагать никакихъ надеждъ и на этотъ источникъ. Нельзя-ли утилизировать энергію солнечной радіаціи болѣе дѣйствительнымъ путемъ, чѣмъ это дѣлаетъ растительность, заимствуя прямо у солнечныхъ лучей эту движущую силу, которая, своими превращеніями, способна принимать всѣ формы, какія мы отъ нея требуемъ (теплота, работа, электричество, свѣтъ, химическая работа)?»

Прилагая такую широкую мѣрку къ назначенію инсола-



торовъ, естественно приходили къ самымъ невыгоднымъ выводамъ относительно новаго изобрѣтенія. Изъ того, что эти приемники не способны замѣнить наши большія паровыя машины и вытѣснить употребленіе топлива, заключали, что они вообще лишены практическаго значенія, совершенно забывая при этомъ о болѣе скромныхъ, но настоятельныхъ нуждахъ, которыя ежедневно и повсюду предъявляютъ мелкая промышленность, сельское хозяйство и другія отрасли практической жизни, въ формѣ запроса на малосильные двигатели съ дешевымъ источникомъ энергіи. Призваны-ли инсолаторы *въ этой сферѣ* примѣненій оказать дѣйствительныя услуги — таковъ единственный вопросъ, который подлежитъ обсужденію и рѣшенію котораго въ утвердительномъ смыслѣ представляется весьма вѣроятнымъ.

Въ умѣренныхъ климатахъ едва-ли можно ожидать существенной пользы отъ употребленія солнечныхъ приемниковъ<sup>1)</sup>, и не столько по сравнительно слабой напряженности тепловой радіаціи и сравнительно низкой температурѣ воздуха въ этихъ мѣстностяхъ, сколько вслѣдствіе слишкомъ непродолжительнаго и неправильнаго солнечнаго освѣщенія<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Съ этимъ соглашается и главный ихъ поборникъ Пиоръ въ публичной лекціи, читанной имъ недавно на выставкѣ въ Бордо. См. *Revue Scientifique*, 6 janvier 1883, p. 13.

<sup>2)</sup> Опыты, произведенные мною въ окрестностяхъ Одессы съ караваннымъ инсолаторомъ Пиора, котораго рефлекторъ имѣетъ 1 метръ въ діаметрѣ большаго основанія и площадь нормальной инсоляціи въ 1,1 квадр. метр., давали со стороны *напряженности дѣйствія* очень удовлетворительные результаты. Такъ на примѣръ, для кипѣнія  $2\frac{1}{2}$  литр. воды въ  $18^{\circ}$  Ц. въ лѣтніе мѣсяцы обыкновенно было достаточно 15 минутъ; 1 августа 1882 года, 1 литръ спирта закипѣлъ въ 6 минутъ; и т. д. Но, съ другой стороны, на *правильность дѣйствія* инсолаторовъ въ здѣшнемъ климатѣ трудно рассчитывать: изъ только-что изданной А. В. Клоссовскимъ статьи «Климатическія особенности Одессы» (Записки Новороссійскаго Университета, т. 35) видно, что, по 12-лѣтнимъ наблюденіямъ, годовая средняя облачности въ Одессѣ, по 10-бальной шкалѣ, равна 5,7, а число вполне ясныхъ дней въ году, по 10-лѣтнимъ наблюденіямъ, въ среднемъ равно 65,6, изъ коихъ на январь падаетъ 2,2, на февраль 2,9, на мартъ 2,8, на апрѣль 5,6, на май 5,9, на июнь 6,9, на июль

Въ Россіи можно было-бы рассчитывать на успѣшное дѣйствіе этихъ приборовъ на Кавказѣ, быть можетъ даже въ Крыму, но въ особенности въ безлѣсныхъ степяхъ Туркестана<sup>1)</sup>. Непосредственные опыты, сдѣланные въ этихъ мѣстахъ надъ солнечными приемниками параллельно съ актинометрическими наблюденіями, имѣли-бы большой интересъ. Они, во-первыхъ, показали-бы, что русская промышленность и наши войска (во время переходовъ по знойнымъ степямъ) могутъ ожидать отъ новаго изобрѣтенія; съ другой стороны, связанныя съ ними измѣренія тепловой радіаціи солнца на нашихъ южныхъ окраинахъ доставили-бы цѣнный матеріалъ для изученія картины климатическихъ условій нашего обширнаго отечества.

Такъ часто повторяемый упрекъ, что солнечные приемники могутъ дѣйствовать только при ясномъ, безоблачномъ небѣ и, слѣдовательно, болѣе или менѣе неправильно, при всей вѣскости его, не можетъ однако имѣть рѣшающаго значенія въ вопросѣ о практической пригодности этихъ приборовъ. Съ одной стороны, этотъ недостатокъ становится тѣмъ менѣе чувствительнымъ, чѣмъ южнѣе мѣстность, гдѣ дѣйствуетъ инсолаторъ. Съ другой, вѣтряные приемники находятся въ аналогичныхъ условіяхъ, а между тѣмъ извѣстно, какое широкое распространеніе они получили въ послѣднее время въ Америкѣ, гдѣ ихъ употребляютъ или для работъ, въ которыхъ непрерывность дѣйствія составляетъ лишь второстепенное условіе, или же имѣя въ запасѣ еще другой приемникъ, водяной, паровой и т. п., вступающій въ дѣйствіе въ то время, когда перестаетъ служить даровая сила вѣтра. Гидравлическія машины имѣютъ также свои періодическіе перерывы въ

6,9, на августъ 12,4, на сентябрь 8,9, на октябрь 6,4, на ноябрь 2,2 и на декабрь 2,5.

<sup>1)</sup> Изъ имѣющихся данныхъ объ облачности въ различныхъ частяхъ Россіи видно, что наименьшей облачностью отличается область Аральскаго моря; она выражается числомъ 3,1 по 10-бальной шкалѣ. См. упомянутую статью А. В. Клоссовскаго, стр. 43.



работъ, зависяще отъ времени года. Въ очень южныхъ краяхъ, гдѣ солнце свѣтитъ съ большимъ постоянствомъ, инсолаторы, по характеру и степени правильности дѣйствія, должны даже стать ближе къ водянымъ, чѣмъ къ вѣтрянымъ пріемникамъ.

Но вполне устранить этотъ недостатокъ, общій всемъ пріемнымъ машинамъ, черпающимъ энергію непосредственно изъ какого-нибудь природнаго источника, можно будетъ только съ изобрѣтеніемъ выгоднаго и удобнаго средства скоплять собираемую энергію въ особыхъ аккумуляторахъ, съ тѣмъ чтобы пользоваться этимъ запасомъ, когда представится надобность, и даже переносить его на разстоянія.

«Крупный шагъ въ этомъ направленіи былъ сдѣланъ въ самое недавнее время. Промышленное примѣненіе магнито-электрическихъ и динамо-электрическихъ машинъ для получения свѣта, теплоты, механической работы и химическихъ дѣйствій позволяетъ пользоваться естественными источниками силы, теченіями или паденіями воды и вѣтромъ, для преобразования ихъ въ какую-либо изъ перечисленныхъ формъ энергіи. Возможность скоплять, аккумулировать, полученную такимъ образомъ энергію достигнута недавно Планте (Planté) посредствомъ его вторичныхъ батарей, усовершенствованныхъ Формъ (Faure)<sup>1)</sup>; такъ что отнынѣ можно будетъ, чтобы утилизировать эти прерывающіяся и неправильныя силы природы, скоплять ихъ въ аккумуляторахъ и расходовать по мѣрѣ надобности запасенную въ нихъ энергію или переносить аккумуляторы въ мѣсто, гдѣ ею хотятъ воспользоваться, или же канализуя электрической передачей этотъ запасъ энергіи посредствомъ проволочныхъ проводовъ до машины, которую онъ долженъ приводить въ движеніе. Спрашивается, можно-ли

<sup>1)</sup> Объ этомъ см. сообщеніе, сдѣланное Reynier въ Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale (Bulletin de la Soc. d'Encour., t. VIII, an. 1881, p. 288) и изложенное въ L'année scientifique par Figuier за 1881 г., p. 84—93.

этотъ пріемъ, примѣнимый отнынѣ практически къ работѣ теченій или паденій воды и къ работѣ вѣтра, распространить также на источникъ, питающій всѣ силы природы, т. е., на солнечную радіацію?»<sup>1)</sup>

Сохраненія теплоты, собираемой инсолаторами, сначала думали достигнуть, концентрируя ее въ массахъ воды или въ другихъ тѣлахъ, защищенныхъ отъ охлажденія дурно проводящими теплоту оболочками; но пріемъ этотъ едва-ли можетъ быть примѣненъ въ дѣйствительности. Гораздо большаго вниманія заслуживало предложеніе Мушо употреблять теплоту, собираемую въ фокусѣ зеркала инсолатора на нагреваніе термо-электрическаго столба, производя такимъ образомъ токъ, котораго энергію можно затѣмъ утилизировать для извѣстной цѣли. Эта мысль выиграла еще значительно съ недавнимъ открытіемъ Планте и Фора, ибо полученную посредствомъ термо-электрическаго столба энергію можно теперь скоплять въ электрическихъ аккумуляторахъ, чѣмъ въ принципѣ и рѣшается утвердительно поставленный выше вопросъ.

Но въ практическомъ отношеніи и отъ этой на первый взглядъ столь увлекательной мысли повидимому нельзя ожидать удовлетворительныхъ результатовъ. Самые лучшіе термо-электрическіе столбы утилизируютъ въ формѣ электрической энергіи лишь чрезвычайно малую долю сообщенной имъ теплоты, а на скопленіе этой энергіи въ аккумуляторы пришлось бы потратить еще нѣкоторую ея часть. Превращая такимъ образомъ солнечную энергію въ теплоту, а послѣднюю въ электричество, мы теряли-бы при первомъ переходѣ отъ 20 до 50 процентовъ начальнаго количества, а при второмъ еще несравненно больше<sup>2)</sup>. Только въ исключительныхъ случаяхъ такая значительная потеря могла-бы съ выгодой вознаграждаться тѣмъ обстоятельствомъ, что первоначальный источникъ энергіи — даровой.

<sup>1)</sup> Crova, Rapport etc., p. 6.

<sup>2)</sup> Ibid., p. 40.



Но если въ настоящее время и не найдено еще средства съ выгодой скоплять собираемую инсолаторами даровую энергію, то все-же нельзя не видѣть въ этихъ приборахъ замѣчательнаго изобрѣтенія, призваннаго, по всей вѣроятности, оказать важныя услуги обитателямъ южныхъ странъ.

4 января 1883 года,  
Одесса.



## ОБЪЯСНЕНІЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.

**Черт. 3:** инсолаторъ Мушо 1864—1869 г.

- A* — металлическій сосудъ съ нагреваемой жидкостью.
- B* — стеклянный сосудъ.
- C* — стеклянная крышка.
- D* — цилиндрическое металлическое зеркало съ круговымъ или параболическимъ основаніемъ.

**Черт. 10:** инсолаторъ Мушо, дѣйствовавшій въ Турѣ въ 1874 — 1875 г.

- A* — стеклянный колоколь.
- B* — кольцеобразный котелъ.
- D* — отводящая трубка.
- E* — трубка для питанія котла водой.
- F* — прямоугольно-коническое посеребренное зеркало.
- GG* — валъ, вокругъ котораго происходитъ движеніе съ востока на западъ.
- H* — зацѣпленіе, регулирующее наклоненіе прибора къ валу *GG* сообразно времени года.
- I* — предохранительный клапанъ.
- K* — манометръ.
- L* — водомѣрная трубка.

**Черт. 11:** инсолаторъ Мушо, дѣйствовавшій на всемірной выставѣ 1878 г.

- M* — зубчатый секторъ, позволяющій посредствомъ винта *m* наклонять приборъ сообразно широтѣ мѣста.



- N* — кардановское движение, дающее возможность, при посредствѣ коническихъ зубчатыхъ колесъ, колеса *r* и зубчатого сектора, перемѣщать приборъ отъ востока къ западу.
- S* — зубчатый секторъ, позволяющій посредствомъ винта *o* наклонять приборъ сообразно времени года.
- F* — трубчатый котель, окруженный стекляннымъ цилиндромъ.
- H* — паровой куполь.
- I* — предохранительный клапанъ.
- K* — чугунное основаніе котла.
- L* — прямоугольно-коническій посеребренный рефлекторъ.
- U* — винтъ съ маховикомъ, служащій для укрѣпленія прибора разъ установленнаго по широтѣ мѣста.

**Фиг. 14:** инсолаторъ Пифра, дѣйствовавшій въ Монпелье въ 1881 г.

- R* — сложно-коническій посеребренный рефлекторъ.
- C* — котель.
- C'* — паровой куполь.
- A* — ось вращенія рефлектора въ вертикальной плоскости.
- E* — вѣнецъ, по которому вращается горизонтально-ориентирующая платформа.
- M* — рукоятка, управляющая зубчатыми колесами и зубчатой дугой *K*, которая поднимаетъ рефлекторъ, вращая его около оси *A*.
- P* — насосъ для питанія котла водой, всасывающій воду посредствомъ каучуковой трубки *T* изъ резервуара *S* и нагнетающій эту воду въ котель чрезъ каучуковую трубку *T'*.
- T''* — мѣдная трубка, проводящая паръ изъ котла, при посредствѣ другой каучуковой трубки *O* и неподвижной трубки *U*, въ змѣевикъ *H*, изъ котораго дистиллированная вода стекаетъ въ цинковый резервуаръ *Q*, снабженный дѣлениями.
- V* — водомѣрная трубка.

## ПРИБАВЛЕНІЯ.

### I.

Списокъ сочиненій и статей объ инсолаторахъ Мушо и Пифра.

1864. *Mouchot*, A. Sur les effets mécaniques de l'air confiné, échauffé par les rayons du soleil. Comptes rendus de l'Académie des sciences. T. 59, p. 527.
1868. *Mouchot*. Emploi de la chaleur solaire pour remplacer le combustible dans certaines contrées. Ibid. T. 67, p. 1182—1183.
1869. *Mouchot*. La chaleur solaire et ses applications industrielles. Paris. Gauthier-Villars.
1871. *Bertrand*, J. La chaleur solaire et ses applications industrielles, par A. Mouchot. Journal des savants. An. 1871, p. 393—405.
1875. *Mouchot*. Résultats obtenus dans les essais d'applications industrielles de la chaleur solaire. Comptes rendus T. 81, p. 571—574.
1876. *Simonin*, L. L'emploi industrielle de la chaleur solaire. Revue des deux mondes. T. 15, p. 200—213.
- *Mouchot*. Application industrielle de la chaleur solaire. Comptes rendus. T. 83, p. 655—656.
1878. *Mouchot*. Résultats d'expériences faites en divers points de l'Algérie pour l'emploi industriel de la chaleur solaire. Ibid. T. 86, p. 1019—1021.



1878. *Pifre, A.* Utilisation de la chaleur solaire (Conférence faite au palais du Trocadéro). Annales du Génie Civil. Numéro de décembre 1878.
1879. *Mouchot.* La chaleur solaire et ses applications industrielles. 2-me édition, revue et considérablement augmentée. Paris. Gauthier-Villars.
- *Pifre.* Communication à la Société des Études Coloniales et Maritimes. Bulletin de la Société. Numéro de mai 1879.
1880. *Mouchot.* Utilisation industrielle de la chaleur solaire. Comptes rendus. T. 90, p. 1212—1213.
- *Pifre.* Appareils solaires et les services qu'ils peuvent rendre. Mémoires et Compte rendu de la Société des Ingénieurs Civils. 4-me série. 33-me cahier, p. 270—282.
- *Pifre.* Mémoire sur les appareils solaires et les services qu'ils peuvent rendre dans les travaux et l'exploitation du chemin de fer du Transsaharien. Paris. Marchadier.
- *Pifre.* Nouveaux résultats d'utilisation de la chaleur solaire obtenus à Paris. Comptes rendus. T. 91, p. 388—389.
1881. *Mouchot.* Sur le miroir conique. Réponse à une Communication de M. Pifre. Comptes rendus. T. 92, p. 1285—1286.
1882. *Crova, A.* Étude des appareils solaires. Ibid. T. 94, p. 943—945
- *Crova.* Rapport sur les expériences faites à Montpellier pendant l'année 1881 par la Commission des appareils solaires Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Section des Sciences. T. 10.

1882. *Royumont, L.* La conquête du soleil. Applications scientifiques et industrielles de la chaleur solaire (Héliodynamique). Paris. Marpon et Flammarion.
1883. *Pifre.* L'Héliodynamique et les applications de la chaleur solaire (Conférence faite à l'Exposition de Bordeaux). Revue Scientifique. 3-me série. T. 31, p. 15—19.



НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ ІМЕНІ НАУКОВА

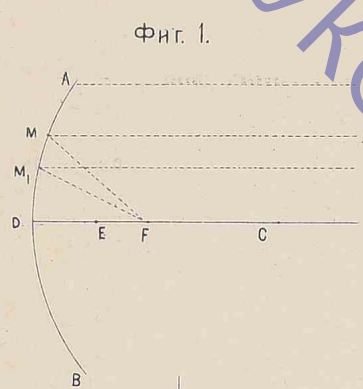
II.

Сводъ наблюдений въ Монпелье за 1881 годъ.

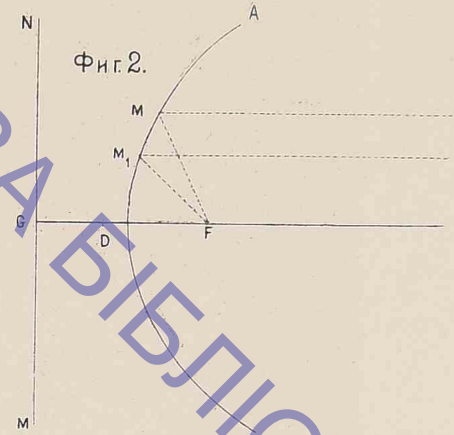
	Полный объемъ воды, перегнанной въ часъ.	Количество теплоты, ути- лизирован- ной на квадр. метръ въ часъ.	Актиномет- рическое по- казаніе на квадратный метръ въ часъ.	Коеффи- циентъ по- лезнаго дѣй- ствія.
<b>Зима</b>				
Средняя дней . . .	24, 330	199 ед. т., 1	377 ед. т., 0	0,439
Абсолютный макси- мумъ . . . . .	3,500 (11 фев. въ 1 часъ)	401,2 (11 фев. въ 1 ч.)	750 (29 дек. въ 11 ч.15 м.)	0,525 (27 дек. въ 2 ч.)
Абсолютный мини- мумъ . . . . .	0,200 (14 дек. въ 3 ч.)	40,0 (14 дек. въ 3 ч.)	480,0 (27 дек. въ 2 ч.)	0,374 (24 дек. въ 3 ч.)
<b>Весна</b>				
Средняя дней . . .	2,326	291,23	616,4	0,479
Абсолютный макси- мумъ . . . . .	4,300 (23 мая въ 12 ч.30 м.)	432,2 (23 мая въ 2 ч.30 м.)	945,0 (25 апр. въ 10 ч.30 м.)	0,747 (25 апр. въ 1 ч.)
Абсолютный мини- мумъ . . . . .	0,400 (28 мая въ 1 ч.10 м.)	75,1 (21 мая въ 11 ч.)	396,0 (3 мая въ 11 ч.)	0,308 (17 мая въ 9 ч.20 м.)
<b>Лѣто</b>				
Средняя дней . . .	2,739	307,7	635,9	0,569
Абсолютный макси- мумъ . . . . .	4,750 (19 іюл. въ 1 ч.)	545,7 (15 іюн. въ 12 ч.15 м.)	840,0 (30 іюн. въ 10 ч.15 м.)	0,854 (14 іюн. въ 1 ч.)
Абсолютный мини- мумъ . . . . .	0,900 (9 іюня въ 3 ч.)	51,0 (9 іюн. въ 3 ч.)	264,0 (5 іюля въ 9 ч.25 м.)	0,204 (25 іюн. въ 2 ч.15 м.)
<b>Осень</b>				
Средняя дней . . .	2,079	237,5	635,1	0,477
Абсолютный макси- мумъ . . . . .	3,500 (17 окт. въ 10 ч.25 м.)	409,4 (17 окт. въ 9 ч.25 м.)	846,0 (26 окт. въ 8 ч.40 м.)	0,618 (12 сен. въ 1 ч.)
Абсолютный мини- мумъ . . . . .	0,600 (29 нояб. въ 2 ч.30 м.)	89,4 (29 нояб. въ 2 ч.30 м.)	258,0 (7 сен. въ 12 ч.50 м.)	0,318 (26 сен. въ 9 ч.25 м.)
<b>Годъ</b>				
Средняя врем. года	2,368	258,8	616,1	0,491
Абсолютный макси- мумъ . . . . .	4,750 (19 іюл. въ 1 ч.)	545,7 (15 іюн. въ 12 ч.15 м.)	945,0 (25 апр. въ 10 ч.30 м.)	0,854 (14 іюн. въ 1 ч.)
Абсолютный мини- мумъ . . . . .	0,200 (19 іюн. въ 3 ч. 14 дек. въ 3 ч.)	40,0 (14 дек. въ 3 ч.)	89,4 (29 нояб. въ 2 ч.30 м.)	0,204 (25 іюн. въ 1 ч.15 м.)



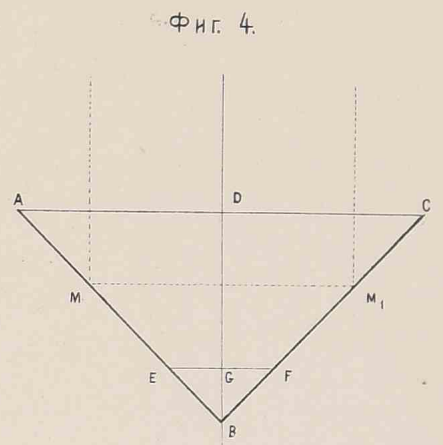
НАУКОВА БІБЛІОТЕКА ОНУ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА



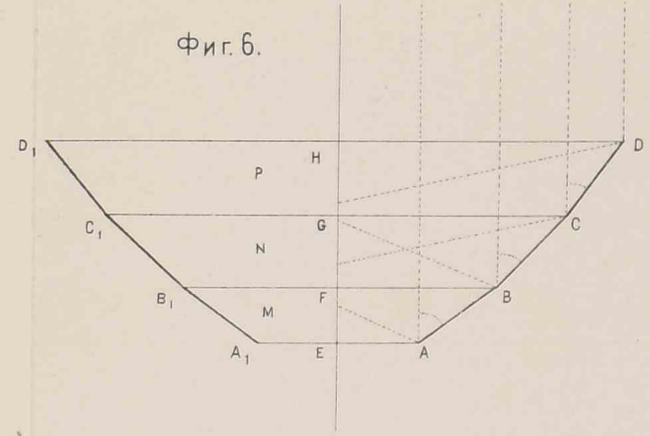
Фиг. 1.



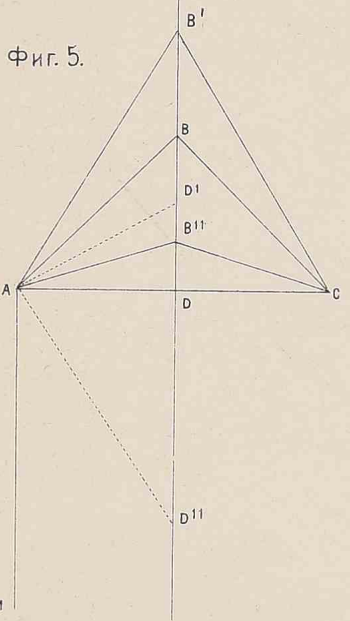
Фиг. 2.



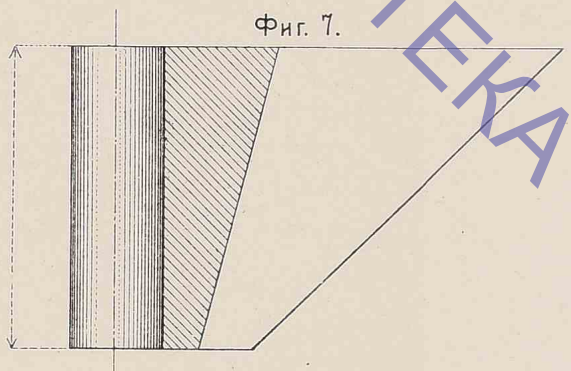
Фиг. 4.



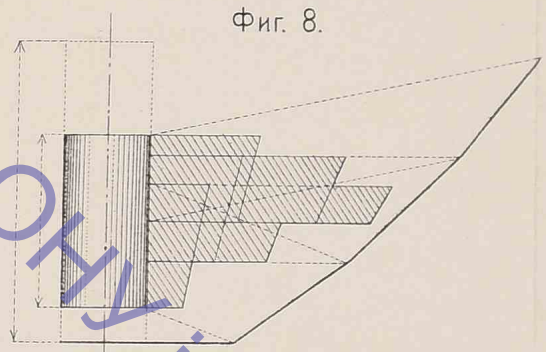
Фиг. 6.



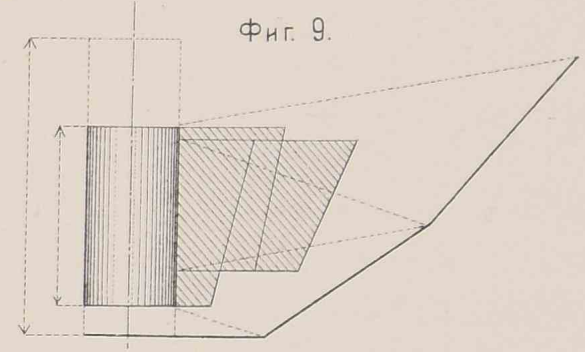
Фиг. 5.



Фиг. 7.

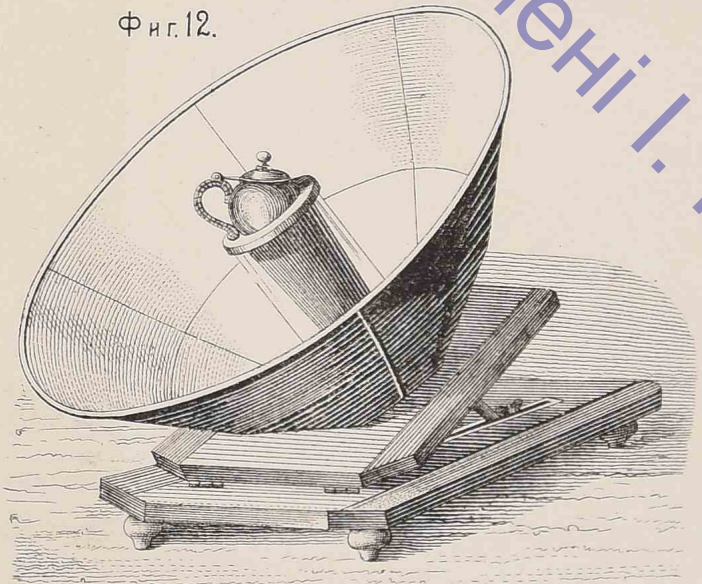


Фиг. 8.

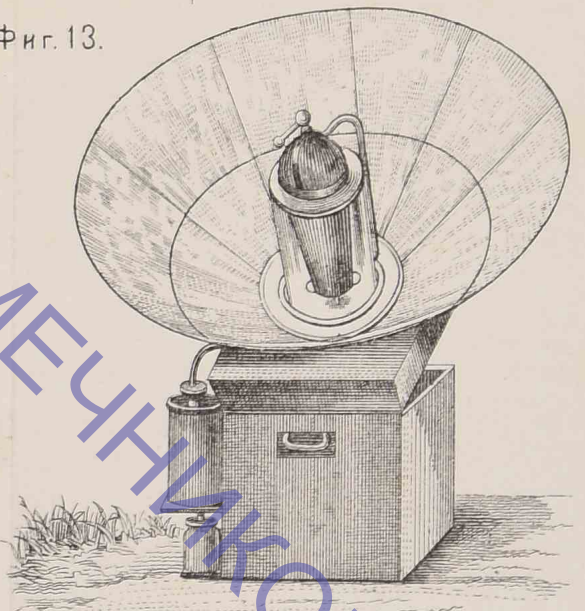


Фиг. 9.

Фиг. 12.



Фиг. 13.



Фиг. 10.

