

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.

**Н. А. Бунге,**

ПРОФЕССОРА УНИВЕРСИТЕТА СВ. ВЛАДИМИРА

---

**Часть II.**

**Выпускъ 1-й.**

**ТОПЛИВО.**

(С 18 таблицами чертежей).

---

**КИЕВЪ.**

ВЪ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ТИПОГРАФИИ (И. И. ЗАВАДСКАГО).

1883.

Оттискъ изъ Университетскихъ Извѣстій, за 1882 г.  
Печатано по опредѣленію Совѣта Университета Св. Владиміра.



## ПРЕДИСЛОВІЕ

Первый выпускъ второй части „химической технологіи“ составлень по тому же плану, какъ и вышедшая первая часть этого труда—„химическая технологія воды“.

Издавая этотъ новый выпускъ, я считаю своею пріятною обязанностью выразить опять мою искреннюю благодарность бывшему моему слушателю, а теперь инспектору Новозыбковскаго реального училища, В. В. Каменскому, за оказанное мнѣ содѣйствіе по перечисленію многочисленныхъ анализовъ топлива и по корректурѣ этого труда.

*Н. А. Бунге.*

Кіевъ, 1882 г.

---

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

### I. Источники теплоты и топлива.

Дерево . . . . .	4
Солома . . . . .	27
Торфъ . . . . .	29
Ископаемые угли . . . . .	64
Геологическое мѣстонахожденіе . . . . .	64
Мѣстонахожденіе ископаемыхъ углей . . . . .	67
Образованіе ископаемаго угля . . . . .	69
Классификаціи ископаемыхъ углей . . . . .	81
Бурый уголь . . . . .	82
Каменный уголь . . . . .	105
Нефть . . . . .	203
Искусственные угли . . . . .	205
Древесный уголь . . . . .	207
Торфяной уголь . . . . .	243
Коксъ . . . . .	256
Брикеты . . . . .	289

### II. Теплопроизводительная способность и пирометрическое дѣйствіе топлива.

Теплопроизводительная способность . . . . .	312
Пирометрическое дѣйствіе . . . . .	324
Лучеиспускающая способность . . . . .	333
Обзоръ важнѣйшихъ изслѣдованій по топливу . . . . .	333

---

# Топливо и Отопление.

## Литература.

C. Schinz. Die Wärme-Messkunst. Stuttg., 1868.

Péclet, E. Traité de la chaleur considérée dans ses applications. Quatrième édition publiée par A. Hudello. T. I—III. Paris, 1878.

Ferrini, R. Technologie der Wärme. Aus dem italienischen von Schröter. Jena, 1878

## I. Источники теплоты и топливо

Главный источник теплоты на земномъ шарѣ есть солнце. По изслѣдованіямъ *Альманса* и *Пулье* (1838) одинъ квадратный футъ поверхности, освѣщенной отвѣсными лучами солнца, получаетъ въ каждую минуту 3,4 единицы тепла. По этому расчету солнце доставляетъ землѣ ежедневно количество теплоты, которое могло-бы превратить 10 билліоновъ кубическихъ метровъ воды съ температурою 0° въ паръ съ температурою въ 100° т. е. произвести тепловой эффектъ, соотвѣтствующій 250 билліон. кило каменнаго угля (*Grüntner*, 1864). Воспользоваться, однако; этою теплотою непосредственно для техническихъ цѣлей не удалось до настоящаго времени въ широкихъ размѣрахъ.

Мысль воспользоваться непосредственно лучами солнца для различныхъ техническихъ цѣлей далеко не нова <sup>1)</sup>. По существующему преданію, въ 211 году до Р. X. римскіе корабли, осаждавшіе, Сиракузы были воспламенены зеркалами, построенными Архимедомъ, а позднѣйшіе изслѣдователи (R. Vacon, XIII в., Kircher, XVII в., Buffon, середина XVIII в., и друг.) сооружали вогнутыя зеркала, отчасти, чтобы повѣрить выше указанное преданіе, отчасти, чтобы изучить законы отраженія свѣта и примѣнить ихъ къ практическимъ цѣлямъ. Такъ *Violette* напр. устроилъ вогнутое зеркало съ діаметромъ въ 80 см., при помощи котораго онъ плавилъ различные металлы, кипятилъ воду, варилъ яйца и т. д.

Попытки воспользоваться непосредственно теплотою солнца для практическихъ цѣлей не ограничиваются однако стремленіемъ собирать солнечные лучи въ одну точку и произвести

<sup>1)</sup> *Grüntner*. Примѣненіе солнечной теплоты къ нагреванію (*Dingl. J.* 1864 173, 419). *Mouchot*. La chaleur solaire et ses applications industrielles, Paris, 1869.—*Storck* La chaleur solaire et ses applications industrielles. Compte-rendu des travaux de Mouchot, Lyon, 1877.—*Pifre*. Utilisation directe de la chaleur solaire, Paris, 1878 (отдѣльный оттискъ изъ „Ann. du Génie civil). Также *Dingl. J.* 1876, 219, 177; 1878, 229, 97 (результаты изслѣдованій *Mouchot*).

въ ней высокую температуру. Уже *Heron* изъ Александріи, жившій около 215 г. до Р. X., а за нимъ *Salomon de Caus* (XVI в.), *Belidor* (XIII в.), *Mouchot* (1860) и *Deliancourt* (1865) старались примѣнить солнечную теплоту къ производству механической силы, и именно къ поднятію воды, а въ концѣ шестидесятыхъ годовъ *Ericsson* и *Mouchot* почти одновременно воспользовались теплотою солнца для производства пара.

Аппаратъ *Mouchot*, для поднятія воды представленъ на фиг. 1. табл. I. На цилиндръ насоса насажена воронка, закрытая сверху мѣдною пластинкою съ почерненою поверхностью: эта поверхность нагрева. Цилиндръ насоса, равно какъ и отводящая труба снабжены клапанами, открывающимися снизу вверхъ. Солнце нагреваетъ воздухъ въ воронкѣ, воздухъ расширяется и нагнѣваетъ воду въ резервуаръ К, изъ котораго вода по сифону разливается по нагрѣтой поверхности, охлаждая ее. Воздухъ сжимается и вода вновь наполняетъ цилиндръ насоса; при новомъ нагреваніи почерненной пластинки дѣйствіе аппарата возобновляется. Аппаратъ подобнаго рода подымаетъ воду только на незначительную высоту, но даже въ такомъ видѣ можетъ оказывать услуги сельскому хозяйству. На томъ же принципѣ основаны и другіе аппараты для поднятія воды, равно какъ и устройство героновыхъ фонтановъ, дѣйствующихъ солнечною теплотою. Въ этихъ аппаратахъ теплота солнечныхъ лучей утилизируется довольно несовершенно, такъ какъ нагреваемая поверхность охлаждается наружнымъ воздухомъ. Для устраненія этого неудобства *Ducarla* (1816), ученикъ Сосюра, и *Mouchot* предложили окружать нагреваемый сосудъ кожомъ изъ стекла, легко пропускающаго свѣтловыя лучи, но дурно проводящаго теплоту.

Фиг. 2, табл. I, представляетъ солнечный паровикъ *Mouchot*, въ которомъ принять именно этотъ принципъ.

Аппаратъ *Mouchot* состоитъ изъ металлическаго зеркала съ линейнымъ фокусомъ, изъ почерненнаго паровика В, ось котораго совпадаетъ съ фокусомъ зеркала, и изъ стеклянаго кожуха А, покрывающаго паровикъ.

Зеркало F, имѣетъ форму конуса, отверстіе котораго обращено къ солнцу; оно состоитъ изъ 12 секторовъ, сдѣланныхъ изъ серебрянныхъ листовъ или полированной латуни. Диаметръ отверстія зеркала равенъ 2, 80 см.; поверхность его—4 кв. м.

Котель, помѣщенный внутри зеркала сдѣланъ изъ мѣди, имѣетъ двойныя стѣнки и форму колокола. Высота паровика 80 см., диаметръ 28 см., а вмѣстимость около 30 литровъ, двѣ трети которой заняты испаряемой водою. Котель снабженъ трубою F, для отвода пара и трубою E, для питанія водою. Стекланный кожухъ имѣетъ 85 см. высота, диаметръ, его 40 с. м., а толщина стѣнокъ 5 см. Аппаратъ движется вокругъ своей оси на 15° въ часъ и постепенно наклоняется, чтобы слѣдовать за движеніемъ солнца.

Подобный аппаратъ дѣйствовалъ въ Турѣ и далъ слѣдующіе результаты:

8 Мая 20 литровъ воды съ температурою 20° были нагрѣты въ теченіи 40 минутъ такъ сильно, что въ котлѣ получилось давленіе двухъ атмосферъ, которое быстро возрасло до пяти.

22 Юля, среди дня, было выпарено 5 литровъ воды въ часъ. По этимъ даннымъ одинъ квад. метръ поверхности аппарата утилизировалъ отъ 3 до 10 калори въ минуту.

Аппаратъ, подобный вышеописанному, только большихъ размѣровъ, былъ установленъ *Мушо* на площади Трокадеро во время Парижской выставки 1878 г. и въ солнечные дни дѣйствовалъ удовлетворительно. Все это показываетъ, что въ скоромъ времени удастся въ жаркихъ и сухихъ странахъ воспользоваться для производства механической силы даровою теплотою солнца, подобно тому какъ мы въ настоящее время пользуемся даровою силою текущей воды и вѣтра.

Другіе источники теплоты, болѣе подверженныя власти человѣка, слѣдующіе: соединеніе разнородныхъ электричествъ, механичная сила (1) и химическое соединеніе одного тѣла съ другимъ.

При настоящемъ состояніи нашихъ свѣдѣній о свойствахъ матеріи и нашего умѣнія пользоваться ими, химическое соединеніе есть единственный источникъ теплоты, которымъ мы располагаемъ съ удобствомъ и съ выгодой. Многочисленныя изслѣдованія показали при химическомъ соединеніи веществъ въ огромномъ большинствѣ случаевъ выдѣляется теплота и иногда въ очень значительныхъ количествахъ съ одновременнымъ выдѣленіемъ свѣта. Этимъ то особеннымъ видомъ химическаго соединенія, извѣстнымъ подъ названіемъ горѣнія, и пользуется техника для полученія тепла.

Многія тѣла соединяются съ образованіемъ теплоты и свѣта, т. е. горятъ, но не всѣ случаи горѣнія могутъ быть употребляемы какъ источники теплоты. Обстоятельства, обуславливающія это ограниченіе зависятъ отъ многихъ причинъ: во первыхъ практика должна избирать тѣ случаи соединенія, при которыхъ наиболѣе выдѣляется теплоты; во вторыхъ вещества, которыя можетъ избирать практика, должны принадлежать къ тѣмъ, которыя доставляются природою въ большихъ количествахъ; въ третьихъ, такъ-какъ при горѣніи, вслѣдствіе химическаго соединенія тѣлъ, образуются новыя тѣла,—продукты горѣнія,—то необходимо: а) чтобы они были летучи, иначе, смѣшиваясь съ соединяющимися веществами, они могутъ уничтожить ихъ прикосновеніе и тогда горѣніе прекратится; б) такъ-какъ летучіе продукты горѣнія выпускаются въ воздухъ, то необходимо, чтобы они не принадлежали къ числу тѣхъ, которые вредны для животныхъ и растений.

Изъ всѣхъ извѣстныхъ случаевъ химическихъ соединеній, горѣніе углерода и водорода въ кислородѣ всего болѣе удовлетворяютъ выше указаннымъ требованіямъ, а потому техника для полученія теплоты употребляетъ тѣла, содержащія углеродъ и водородъ, а именно главнымъ образомъ клѣтчатку и продукты ея измѣненій: дерево, торфъ и ископаемый уголь. Всѣ эти тѣла, встрѣчающіяся въ природѣ въ изобиліи содержатъ кромѣ углерода и водорода большія или меньшія количества кислорода и азота съ примѣсью извѣстнаго количества минеральныхъ веществъ (зола).

Кромѣ дерева, торфа и ископаемаго угля, употребляютъ какъ топливо: мохъ, морскія растенія, солому, ксяжъ, нефть, метиловый и этиловый спирты, скипидаръ и т. д., которые впрочемъ, имѣютъ только мѣстное и подчиненное значеніе.

(1) Сравн. Wagner's Jahreshb. 1856, 455.

## Д Е Р Е В О .

### Л и т е р а т у р а .

*Нердлингер*. Технические свойства древесины. Переводъ съ нѣмецкаго *Шафранова*. Спб., 1868 г (8, VII+444).

*Mayer, A.* Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial. Braunschweig, 1872 [Boley's Technologie, Bd. VI].

Дерево состоитъ изъ микроскопическихъ клѣточекъ и сосудовъ, содержащихъ сокъ.—Стѣнки этихъ клѣточекъ и сосудовъ образованы изъ клѣтчатки, тождественной по элементарному составу во всѣхъ растеніяхъ, и изъ такъ называемыхъ инкрустирующихъ веществъ, отличающихся какъ по своему составу, такъ и по своимъ химическимъ свойствамъ отъ клѣтчатки. Инкрустирующія вещества эти содержатъ болѣе углерода и водорода, чѣмъ клѣтчатка, чернѣютъ при дѣйствіи на нихъ сѣрной кислоты и хлора въ присутствіи воды, растворяются въ ѣдкомъ кали и окрашиваются сѣрно-анилиновою солью въ болѣе или менѣе темно-желтый цвѣтъ (*Schapringer, Wiesner*), а флороглюциномъ, послѣ предварительнаго смачиванія хлористоводородною кислотою, въ яркій красный цвѣтъ съ фіолетовымъ оттѣнкомъ (*Wiesner, 1878; R. Wagner, 1878*). Помощью этихъ двухъ реакцій легко открыть присутствіе инкрустирующихъ веществъ въ растительныхъ клѣточкахъ. Количество и свойство инкрустирующихъ веществъ въ различныхъ видахъ дерева различно, чѣмъ отчасти обусловливается различіе замѣчаемое въ химическомъ составѣ и свойствахъ дерева. Кромѣ этихъ органическихъ инкрустирующихъ веществъ стѣнки клѣточекъ содержатъ всегда большее или меньшее количество неорганическихъ веществъ, въ видѣ отложеній. Сокъ, заключающійся въ клѣточкахъ, состоитъ главнымъ образомъ изъ воды, въ которой растворены или взвѣшены различныя органическія (бѣлокъ, дубильныя вещества, сахаръ, смолистыя вещества, жиры и т. д.) и неорганическія вещества. Количество этихъ веществъ очень незначительно (отъ 4 до 10 %), а потому хорошо высушенное дерево имѣетъ удѣльный вѣсъ и элементарный составъ близкій къ клѣтчаткѣ. Въ общемъ среднемъ можно принять, что удѣльный вѣсъ дерева = 1,5, и что элементарный составъ его, въ круглыхъ числахъ, слѣдующій:



Порода дерева.	С. Н. О. N.				Исследовать.
	въ 100 частяхъ.				
Грабъ <i>Carpinus betulus</i> . . .	49,48	6,08	43,66	0,78	Chevandier.
„ „ „ . . .	48,53	6,80	45,17		Pet. и Sch.
„ „ „ . . .	48,51	6,17	45,31		Baer.
„ „ „ . . .	48,08	6,12	44,93	0,87	Heintz.
срѣд. . . . .	48,65	6,17	45,18		
Дубъ, <i>Quercus robur</i> и <i>pedunculata</i> . . . . .	50,64	6,03	42,05	1,28	Chevandier.
	49,43	6,07	44,50		Pet. и Sch.
	49,93	6,07	44,0		Baer.
	46,94	5,94	43,09	2,03	Heintz.
срѣд. . . . .	49,73	6,08	44,24		
Ель, <i>Pinus abies</i> . . . . .	51,71	6,11	41,12	1,06	Cevandier.
	49,95	6,41	43,64		Pet. и Sch.
	51,79	6,28	41,23	0,70	Heintz.
срѣд. . . . .	51,15	6,27	42,58		
Груша, <i>Pyrus communis</i> . . . . .	49,39	6,35	44,26		Pet. и Sch.
Ива, <i>Salix?</i> . . . . .	51,75	6,19	41,20	0,86	Chevandier.
„ <i>Salix fragilis</i> . . . . .	48,84	6,36	44,80		Pet. и Sch.
срѣд. . . . .	50,30	6,27	43,43		
Каштанъ дикій, <i>Aesculus hippocastanum</i> . . . . .	49,08	6,71	44,21		Pet. и Sch.
Кленъ, <i>Acer campestre</i> . . . . .	49,41	6,86	43,73		Pet. и Sch.
Липа, <i>Tilia europea</i> . . . . .	49,41	6,86	43,73		Pet. и Sch.
Лисьяница, <i>Pinus larix</i> . . . . .	50,10	6,30	43,60		Pet. и Sch.
Ольха, <i>Betula alnus</i> . . . . .	48,96	5,98	44,24	0,82	Chevandier.
„ „ „ . . . . .	49,19	6,22	44,59		Pet. и Sch.
„ „ „ . . . . .	51,86	6,13	42,01		Baer.
„ „ „ . . . . .	48,63	5,91	44,75	0,68	Heintz.
срѣд. . . . .	49,66	6,07	44,27		
Орѣхъ волоскій, <i>Juglans regia</i> . . . . .	49,11	6,44	44,44		Pet. и Sch.
Осица, <i>Populus nigra</i> . . . . .	49,70	6,31	43,99		Pet. и Sch.
„ „ <i>tremula</i> . . . . .	50,31	6,32	42,39	0,98	Chevandier.
	50,01	6,31	43,68		
Слива, <i>Prunus domestica</i> . . . . .	49,30	6,0	44,70		Pet. и Sch.
Пихта, <i>Pinus picea</i> . . . . .	49,59	6,38	44,02		Pet. и Sch.
Сосна, <i>Pinus sylvestris</i> . . . . .	51,76	6,12	41,36	0,76	Chevandier.
„ „ „ . . . . .	49,94	6,25	43,81		Pet. и Sch.
„ „ молодая . . . . .	50,89	6,13	43,03		} Baer.
„ „ старая . . . . .	50,19	6,00	42,31		
„ „ молодая . . . . .	50,62	6,27	42,58	0,53	} Heintz.
„ „ старая . . . . .	49,87	6,09	43,41	0,63	
срѣд. . . . .	50,54	6,20	43,26		
Ясень, <i>Fraxinus excelsior</i> . . . . .	49,36	6,07	44,57		Pet. и Sch.
Яблоня, <i>Pyrus malus</i> . . . . .	48,90	6,27	44,83		Pet. и Sch.
Эбеновое дерево, <i>Diospyrus ebenum</i> . . . . .	49,84	5,35	44,81		Pet. и Sch.
Средній составъ лиственныхъ деревьевъ . . . . .	49,37	6,28	44,35		
Средній составъ хвойныхъ деревьевъ . . . . .	50,35	6,29	43,36		
Средній составъ обонихъ породъ (изъ 24 анализъ)	49,53	6,28	44,19		Отношеніе. $\frac{O+N}{H} = 7,01.$
Составъ чистой клетчатки	44,44	6,17	49,39		



Количество золы, содержащейся въ различныхъ породахъ дерева, было опредѣлено *Berthier* (1826), *Karsten*' омъ (*Muspratt's technische Chemie* 3-е Anfl. III, 899), *Chevandier* (1844 и 1848) *Baer*' омъ, *Wittstein*' омъ (1854 и 1862) и др. Вотъ полученныя ими числа:

Въ 100 частяхъ де- рева содержится золы.	<i>Berthier.</i>	<i>Karsten.</i>		<i>Chevandier.</i> (1847)	<i>Baer.</i>	<i>Wittstein</i>
		старое дерево.	молодое дерево.			
Береза . . . . .	1,0	0,30	0,25	0,85	0,99	0,64 <sup>(1)</sup>
Букъ . . . . .	—	0,35	0,32	1,06	0,57	0,49 <sup>(1)</sup>
Грабъ . . . . .	—	—	—	1,62	0,87	—
Дубъ . . . . .	2,50	0,11	0,15	1,65	2,03	—
Ель . . . . .	—	0,25	0,23	1,01	—	—
Ива . . . . .	—	—	—	2,00	—	—
Липа . . . . .	5,00	—	0,40	—	—	—
Ольха . . . . .	—	—	—	1,33	0,68	—
Осина . . . . .	—	—	—	1,73	—	—
Пихта . . . . .	0,83	0,15	0,15	1,02	—	0,49 <sup>(2)</sup>
Сосна . . . . .	1,24	0,25	0,12	—	0,63	0,48 <sup>(2)</sup>

Содержаніе углерода, водорода, кислорода и азота въ различныхъ недѣлимыхъ одной и той же породы дерева и въ различныхъ частяхъ одного и того жъ недѣлимаго подвержено незначительнымъ колебаніямъ; большимъ колебаніямъ подвержено содержаніе въ нихъ золы, какъ показали изслѣдованія *Sprengel'a* (1834) *Chevandier* (1844 и 1847) и *Violette'a* (1853) и другихъ <sup>2)</sup>.

Изъ анализовъ *Chevandier* (1844) оказывается, что средній составъ дровъ и хвороста доставляемыхъ различными породами деревьевъ слѣдующій:

	С.	Н.	О.	Н.	золы.
дрова . . . . .	49,70	6,10	41,30	1,10	1,80
хворостъ . . . . .	50,50	6,20	39,70	1,10	2,50

На основаніи позднѣйшихъ, болѣе многочисленныхъ анализовъ, *Chevandier* (1847) принимаетъ, въ общемъ среднемъ слѣдующее содержаніе золы:

въ молодыхъ стволахъ . . . . .	1,23.
въ старыхъ стволахъ . . . . .	1,34.
въ вѣтвяхъ . . . . .	1,51.
въ хворостѣ . . . . .	2,27.

*Violette* (1853) опредѣлилъ составъ различныхъ частей 30-лѣтняго здороваго вишневаго дерева, высушенныхъ при 80°, и нашелъ слѣдующія числа:

<sup>1)</sup> 1662 <sup>(2)</sup> 1854.

<sup>2)</sup> Сравни. *Vollf*, *Aschen-Analysen*. Berlin, 1871 стр. 117—130.

	С.	Н.	О и N	Зола.	
Листья . . . . .	45,015	6,971	40,910	7,118	
Очень тонкія вѣтви . . . . .	( кора . . . . .	52,496	7,312	36,137	3,454
	( древесина . . . . .	48,359	6,605	41,780	0,304
Вѣтви средн. величины . . . . .	( кора . . . . .	48,855	6,342	41,121	3,682
	( древесина . . . . .	49,902	6,607	43,356	0,134
Толстыя вѣтви . . . . .	( кора . . . . .	46,871	5,770	44,656	2,908
	( древесина . . . . .	48,003	6,472	45,170	0,354
Стволъ . . . . .	( кора . . . . .	46,267	5,930	44,755	2,657
	( древесина . . . . .	48,925	6,460	44,319	0,296
Толстые корни . . . . .	( кора . . . . .	49,085	6,024	48,761	1,129
	( древесина . . . . .	49,324	6,286	44,108	0,231
Корни средн. толст. . . . .	( кора . . . . .	50,367	6,069	41,920	1,643
	( древесина . . . . .	47,390	6,259	46,126	0,223
Мочка съ корою . . . . .	45,063	5,036	43,503	5,007	

Эта таблица показываетъ, что 1) древесина во всѣхъ частяхъ одного и того же дерева имѣетъ почти одинаковый составъ; 2) листья и мочка имѣютъ почти одинаковый элементарный составъ и содержатъ меньше углерода и болѣе золы, чѣмъ кора и древесина и 3) во всѣхъ случаяхъ кора содержитъ болѣе золы, чѣмъ древесина.

Ближайшій составъ древесной золы былъ изслѣдованъ *Saussure'* омъ (1806), *Berthier* (1826 и 1854), *Hertwig'* омъ (1843) *Böttinger'* омъ (1844) *Heyer'* омъ и *Vonhausen'* омъ (1852), *Malaguti* и *Durocher* (1856 <sup>1)</sup>), *Wittstein'* омъ (1862), и нѣкоторыми другими изслѣдователями. Я приведу здѣсь только составъ золы важнѣйшихъ древесныхъ породъ, и отсылаю желающихъ ближе познакомиться съ этимъ предметомъ, къ сочиненію *Wolff'a* „Die Aschen-Analysen“ (Berlin, 1871).

<sup>1)</sup> Подробное изложеніе изслѣдованій М. и Д. появилось въ 1858 г. (Ann. Chim. Phys. (3), 54, 257).

	Общее погнч. зола.	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cl.	Исследо- ватель.
1 Акация Облал	—	10,53	5,69	58,30	6,79	0,47	11,51	3,56	2,71	0,50	Mal. и Dur.
2 Береза . . . .	0,64	11,58	1,65	48,47	7,27	3,00	5,34	1,30	16,35	0,21	Wittstein(1862).
3 " . . . .	—	17,85	61,55	3,54	0,59	5,07	0,52	6,71	0,04	—	Berthier.
4 Букъ . . . .	—	14,18	4,30	45,75	7,52	3,82	11,23	4,36	7,70	0,70	Mal. и Dur.
5 Букъ . . . .	—	15,80	2,87	63,35	11,28	0,98	2,69	1,46	1,47	0,13	Böttinger.
6 " . . . .	0,49	18,42	1,26	62,14	4,55	0,75	4,59	0,55	5,09	0,19	Wittstein.
7 Вязъ . . . .	—	24,08	2,11	37,93	10,01	3,92	9,61	5,42	6,16	0,79	Mal. и Dur.
8 Грабъ . . . .	—	10,63	2,54	52,23	8,45	0,12	10,74	1,52	4,97	0,10 <sup>1)</sup>	Schulze.
9 Дубъ . . . .	—	13,05	77,92	0,85	—	1,14	1,56	5,44	0,02	—	Berthier.
10 " . . . .	—	8,43	5,65	75,45	4,49	0,57	3,46	1,16	0,78	0,01	Denninger.
11 Ель . . . .	0,80	6,85	5,49	59,85	14,86	0,14	1,41	2,60	6,79	1,43	Polack.
12 " . . . .	—	2,31	13,98	58,65	3,99	2,60	3,55	1,28	10,87	0,09 <sup>2)</sup>	Sacc (1849).
13 Ива съ корою 17 септ. 1851	2,88	34,00	—	41,13	5,96	0,53	12,99	2,65	0,12	0,47	} Reichardt (1853)
14 Ива съ корою 22 юля 1852	7,27	32,39	—	20,67	3,61	2,77	23,86	14,56	0,28	0,66	
15 Липа . . . .	—	10,69	75,92	3,21	0,15	4,08	1,32	3,21	0,31	—	Berthier.
16 Лиственница .	0,32	15,24	7,76	27,06	24,51	3,28	2,90	1,71	3,60	0,56	Böttinger.
17 Пихта . . . .	—	22,38	39,59	4,37	14,03	4,18	1,07	8,30	0,11 <sup>3)</sup>	—	Berthier.
18 " дерев. 220 лѣт.	0,32	8,43	5,30	29,41	6,30	5,88	4,59	2,42	36,18	0,13	} Wittstein.
19 " " 172 "	0,16	15,31	3,94	47,84	4,65	2,40	3,41	2,38	18,03	0,71	
20 " " 135 "	0,33	3,60	4,28	46,49	8,82	10,07	8,51	1,74	15,41	0,61	
21 " дрова . . . .	—	8,60	12,4	22,00	1,72	15,50	7,60	10,10	6,50	0,3 <sup>4)</sup>	Rösler (1864)
22 Сосна больш. д.	0,14	2,79	16,77	31,72	19,76	2,70	2,40	1,95	3,04	0,90 <sup>5)</sup>	} Böttinger.
23 " засохшее .	0,19	0,93	15,93	36,07	20,01	3,95	1,07	2,97	5,28	1,53 <sup>6)</sup>	
24 " здоровая .	—	10,05	10,60	46,14	13,47	4,82	2,83	3,05	8,80	0,71	Levi.
25 " " . . . .	—	15,20	6,1	30,60	6,5	10,00	4,40	5,20	12,08	1,3	Rösler(1864).
26 Тополь. P. alba	—	18,00	—	51,83	9,84	1,70	15,20	0,85	2,63	—	} Mal. и Dur
27 " P. nigra .	—	16,90	—	52,54	11,67	2,80	11,00	1,40	3,69	—	
28 " P. tremula	—	13,44	—	66,50	3,23	1,60	13,30	0,32	1,61	—	
Minimum . . .	0,14	0,93	1,26	20,67	0,85	0,12	1,07	0,32	0,12	0,01	
Maximum . . .	7,27	34,00	16,77	77,92	24,51	14,03	23,86	14,56	36,18	1,53	
Среднее . . . .	1,26	18,24	—	48,83	8,26	3,86	6,88	2,82	7,26	0,52	

Ближайшія составныя части древесиныъ были предметомъ многочисленныхъ исследованийъ.

Познаніе, что древесина есть особенное органическое соединеніе, относится въ концу рошлага столѣтія <sup>7)</sup>, а элементарный составъ ея былъ определенъ въ первый разъ г. Люскакомъ и Тенаромъ, которые для древесины дуба и бука, очищенной кислотами, щелочами и спиртомъ, нашли слѣдующія числа (безъ зола):

	С.	Н.	Н. и О.
Дубъ . . . .	52,50	5,70	41,80
Букъ . . . .	51,45	5,82	42,73

На основаніи этихъ анализовъ стали разсматривать древесину, какъ соединеніе, состоящее изъ 53 частей углерода и 47 частей воды.

<sup>1)</sup> 8, 48% Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. <sup>2)</sup> 2,65% Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. <sup>3)</sup> Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=12,3%. <sup>4)</sup> Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5,97%. <sup>5)</sup> Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=18,7. <sup>6)</sup> Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=7,61%.

<sup>7)</sup> Fourcroy. Système des connaissances chimiques. Paris. 1801. VII, 87.

Исследования *Рауен'а* (1839—40 <sup>1)</sup> показали, что подобное обобщение было сделано преждевременно. Анализы, имъ произведенные, показали, что вещества, которыя можно было бы считать тождественными съ древесною, какъ хлопчатая бумага, сердцевина б. зины, клѣтчатка изъ неоплодотворенныхъ завязей, имѣютъ элементарный составъ, тождественный съ крахмаломъ т. е. содержать приблизительно 44% углерода и 56% водорода и кислорода въ такой пропорціи, въ какой эти элементы входятъ въ составъ воды. Древесина же дала ему 54% углерода, 6,2% Н и 39, 8% О, т. е. водорода болѣе, чѣмъ сколько нужно для превращенія всего кислорода древесины въ воду. Такимъ образомъ древесину нельзя причислить къ тому классу соединений, къ которому относятся крахмалъ и кудя ее постоянно причисляли. Дальнѣйшія исследования *Пайэна* показала, что древесина состоитъ изъ смѣси нѣсколькихъ веществъ, а именно изъ клѣтчатки, изомерной съ крахмаломъ, и изъ особенныхъ веществъ, содержащихъ С и Н болѣе чѣмъ клѣтчатка и названныхъ *Пайэномъ* пикустирующихъ веществами. *Пайэну* удалось разъединить эти составныя части древесины и получить изъ дерева вещество, имѣющее составъ близкій къ клѣтчаткѣ. Вотъ числа полученныя *Пайэномъ* (1839).

	Хлопчатая бумага		Д у б ъ		Б у к ъ		О с и н а	
	I	II.	въ естественномъ состояніи.	послѣ обработки содою.	въ естественномъ состояніи	послѣ обработки содою.	послѣ обработки содою.	послѣ вторичной обработки содою
С	45,00	44,35	54,44	49,68	54,35	49,40	48,00	47,71
Н	5,22	6,14	6,24	6,02	6,25	6,13	6,40	6,42
О	48,55	49,51	39,32	44,30	39,50	44,47	45,56	45,87
	98,77 <sup>2)</sup>	100,00	100,00	100,00	100,10 <sup>2)</sup>	100,00	99,96 <sup>2)</sup>	100,00

Эти числа показываютъ, что вещество, полученное изъ дерева, тѣмъ болѣе приближается къ клѣтчаткѣ, чѣмъ тщательнѣе оно освобождено отъ пикустирующихъ веществъ.

Послѣ исследования *Пайэна*, стали принимать, что древесина состоитъ изъ клѣтчатки, тождественной во всѣхъ растеніяхъ по своему элементарному составу, и изъ пикустирующихъ веществъ, содержащихъ болѣе углерода и водорода, чѣмъ клѣтчатка.

Далѣйшіе анализы *Пайэна* (1840), равно какъ и многочисленныя анализы *Fronberg'а* (1843), *Baumhauser'а* (1843), *Rochleder'а* и *Heldt'а* (1843), *Schaffner'а* (1844), *Ходнева* (1844), *Poumarède* и *Figuiet* (1847/8), *Schulze* (1857) и друг. вполне подтвердили подобное заключеніе и показали, что элементарный составъ клѣтчатки, извлеченной изъ разныхъ растеній и изъ различныхъ частей одного и того же растенія, тѣмъ ближе подходитъ къ формулѣ  $C_6 H_{10} O_5$ , чѣмъ она болѣе очищена отъ пикустирующихъ веществъ.

Въ 1859 г *Fremy* высказалъ мнѣніе, несогласное съ вышесказаннымъ. Изучая отношеніе различныхъ растительныхъ тканей къ щелочамъ, кислотамъ и такъ называемому швейцерову реактиву <sup>3)</sup>, онъ пришелъ къ такому заключенію, что ближайшій составъ раститель-

<sup>1)</sup> Annales des sciences naturelles, 2-е Serie. XI, 21 (1839); XIV, 73 (1840).

<sup>2)</sup> Тѣже числа помѣщены въ оригиналь; очевидно, въ слагаемыя вкрался опечатки.

<sup>3)</sup> Реактивъ этотъ всего лучше приготовить пропуская воздухъ, лишенный углекислоты, въ кобу, наполненную мѣдными стружками и на половину растворомъ амміака.

ных тканей далеко не так просто, как это полагали и что каждый вид тканей представлять своеобразный состав и свойства, смотря по его физиологической роли.

На основании своих исследований *Фрему* утверждает, что в состав оболочек клеточек различных тканей растений входят: *клетчатка*, *надсосудистое* (междуклетчаточное вещество) (*corps épiagiotiques*), *кутоза*, *суберин* и *фузин*, к которым слѣдует прибавить еще пектозу и ея производныя, бѣлковыя и минеральныя вещества.

Первое из названныхъ веществъ, *клетчатка*, входитъ в составъ почти всѣхъ растительныхъ клеточекъ и характеризуется слѣдующими свойствами:

- 1) Она не растворима в холодной водѣ и разбухаетъ в горячей.
- 2) Она не растворяется в водныхъ растворахъ ѣдкаго кали; только при сплавленіи съ гидратомъ окиси калия происходитъ раствореніе.
- 4) Сѣрная кислота ее растворяетъ безъ почерненія.
- 5) Крупная азотная кислота превращаетъ клетчатку в нитросоединеніе, слабая—дѣйствуетъ очень медленно, равно какъ и хлорноватистыя соли.

Что касается до отношенія клетчатки, извлеченной изъ различныхъ тканей растений, къ швейцерову реактиву, то оно различно смотря по ткани. Клетчатка, извлеченная изъ однихъ тканей, растворяется легко в швейцеровомъ реактивѣ и притомъ непосредственно; извлеченная изъ другихъ тканей она растворяется только послѣ предварительнаго нагреванія или обработки кипящей водою и другими болѣе сильными реактивами. Вѣ виду этого *Фрему* полагаетъ, что клетчатка, входящая в составъ клеточекъ различныхъ растительныхъ тканей, не тождественна и отличается нѣтъ изомерныхъ клетчатокъ.

1) *Ксилозу*, клетчатку в тѣсномъ смыслѣ, образующую стѣнки клеточекъ хлопчатой бумаги, клетчатыхъ тканей корней, листьевъ, цвѣтовъ, фруктовъ. Она растворяется непосредственно в швейцеровомъ реактивѣ.

2) *Параксилозу*, входящую в составъ клеточекъ сердцевинъ. Она не растворима в швейцеровомъ реактивѣ, но подъ влияніемъ слабыхъ дѣятелей (кипящей воды, слабыхъ кислотъ и т. д.) переходитъ в ксилозу.

3) *Фиброзу*, входящую в составъ дубильныхъ древесныхъ волоконъ и измѣняющуюся только очень медленно подъ влияніемъ химическихъ реактивовъ.

4) *Медулозу*, образующую клеточки сердцевинныхъ лучей; она очень сходна съ фиброзою, но подъ влияніемъ реактивовъ измѣняется легче этой послѣдней.

5) *Дермозу*, образующую клеточки эпидермы растений; реактивы измѣняютъ ее еще труднѣе, чѣмъ фиброзу.

*Междуклетчаточное вещество*, покрывающее стѣнки клеточекъ, отличается отъ клетчатки большимъ процентнымъ содержаніемъ углерода и водорода, меньшимъ постоянствомъ къ растворамъ ѣдкаго кали, нерастворимостью в сѣрной кислотѣ и растворимостью в бѣлильныхъ соляхъ. Азотная кислота дѣйствуетъ на междуклетчаточное вещество легко и превращаетъ его в желтое смолистое вещество, легко растворимое в ѣдкомъ кали. Свойства *междуклетчаточнаго вещества*, полученнаго изъ различныхъ тканей различно и *Фрему* принимаетъ три изомерныхъ видовъ измѣненія его: *экзофиброзу*, покрывающую дубильныя волокна; *экзомедулозу*, покрывающую стѣнки клеточекъ сердцевинныхъ лучей и *васкулозу*, покрывающую стѣнки сосудовъ.

*Кутоза* образуетъ клеточки верхняго слоя эпидермы и содержитъ, по *Фрему* несравненно болѣе углерода, чѣмъ клетчатка. По своему составу кутоза приближается къ лирамъ, отъ которыхъ она отличается полною нерастворимостью в эфирѣ. Для кутозы картофелябельныхъ клубней *Фрему* нашелъ слѣд. составъ:

Углерода . . . . .	73, 66.
Водорода . . . . .	11, 37.
Кислорода . . . . .	14, 97.
	100, 00.

*Суберинъ* образуетъ главную составную часть корковыхъ клеточекъ и рѣзко отличается отъ клетчатки.

Наконецъ *фруитинъ* образуетъ ткани грибовыхъ организмовъ и *Фреми*, какъ и *Врассоттоп*, считаетъ его веществомъ, содержащимъ кромѣ углерода, водорода и кислорода, еще азотъ и сѣру. Вещество это по *Фреми* растворится въ ѣдкомъ кали, въ азотной и сѣрной кислотахъ, но не растворится въ швейцеровомъ реактивѣ, даже послѣ обработки слабыми кислотами.

Выше изложенныя изслѣдованія и заключенія, собранныя *Фреми* въ одно связное цѣлое въ его органической химіи <sup>1)</sup>, вызвали возраженія со стороны *Пайэна*, которыя не остались безъ отвѣта со стороны *Фреми*. Polemika между этими двумя французскими учеными, длившаяся въ теченіи цѣлаго года (1859), доставила новыя факты и привела къ тому убѣжденію, что мнѣнія ими высказанныя, не до такой степени разнятся другъ отъ друга, какъ это можно думать съ перваго взгляда.

И дѣйствительно, какъ *Пайэнъ*, такъ и *Фреми* нашли, что стѣнки клеточекъ растений содержатъ клетчатку и только клеточки грибовъ состоятъ по *Фреми* изъ особеннаго вещества—фунгина. Это послѣднее мнѣніе однако оказалось не вѣрнымъ. Тщательные анализы *Пайэна* (1840), *Fromberg'a* (1843), *Schlossenberg'a* и *Doering'a* (1844), показали, что оболочка грибовыхъ клеточекъ, надлежащимъ образомъ очищенная отъ постороннихъ веществъ, имѣетъ составъ клетчатки, и мнѣніе это было затѣмъ подтверждено многочисленными анализами ближайшихъ составныхъ частей бродильныхъ грибовъ <sup>2)</sup>. Затѣмъ *Пайэнъ* и *Фреми* принимаютъ, что кромѣ клетчатки въ составъ оболочекъ клеточекъ входятъ другія органическія вещества болѣе богатые углеродомъ и отличающіяся по своимъ свойствамъ отъ клетчатки. *Пайэнъ* называетъ ихъ инкрустирующими веществами, *Фреми*—междуклетчатымъ веществомъ, субериномъ, кутозой и т. д.—Главное различіе между мнѣніемъ *Пайэна* и *Фреми* состоитъ въ томъ, что первый принимаетъ, что стѣнки всѣхъ растительныхъ клеточекъ содержатъ одно и то же видоизмѣненіе клетчатки, отличающееся только своими физическими свойствами, второй же принимаетъ существованіе нѣсколькихъ химическихъ изомерныхъ клетчатокъ.

Новѣйшія изслѣдованія *Cramer'a* (1858) надъ дѣйствіемъ швейцеровога реактива на клетчатку и въ особенности *Kabsch'a* (1863) сдѣлали мнѣніе *Фреми* сомнительнымъ и позволяютъ принимать, что стѣнки растительныхъ клеточекъ состоятъ изъ клетчатки, тождественной во всѣхъ растенияхъ и отличающейся только своею плотностью пла, вѣриѣ, большимъ или меньшимъ содержаніемъ гидратной воды, и изъ инкрустирующихъ веществъ, образующихся какъ кажется, вслѣдствіе метаморфозъ самой оболочки клеточки.

Эти метаморфозы клетчатой оболочки могутъ быть соединены подъ общее названіе „инкрустаціи стѣнокъ клеточекъ“ причѣмъ дѣлесообразно отличаютъ „кутикулизацию“ (Cu-

<sup>1)</sup> *Delouze et Fremy, Traité de chimie Paris 1861 (IV, 746).*

<sup>2)</sup> По послѣднимъ изслѣдованіямъ *Шютценбергера* и *Дестрема* (1879 г.) оболочка дрожжевыхъ клеточекъ состоитъ не изъ клетчатки, а изъ сложнаго азотистаго вещества, содержащаго, за вычетомъ зола, 54,79% С, 8,01 Н, 5,83 N и 31,47 О. Нужно думать, что вещество, анализируемое названными учеными, не было надлежащимъ образомъ очищено отъ бѣлковыхъ веществъ.



главнымъ образомъ отъ микроскопическаго строенія и отъ различнаго со- держанія въ немъ воды.

Болѣе или менѣе плотное микроскопическое строеніе дѣрева обуслов- ливаетъ его твердость и кажущійся удѣльный вѣсъ, имѣющіе важное тех- ническое значеніе, такъ какъ съ ними тѣсно связаны сила горѣнія и мно- гія другія цѣнные свойства дѣрева.

Смотря по *твердости* техника отличаетъ „твердое“, „полумягкое“ и „мягкое дѣрово“. Къ твердымъ—относятся дубъ, букъ, грабъ, къ мягкимъ— пихта, липа, ива, осина; къ полумягкимъ—ясень, кленъ, береза, ольха, сосна, и т. д.

*Кажущійся удѣльный вѣсъ дѣрева*, т. е. удѣльный вѣсъ плотной массы клѣтокъ съ содержащимися въ нихъ воды и воздуха, былъ предметомъ мно- гочисленныхъ изслѣдованій, которыя показали, что въ большей части слу- чаевъ дѣрово имѣетъ кажущійся удѣльный вѣсъ меньше воды, только очень немногія породы содержатъ такъ мало поръ, наполненныхъ воздухомъ (гранатовое дѣрово, эбеновое, очень старшій дубъ), что кажущійся ихъ удѣльный вѣсъ больше воды.

Вообще же говоря кажущійся удѣльный вѣсъ различныхъ породъ нашихъ дѣреьевъ въ сухомъ состояніи колеблется между 0,40—0,89, при- чемъ кажущійся удѣльный вѣсъ одной и той же породы измѣняется по возрасту, времени года, почвѣ и другимъ условіямъ, при которыхъ вы- росло дѣрово. Въ свѣжемъ, только что срубленномъ состояніи, всѣ древес- ныя породы значительно (на  $\frac{1}{4}$  или  $\frac{1}{3}$  даже на  $\frac{1}{2}$ ) тяжелѣе, чѣмъ въ сухомъ.

Кажущійся удѣльный вѣсъ дѣрева былъ опредѣленъ *Дюамелемъ* (1732 - 1733), *Гар- тиломъ-отиломъ* (1794 <sup>1)</sup>, *Barlow'омъ* (1823), *Bevan'омъ* (1826), *Ромердтомъ* (1828), *Кар- тмарш'омъ* (1834), *Смаліаномъ* (1837), *Winkler'омъ* (1839), *Weissbach* (1845), *Chevandier* и *Wertheim'омъ* (1846), *Гартиломъ-смиомъ* (1855 <sup>2)</sup>, *Пердмиллеромъ* (1860 <sup>3)</sup>, *Mader'омъ* (1862), *Hoh* (1878), *Маитене* (1878 <sup>4)</sup>.

Самыя обстоятельныя изслѣдованія надъ кажущимся удѣльнымъ вѣсомъ древесныя раз- личныхъ породъ дѣреьевъ и различныхъ частей одного и того же дѣрева были произведены *Пердмиллеромъ* и собраны имъ, вмѣстѣ съ результатами другихъ изслѣдователей, въ его сочиненіи „Техническія свойства древесины“. На основаніи этихъ данныхъ *Пердмиллеръ*

1) *Physikalische Versuche über die Brennbarkeit der Hölzer*. Magdeburg, 1794.

2) Объ отношеніи теплоемкости различныхъ древесныхъ породъ. Брауншвейгъ, 1855.

3) Техническія свойства древесины, р. 89—189.

4) Кроме того, въ различныхъ сочиненіяхъ упомянуты еще изслѣдованія *Brisson'a*, *Werneck'a*, *Klein'a*, *Gerstner'a* и друг., но ни годъ, въ которомъ были произведены эти изслѣдованія, ни изданія, въ которыхъ они были помѣщены, не указаны, и мнѣ не удалось ихъ отыскать.



подраздѣляеть различныя древесныя породы на чрезвычайно тяжелыя, очень тяжелыя, тяжелыя и т. д., и даетъ слѣдующія среднія числа для ихъ у. в. въ сухомъ состояніи:

1) *Чрезвычайно тяжелыя* (свыше 1,0): Бакаутъ 1,39; черная гренадилевая древесина, черное эбеновое дерево, бразильское дерево, самшитъ, (5).

2) *Очень тяжелыя* (0,99—0,90): *Amelanchier botryarum* 0,95, дерень 0,95; *Pyrus agia* 0,94; обыкновенный барбарисъ 0,94; бирючина, сирень 0,93; сирень китайская 0,92, жимолость татарская 0,91. (-).

3) *Тяжелыя* (0,89—0,80): миндальное дерево (0,87), рябина садовая 0,86, *Crataegus galii* 0,86, *Quercus rubra, cerris*, берескльдь широколиств. болышн. 0,85; тисовое дерево 0,84, *Pinus mughus* 0,83; турецкая черешня, *Pyrus intermedia*, *Koelreuteria*, сахарный кленъ, американскій ясень 0,82. (14).

4) *Посредственно тяжелыя* (0,79—0,70): дерень красный, *Fraxinus pubescens*, *Pyrotornialis*, вишневое дерево 0,79, ларкасъ, подубъ 0,78; *Crataegus cordata*, лежакація 0,77; обыкновенный ясень, яблоня, дубъ земной 0,75; *Laugia benzoin*, *Cystisus alpinus*, букъ, *Pterlea* 0,74; груша, грабъ 0,72; крушина слабительная 0,71. (18).

5) *Посредственно легкія* (0,69—0,60): облішхка, *Cercis canadensis*, ялицъ полевой *Prunus virginiana* 0,69, *Sophora japonica*, бѣлое тутовое дерево, остролиственный кленъ, *Juglans regia*, рябина лѣсная 0,68; черешня, лежкленъ 0,67; кленъ полевой, съѣдобный каштанъ 0,66; бѣлая береза, бузина красная, можжевельникъ обыкновенный, *Morus papyrifera* 0,65; *Crataegus nigra*, *Gymnocladus* 0,64; чинаръ, орѣшина 0,63; обыкновен. берескльдь, айлантъ, лиственница, кленъ серебристый 0,62; *Salix rosmarinifolia* и черемуха 0,61. (27).

6) *Легкія* (0,59—0,50): крушина ломкая 0,59; конскій каштанъ, ясенелистный кленъ 0,58; лиранъ, австрійская черная сосна 0,57; бузина гроздовидная 0,56; *Acer striatum*, бальзамическій тополь; желтннкъ 0,55; черная ольха 0,53; обыкновен. сосна 0,52; *Gingko biloba*, *Salix daphnoides* 0,51; *Cupressus disticha* виргинскій можжевельникъ и уксусное дерево 0,50. (16).

7) *Очень легкія* (0,49—0,40): *Juglans nigra*, оспна, бѣлая ольха 0,49; бѣлый тополь, *Aesculus rabricunda*, бѣлая пва, козыя пва, ель, пихта 0,48; негнѣючка 0,47; *Vignonia catalpa* 0,46; осокорь, мелкопестная липа 0,45; обыкновенный канадскій тополь, сибирскій кедръ 0,44; веймутова сосна 0,43; американская липа, италянская тополь 0,42. (18).

Чтобы дать понятіе о кажущемся удѣльномъ вѣсѣ сырого и сухаго дерева и о предѣлахъ между которыми колеблется у. в. для одной и той же породы, я приведу нижеслѣдующую таблицу, заимствованную у *Karmarsch'a* „Handbuch der mechanischen Technologie I, 630 (Hannover, 1866).

НАЗВАНИЕ ДЕРЕВА.	УДЕЛЬНЫЙ ВѢСЪ ДЕРЕВА.				Средний вѣсъ 1 куб. метра высушеннаго дерева въ кило.
	въ сыромъ видѣ.		Высушен. на воздухѣ.		
	отъ—до	сред.	отъ—до	сред.	
Акація . . . . .	0,750—1,000	0,875	0,580—0,850	0,715	572
Бакаутъ . . . . .	—	—	1,170—1,593	1,282	1027
Барбарисъ . . . . .	1,110	1,110	0,690—0,940	0,815	650
Береза . . . . .	0,800—1,090	0,945	0,510—0,770	0,640	520
Бирючлина . . . . .	0,960—1,090	1,025	0,770—0,810	0,790	637
Боярышникъ . . . . .	0,940—1,140	1,040	0,810—0,880	0,845	676
Бузина . . . . .	0,720—1,060	0,890	0,530—0,760	0,645	520
Букъ . . . . .	1,200—1,260	1,230	0,912—1,031	0,971	780
Букъ . . . . .	0,852—1,120	0,986	0,590—0,852	0,721	572
Вересклядъ . . . . .	0,690—1,140	0,915	0,590—0,850	0,720	572
Вишня . . . . .	0,650—1,050	0,850	0,570—0,780	0,675	546
Вязъ . . . . .	0,730—1,180	0,955	0,560—0,820	0,690	559
Грабъ . . . . .	0,920—1,250	1,083	0,620—0,824	0,722	585
Груша . . . . .	0,950—1,260	1,105	0,660—0,840	0,750	598
Дубъ . . . . .	0,870—1,280	1,075	0,530—1,030	0,780	624
Ель . . . . .	0,770—1,230	1,000	0,370—0,746	0,558	442
Жестереъ . . . . .	0,790—1,160	1,975	0,620—0,800	0,710	572
Ипа . . . . .	0,670—0,970	0,820	0,392—0,680	0,511	416
Каштанъ дикій . . . . .	0,760—1,040	0,900	0,520—0,630	0,575	468
Кленъ . . . . .	0,830—1,050	0,940	0,530—0,810	0,670	533
Красное дерево . . . . .	—	—	0,560—1,063	0,811	650
Лина . . . . .	0,580—0,878	0,729	0,320—0,604	0,462	377
Лиственца . . . . .	0,520—1,000	0,760	0,440—0,800	0,620	494
Ольха . . . . .	0,610—1,011	0,810	0,420—0,680	0,550	442
Орѣшникъ . . . . .	0,910—0,920	0,915	0,650—0,811	0,730	585
Пихта . . . . .	0,400—1,070	0,735	0,350—0,600	0,475	377
Рябина . . . . .	0,810—1,120	0,965	0,570—0,780	0,675	546
Сирень . . . . .	0,970—1,130	1,050	0,920—0,910	0,930	741
Слива . . . . .	0,870—1,170	1,020	0,680—0,900	0,790	637
Сосна . . . . .	0,380—1,078	0,729	0,310—0,763	0,536	429
Тисъ . . . . .	0,970—1,100	1,035	0,740—0,940	0,840	675
Тополь . . . . .	0,610—1,100	0,855	0,353—0,591	0,472	377
Шелковица . . . . .	1,020—1,210	1,115	0,870—1,020	0,915	754
Яблонь . . . . .	0,950—1,260	1,105	0,660—0,810	0,750	598
Ясень . . . . .	0,700—1,140	0,920	0,540—0,940	0,740	598
Эбеновое дерево . . . . .	—	—	1,187—1,831	1,259	1014

Въ заключеніе я приведу еще числа, найденныя *Weissbach* омъ (1845), для кажущагося удѣльнаго вѣса дерева, высушеннаго на воздухѣ, и дерева, долго сохранявшагося подъ водою и вполне пропитаннаго ею. Кромѣ того, въ таблицѣ приведено увеличеніе (въ процентахъ) объема и вѣса дерева вполне пропитаннаго водою, сравнительно съ тѣмъ же деревомъ, высушенномъ на воздухѣ:

	Каж. удѣльн. вѣсъ дерева.		Увеличеніе въ процентахъ.		
	СУХОГО.	МОКРАГО.	въ объемѣ.	въ абсо- лют. вѣсѣ.	въ каж. удѣл. вѣсѣ.
Лиственныя породы . . . . .	0,659	1,110	8,8	83	69
Хвойныя породы . . . . .	0,453	0,839	5,5	102	94
Дубъ . . . . .	0,680	1,125	6,8	77	66
Букъ . . . . .	0,700	1,119	10,9	79	60
Тополь . . . . .	0,353	1,021	8,5	214	189

*Количество воды*, содержащееся въ деревьѣ, имѣеть огромнѣе при употребленіи его, какъ топлива, во первыхъ потому, что тѣмъ воды солержится въ деревьѣ, тѣмъ менѣе въ данномъ вѣсѣ его солерж. горючихъ элементовъ, а во вторыхъ потому, что вода при горѣніи превращаетъ въ паръ и теплородъ, необходимый для этого превращенія, беретъ изъ общей суммы теплорода, доставляемаго горѣніемъ дерева. По изслѣдованіямъ *Шюблера* и *Гартига*, количество воды въ различныхъ породахъ дерева, непосредственно послѣ рубки, колеблется отъ 18,6% (грабъ) до 51,8 (осина); среднимъ числомъ—49%. Количество воды, содержащееся въ одной и той же породѣ дерева, зависитъ отъ времени года, почвы и другихъ условій, при которыхъ выросло дерево и различно въ различныхъ частяхъ дерева.

Замѣчу еще, что при продолжительномъ лежаніи подъ водою нѣкоторыя породы дерева поглощаютъ большое количество воды. Погружая дерево, высушенное въ безвоздушномъ пространствѣ, въ воду подъ колоколь воздушнаго насоса, *Моменэ* (Maumené, 1878) нашелъ, что различныя породы дерева поглощаютъ отъ 9,37—174,86% воды.

Числа, полученные *Schubler'* омъ и *Hartig'* омъ слѣдующія. Въ 100 частяхъ только-что срубленнаго дерева содержалось:

	% воды.
Черная тополь. ( <i>Populus nigra</i> ) . . . . .	51,8
Ива ( <i>Salix alba</i> ) . . . . .	50,6
Листьянива ( <i>Larix europaea</i> ) . . . . .	48,6
Тополь ( <i>Populus italica</i> ) . . . . .	48,2
Липа ( <i>Tilia europaea</i> ) . . . . .	47,1
Пихта ( <i>Abies excelsa</i> ) . . . . .	45,2
Визь ( <i>Ulmus campestris</i> ) . . . . .	44,5
Ольха ( <i>Alnus glutinosa</i> ) . . . . .	41,6
Сосна ( <i>Pinus sylvestris</i> ) . . . . .	39,7
Букъ ( <i>Fagus sylvatica</i> ) . . . . .	39,0
Дикій каштанъ ( <i>Aesculus hippocastanum</i> ) . . . . .	38,2
Ель ( <i>Abies pectinata</i> ) . . . . .	37,1
Дубъ ( <i>Quercus pedunculata</i> ) . . . . .	35,4
Береза ( <i>Betula alba</i> ) . . . . .	30,8
Ясень ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) . . . . .	28,7
Кленъ ( <i>Acer pseudoplatanum</i> ) . . . . .	27,0
Ива ( <i>Salix caprea</i> ) . . . . .	26,0
Грабъ ( <i>Carpinus betulus</i> ) . . . . .	18,6

Болѣе вѣрныя числа можно получить, если принять въ основаніе числа, найденныя *Hartig'* омъ для количества воды въ различныхъ породахъ дерева по мѣсяцамъ, и вычислить по нимъ среднее содержаніе воды за цѣлый годъ. Эти числа помѣщены въ первомъ столбцѣ таблицы; второй столбецъ таблицы содержитъ максимумъ и минимумъ содержанія воды по опредѣленію другихъ изслѣдователей.

	I.	II.
	Сосна ( <i>Pinus sylvestris</i> ) . . . . .	61
Пихта ( <i>Abies excelsa</i> ) . . . . .	56	11—57
Липа ( <i>Tilia parvifolia</i> ) . . . . .	52	36—57
Черная тополь ( <i>Populus nigra</i> ) . . . . .	52	43—61
Листовишница ( <i>Larix europaea</i> ) . . . . .	50	17—60
Ольха ( <i>Alnus glutinosa</i> ) . . . . .	50	33—58
Дный каштанъ ( <i>Aesculus hippocastanum</i> ) . . . . .	48	37—52
Береза ( <i>Betula alba</i> ) . . . . .	47	24—53
Яблонь . . . . .	43	34—52
Ива ( <i>Salix europaea</i> ) . . . . .	42	30—49
Букъ ( <i>Fagus sylvatica</i> ) . . . . .	39	20—43
Кленъ ( <i>Acer campestre</i> ) . . . . .	39	27—49
Платанъ ( <i>Platanus occidentalis</i> ) . . . . .	—	22—45
Грабъ ( <i>Carpinus betulus</i> ) . . . . .	37	22—41
Дубъ ( <i>Quercus pedunculata</i> ) . . . . .	35	22—39
Кленъ ( <i>Acer pseudoplatanus</i> ) . . . . .	34	30—36
Слива . . . . .	34	19—39
Вязъ ( <i>Ulmus campestris</i> ) . . . . .	34	24—44
Акация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) . . . . .	29	12—38
Ясенъ ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) . . . . .	27	14—34
Тисъ ( <i>Taxus baccata</i> ) . . . . .	—	16—20

Среднее для 8 мягкихъ лиственныхъ породъ . . 49% воды.

„ „ 16 твердыхъ лиственныхъ породъ . . 37 „

„ „ 5 хвойныхъ породъ . . . . . 59 „

„ „ 30 различныхъ породъ . . . . . 49 „

Количество сока, а слѣдовательно и количество воды, заключающееся въ деревѣ, должно повидимому, обуславливаться временемъ года. Съ перваго взгляда можно думать, что количество сока въ деревѣ должно быть больше весною, чѣмъ зимою и въ пользу этого мнѣнiя говорятъ немногочисленные опыты *Schübler'a* (1829). Онъ нашелъ, что въ:

	Проценты воды.		Разни- ца.
	27 янв.]	2 апр.	
Ели . . . . .	52,7	61,0	8,3
Орѣшникѣ . . . . .	40,9	49,2	8,3
Конскомъ каштанѣ . . . . .	40,2	47,1	6,9
Кленѣ полевомъ . . . . .	33,6	40,3	6,7
Ясенѣ высочествольномъ . . . . .	28,8	38,6	9,8
Среднее . . . . .	39,2	47,2	8,0

Впрочемъ, *Шюблеръ* нигдѣ не говоритъ, какимъ путемъ добыты эти результаты, которые противурѣчаютъ изслѣдованiямъ *Дилемеля* (1732—1733 г.), равно какъ и болѣе новыми изслѣдованiямъ *Нердлингера* и *Гартмана*. Эти послѣднiе изслѣдованiя показываютъ, что во всѣхъ древесныхъ породахъ самая большая сочность 50,5% въ январѣ и февралѣ. Въ мартѣ и апрѣлѣ, когда изъ нѣкоторыхъ породъ вытекаетъ сокъ, и потому они кажутся богаче сокомъ, количество сока среднимъ числомъ 47,5%. Въ мѣсяцахъ развитiя, маѣ и iюнѣ, въ нихъ оказывается 48,5% сока, въ iюль—50%; въ сентябрѣ—48%. Для породъ дерева, изслѣдованныхъ *Шюблеромъ*, *Гартманъ* получилъ слѣдующiя числа:

	Проценты воды.	
	ЯНВАРЬ.	АПРѢЛЬ.
Ель . . . . .	58	50
Орѣшникъ . . . . .	46	36
Конскій каштанъ . . . . .	50	48
Кленъ полевой . . . . .	33	34
Ясень . . . . .	27	22

Изъ этого видно, что вопросъ о количествѣ сока, содержащагося въ деревьяхъ въ различные мѣсяцы года, не рѣшенъ окончательно, и что совѣты рубить дерево зимою не имѣютъ дѣйствительнаго основанія и дровосѣкъ, до дальнѣйшихъ опытовъ, можетъ выбирать время рубки, руководясь чисто экономическими соображеніями.—Болѣе подробное разсмотрѣніе этого вопроса можно найти въ сочиненіи *Нердлитера* „Техническое свойство древесныя“ — (р. 42—52).

Выше приведенныя числа показываютъ, что свѣжесрубленное дерево содержитъ большое количество воды и потому употребленіе его непосредственно послѣ рубки было бы не выгодно.

При лежаніи на воздухѣ дерево, однако, быстро теряетъ часть своей воды, причемъ высушиваніе продолжается до тѣхъ поръ, пока способность воздуха удерживать влагу не придетъ въ равновѣсіе съ гигроскопичностью дерева.

Опыты *Шевандье* показали, что это равновѣсіе наступаетъ спустя полтора или два года послѣ рубки, и что дерево, такимъ образомъ высушенное, содержитъ отъ 15 (смолистыя породы) до 20 (лиственныя породы) процентовъ воды. Понятно, что числа эти измѣняются съ влажностью атмосферы.

При опытахъ *Шевандье* (1846) различныя породы дерева были срублены въ январѣ и положены подъ навѣсомъ, который защищалъ ихъ отъ дождя и примаго дѣйствія солнечныхъ лучей, предоставляя однако воздуху свободный доступъ со всѣхъ сторонъ. Опредѣленіе количества гигроскопической воды было сдѣлано спустя 6 мѣсяцевъ, годъ, 18 мѣсяцевъ и двухъ лѣтъ послѣ рубки. Слѣдующая таблица показываетъ сколько гигроскопической воды содержалось въ 100 частяхъ дерева по изслѣдованіямъ *Шевандье*:

	С т в о л ь .				С у ч ь я .				Молодые побѣги.			
	п о с л ь				п о с л ь				п о с л ь			
	6 м.	года	18м.	2лѣтъ	6 м.	года	18 м.	2лѣтъ	6 м.	года	18 м.	2 лѣтъ.
Букъ . . . . .	23,34	19,34	17,4	17,74	33,48	24,00	19,80	20,32	30,44	23,46	18,6	19,96
Дубъ . . . . .	29,68	23,75	20,74	19,16	31,20	26,90	24,55	21,09	32,71	26,74	23,35	20,28
Грабъ . . . . .	24,68	20,13	18,77	17,94	31,38	25,89	22,33	19,30	27,19	23,08	20,60	18,59
Береза . . . . .	25,28	18,10	15,98	17,17	37,34	28,99	24,12	21,78	39,72	29,01	23,75	19,52
Осина . . . . .	31,00	21,55	15,87	17,77	85,6	26,01	21,85	19,94	40,45	26,22	17,77	17,92
Ольха . . . . .	22,37	19,17	15,27	16,72	—	—	—	—	42,43	24,09	19,06	18,05
Ива . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	36,44	23,13	17,12	17,58
Ель . . . . .	28,56	16,65	14,78	17,22	28,29	17,14	15,09	18,66	33,78	16,87	15,21	18,09
Сосна . . . . .	29,31	18,54	15,81	17,96	35,30	17,59	15,72	17,39	41,49	18,67	15,63	17,42

Въ отношеніе чиселъ предыдущей таблицы подобно замѣтить, что они суть наименьшія, потому что образчики были куски небольшихъ измѣреній и лежали каждый отдѣльно, слѣдовательно высушивались быстрее, нежели когда дрова сложены въ поленницы. Разсматривая числа предыдущей таблицы можно вывести слѣдующія заключенія:

а) Что смолистыя деревья (ель, сосна) высушиваются быстрее, чѣмъ другія породы дерева; что изъ остальныхъ деревьевъ, деревья, имѣющія большую плотность (дубъ, грабъ, букъ), высушиваются медленнѣе, чѣмъ деревья менѣе плотныя (береза, осина, ольха, ива).

б) Что количество гигроскопической воды, послѣ годичнаго лежанія на воздухѣ, весьма близко для различныхъ породъ деревьевъ смолистыхъ и лиственныхъ, такъ-что можно безъ значительной погрѣшности принять общее среднее:

а) для смолистыхъ	послѣ 6 мѣ- сяцевъ.	При наибольшей степени высушиванія на воздухѣ.
въ стволахъ . . . . .	29 %	15 %
въ сучьяхъ . . . . .	32 "	15 "
въ молодыхъ побѣгахъ . . . . .	38 "	15 "
б) для лиственныхъ:		
въ стволахъ . . . . .	26 "	17 "
въ сучьяхъ . . . . .	34 "	20 "
въ молодыхъ побѣгахъ . . . . .	36 "	19 "

Результаты, полученные *Шевандье*, въ общихъ чертахъ сходны съ результатами, полученными *Rumford'* омъ и *Violette'* омъ и друг.

По *Rumford'* у (1812) дерево, вполне высушенное на воздухѣ, теряло при 136° слѣд. количества воды.

Дубъ . 16,6%	Букъ . 18,5%	Ель . 17,5	Липа . 18,8
Вязъ . 18,2%	Кленъ . 18,6	Береза . 19,4	Тополь . 19,5

По *Violette'* у (1853) дерево, высушенное на воздухѣ, теряло воды:

	при 125°	при 150°
Дубъ . . . . .	15,26%	17,93
Ясень . . . . .	14,78 "	16,19
Вязъ . . . . .	15,32 "	17,02
Волоскій орѣхъ . . . . .	17,55 "	17,43

По опытамъ *Н. Рогова* (1877) дрова, сложенные въ лѣсу въ поленницѣ въ ноябрѣ мѣсяцѣ, спустя 1/2 года потеряли въ вѣсъ:

Сосна . . . . .	18,18 %
Ель . . . . .	20,00 "
Пихта . . . . .	22,20 "
Береза . . . . .	14,28 "
Осина . . . . .	18,18 "

Эта убыль очевидно меньше, чѣмъ убыль найденная *Шевандье*, что *Роговъ* объясняетъ тѣмъ, что при его опытахъ дрова были сложены въ лѣсу, а не на открытомъ мѣстѣ. Кроме того *Роговъ* нашелъ, что вѣсъ дерева въ вершинныхъ кряжахъ былъ больше чѣмъ въ комлевыхъ на 5 и 10%, что зависитъ отъ большаго содержанія воды въ вершинныхъ кряжахъ.

По опытам *Maatené* (1878), различныя породы дерева, пролежавшія около года въ закрытомъ помѣщеніи (въ комнатахъ) содержали всего отъ 4,61—13,56% воды. Опредѣленіе воды *Maatené* производитъ впрочемъ не высушиваніемъ дерева при 100°, а подъ колоколомъ воздушнаго насоса надъ сѣрною кислотою.

Важнымъ моментомъ при сушкѣ дерева составляетъ кора, которая значительно замедляетъ процессъ сушки на воздухѣ, какъ это доказываютъ опыты *Дюгамеля*, *Нердлинера* и *Уль'а* (1820). Въ опытахъ *Уль'а* деревья были срублены въ июль и помѣщены въ видѣ кусковъ различной величины въ крытое помѣщеніе, при лежаніи въ которомъ они потеряли слѣдующее количество воды въ процентахъ:

	ІЮЛЬ.	АВГУСТЪ.	СЕНТЯБ.	ОКТАБРЬ.
безъ коры . . . . .	34,53	33,77	39,34	39,62
съ корою . . . . .	0,41	0,84	0,92	0,98

Приведенныя числа показываютъ, что въ теченіи 3-хъ мѣсяцевъ дерево, съ котораго была снята кора, почти совершенно высохло, между тѣмъ какъ дерево покрытое корою, въ тоже время потеряло менѣе 1% своего вѣса.

Болѣе подробныя данныя объ испареніи воды деревомъ, поглощеніи имъ воды и влаги и т. д. можно найти въ сочиненіи *Нердлинера* „Технич. свойства древесины“.

При высушиваніи дерева на воздухѣ, объемъ его *уменьшается* (усушка дерева), при чемъ только незначительно по направленію длины волоконъ (менѣе чѣмъ на  $\frac{1}{2}$  %) и гораздо болѣе по направленію сердцевинныхъ лучей и годичныхъ слоевъ (отъ I до II и болѣе процентовъ, смотря по породѣ и возрасту дерева). Это уменьшеніе объема дерева при сушкѣ слѣдуетъ принимать во вниманіе при укладкѣ дровъ въ сажени.

Слѣдующая таблица, заимствованная у *Karmarsch'a* (*Handbuch der mechanischen Technologie* I p. 636), показываетъ величину усушки для различныхъ породъ дерева, выраженную въ процентахъ. Здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что числа, помѣщенные въ таблицѣ, выражаютъ разность между только-что срубленнымъ деревомъ и деревомъ, вполне высушеннымъ на воздухѣ, что слѣдовательно усушка дерева, отчасти уже высушеннаго, будетъ менѣе усушки, указанной въ таблицѣ:

	Велчина усушки въ процентахъ по направленію:		
	длины волокна.	сердцев. луч.	годич. слоевъ.
Акація, <i>Robinia pseudoacacia</i> . . . . .	0,018 до 0,243	2,7 до 5,1	2,7 до 8,9
Бакаутъ . . . . .	0,625	5,18	7,5
Берберисъ, <i>Berberis vulgaris</i> . . . . .	—	2,2 до 2,9	7,2
Береза, <i>Betula alba</i> . . . . .	0,065 до 0,900	1,7 до 7,19	3,19 до 9,3
Вирючина, <i>Cornus sanguinea</i> . . . . .	—	2,7 до 5,3	7,7 до 9,8
Боярышникъ, <i>Crataegus oxyacantha</i> . . . . .	0,210 до 1,500	4,3 до 6,82	6,2 до 11,1
Бузина, <i>Sambucus nigra</i> . . . . .	0,019	2,6 до 3,0	4,2 до 7,3
Букъ, <i>Buxus sempervirens</i> . . . . .	0,026	1,3 до 7,4	3,2 до 10,4
Букъ, <i>Fagus sylvatica</i> . . . . .	0,200 до 0,340	2,3 до 6,0	5,0 до 10,7
Вишня, <i>Prunus avium</i> . . . . .	0,112	1,6 до 11,2	4,1 до 12,2
„ „ <i>cerasus</i> . . . . .	—	3,4	7,2
„ „ <i>mahaleb</i> . . . . .	—	1,9 до 4,8	4,5 до 10,5
„ „ <i>padus</i> . . . . .	—	2,3	10,8
Бересклѣдъ, <i>Evonymus europaeus</i> . . . . .	—	0,7 до 3,1	3,9 до 5,5
Вязъ, <i>Ulmus campestris</i> . . . . .	0,014 до 0,628	1,2 до 4,6	2,7 до 8,3
Грабъ, <i>Carpinus betulus</i> . . . . .	0,210 до 1,500	4,3 до 6,82	6,2 до 11,1
Груша, <i>Pyrus communis</i> . . . . .	0,228	2,9 до 3,94	5,5 до 12,7
Деревъ, <i>Cornus mascula</i> . . . . .	—	3,9 до 10,3	4,5 до 10,0
Дубъ, <i>Quercus robur</i> . . . . .	0,028 до 0,435	1,1 до 2,9	2,6 до 4,5
„ „ <i>pedunculata</i> . . . . .	0,200 до 0,300	3,2 до 3,3	0,8 до 7,3
Ель, <i>Abies pectinata</i> . . . . .	0,086 до 0,122	1,7 до 4,82	4,1 до 8,13
Жестеръ, <i>Rhamnus cathartica</i> . . . . .	—	0,7 до 2,4	1,9 до 8,3
Ива, <i>Salix caprea</i> . . . . .	0,500 до 0,697	0,9 до 4,8	1,9 до 9,2
„ „ <i>babylonica</i> . . . . .	0,330	2,55	6,91
Каштанъ дикій, <i>Aesculus hippocast</i> . . . . .	0,083	1,84 до 6,0	6,5 до 9,7
Кленъ, <i>Acer pseudoplatanus</i> . . . . .	0,062 до 0,200	2,0 до 5,4	4,1 до 7,3
„ „ <i>campestre</i> . . . . .	0,400	2,03 до 5,4	2,97 до 7,9
„ „ <i>platanoides</i> . . . . .	—	2,7 до 4,6	4,1 до 6,8
Красное дерево . . . . .	0,110	1,09	1,79
Липа, <i>Tilia grandifolia</i> . . . . .	0,208	3,5 до 8,5	6,9 до 11,5
„ „ <i>cordata</i> . . . . .	0,100 до 0,121	0,4 до 7,1	0,4 до 10,9
Листьяница, <i>Larix europaea</i> . . . . .	0,013 до 0,288	0,3 до 7,3	1,4 до 7,1
Ольха, <i>Alnus glutinosa</i> . . . . .	0,300 до 1,400	2,9 до 6,5	4,15 до 9,8
„ „ <i>incana</i> . . . . .	0,192 до 0,598	2,4 до 6,4	4,5 до 8,3
Орѣшникъ, <i>Juglans regia</i> . . . . .	0,223	2,6 до 8,2	4,0 до 17,5
Пихта, <i>Abies excelsa</i> . . . . .	0,076	1,1 до 2,8	2,0 до 7,3
Рябина, <i>Sorbus aucuparia</i> . . . . .	0,190 до 0,400	0,8 до 3,43	4,1 до 8,88
Слива, <i>Prunus domestica</i> . . . . .	0,025	1,8 до 2,5	1,8 до 11,3
Сирень, <i>Syringa vulgaris</i> . . . . .	—	4,2	8,4
Сосна, <i>Pinus sylvestris</i> . . . . .	0,0008 до 0,201	0,6 до 3,8	2,0 до 6,8
„ „ <i>austriaca</i> . . . . .	0,100	2,3 до 3,3	3,3 до 5,8
„ „ <i>strobus</i> . . . . .	0,040 до 0,160	0,2 до 2,7	1,3 до 5,0
Тисъ, <i>Taxus bacata</i> . . . . .	—	2,4 до 2,9	2,6 до 4,5
Тополь, <i>Populus alba</i> . . . . .	0,086 до 0,624	1,2 до 4,2	2,8 до 9,8
„ „ <i>italianica</i> . . . . .	—	2,1 до 7,6	5,2 до 7,2
„ „ <i>nigra</i> . . . . .	0,125	1,2 до 5,4	4,0 до 6,8
„ „ <i>tremula</i> . . . . .	0,022 до 0,700	0,9 до 4,2	3,33 до 8,9
Шелковница, <i>Pyrus aria</i> . . . . .	—	3,9 до 10,6	7,23 до 11,5
Эбеновое дерево, черное . . . . .	0,010	2,13	4,07
Яблонь, <i>Pyrus malus</i> . . . . .	0,109	3,1 до 6,0	5,7 до 9,0

Какъ было сказано выше, дерево, высушенное на воздухѣ, содержитъ отъ 15 до 20% воды. Въ техническомъ отношеніи было бы конечно выгодно удалить изъ дерева и эту воду, чего можно достигнуть искусственнымъ высушиваніемъ, такъ какъ опыты *Виолета* (1853) показали, что различные виды дерева, высушенные на воздухѣ, теряютъ:



при 125°	отъ	14,78	до	17,55	%	воды.
" 150	"	16,19	"	17,93	"	"
" 175	"	21,00	"	36,94	"	"
" 200	"	27,51	"	41,77	"	"

При этой послѣдней температурѣ дерево начинаетъ уже разлагаться. Но подобное искусственное высушиваніе дерева имѣло бы на практикѣ мало значенія, такъ какъ высушенное дерево на воздухѣ вновь притягиваетъ воду. Такъ древеснымъ стружки, высушеннымъ при 136°, вновь притянули при лежаніи на воздухѣ зимою (при температурѣ 7°,4) 17-19% воды, лѣтомъ (при температурѣ 16,6°) 6—9 % воды (Rumford, 1812). Въ виду этого искусственная сушка дровъ употребляется только въ исключительныхъ случаяхъ, а именно тогда, когда желаютъ достигнуть очень высокихъ температуръ (напримѣръ при обжиганіи глинянныхъ издѣлій), или когда есть свободная теплота, которою желаютъ воспользоваться. Понятно, что при искусственной сушкѣ, дрова немедленно послѣ высушиванія должны быть употреблены въ дѣло.

Изъ всего вышесказаннаго ясно, что важнѣйшіе факторы, опредѣляющіе достоинство дерева, какъ топлива, это удѣльный вѣсъ и содержаніе воды. Въ практикѣ, однако, не обращаютъ должнаго вниманія на эти факторы, продавая и покупая дрова не по вѣсу, а по объему. Правда, опытный торговецъ оцѣниваетъ дрова по породѣ и по времени, въ теченіи котораго дрова лежали на воздухѣ, и, слѣдовательно, принимаетъ во вниманіе его плотность и содержаніе воды, но дѣлаетъ это вполнѣ эмпирически. Съ теоретической точки зрѣнія, слѣдовало бы производить продажу дровъ не по объему, а по вѣсу, установивъ опредѣленную норму для влажности и уменьшая цѣну дровъ за каждый процентъ воды, выше условной нормы.

Такъ какъ, однако, продажа дровъ по вѣсу не принята и была бы, быть можетъ, слишкомъ хлопотлива, то составлены таблицы, показывающія (хотя приблизительно) вѣсъ складочной мѣры дровъ. По *Шевандье*, вѣсъ одного кубическаго метра (stère) дровъ (въ полѣньяхъ) различныхъ породъ колеблется между 380—256 килограммъ.

Вѣсъ складочной мѣры дровъ были опредѣлены *Bull'* емъ <sup>1)</sup>, *Berthier* (1835), *Chevandier* (1845) и *Klauprecht'* емъ (1867). Я приведу здѣсь только результаты, полученные *Chevandier*, какъ самые полные.

1 кубическій метръ (stère) вѣситъ:

---

<sup>1)</sup> *Muspratt's theoretische, praktische und analytische Chemie V*, p. 166. Источникъ не указанъ. По ссылкамъ на работу Буля нужно полагать, что она была обнаружена ранѣе 1836 г.

	килограммъ.		килограммъ.
Береза.		Ель.	
полѣнья . . . . .	338	полѣнья . . . . .	277
кругляки . . . . .	318	кругляки . . . . .	312
вѣтви . . . . .	269	вѣтви . . . . .	287
полѣнья съ круглякомъ . .	332	Ольха.	
Букъ.		полѣнья . . . . .	293
полѣнья . . . . .	380	кругляки . . . . .	283
кругляки . . . . .	314	полѣнья и кругляки . . .	291
вѣтви . . . . .	304	Пихта.	
Грабъ.		полѣнья . . . . .	256
полѣнья . . . . .	370	кругляки . . . . .	283
кругляки . . . . .	313	вѣтви . . . . .	281
вѣтви . . . . .	298	Лесень.	
полѣнья съ круглякомъ . .	361	полѣнья съ круглякомъ . .	273
Дубъ.			
полѣнья . . . . .	380		
кругляки . . . . .	317		
вѣтви . . . . .	277		

Числа эти, какъ легко понять, не имѣютъ абсолютной точности, такъ какъ вѣсъ опредѣленнаго объема дровъ зависитъ отъ болѣе или менѣе плотной укладки, вида и размѣра бревень и, наконецъ, отъ принятаго за исходную точку при составленіи таблицъ кажущагося удѣльнаго вѣса дерева различныхъ породъ, который, какъ мы видѣли выше, довольно различенъ, по опредѣленію различныхъ изслѣдователей.

При оцѣнкѣ дровъ, какъ топлива, принимаютъ во вниманіе, также длину даваемого имъ *пламени* при горѣннн, которая бываетъ очень различна для различныхъ породъ дерева. Она самая большая для сосны, самая маленькая для тополя.

Принимая длину пламени, даваемую сосною—100, длина пламени, даваемая другими породами, будетъ:

Сосна . . . . .	100	Береза . . . . .	76
Букъ и ясенъ . . . . .	98	Ель . . . . .	71
Грабъ . . . . .	96	Липа . . . . .	62
Дубъ зимній . . . . .	84	Осина . . . . .	57
Листвяница } . . . . .	81	Ольха . . . . .	52
Вязъ . . . . .		Ива . . . . .	45
Дубъ лѣтній . . . . .	79	Тополь . . . . .	44

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что дерево, какъ вещество органическое, претерпѣваетъ, при долгомъ вліяніи влаги и воздуха, цѣлый рядъ измѣненій (гниеніе, тлѣніе), которыя уменьшаютъ достоинство дерева и могутъ повлечь за собою полное его разрушеніе. Это свойство дерева слѣдуетъ принимать во вниманіе при его сохраненіи и сплавлкѣ.

Вообще принимаютъ, что сплавка уменьшаетъ достоинство дерева, какъ топлива, хотя по мнѣнію *Нердлмтер* и, судьи очень компетентнаго въ этомъ дѣлѣ, это уменьшеніе зависитъ не столько отъ сплавки, сколько отъ небрежнаго сохраненія сплавленнаго дерева. При слишкомъ плотной укладкѣ, не допус-

какощей правильной сушки, дерево часто подвергается глѣнию или гниенію, уменьшающихъ значительно его достоинство. Тѣмъ не менѣе нѣтъ никакого сомнѣнія, что сплавка сама по себѣ влечетъ за собою потерю въ горючемъ матеріалѣ и уменьшаетъ количество этого послѣдняго въ данномъ объемѣ дровъ. Существующія наблюденія и опытъ показываютъ, что при сплавкѣ, вслѣдствіе выщелачиванія, удаляется изъ дерева извѣстное количество органическихъ горючихъ веществъ. Это выщелачиваніе не оказываетъ, однако, замѣтнаго вліянія на элементарный составъ дерева и на тепловой его эффектъ, но оно уменьшаетъ кажущійся удѣльный вѣсъ дерева, а, слѣдовательно, и количество горючаго матеріала, содержащагося въ данномъ объемѣ, уменьшеніе котораго становится ощутительнымъ при опредѣленіи достоинства дровъ *по объему*. Кромѣ того, при сплавкѣ въ деревѣ иногда увеличивается количество золы, вслѣдствіе отложенія въ его порахъ песку, глины и т. д.

Вліяніе сплавы на достоинство дровъ было изслѣдовано *Nördlinger* омъ (1850) и *Wunder* омъ (1864). По изслѣдованіямъ *Wunder* а, тонкія древесныя стружки пихты, вполне выщелоченныя водою, имѣли тотъ-же элементарный составъ, какъ и невыщелоченныя. 100 частей вещества (за вычетомъ золы) содержали:

	выщелоченное:	выщелоченное:
Углерода . . . . .	49,63	49,69
Водорода . . . . .	6,11	6,05
Кислорода . . . . .	44,26	44,26

По анализу того же изслѣдователя, элементарный составъ пихты передъ и послѣ сплавы не показывалъ рѣзкаго различія. Образчики, высушенные при 110°, имѣли слѣдующій элементарный составъ:

	несплавное.	сплавное.
Углеродъ . . . . .	48,34	50,36
Водородъ . . . . .	5,72	5,80
Кислородъ . . . . .	45,63	43,38
Зола . . . . .	0,31	0,46.

Приведенныя числа позволяютъ думать, что при сплавкѣ дерево немного измѣнилось, и что тепловой эффектъ его *увеличился*. Въ тоже время заводскіе опыты показали, что для замѣны 100 сажени несплавныхъ дровъ требуется 112,3 сажени сплавныхъ.

Понятно, что это различное отношеніе сплавныхъ и несплавныхъ дровъ могло зависѣть только отъ измѣненія физическихъ свойствъ дерева во время сплавы. И дѣйствительно, опыты *Wunder* а показали, что удѣльный вѣсъ сплавнаго дерева былъ = 0,409, удѣльный же вѣсъ несплавнаго = 0,446 <sup>1)</sup>, откуда слѣдуетъ, что вѣса равныхъ объемовъ несплавныхъ и сплавныхъ дровъ относятся между собою какъ 100: 91,7 или что равныя вѣса займутъ для несплавныхъ 100, а для сплавныхъ 109 объемовъ. Практика, какъ сказано выше, дала отношеніе 100 къ 112. Это разногласіе *Wunder* объясняетъ тѣмъ, что сплавное дерево содержитъ въ своихъ порахъ болѣе воздуха, чѣмъ несплавное, и этотъ излишекъ воздуха препятствуетъ образованію горючихъ газовъ и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшаетъ длину пламени. Какъ бы тамъ ни было, опыты

<sup>1)</sup> Изслѣдованные образчики дерева, содержали почти одно и тоже количество воды.

*Wunder'a* показывают, что при славке удельный вѣсъ дерева уменьшился и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшилось количество горячаго материала, заключающагося въ опредѣленномъ объемѣ дровъ, хотя тепловой эффектъ дровъ, выраженный въ вѣсовыхъ единицахъ, не только не уменьшился, но даже увеличился.

Опытъ *Nördlinger'a* имѣли цѣлью опредѣлить тепловой эффектъ славныхъ и неславныхъ дровъ. Тепловой эффектъ этотъ былъ опредѣленъ *Nördlinger'омъ* по количеству воды, испаряемой 1 фунтомъ дерева. Полученные результаты помѣщены въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Порода дерева.	Вѣсъ 1 куб. фута.	Удѣл. вѣсъ, (кажущійся).	1 фунтъ дерева испарилъ фунтовъ воды.
1) Неславное буквое дерево . . . . .	31,8—32,2	0,636—0,644	1,936
2) Тоже . . . . .	31,4	0,628	1,945
3) Тоже немного залежавшееся (Stockich).	39,1	0,782	1,775
4) Тоже, какъ 3 . . . . .	39,1	0,782	1,889
5) Славное буквое дерево . . . . .	31,4—35,2	0,628—0,704	1,904
6) Славн. буквое, немного потемнѣвшее.	31,8—32,2	0,636—0,644	1,628
7) Славное буквое дерево . . . . .	31,4—35,2	0,628—0,704	2,021
8) Тоже . . . . .	31,8—32,2	0,636—0,644	1,941
9) Славное еловое дерево . . . . .	19,2	0,384	1,807
Среднее для бубоваго дерева . . . . .	32,98	0,670	1,880
Среднее для неславн. бубов. дерева . . . . .	—	—	1,886
Среднее для славн. бубоваго дерева . . . . .	—	—	1,873

Числа эти показываютъ, что тепловой эффектъ, выраженный въ вѣсовыхъ единицахъ, славныхъ и неславныхъ дровъ, оказался почти одинъ и тотъ же, такъ какъ разница простирается всего только на  $\frac{1}{10}\%$ . Тѣмъ не менѣ кажущійся удельный вѣсъ славнаго дерева оказался и здѣсь меньше неславнаго; удельный вѣсъ перваго колебался между 0,628—0,704, втораго 0,636—0,782. Разница эта однако не такъ велика, и разница въ удѣльномъ вѣсѣ дерева, а, слѣдовательно, въ вѣсѣ опредѣленнаго объема его (напр. кубическаго фута), происходящая отъ порчи дерева, достигаетъ гораздо болѣе значительныхъ предѣловъ, какъ показываетъ нижеслѣдующая таблица, заимствованная также у *Nördlinger'a*

	Число годичныхъ слоевъ на дюймъ.	Вѣсъ кубическаго фута.	Удельный вѣсъ.
1) Букъ, славный . . . . .	40	38,50	0,770
2) Тоже . . . . .	13	33,87	0,670
3) Букъ, неславн. неслѣвш. (Weissfaul)	—	14,90	0,292
4) Ель, славн. . . . .	14	22,68	0,453
5) Пихта, славн. . . . .	5½	18,40	0,368
6) Тоже . . . . .	—	18,70	0,374
7) Пихта, неславн. . . . .	11	19,70	0,394
8) Тоже . . . . .	10	20,58	0,412
9) Сосна неславн. . . . .	8	21,30	0,436
10) Тоже . . . . .	7½	22,61	0,452

## СОЛОМА.

Солома, какъ суррогатъ дерева, употребляется во многихъ безлѣсныхъ мѣстахъ Россіи не только для отопленія жилыхъ помѣщеній, но также какъ топливо въ нѣкоторыхъ производствахъ. Въ послѣднее время на югѣ было сдѣлано нѣсколько опытовъ приспособить локомобили къ отопленію соломой, которые дали удовлетворительные результаты. Чтобы дать понятіе о достоинствѣ соломы, какъ топлива, я замѣчу, что солома различныхъ растений содержитъ отъ 3,10—6,15% зола, а, слѣдовательно, отъ 93,85—96,9% горючихъ веществъ. Элементарный составъ органической части соломы почти не извѣстенъ. Въ технической литературѣ, я встрѣтилъ только въ статьѣ *Флека* (Fleck, 1866) о классификаціи каменныхъ углей, указаніе элементарнаго состава соломы (безъ обозначенія какого происхожденія) и луговаго сѣна. По этимъ даннымъ въ 100 частяхъ сухаго вещества (за вычетомъ зола) содержится:

	С.	Н.	О.
Солома . . . . .	46,8	6,2	47,0
Луговое сѣно . . . . .	50,3	6,3	43,4

Въ сочиненіи *Яловецкаго* "Вода и Топливо" (Спб., 1879, Ч. II, 18) приводится, что солома содержитъ отъ 45—52% углерода, 6,5—7,5% водорода, отъ 36—40% кислорода и азота и отъ 5,5—7,5 зола, причемъ источникъ, откуда взяты эти числа, не указанъ.

Ближайшій составъ зола соломы различныхъ растений былъ определенъ многими изслѣдователями и результаты, полученные ими, собраны *Wolff* омъ въ его сочиненіи *Aschen-Analysen* (Berlin, 1875) съ присоединеніемъ среднихъ чиселъ. Приведемъ здѣсь для примѣра нѣкоторыя изъ этихъ чиселъ.

СОЛОМА.	Число анализов.	Всей золи в 100ч. сух. вещ.	Въ 100 частяхъ золи содержится.								
			K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>5</sub>	SO <sup>3</sup>	SiO <sup>2</sup>	Cl.
Озимая пшеница . . .	18	5,87	18,65	1,38	5,76	2,48	0,61	4,81	2,45	67,50	1,68
Яровая пшеница . . .	7	4,45	28,91	2,69	6,89	2,45	0,72	5,15	3,13	47,60	2,19
Озимая рожь . . . . .	10	4,79	19,24	2,15	8,58	2,72	1,04	5,14	2,71	56,38	2,51
Яровая рожь . . . . .	3	5,44	23,15	—	8,90	2,76	—	6,46	2,51	55,89	—
Ячмень . . . . .	21	4,80	22,83	4,18	7,77	2,60	0,69	4,48	3,71	52,02	2,26
Овесь . . . . .	9	4,70	22,12	2,89	8,86	4,04	1,45	4,69	3,09	48,57	6,31
Стебли льна . . . . .	16	3,53	31,06	8,14	22,23	6,58	2,40	13,59	6,54	5,51	4,09

## ТОРФЪ.

### Литература.

Книжная литература по торфу и торфяному производству очень обширна.

Старая литература собрана тщательно въ сочиненіи *Leo* „Die Compression des Torfes und der Braunkohle, Prag, 1864“ Къ 130 сочиненіямъ, указаннымъ въ названномъ трудѣ *Leo*, я прибавлю еще слѣдующія, отчасти пропущенныя авторомъ, отчасти вышедшія послѣ 1864 г.

*Schimper*, Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Torfmoose, Stuttg., 1858 (для ботаниковъ).

*Vogel*, A. Der Torf, seine Natur und Bedeutung, Braunsch. 1859 (8°, 170).

*Türschmiedt*, A. Ueber Torf-Fabrikation, Berlin, 1859 (8°, 48).

*Seidel*. Der Torf und seine rationnelle Verarbeitung, Berlin, 1873.

*Vogel*. Der Torf, prakt. Anleitung zur Werthbestimmung von Torfgruben und Torfwerksanlagen. München, 1861.

*Senft*, Die Humus,—Marsch,—Torf,—und Limonit-Bildung. Lpz., 1862.

*Schenck*. Die rationnelle Torfverwertung. Braunsch., 1862.

*Schlickeisen*. Ueber die Fabrikation von Presstorf, Berlin, 1864.

*Wentz*, *Lintner* и *Eihorn*. Der Kugeltorf. Freising, 1867.

*Krumъ*. Отопленіе торфомъ. Спб. 1859, (8°, 93).

*Thenius*, Die Torfmoore Oesterreichs und der angrenzenden Länder. Wien, 1874.

*Коссовскій*, Ф. Торфъ, какъ новый источникъ богатства югозападнаго края. Кіевъ, 1875 (15°, III+78).

*Näggerath*, Der Torf. Berlin, 1875 (8°) Соч. популярнаго характера.

*Hausding*, A. Industrielle Torfgewinnung und Torfverwerthung, Berlin, 1876 (8°, XVI+318).

*Lencauchez*, A. Traité sommaire concernant la tourbe, son extraction et son emploi comme combustible industriel. Paris, 1876 (8°, IV+85).

*Woeniger*, J. Ueber Brenmaterialien und die Ausnutzung der Torfmoore durch Torfpresen. Schwerin, 1876.

*Bosc*, E. Traite complet de la tourbe, Paris 1876 (8°, 242).

*Gremblich*. J. Beginn der Torfbildung. Hall, 1877 (8°, 21).

*Hausding*, A. Die Torfwirtschaft Süddeutschlands und Oesterreichs. Berlin, 1878 (8°, 65).

*Samson*. Die Torfindustrie (Separat-Abdruck aus der Balt-Monats Schrift). Riga, 1879.

*E. Birnbaum* und *K. Birnbaum*. Die Torf-Industrie und die Moor-Cultur, Braunsch., 1880 (Входитъ въ составъ „Otto-Birnbaum, Landwirtschaftliche Gewerbe).

Изъ перечисленныхъ сочиненій самаго большаго вниманія заслуживаютъ въ настоящее время слѣдующія сочиненія:

*Hausding*, Industrielle Torfgewinnung (Berlin, 1876)

*Hausding*, Die Torfwirtschaft (Berlin, 1878).

*Bosc*, Traité complet de la tourbe (Paris, 1876).

*Leucaucbez*, Traite sommaire concernat la tourbe. (Paris, 1876).

*Birnbaum*, Die Torfindustrie (Braunsch., 1880).

На русскомъ языкѣ мнѣ не извѣстно ни одного основательнаго сочиненія по торфяному производству, но извѣстно нѣсколько статей, вмѣющихъ цѣлью познакомить технику съ производствомъ торфа, а именно:

*Штѣсь*. Объ употребленіи торфа, какъ горячаго матеріала и о приготовленіи его посредствомъ машинъ (Переводъ съ нѣмецкаго). Горн. Журн. 1865, IV, 53.

*Грюнберъ*. Добыча и обработка торфа (переводъ съ нѣмецкаго). Горн. Журн. 1862, IV, 425.

*Кошкинъ, П. С.* Приготовление и употребленіе торфа. (Русс. Сельск. Хоз., 1875, № 8; 1876, № 7 и 8).

*Лактинъ*. Торфъ, его добычаніе и обработка (Журн. Мпп. Путей-Собщенія 1875, книга 3 и 4).

*Мѣстонахожденіе торфа*. Торфъ имѣетъ огромное распространеніе въ умѣренной полосѣ земнаго шара. Въ сѣверной Америкѣ, въ сѣверной Европѣ нѣтъ ни одного государства, въ которомъ торфяники не занимали бы цѣлыхъ квадратныхъ миль. Въ Европѣ особенно богаты торфяниками Ирландія, Швеція, Норвегія и побережья нѣмецкаго и балтійскаго морей. Далѣе къ югу количество торфяниковъ уменьшается, хотя въ Баваріи, Вюртембергѣ, Баденѣ, Австро-Венгріи, даже во Франціи, Испаніи и Италіи встрѣчаются богатые залежи торфа. У насъ, въ Россіи, торфъ находится почти повсемѣстно въ значительныхъ, хотя еще не точно опредѣленныхъ, количествахъ. Одни казенныя болота, изслѣдованныя въ шести только губерніяхъ: Петербургской, Московской, Рязанской, Владимірской, Орловской и Тамбовской, а равно вдоль линіи Курско-Кіевской желѣзной дороги, содержатъ 100 милліоновъ куб. сажень отличнаго торфа. Кромѣ того значительныя залежи торфа находятся и въ другихъ губерніяхъ, и между прочимъ въ Остзейскихъ.

Разсмотримъ ближе мѣстонахожденіе торфа въ европейскихъ государствахъ:

*Англія* обладаетъ значительными залежами торфа, преимущественно въ Ирландіи. Въ этой странѣ торфяники, при мощности отъ 15 до 18 метровъ, занимаютъ пространство въ 2, 428,026 гектаровъ (8 мил. акровъ). Самые значительныя торфяники въ Шотландіи находятся на Гебридскихъ островахъ <sup>1)</sup>.

Во *Франціи* торфяники занимаютъ 1,200,000 гектаровъ и встрѣчаются въ 58 департаментахъ; главнымъ же образомъ: на сѣверѣ—въ департаментахъ Соммъ и Сень и Оазъ, на востокѣ—вдоль Вогезъ Юри и Дубса (Doubs); на западѣ—при устьи Луары, на югѣ—въ департаментѣ Роны, Изере (Isère) и возлѣ устья р. Роны <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Восе, I. с. р. 62. По *Burton'y* (1863) торфяники В. Британіи занимаютъ всего 6 миль акровъ съ мощностью въ 12 футовъ.

<sup>2)</sup> Воес I. с. 94—56.



Важѣйшія торфяныя залежи *Бельгии* лежатъ въ окрестностяхъ Атъ (Ath) и Антверпена, по берегамъ Шельды, равно какъ и въ такъ называемой *Camphine belge* <sup>1)</sup>.

Въ *Голландіи* почти вся почва состоитъ изъ торфяниковъ.

Въ *Даніи* до 180,000 гектаровъ земли заняты торфяниками, что составляетъ  $\frac{1}{30}$  всей поверхности этого королевства. Острова болѣе богаты торфяниками, чѣмъ полуострова; самые обширныя торфяники находятся въ сѣверной оконечности Ютландіи, именно въ округѣ Нjørring, въ которомъ между прочимъ поимѣчается обширный торфяникъ, извѣстный подъ названіемъ „большой Вильдмось“ <sup>2)</sup>.

*Сѣверная часть Германскаго Союза* обладаетъ обширными торфяниками, расположенными вдоль Сѣвернаго и Балтійскаго морей, именно въ Ганноверѣ, Ольденбургѣ, Бранденбургѣ, Помераніи и въ восточной и западной Пруссіи. Торфяники эти занимаютъ поверхность отъ 675 до 844 тысячъ гектаровъ <sup>3)</sup>.

Торфяники *южной Германіи* и *Австріи* не занимаютъ, подобно торфяникамъ сѣверной и восточной Германіи, въ особенности торфяникамъ Ганновера и Ольденбурга, большихъ сплошныхъ пространствъ, но наполняютъ небольшія мурды гористыхъ странъ и небольшія низменности раіоновъ разлива большихъ рѣкъ, Дуная, Эльбы, и ихъ притоковъ, равно какъ и заливы баварскихъ и верхнеавстрійскихъ озеръ. Самый значительный изъ этихъ торфяниковъ есть *Эрдингъ-Фрейзінгскій*, лежащій недалеко отъ Мюнхена, на правомъ берегу Изаръ и занимающій пространство въ 23,000 гектаровъ. Къ торфянику этому примыкаетъ *Дашаускій*, къ востоку отъ Мюнхена, съ площадью въ 21,000 гектаровъ и *Лайбахскій* въ Крайнъ съ площадью въ 17,000 гектаровъ. Всѣ другіе торфяники занимаютъ небольшія пространства, вообще менѣе 5000 гектаровъ, причемъ большая часть изъ нихъ занимаетъ пространство всего въ 50 до 300 гектаровъ. Въ виду этого, не смотря на большое число торфяниковъ въ южной Германіи и Австріи, общая площадь ихъ значительно меньше площади сѣверо-германскихъ торфяниковъ. Можно принять, что Вюртембергскіе и Баденскіе торфяники занимаютъ площадь въ 30,000, Баварскіе 60—70,000, а австрійскіе 40,000 гектаровъ (Hausding, Torfwirtschaft, p. 7 <sup>4)</sup>).

Въ *Италіи* торфяники встрѣчаются въ значительномъ числѣ въ Сардиніи, Пьемонтѣ (около Турина) и въ Ломбардіи.

*Россія*, какъ уже сказано, очень богата торфяниками, занимающими огромныя сплошныя пространства и имѣющими мощность, доходящую до 10—11 метровъ. Тѣмъ не менѣе нынѣшніе размѣры производства составляютъ очень незначительный процентъ относительно общаго количества торфяной массы, хотя на торфяное производство обращено у насъ вниманіе давно Вольнымъ Экономическимъ Обществомъ, которое въ концѣ прошлаго столѣтія назначило золотую медаль тому, кто займется разработкою торфа и введетъ его въ употребленіе <sup>5)</sup>. Въ настоящее время торфяники разрабатываются въ губерніяхъ: московской, прибалтійскихъ, тамбовской, тверской, <sup>6)</sup> владимірской, рязанской, кievской, тульской, полтавской, курской, казанской, воронежской, орловской, и харьковской. Болѣе другихъ губерній

<sup>1)</sup> Bosc l. c. 75.

<sup>2)</sup> Bosc, p. 61.

<sup>3)</sup> Hausding, Ind Torfgewinung, p. 3.

<sup>4)</sup> По численію *Thenius'a* (1874) торфяники Австріи занимаютъ 90,554,000 кв. вѣн. сажень (около 32,600 гектаровъ) и имѣютъ мощность среднимъ числомъ въ 6 футовъ (1,9 метр.).

<sup>5)</sup> Болѣе подробныя свѣдѣнія о развитіи у насъ торфянаго производства можно найти въ „Земледѣльческой Газетѣ“ за 1875 (стр. 65). <sup>6)</sup> Справ. *Schmidt* (1860), *Jacobi* (1863).

торфяное производство развито въ московской губерніи, гдѣ ежегодно производятъ около 60,000 куб. сажень торфа <sup>1)</sup>, во Владимірской, гдѣ дѣйствуютъ превосходныя торфяныя заводы Морозовыхъ и Харитонова <sup>2)</sup>, въ Харьковской губерніи, преимущественно въ Сумскомъ уѣздѣ <sup>3)</sup> и наконецъ въ Кіевской губерніи, гдѣ оныя разрабатываются графомъ Враничемъ, около Бѣлой Церкви <sup>4)</sup> и въ другихъ мѣстахъ. Въ Прибалтійскихъ губерніяхъ торфяники занимаютъ болѣе 3,000  $\square$  верствъ и во многихъ мѣстахъ разрабатываются <sup>5)</sup>.

Торфяники другихъ странъ свѣта мало изслѣдованы, хотя торфяники встрѣчаются часто даже въ жаркихъ странахъ. Такъ въ Сѣверо-Американскихъ Штатахъ, между штатами Вергинія и сѣверная Каролина (36°, 8 с. ш.) находится большое болото, извѣстное подъ названіемъ „great dismal“ и состоящее изъ черной торфяной массы безъ земляныхъ примѣсей мощностью въ 15 футовъ.—Недавно были найдены богатые торфяныя залежи въ Остъ-Индіи недалеко (500 килом.) отъ Бомбея.

*Образованіе торфа и его свойства.* Торфъ, какъ уже сказано выше образовался и образуется въ настоящее время разложеніемъ различныхъ водныхъ растений при слабомъ доступѣ воздуха, преграждаемомъ обыкновенно стоячею водою и потому первымъ условіемъ для образованія торфа является мѣстность влажная съ такою почвою или подпочвою, сквозь которую вода не могла бы просачиваться. На поверхности стоячей воды сначала развиваются водоросли и конфервы; умирая, они опускаются на дно образуя первоначальный слой, на которомъ являются мхи (*Sphagnum*, *Hypnum*); плотно переплетаясь между собою, они образуютъ постоянно увеличивающійся слой, въ которомъ укореняются потомъ и другія растенія. По мѣрѣ того какъ сверху образуются новыя растенія, слои старыхъ разлагаются. При недостаткѣ атмосфернаго кислорода, водородъ и углеродъ растеній превращается въ углекислоту и воду на счетъ кислорода самыхъ растеній, который окисляетъ преимущественно водородъ, кромѣ того послѣдній соединяется съ углеродомъ, образуя жидкіе и газообразные продукты (углеродистые водороды), такъ что въ разлагающейся массѣ всего болѣе уменьшается количество кислорода, затѣмъ количество водорода, а всего менѣе углерода. Вслѣдствіе этого въ массѣ увеличивается процентное содержаніе углерода и она превращается въ черное смолистое, довольно плотное вещество—торфъ <sup>6)</sup>. При этомъ разложеніи образуются и другіе газы напр. сѣрнистый водородъ (черезъ разложеніе сѣрнистаго кальція), и кромѣ

<sup>1)</sup> Срав. П. Н. Алексѣевъ. Минеральное топливо между Петербургомъ и Москвою. Зап. Русск. Техн. Общ. 1873, II, 320—342.

<sup>2)</sup> Русское сельское хозяйство 1875, XX, № 3, 94 стр. и Лѣсной журналъ, 1873, вып. 3, стр. 89.

<sup>3)</sup> Земледѣл. газета, 1875, 65,66.

<sup>4)</sup> Лѣсной журналъ, 1873, вып. 3, стр. 90.

<sup>5)</sup> Rigasche Ind. Zeitung, 1876, 41.

<sup>6)</sup> Это объясненіе образованія торфа было дано въ первый разъ *Wiegmann'* омъ въ 1837 году.

того изъ разлагающихся растеній удаляется большая часть щелочей, химически соединенной кремневой кислоты, которая служитъ затѣмъ для питанія послѣдующихъ генерацій болотныхъ растеній.

Къ растеніямъ, образовавшимъ торфъ, относятся почти всѣ мхи, большая часть другихъ тайнобрачныхъ растеній и много видовъ явнобрачныхъ, въ особенности однако *Sphagnum*, *Hypnum*, конфервы и водоросли, къ которымъ, смотря по мѣсту образованія торфа, присоединяются то болотистыя (*Sarganium*, *Nymphaea alba Calla* и т. д.), то луговые (различные виды *Erica*, *Vaccinium*, *Calluna*), то морскія растенія (ситнякъ, травы, въ особенности *Zostera marina* и всѣ морскія водоросли), то, наконецъ, стволы деревьевъ (*Pinus resinosa*), корни, листья и т. д. Такимъ образомъ число растеній, служившихъ для образованія торфяниковъ, очень значительно и *Sendtner*, въ своемъ сочиненіи „*Vegetationsverhältnisse Südbaierns*“ (München, 1854) насчитываетъ болѣе 300 видовъ растеній въ южнобаварскихъ торфяникахъ. Тѣмъ не менѣе обширныя изслѣдованія *Вебскаго* (*J. Websky*, 1864) надъ составомъ и образованіемъ торфа, позволяютъ думать, что торфъ такъ называемыхъ возвышенныхъ и луговыхъ торфяниковъ образовался почти исключительно изъ различныхъ видовъ *Sphagnum* и что всѣ другія растенія, встрѣчающіяся въ этихъ видахъ торфяниковъ, имѣютъ подчиненное значеніе, хотя, при значительномъ ихъ накопленіи, они могутъ оказывать явное вліяніе на пирометрическое достоинство торфа и содержаніе въ немъ золы.

Что касается процесса образованія торфа, то онъ еще мало изслѣдованъ. Составляя элементарный составъ мха (*Sphagnum*) и торфа различнаго возраста, *Вебскій* (1864) полагаетъ, что растенія начинаютъ разлагаться тотчасъ послѣ своей смерти, причѣмъ сначала образуется главнымъ образомъ болотный газъ вмѣстѣ съ незначительнымъ количествомъ воды; затѣмъ образованіе воды усиливается, образованіе же болотнаго газа уменьшается, и, спустя нѣкоторое время, замѣняется образованіемъ углекислоты. Составъ газовъ, выдѣляющихся при этомъ процессѣ, и могущій подтвердить или опровергнуть вышесказанное мнѣніе объ образованіи торфа, изслѣдованъ очень недостаточно. По *Вебскому*, (1864) газъ, выдѣлявшійся изъ неглубокой торфяной ямы, покрытой плотнымъ слоемъ *Sphagnum* и наполненной не торфомъ, а мелкимъ иломъ, состоялъ изъ 2,97% углекислоты, 43,36% болотнаго газа и 53,37% азота, онъ имѣлъ, слѣдовательно, составъ близкій къ составу газа, собранному *Бунзеномъ* изъ одного пруда въ Марбургѣ.—Газъ этотъ, послѣ удаленія небольшихъ количествъ углекислоты, состоялъ изъ 48,5% болотнаго газа и 51,5% азота. Въ растущемъ, еще живомъ торфяникѣ *Вебскій* не могъ замѣтить выдѣленія газовъ.—Минеральныя вещества, содержащіяся въ торфяныхъ растеніяхъ, претерпѣваютъ при разложеніи послѣднихъ, извѣстныя измѣненія. Судя по анализамъ *H. Vohla* (1859), *Petzoldt'a* (1861), *Вебскаго* (1864) и *Birnbaim'a* (1870), нужно думать, что при медленномъ окисленіи растительныхъ остатковъ и при превращеніи ихъ въ торфъ, большая часть щелочей и химически соединенной кремневой кислоты удаляются изъ растительныхъ остатковъ и служатъ для образованія и питанія послѣдующихъ генерацій.

Образуясь при очень различныхъ условіяхъ, торфяники не представляютъ однороднаго характера, а, напротивъ того, значительно отличаются другъ отъ друга какъ своими свойствами, такъ и внѣшнимъ видомъ. То они представляютъ почти непреступныя болота, то рыхлыя, губчатая поверхность, покрытая болѣе твердыми и упругими кочками, поросшими травой; то они тверды и покрыты кустарниками, то, наконецъ, по внѣшнему виду, совершенно не похожи на торфяники и покрыты полями и лугами.

Встрѣчаются также торфяники, покрытые плотными слоями глины и песка, или затопленные морскою или прѣсною водою. Мощностъ торфяниковъ также очень различна и колеблется обыкновенно между 3—4 метрами. Въ Ирландіи и на берегахъ Балтійскаго моря мощностъ нѣкоторыхъ торфяниковъ доходитъ до 20 метровъ, хотя въ рѣдкихъ случаяхъ.

Въ виду столь разнообразнаго характера торфяниковъ, классификація ихъ представляетъ большое затрудненіе. Всего болѣе удовлетворительна классификація торфяниковъ по мѣсту ихъ находенія, такъ-какъ съ этимъ связана и характеръ растительности. Такъ отличаютъ: 1) *возвышенные или бороны* торфяники (Hochmoore), особенно распространенные въ сѣверной Россіи, лежащіе въ равнинахъ, близъ холмовъ, даже на возвышеніяхъ и отличающіеся тѣмъ, что середина ихъ возвышена надъ уровнемъ; ихъ называютъ и моховыми болотами; 2) *луговые* (Wiesenmoore),—въ плоскихъ долинахъ, нѣрѣдко наклонныхъ къ рѣчкамъ, озерамъ и проч., они покрыты кочками и дерномъ; 3) *лѣсные*, образовавшіеся въ лѣсахъ черезъ разложеніе листьевъ, хвороста и т. д. 4) *приморскіе*—встрѣчающіеся по берегамъ морей и образовавшіеся изъ морскихъ растений, съ примѣсью прѣсноводныхъ, при заурженіи источниковъ, рѣчекъ и т. д.

Столь же разнообразно, какъ внѣшній видъ торфяниковъ, ихъ содержимое—*торфъ*. Не только торфъ изъ различныхъ торфяниковъ, но даже торфъ, взятый изъ различныхъ слоевъ одного и того же торфяника, бываетъ существенно различенъ какъ по своему виду, такъ и по своимъ свойствамъ и составу. Въ виду этого классификація торфовъ представляетъ большія затрудненія, и всѣ предложенныя классификаціи торфа нельзя считать удовлетворительными. Всего болѣе принято группировать торфъ по растеніямъ, послужившимъ главнымъ образомъ для его образованія, тѣмъ не менѣе классификація эта не опредѣляетъ техническихъ свойствъ торфа и крайне затруднительна, такъ-какъ рѣдко встрѣчается торфъ, въ которомъ преобладаетъ одинъ только видъ растенія. Въ техническомъ отношеніи болѣе удобно подраздѣленіе торфа по его внѣшнему виду, такъ-какъ имъ опредѣляется способъ добыванія торфа и, до известной степени, его качества. На основаніи этого признака отличаютъ <sup>1)</sup>:

1) *Смолистый торфъ*. Онъ представляетъ черно-бурую, или совершенно черную, однородную и довольно плотную массу, безъ слѣда организованныхъ веществъ. Въ большей части случаевъ онъ покрытъ другими породами и добывается горнозаводскимъ образомъ. Торфъ этотъ встрѣчается довольно рѣдко, даетъ сильный жаръ, но вмѣстѣ съ тѣмъ много зловоннаго дыма. Его часто разсматриваютъ, какъ переходъ къ бурому углю.

2) *Болотный или землистый торфъ* (Sumpf-oder Baggertorf). Онъ представляетъ собою иль, образовавшійся изъ торфа; имѣетъ темный, часто вполне черный цвѣтъ и содержитъ остатки растеній, видимые простымъ

<sup>1)</sup> Классификація эта предложена *Karmarsch*'омъ (1840), въ его обширныхъ изслѣдованіяхъ надъ Ганноверскимъ торфомъ. Справ. Dingler J. 1854, 131, 75.

глазомъ. Его добываютъ черпаками, затѣмъ формуютъ и сушатъ. Въ сухомъ состояннн онъ довольно однороденъ, горитъ хорошо и даетъ много тепла.

3) *Волокнистый или дерновыи торфъ* (Rasen,—Faser-Torf). Онъ состоитъ изъ переплетенныхъ между собою растений, между которыми заключено безформенное торфяное вещество. Его добываютъ вырѣзываннемъ. Между волокнистымъ торфомъ встрѣчаются очень хорошия сорта торфа, отличающіеся своею плотностью и темнымъ цвѣтомъ (бурый торфъ); съ другой стороны, встрѣчаются также сорта, состоящіе почти исключительно изъ легкой волокнистой ткани желтаго или свѣтло бураго цвѣта, выдѣляющіе мало тепла (волокистый торфъ въ тѣсномъ смыслѣ слова).

Всѣ эти виды торфа представляютъ безчисленное множество переходовъ одинъ къ другому и въ глубокихъ торфяникахъ можно встрѣтить постепенный переходъ отъ самыхъ легкихъ волокнистыхъ торфовъ къ очень тяжелымъ, въ которыхъ нѣтъ болѣе слѣдовъ растительныхъ остатковъ.

Смолистый и болотный торфъ встрѣчается въ такъ называемыхъ луговыхъ, морскихъ и лѣсныхъ торфяникахъ; волокнистый же торфъ встрѣчается по преимуществу въ возвышенныхъ торфяникахъ.

*Ближайшія составныя части торфа* мало изслѣдованы. По имѣющимся даннымъ, торфъ состоитъ главнымъ образомъ изъ остатковъ растений, перегнойнаго угля и гуминовыхъ кислотъ съ примѣсью нѣсколькихъ процентовъ смолистыхъ веществъ; кромѣ того онъ содержитъ всегда известное количество минеральныхъ соединений.

Ближайшія составныя части торфа были изслѣдованы *Crome* (1812), *Dau* (1823), *Bergsma* и *Zenneck* (1827), *Wiegmann*'омъ (1837), *Lampadius*'омъ (1839); *Reinsch*'омъ (1841); *Hermann*'омъ (1842) и *Ferstl*'омъ (1853). Вотъ сопоставленіе общихъ результатовъ, полученныхъ нѣкоторыми изъ названныхъ изслѣдователей.

	Zenneck (1827 <sup>1</sup> ).	Wiegmann (1837 <sup>2</sup> ).		Hermann (1842 <sup>3</sup> ).		Ferstl. (1853 <sup>4</sup> )
		I.	II.	I.	II.	
Перегнойнаго угля . . . . .	} 81,0	} 45,20	} 44,60	} 77,50	} 80,00	34,70
Растительныхъ волоконъ . . . . .						16,22
Гуминовыхъ кислотъ . . . . .	5,5	27,60	10,40	24,00	18,00	24,23
Смолистыхъ веществъ . . . . .	1,5	20,00	2,93	—	—	5,50
Неорг. соед., раствор. въ водѣ . . . . .	7,5	} 1,90	} 39,07	} 1,25	} 2,00	0,16
Неорг. соед., нераств. въ водѣ . . . . .	4,5					3,23
Амміаку . . . . .	—	—	—	0,25	—	—
Воды . . . . .	—	5,30	2,20	—	—	14,50
	100,0	100,00	99,20	100,00	100,00	98,54

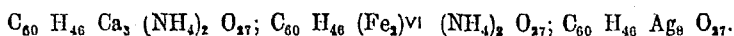
<sup>1</sup>) Черный, смолистый торфъ изъ торфяника Зиндельфингеръ въ Вюртембергскомъ королевствѣ. Содержалъ 25% воды; у. в. 0,72.

<sup>2</sup>) I боровой торфъ; II болотный торфъ.

<sup>3</sup>) Торфъ изъ окрестностей Москвы I—первый сортъ, II—второй сортъ.

<sup>4</sup>) Торфъ изъ Санъ-Вольфганга (верхи. Австрія).

Смолистые вещества торфа были исследованы ближе Mulder' омъ (1839), Reinsch' омъ (1841) и Jacobson' омъ (1871). Изъ этихъ исследованийъ слѣдуетъ заключить, что въ торфѣ содержится нѣсколько (до 4-хъ) различныхъ смолистыхъ веществъ, состоящихъ изъ С, Н и О и неимѣющихъ ничего общаго съ воскомъ и парафиномъ. Гуминовая кислота, содержащаяся въ торфѣ, была исследована Soubeiran' омъ (1850) и Detmer' омъ (1873). По исследованиямъ этого послѣдняго, углекислыя щелочи извлекаютъ изъ торфа гуминовую кислоту состава  $C_{60} H_{54} O_{27}$ ; она аморфна, растворима болѣе въ горячей, чѣмъ въ холодной водѣ, красить лакмусъ и вытѣсняетъ углекислоту изъ углекислыхъ солей. Растворъ кислоты въ аммиакѣ даетъ при выпариваніи соединеніе состава:  $C_{60} H_{48} (NH_4)_2 O_{27}$ . При дѣйствіи на это соединеніе хлористымъ кальціемъ, хлорнымъ желѣзомъ и азотносеребряною солью, получаются соли:



Элементарный составъ торфа опредѣляетъ гораздо точнѣе ближайшихъ его составныхъ частей. На основаніи очень большаго числа анализовъ, нужно принять, что, не смотря на различное происхожденіе торфа и очень различныя его физическія свойства, элементарный составъ самаго торфянаго вещества представляетъ только незначительныя колебанія и что различіе, замѣчаемое въ нагревательной способности различныхъ видовъ торфа, обусловливается главнымъ образомъ физическимъ ихъ строеніемъ и количествомъ и качествомъ золы, въ нихъ содержащейся. На основаніи имѣющихся анализовъ принимаютъ, что торфяное вещество, лишенное золы и гигроскопической воды, содержитъ круглымъ числомъ:

Углерода . . . . .	60,00	%
Водорода . . . . .	6,00	%
Кислорода и азота . . . . .	34,00	%

Количество азота, содержащееся въ торфѣ, незначительно и колеблется обыкновенно между 1—3%, чаще между 1—2%. Известны впрочемъ, случаи, въ которыхъ количество азота равно даже 6%.

Количество и качество минеральныхъ веществъ, содержащихся въ торфѣ, представляетъ большія колебанія, а именно, количество золы колеблется между  $\frac{1}{2}$ —50%. Торфъ, содержащій менѣе 5% золы, считается бѣднымъ золою; торфъ, содержащій до 10% золы, торфомъ съ среднимъ содержаниемъ золы, а торфъ, содержащій болѣе 10% золы—богатымъ золою. Торфъ, содержащій болѣе 25% золы, обыкновенно не можетъ быть съ выгодною употребляемъ какъ топливо.

Торфяная зола имѣетъ порошкообразный видъ и то бѣлый, то сѣрый, то желтый цвѣтъ. Она содержитъ, кромѣ песку, силикаты алюминія, кальція и желѣза, окись кальція, окись магнія, сѣрнокальціевую и углекальціевую соли съ примѣсью незначительныхъ количествъ хлора, фосфорной кислоты и щелочей (до 3%).

Нижеслѣдующія таблицы дають болѣе обстоятельное понятіе объ элементарномъ составѣ торфа.

МѢСТОНАХОЖДЕНІЕ ТОРФА.	Воды въ торфѣ, высушеннаго на воздухѣ.	Содержаніе золы въ сухомъ торфѣ.	Въ 100 частяхъ сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа дають кокса.	Удельный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.				
<b>А в с т р і я .</b>										
<i>Боемія, Meronitz</i> . . . . .	—	66,10	—	—	—	—	—	—	Торфян. земля бурога цвѣта.	Hoffmann (1863).
<i>" Grätzen</i> . . . . .	12,31	5,77	—	—	—	—	—			
<i>" Grätzen</i> . . . . .	25,00	16,63	—	—	—	—	—	} Однородный плотный торфъ.	" "	
<i>" Eger</i> . . . . .	13,4	4,1	—	—	—	45,0	—			
<i>Зальцкамергутъ, St. Wolfgang</i> . . . . .	14,5	3,9	—	—	—	—	—	—	Lampadius (1839).	
<i>" Biermoostorf</i> . . . . .	18,7	1,2	—	—	—	41,2	—	—	Ferstl (1853).	
<i>Каринтія, Griesack</i> . . . . .	21,82	8,9	—	—	—	—	—	—	Thenius (1863).	
<i>Штирія, Aussee</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	Jäkel (1852).	
<i>" Волокнистый торфъ</i> . . . . .	11,93	2,0	—	—	—	—	—	—	} Dinglr's J. 1875 218, 374, безъ обознач. автора.	
<i>" Смолистый, легкій</i> . . . . .	12,0	3,7	—	—	—	—	—	—		
<i>" Смолистый, тяжелый</i> . . . . .	13,3	4,7	—	—	—	—	—	—		
<b>А н г л і я .</b>										
<i>Ирландія, Carrage</i> . . . . .	10	2,5	52,38	7,03	40,59	26,57	—	—	} Кане (1845).	" "
<i>" Kilbeggen</i> . . . . .	—	1,8	62,18	6,79	31,03	24,50	—	—		
<i>" "</i> . . . . .	до	2,0	55,62	6,88	37,50	—	—	—	} " "	" "
<i>" Phillipstown</i> . . . . .	—	7,9	58,70	7,00	32,90	1,40	—	0,405		
<i>" "</i> . . . . .	—	3,3	60,50	6,10	32,50	0,90	—	0,669	} Темнобураго цвѣта, плотный.	" "
<i>" Wood of Allen</i> . . . . .	—	2,7	59,92	6,61	32,21	1,26	—	0,335		
<i>" "</i> . . . . .	25.	7,9	61,02	5,77	32,40	0,81	—	0,639—0,672	} Чернобур. безъ орг. остатк.	" "
<i>Девонширъ</i> . . . . .	25,6	9,7	59,84	5,77	31,85	2,54	29,30	0,850		
<i>" "</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	} Свѣтлаго цвѣта, землистый съ органич. остатками	} Ваух (1847/8).
<i>" "</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—		
<b>В е л ь г і я .</b>										
<i>Bruges</i> . . . . .	10,80	8,69	—	—	—	—	—	—	—	Hoffmann (1863).
<b>Г о л л а н д і я .</b>										
<i>Безъ указанія мѣста</i> . . . . .	9,10	4,0	—	—	—	—	—	—	—	Hoffmann (1863).

МѢСТОНАХОЖДЕНІЕ ТОРФА.	Воды въ торфѣ, высушенной на воздухе.	Содержаніе азота въ сухомъ торфѣ.	Въ 100 частяхъ сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа даютъ кокса.	Удельный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.				
<b>Голландія.</b>										
Безъ указанія мѣста . . . . .	—	14,25	59,27	5,41	35,32	—	—	—	—	Mulder.
Фрисландія . . . . .	—	3,80	59,42	5,87	34,71	—	—	Плотный . . . . .	—	"
" . . . . .	—	0,91	60,41	5,57	34,02	—	—	Легкій . . . . .	—	"
<b>Германія.</b>										
<i>Пруссія, изъ различныхъ мѣстъ, среднее изъ 13 анализовъ . . . . .</i>										
	20,36	6,22	—	—	—	—	—	—	—	Klein <sup>1)</sup> .
Пров. Прус. Labiau . . . . .	13,36	1,58	51,13	6,05	40,99	1,83	—	Свѣтлая, рыхлая масса . . .	—	Ritthausen (1876).
" Brandter-Haide (изъ 3-хъ анал.).	16,67	3,07	55,27	5,31	37,95	1,47	—	Торфъ изъ различ. глуб. . .	—	" "
" Waldau . . . . .	16,42	14,26	57,15	5,94	33,32	3,59	—	Обыкновенный торфъ . . .	—	" "
" Wolla . . . . .	14,75	6,07	58,48	5,64	33,54	2,34	—	Бурый, плотный . . . . .	—	Jakel (1852). <sup>2)</sup>
Havel'ская низмен. около Берлина.	17,6	9,87	56,43	5,32	38,25	—	—	Краснобурый, легкій . . .	—	" "
" . . . . .	19,3	6,60	53,51	5,90	40,59	—	—	Волокнистый, очень легкій .	—	" "
" . . . . .	18,9	6,79	53,31	5,31	41,38	—	—	Бурый, тяжелый . . . . .	—	" "
Linum . . . . .	31,34	8,36	59,43	5,26	35,31	—	—	Второй сортъ . . . . .	—	Bär (1847 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ).
" . . . . .	16,4	9,74	57,98	5,23	36,79	—	—	Третій сортъ . . . . .	—	Webbsky (1864).
" . . . . .	18,9	8,92	60,40	5,08	34,52	—	—	—	—	" "
" . . . . .	—	18,53	59,47	6,52	31,50	2,51	—	—	—	Webbsky (1864).
" . . . . .	—	12,56	59,71	5,27	32,07	2,59 <sup>2)</sup>	—	—	—	" "
Buchfeld и Neulangen . . . . .	15,7	9,87	57,18	5,20	37,62	—	—	Первый сортъ . . . . .	—	Bär (1847 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ).
" . . . . .	21,7	9,37	55,32	5,91	38,77	—	—	Второй сортъ . . . . .	—	" "
Flotow . . . . .	18,4	11,17	56,69	4,73	38,58	—	—	Третій сортъ . . . . .	—	" "
Grunewald . . . . .	—	3,72	49,88	6,54	42,42	1,16	—	—	—	Webbsky (1864).
" . . . . .	—	2,85	50,33	5,99	42,63	1,05	—	—	—	" "
Hundsmühl . . . . .	—	2,92	59,70	5,0	33,04	1,56	—	—	—	" "
Harz . . . . .	—	0,57	50,86	5,80	42,57	0,77	—	—	—	" "
Harz . . . . .	—	1,09	62,54	6,81	29,24	1,41	—	—	—	" "

<sup>1)</sup> Birnbaum Torfindustrie, 22. <sup>2)</sup> Въ числѣ вкралась опечатка.



МѢСТОНАХОЖДЕНІЕ ТОРФА.		Вода въ торфѣ, высущившаяся на воздухе	Содержаніе воды въ сухомъ торфѣ.	Въ 100 ч. сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа дадутъ кокса.	Удѣльный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.		Имя изслѣдователя.
				С.	Н.	О.	Н.					
<b>Германія.</b>												
Rhein-pfalz.	Markobach . . . . .	8,0	2,70	63,87	6,46	28,07	1,60	—	—	—	—	Walz (1851).
	Steinwenden . . . . .	8,3	2,04	58,70	7,04	32,56	1,70	—	—	—	—	" "
	Niedermoor . . . . .	8,0	3,5	49,64	6,01	44,35	—	—	—	—	—	" "
	Stettin . . . . .	8,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Wasserzieher (1864).
	Бремень . . . . .	12,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	" "
	" . . . . .	—	2,60	59,38	6,21	33,43	0,98	—	—	—	—	Breuninger ?)
	" . . . . .	—	1,57	57,96	5,65	34,69	1,70	—	—	—	—	" "
	Гамбургъ . . . . .	18,80	2,32	57,12	5,32	37,56	—	—	—	—	—	Тяжелый . . . . .
	Кассель . . . . .	26,60	18,27	—	—	—	—	—	—	—	—	Тяжелый, бурый . . . . .
	Вюртембергъ.											" "
	Königsbrun . . . . .	—	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	Бурочерн. дѣла, нижн. слой
	Schopfloch . . . . .	20,00	8,1	57,51	5,98	33,72	2,79	—	—	—	—	Berthier (1835).
	Sindelfingen . . . . .	18,00	21,60	59,78	6,67	31,71	1,84	—	—	—	—	Breuninger ?).
	Баденъ . . . . .	отъ 0,89	11,77	46,75	3,57	26,87	0,67	—	—	—	—	" "
	до 14,76	18,55	60,79	7,01	49,01	6,33	—	—	—	—	—	Nessle и Petersen (1860—61).
	Баварія см. искусств. торфъ.											" "
<b>Италія.</b>												
	Avigliana, близъ Турина . . . . .	44,64 <sup>1)</sup>	5,33	—	—	—	29,68	—	—	—	—	Е. Корр и Fino 1870.
	" . . . . .	38,55	8,05	—	—	—	34,00	—	—	—	—	" "
	" . . . . .	32,60	15,01	—	—	—	31,39	—	—	—	—	" "
	" . . . . .	26,99	16,80	—	—	—	30,81	—	—	—	—	" "
<b>Россія.</b>												
<i>Екатеринбургская губернія.</i>												
	Верхъ-Исетскій заводъ . . . . .	1.	24,27	8,67	—	—	—	27,08	—	—	—	Горн. Ж. 1876, III, 172.
	" . . . . .	2.	9,44	28,64	—	—	—	48,10	—	—	—	" "

1) Въ свѣжѣмъ торфѣ. 2) Muspratt's Chemie, 3 Aufl. III, 973.

МѢСТОНАХОЖДЕНІЕ ТОРФА.	Воды въ торфѣ, высущенной на воздухе	Содержаніе золы въ сухомъ торфѣ	Въ 100 частяхъ сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа дадутъ кокса.	Удѣльный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.				
<b>Р о с с і я .</b>										
<i>Волынская губернія.</i>										
Волочискъ . . . . .	53,86 <sup>1)</sup>	24,75	53,86	5,61	40,53	—	—	Черный, землистый . . .	Райкевичъ <sup>2)</sup> . Негманн (1842).	
Московская губернія . . . . .	—	1,6	—	—	—	—	—			
<i>Новгородская губ.</i>										
Валдайскій уѣздъ . . . . .	6,45	—	—	—	—	32,00	—	—	Горн. Ж. 1871 г.	
" " . . . . .	5,23	—	—	—	—	32,69	—			
Окуловская ст. ж. д. . . . .	7,76	3,31	—	—	—	27,04	—	—	Алексѣевъ (1873).	
Угловская ст. ж. д. . . . .	14,00	7,50	—	—	—	37,30	—			
<i>Петербургская губернія.</i>										
б. завода Семяникова . . . . .	12,77	4,39	—	—	—	32,24	—	—	Горн. Ж. Горн. Ж. 1852, IV, 162.	
Шлюссельбургъ сред. изв. 6 образ. . . . .	33,42	6,84	60,83	6,37	32,80	—	—			
<i>Тверская губернія.</i>										
Вышневолод. ст. ж. д. . . . .	15,00	8,38	—	—	—	39,42	—	—	Алексѣевъ 1872.	
д. Мяжковая . . . . .	12,00	2,93	—	—	—	35,39	—			
д. Шишковал . . . . .	13,70	11,65	—	—	—	30,69	—	—	" "	
д. Васильевка . . . . .	отъ	1,5	—	—	—	32,8	0,110			
" " . . . . .	до	5,0	—	—	—	38,5	0,733	—	Jacobi (1863).	
" Курляндія . . . . .										
Прекулеп . . . . .	22,80	17,73	58,62	6,49	32,06	2,83	—	—	Thoms (1873).	
Незвѣст. происжд. . . . .	27,84	13,33	57,27	6,17	35,40	1,16	—			
<i>Лифляндія.</i>										
Klotzen . . . . .	43,51	8,5	59,02	6,26	32,20	2,52	—	—	" "	
Kurtenhof . . . . .	13,48	0,84	50,81	7,02	41,34	0,33	—			
Sesswegen . . . . .	25,39	9,44	—	—	—	—	—	—	" "	
Sesswegen . . . . .	22,45	11,79	—	—	—	—	—			
Перновскій уѣздъ . . . . .	—	13,67	—	—	—	69,63	—	—	Горн. Ж. 1862, I, 120.	

1) Въ свѣжомъ торфѣ. 2) Частное сообщеніе.

МѢСТОНАХОЖДЕНІЕ ТОРФА.	Вода въ торфѣ, высушенная на воздухе		Въ 100 ч. сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа даютъ кокса.	Удѣльный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.	Имя изслѣдователя.
	Содержаніе воды въ сухомъ торфѣ.	Содержаніе азота въ сухомъ торфѣ.	С.	Н.	О.	N.				
<b>Р о с с і я .</b>										
<i>Эстляндія.</i>										
Allakülla (около Галсала) . . . . .	16,00	10,00	59,66	5,90	34,44	—	—	—	Schmidt (1876).	
Arandus.										
Верхній слой . . . . .	13,20	1,80	56,63	—	—	—	—	Свѣтлобурый, легкій . . . . .	Petzholdt. "	
Средній слой . . . . .	16,07	3,62	57,21	—	—	—	—	Болѣе темнаго цвѣта . . . . .	(1861—62.)	
Нижній слой . . . . .	16,56	11,28	57,95	—	—	—	—	Чернобурый, тяжелый . . . . .	" "	
Rathshof къ сѣв. отъ Дерпта . . . . .	—	13,14	50,32	5,13	41,20	2,85 <sup>1)</sup>	—	—	" "	
<b>Ф р а н ц і я .</b>										
Ichoux (d. Landes) . . . . .	—	4,9	—	—	—	—	27,5	—	Berthier (1835).	
Croux (d. Seine-Morne) . . . . .	—	18,8	—	—	—	—	21,5	—	" "	
Vulcaire . . . . .	—	5,58	60,40	5,96	31,43	2,21	—	Темнобурый сильно-разлож.	Regnault (1837).	
Long . . . . .	—	4,61	60,89	6,21	32,90	—	—	Свѣтлобурый, много растительныхъ остатковъ . . . . .	" "	
Champ de feu . . . . .	—	—	61,05	6,45	32,50	—	—	Старѣе предш. торфа . . . . .	" "	
Bresles (Oise) . . . . .	12,90	10,08	59,53	7,44	33,03	—	38,6	Черный, первый сортъ . . . . .	Marsilly (1857).	
" " . . . . .	15,30	7,27	57,47	5,28	37,25	—	39,4	Волокнистый 1-й сортъ . . . . .	" "	
Tesy (Somme) . . . . .	16,70	15,43	57,01	6,18	36,81	—	40,0	Волокнистый 2-й сортъ . . . . .	" "	
Bourdon . . . . .	17,30	7,93	58,71	5,79	35,50	—	37,8	Черный торфъ, 1-й сортъ . . . . .	" "	
Samon . . . . .	19,50	10,92	60,14	5,79	34,07	—	38,1	Черный торфъ, 1-й сортъ . . . . .	" "	
Menpescy . . . . .	—	—	54,6	5,4	40,00	—	—	—	Soubeiran (1856).	
<i>Швейцарія см. машин. торфъ.</i>										
<b>Ш в е д і я .</b>										
Abro № 1. . . . .	14,14	4,20	—	—	—	2,22	—	Легкая, желтоватая, губчатая масса . . . . .	Müller (1860).	
№ 2. . . . .	15,20	5,10	—	—	—	2,34	—	Торфъ волокнистый . . . . .	" "	
Hör. . . . .	11,50	5,02	54,00	6,82	37,41	1,77	—	Очень плотный, черный . . . . .	Jacobsen (1871).	

<sup>1)</sup> Сумма 99,5. Въ оригиналѣ стоятъ 100; очевидно въ слѣгаемыхъ верлагасъ ошибка.

МѢСТОПОХОЖДЕНІЕ ТОРФА.	Воды въ торфѣ, высушенномъ на воздухѣ.	Содержаніе золы въ сухомъ торфѣ.	Въ 100 частяхъ сухаго торфа содержится (безъ золы).				100 ч. торфа даютъ кокса.	Удельный вѣсъ.	СВОЙСТВА ТОРФА.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.				
<b>Американскій торфъ.</b>										
1. . . . .	—	2,72	57,75	5,43	36,02	0,80	—	—	Бурый съ поверхности . . . Почти черный, на глуб. 7 ф. Черный на глуб. 14 ф. . . .	Detmer (1873).
2. . . . .	—	7,42	62,02	5,21	30,67	2,10	—	—		" "
3. . . . .	—	9,16	64,07	5,01	26,87	4,05	—	—		" "
Oswego N. J. . . . .	10,30	16,86	50,92	7,26	40,89	0,93	—	1,45	—	Gowenlock (1875).
Среднее <sup>1)</sup> . . . . .	18,60	8,68	57,70	6,00	36,30	35,36	0,77	—	Отношеніе. $\frac{O+N}{H} = 6,05.$	
Minimum . . . . .	0,89	0,57	46,75	3,57	27,54	19,04	0,11	—		
Maximum . . . . .	53,86	66,10	64,07	7,44	55,34	52,50	1,45	—		
<b>Машинный торфъ.</b>										
Thésy . . . . .	16,0	7,41	60,67	5,50	33,83	36,95	—	—	Черный торфъ, формованный. } Торфъ приготовленный по способу Шалетона . . . . Прессованный . . . . . Прессованный . . . . . Прессованный . . . . . Прессов. по способу Exter'a Прессованный . . . . .	Marsilly (1857).
Moutanger . . . . .	18,00	13,28	61,79	5,54	32,67	52,50	—	—		Kraut (1858).
Нюшатель . . . . .	16,90	19,49	58,68	5,49	35,83	51,30	—	—		" "
Haspelmoor . . . . .	16,1	9,13	58,93	5,72	35,35	40,9	—	—		" "
Neustädter-Hütte . . . . .	10,7	3,01	61,66	5,62	32,72	43,6	—	—		" "
Kolbermoor . . . . .	15,50	5,2	58,51	6,17	34,44	0,88	—	—		R. Wagner. (1860).
Швейцарія . . . . .	23,7	10,71	50,58	5,83	43,29	—	—	—	Goppelsröder (1868).	
Среднее . . . . .	16,70	9,75	58,73	5,70	35,57	45,05	—	—	Отношеніе $\frac{N+O}{H} = 6,24.$	

<sup>1)</sup> При выводѣ средняго для углерода, водорода и кислорода, взяты только полные анализы, причемъ исключены всѣ тѣ, въ которыхъ вкрались ошибки въ оригиналѣ.

Элементарный состав золы торфа представленъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Въ 100 частяхъ золы содержится:	K <sub>2</sub> O.	Na <sub>2</sub> O.	CaO.	MgO.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Pb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	SO <sub>3</sub> .	Cl.	SiO <sub>2</sub> раствор.	SiO <sub>2</sub> перас- твор. и песокъ	CO <sub>2</sub> .	Угль.	Сумма.	Имя изслѣдователя.
<b>А в с т р и я <sup>1)</sup>.</b>															
Богемія, Meronitz . . . . .	0,53	0,31	1,16	1,90	54,89	0,70	0,91	0,09	—	0,01	39,50	—	—	100,00	Hoffmann (1863).
Gratzen . . . . .	3,15	—	слѣд.	6,00	16,33	1,99	2,79	0,10	—	0,21	64,43	—	—	100,00	" "
" Biermoos . . . . .	0,60	—	2,44	0,50	—	2,00	0,40	слѣд.	0,12	—	93,94	—	—	100,00	" "
Верхній слой . . . . .	—	—	28,52	1,54	5,46	13,93	0,12	1,53	—	—	36,92	11,25	—	99,27	Thenius (1863).
Средній слой . . . . .	—	—	29,12	1,63	4,95	14,15	0,13	1,60	—	—	37,50	10,12	—	99,20	" "
Нижній слой . . . . .	—	—	30,05	1,55	5,20	14,23	0,14	1,59	—	—	36,29	10,10	—	99,15	" "
Конденс. т. . . . .	—	—	29,52	1,45	5,15	14,59	0,13	1,45	—	—	36,52	10,50	—	99,31	" "
<b>А н г л и я.</b>															
изъ 27 ( отъ анализовъ ) до . . . . .	0,03	0,50	8,50	1,20	0,20	6,00	0,20	10,70	0,10	0,60	3,00	0,00	—	—	Kane и Sullivan <sup>2)</sup> (1845).
Вельгія Bruges . . . . .	0,37	0,04	0,51	0,07	—	23,16	0,12	0,23	0,03	0,01	75,33	0,13	—	100,00	Hoffmann (1863).
Голландія . . . . .	0,52	0,03	26,40	0,05	—	33,62	0,03	0,05	0,02	0,03	38,00	1,25	—	100,00	Hoffmann (1863).
<b>Г е р м а н і я <sup>3)</sup>.</b>															
Havel 1. . . . .	0,85	слѣд.	45,73	слѣд.	0,90	6,88	3,58	8,68	0,64	2,26	14,42	17,12	—	101,06 <sup>4)</sup>	Jäckl (1852).
" 2. . . . .	0,20	0,84	33,29	3,03	1,38	25,23	1,13	5,69	0,29	1,03	6,79	18,79	—	97,74 <sup>5)</sup>	" "
" 3. . . . .	0,25	0,26	37,00	3,04	2,35	8,65	1,07	4,49	0,31	0,62	9,00	30,59	0,58	98,21	" "
Linnau . . . . .	0,28	0,27	39,34	2,43	1,46	13,23	5,47	5,79	0,39	1,61	4,08	24,47	—	98,32	" "
Friesack . . . . .	0,51	0,58	33,32	1,65	1,14	22,28	1,43	5,23	0,21	2,70	11,94	18,27	0,58	99,84	" "
Cassel . . . . .	0,15	0,50	5,81	0,69	1,73	71,29	6,29	10,98	0,06	0,74	1,78	—	—	100,02	" "
Hamburg . . . . .	3,64	5,73	14,72	24,39	2,14	4,88	3,88	17,94	2,07	—	16,11	—	0,49	95,99 <sup>6)</sup>	" "
Grunewald { 1-й слой . . . . .	0,44	0,23	4,72	1,51	3,96	3,51	1,77	1,12	0,18	4,9	76,56	—	—	—	Websky (1864).
{ 2-й слой . . . . .	1,08	1,17	5,96	1,65	6,98	4,19	2,05	2,88	0,66	неопр.	7,04	—	—	—	" "
Harz { 1. . . . .	1,33	1,45	23,78	15,69	—	10,69	6,76	5,50	11,06	1,82	4,40	17,32	—	100,00	" "
{ 2. . . . .	0,66	0,44	16,06	2,09	—	16,61	19,60	5,81	10,12	слѣд.	неопр.	28,27	—	100,00	" "

<sup>1)</sup> Срав. Ferstl (1853). <sup>2)</sup> Въ сочиненіи Muspratt'a (Theoret., prakt. и analyt. Chemie, Band. III) приведены всѣ 27 анализа.

<sup>3)</sup> Срав. Wasserzieher (1864). <sup>4)</sup> Въ томъ числѣ 1,11. <sup>5)</sup> Въ томъ числѣ 1,21 гидроскоп. воды. <sup>6)</sup> Въ томъ числѣ 4,12% гидроскоп. воды.

Въ 100 частяхъ земли содержится:	K <sub>2</sub> O.	Na <sub>2</sub> O.	CaO.	MgO.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Ph <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	SO <sub>2</sub> .	Cl.	SiO <sub>2</sub> раство- рим.	SiO <sub>2</sub> нераств. и песокъ.	CO <sub>2</sub> .	Угль.	Сумма.	Имя изслѣдователя.
<b>Германія.</b>															
Stabendorf (черн. торфъ) . . .	0,18	0,22	44,84	2,43	2,48	—	0,94	37,40	—	неопр.	3,49	8,02	—	—	Websky (1864).
Kremmen (бур. торфъ) . . .	0,05	—	58,38	1,23	3,12	5,95	1,85	5,78	—	4,02	2,01	16,99	—	—	" "
Linum (тяж. торфъ) . . .	0,15	0,16	48,16	0,44	5,27	18,01	0,53	11,08	0,14	2,22	2,72	11,62	—	—	" "
Linum (лег. торфъ) . . .	0,20	0,22	17,29	0,75	9,70	11,40	0,25	5,57	0,08	11,11	38,82	2,51	—	—	" "
Nimkau (тяж. торфъ) . . .	0,12	0,35	8,36	0,04	3,31	73,33	—	15,0	—	—	0,99	—	—	—	" "
Nimkau (лег. торфъ) . . .	0,21	0,17	6,27	0,59	10,42	8,13	0,67	—	6,5	—	56,97	10,02	—	—	" "
<b>Ваварія.</b>															
Kolbermoor . . . . .	1,14	0,52	18,37	1,53	45,48	7,46	1,60	4,32	—	20,17	—	—	—	100,00	Wagner (1860).
<b>Россія.</b>															
Avandus нижній слой . . .	0,35	0,05	18,44	0,40	4,18	12,35	0,55	16,87	0,14	2,24	42,34	2,09	—	100,00	Pe tzholdt. (186½).
" средний слой . . .	1,10	0,09	40,23	0,65	0,12	17,29	2,79	18,90	0,26	0,87	4,55	13,15	—	100,00	" "
" верхній слой . . .	1,76	0,05	6,56	1,82	8,57	5,91	5,57	4,23	0,27	6,46	58,80	0,00	—	100,00	" "
Rathshof нижній слой . . .	0,51	0,05	6,77	1,63	5,42	6,23	0,33	5,98	0,01	3,47	69,32	0,28	—	100,00	" "
" средний слой . . .	0,50	0,00	48,89	5,01	0,26	4,17	1,30	8,60	0,24	1,01	3,19	26,53	—	100,00	" "
" верхній слой . . .	0,57	0,01	30,12	2,91	4,15	8,96	2,25	4,76	0,20	4,32	27,68	14,07	—	100,00	" "
<b>Швеція.</b>															
Abro 1. . . . .	3,13	1)	20,98	2,46	23,43	12,64	6,56	8,60	0,24	21,96	—	—	—	100,00	Müller (1860).
" 2. . . . .	2,83	1)	24,94	1,47	25,35	18,18	7,49	8,11	0,62	11,01	—	—	—	100,00	" "
Hör . . . . .	1,50	0,58	20,75	1,42	6,60	17,34	0,42	1,55	0,67	6,50	33,50	8,43	—	100,00	Jacobsen (1871).

1) Въ видѣ хлористыхъ соединеній.

Выше приведенныя числа подтверждаютъ въ общихъ чертахъ то, что было сказано выше о среднемъ составѣ торфа и кромѣ того показываютъ, что въ старомъ торфѣ количество углерода и зола больше, чѣмъ въ молодомъ, вслѣдствіе большого измѣненія органическаго вещества и вслѣдствіе примѣсп къ торфу песку и т. д.

Торфъ представляетъ болѣе или менѣе рыхлое вещество и обладаетъ значительною гигроскопичностью. Высушенный на воздухѣ, онъ содержитъ обыкновенно около 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> воды, которую теряетъ только отчасти (отъ 2—7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) подъ колоколомъ воздушнаго насоса. а вполне при 100—110<sup>0</sup>. Вполнѣ высушенный торфъ вновь притягиваетъ довольно быстро воду (отъ 11,5—11,9<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) при лежаніи на воздухѣ. При температурѣ 200<sup>0</sup>, торфъ претерпѣваетъ уже ясное разложеніе. При прокаливаніи въ закрытомъ тиглѣ, даетъ торфяной уголь (коксъ), въ количествѣ отъ 19—52<sup>0</sup>/<sub>0</sub> (сред. 35<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

Количество *гигроскопической воды* въ торфѣ было опредѣляемо непосредственнымъ высушиваніемъ при 100—110<sup>0</sup>. По мнѣнію *Marsilly* (1857), при этой температурѣ улетучивается изъ торфа уже не одна вода, но и нѣкоторое количество горючихъ веществъ. Въ виду этого *Marsilly* совѣтуетъ сушить торфъ для анализа подъ колоколомъ воздушнаго насоса, хотя и не приводитъ чиселъ, показывающихъ какъ велика неточность, обуславливаемая сушкою торфа при 100<sup>0</sup>. Имъ приведенныя числа свидѣлствуютъ только, что при высушиваніи торфовъ при 100<sup>0</sup>, они теряютъ отъ 12—20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> воды, при высушиваніи же подъ колоколомъ воздушнаго насоса, при обыкновенной температурѣ, потеря равнялась отъ 2,17—7,20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Тѣмъ не менѣе опыты *Marsilly* неоспоримо показываютъ, что, при сушкѣ *выше* 100<sup>0</sup>, торфъ претерпѣваетъ извѣстныя химическія измѣненія. Торфъ изъ *Thésy* перваго сорта потерялъ подъ колоколомъ воздушнаго насоса 5,21<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, при высушиваніи при 120<sup>0</sup>, онъ потерялъ 11,89<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, слѣдовательно всего 17,10<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Торфъ, высушенный подъ колоколомъ воздушнаго насоса и при 120<sup>0</sup>, имѣлъ слѣд. составъ:

	Высушен. подъ колоколомъ воздушн. насоса.	Высушен. при 120 <sup>0</sup> .
С. . . . .	50,67	54,56
Н. . . . .	5,76	4,87
О и N. . . . .	36,87	33,27
Зола. . . . .	6,70	7,30
	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Если-бы торфъ, высушенный подъ колоколомъ воздушнаго насоса, при сушкѣ при 120<sup>0</sup>, терялъ только одну воду, то въ такомъ случаѣ составъ его долженъ бы быть:

С. . . . .	57,50
Н. . . . .	5,05
О и N . . . . .	29,85
Зола. . . . .	7,60
	<u>100,00</u>

Слѣдовательно, торфъ при сушкѣ при 120<sup>0</sup>, потерялъ не только воду, но и извѣстное количество углерода и водорода. Подобный же результатъ былъ полученъ *Marsilly* и при сушкѣ бурдонскаго торфа. Этотъ торфъ, при сушкѣ подъ колоколомъ воздушнаго насоса, потерялъ 5,55<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, при 100<sup>0</sup>—17,32<sup>0</sup>/<sub>0</sub> при 200<sup>0</sup>—24, 57<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, и имѣлъ слѣд. составъ:

	Торфъ высуш. подъ колокол. возд. насоса.	Торфъ высуш. при 200°.
С. . . . .	47,69	56,32
Н. . . . .	6,01	4,59
О п Н . . . . .	39,30	30,17
Зола . . . . .	7,00	8,92
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Еслибы торфъ, высушенный подъ колоколомъ воздушнаго насоса, при дальнѣйшей сушкѣ при 100 и 200°, терилъ только одну воду, то составъ его долженъ бы быть:

С. . . . .	59,72
Н. . . . .	4,72
О. . . . .	26,79
Зола . . . . .	8,77
	<u>100,000</u>

Способность высушеннаго торфа поглощать воду изъ атмосферы была изслѣдована *Hoffmann'*омъ (1863), который, какъ и *Zenck* (1827), показалъ, что торфъ, при соприкосновеніи съ водою, въ состояніи впитывать въ себя огромное количество воды, доходившее до 200 даже 300%. Кроме того, по *Hoffmann'у* (1863), торфъ обладаетъ значительною поглощательною способностью для амміака. По его изслѣдованіямъ, 100 грам. сухаго торфа поглощаютъ среднимъ числомъ 9,503 грам. газообразнаго амміака; 100 грам. же торфа, содержащаго 20,3% воды, поглощаютъ 16,623 грам. этого газа. Этими свойствами торфа объясняется его примѣненіе какъ удобрительнаго и дезинфицирующаго вещества.

*Кажущійся удѣльный вѣсъ торфа* очень различенъ и находится въ извѣстной зависимости отъ возраста торфа и количества въ немъ содержащейся зола. По *Кармаршу* (1835—53), удѣльный вѣсъ различныхъ видовъ торфа колеблется между слѣдующими предѣлами:

	удѣльный вѣсъ,
Волокнистый торфъ . . . . .	0,113—0,676
Болотный и землястый торфъ . . . . .	0,410—0,900
Смолистый торфъ . . . . .	0,620—1,030

Удѣльный вѣсъ 27 видовъ торфа, изслѣдованныхъ *Kane* и *Sullivan'*омъ, колебался между 0,274—1,05. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ удѣльный вѣсъ торфа доходитъ до 1,45. Средній у. в. торфа 0,77. Вѣсъ одной кубич. сажени торфа, высушеннаго на воздухѣ, колеблется обыкновенно отъ 200—450 пуд.

*Добываніе торфа.* Пригодность торфа служить топливомъ была познана давно; уже у Плинія мы находимъ указаніе, что жители сѣверной Германіи и Бельгіи употребляли какъ топливо *илъ*, который они вынимали изъ болотъ, формовали руками и сушили на открытомъ воздухѣ. Во Францію употребленіе торфа перешло изъ Голландіи въ 1621 г., а *Бехеръ* уже въ 1683 г. говоритъ о торфиномъ углѣ. Не смотря на такое раннее познаніе свойствъ торфа, онъ имѣлъ до послѣдняго времени очень ограниченное и мѣстное примѣненіе, и только истощеніе лѣсовъ и вздорожаніе камен-



наго угля заставили техникувъ обратить серьезное вниманіе на торфъ, не только какъ на выгодное топливо, но и какъ на сырой матеріалъ, пригодный для полученія свѣтильнаго газа и другихъ продуктовъ сухой перегонки—фотогена, парафина, угля и т. д. Благодаря усиліямъ современной техники разработка торфяниковъ увеличилась и приняла заводской характеръ.

*Способы разработки торфяниковъ* очень различны, смотря по мѣстнымъ условіямъ и свойствамъ торфа. Волокнистый торфъ, представляющій болѣе или менѣе связанную массу, добывается *вырѣзываніемъ*, помощью желѣзныхъ лопатъ, въ видѣ кусковъ правильной формы, (плитокъ или кирпичей); землистый и смолистый торфъ вырѣзываютъ въ видѣ неправильныхъ кусковъ, а болотистый вычерпываютъ кешеромъ (сѣтчатымъ мѣшкомъ) въ видѣ безформенной массы и затѣмъ формируютъ.

Если торфяники представляютъ болота трудно доступныя для людей и животныхъ, то ихъ передъ разработкой осушаютъ до извѣстной степени. Эту осушку производятъ обыкновенно рытьемъ канавъ, пользуясь для стока воды естественнымъ наклономъ мѣстности. При отсутствіи подобнаго наклона, воду приходится выкачивать при помощи машинъ, а именно центробѣжныхъ насосовъ или водяныхъ улитокъ. Улитки, какъ по полезному дѣйствію, такъ и по прочности и простотѣ устройства, заслуживаютъ предпочтенія передъ насосами. Осушка торфяниковъ не только облегчаетъ работу, но доставляетъ еще ту выгоду, что торфъ оседаетъ (отъ  $\frac{1}{6}$ — $\frac{2}{3}$  всей толщины слоя) и дѣлается плотнѣе. Тѣмъ не менѣе осушка торфяника не должна превышать извѣстнаго предѣла, такъ-какъ слишкомъ сухой торфъ трудно рѣжется, становится рассыпчатымъ и качества его ухудшаются, вслѣдствіе слишкомъ сильнаго дѣйствія воздуха, окисляющаго, какъ кажется, углеродъ торфа.—До какой степени выгодно осушать торфяникъ зависитъ отъ качества торфа и отъ способа его добыванія. Для полученія такъ называемаго машиннаго торфа, о которомъ будетъ сказано ниже, осушку производятъ такъ, чтобы торфъ содержалъ еще 60—80% воды, причемъ содержаніе воды можетъ быть тѣмъ меньше, чѣмъ совершеннѣе раздробляется и перемѣшивается торфяная масса.—При осушкѣ торфяниковъ, нужно заботиться еще о томъ, чтобы полусухой торфъ не подвергся дѣйствію мороза, который дѣлаетъ его рассыпчатымъ. Для избѣжанія этого, осенью передъ окончаніемъ кампаніи, запружаютъ сточныя канавы, вслѣдствіе чего торфяникъ вновь затопляется водою къ зимѣ.

Если торфяникъ достаточно осушенъ и содержитъ волокнистый торфъ, то съ болота снимаютъ верхній слой (12—18 дюймовъ), состоящій изъ дерна и плохаго торфа, а затѣмъ дѣлятъ его канавами на правильныя площадки (карьеры) и приступаютъ къ вырѣзкѣ. Для работы нужны два работника:

одинъ становится на доскѣ, положенной на край вырѣзываемой площадки и дѣлаетъ вертикальный надрѣзъ вдоль доски, которая слѣдовательно опредѣляетъ длину кусковъ, потомъ переноситъ доску далѣе, а на отдѣленной полосѣ дѣлаетъ поперечные вертикальные же надрѣзы въ ширину кусковъ. Въ тоже время другой работникъ, стоя въ канавѣ, подрѣзываетъ куски снизу и тотчасъ же вынимаетъ ихъ на лопатѣ, складывая на край канавы. Вырѣзавъ одинъ слой, приступаютъ къ другому, лежащему подъ нимъ, пока снимутъ всю стѣнку до дна. Иногда, если слой торфа глубокъ, нужно производить работу въ два уступа. Вырѣзанные куски складываютъ на тѣчки и отвозятъ къ мѣсту сушки. По этому способу два работника нарѣзываютъ отъ 3—4000 плитокъ торфа въ день.

Приемы, употребляемые при вырѣзываніи торфа въ различныхъ мѣстахъ, очень различны въ частности. Болѣе подробное описаніе ихъ можно найти въ специальныхъ сочиненіяхъ по торфу, а въ особенности въ сочиненіи, изданномъ Баварскимъ Политехническимъ Обществомъ „Ueber Gewinnung und Benutzung des Torfes in Bayern. München, 1839“, а также въ сочиненіи *Hausding'a* „Die Torfwirtschaft“. Размѣръ торфяныхъ кирпичей также очень различенъ и зависитъ отчасти отъ мѣстныхъ условий, отчасти отъ качества самаго торфа. Въ окрестностяхъ Мюнхена изготовляютъ обыкновенно кирпичи длиною отъ 46,8—54,6 шириною отъ 11,7—13,0 и толщиною въ 7,8 сантиметровъ. При высыханіи объемъ кирпичей уменьшается и они пріобрѣтаютъ длину равную 31,0 сантиметру, ширину—6,5 с. м., а толщину 3,9 с. м.

Торфъ смолистый и землистый, содержащій мало неразложенныхъ остатковъ растений, добываютъ неправильными кусками и помѣщаютъ въ ямы, выложенныя досками или кирпичами. Въ этихъ ямахъ добытый торфъ перемѣшиваютъ или ногами работниковъ, или лопатами, или деревянными колотушками <sup>1)</sup> до полученія однородной массы, которую затѣмъ формируютъ или на столѣ въ деревянныхъ формахъ (столовый торфъ *Modeltorf*), или распредѣляя ее въ деревянные ящики, раздѣленные перегородками на известное число отдѣленій (наливной торфъ, *Streichtorf*), или, наконецъ, укладывая ее въ горизонтальный слой и затѣмъ разрѣзая пожомъ на отдѣльные куски (*Trettorf*, *Back-oder Breitorf*).

Болотный торфъ вычерпываютъ кешеромъ, причемъ значительная часть воды стекаетъ черезъ сѣтъ, а торфъ помѣщаютъ или на землю, или въ лодку (если приходится работать на водѣ), а затѣмъ формируютъ однимъ изъ выше указанныхъ способовъ.

Формованный торфъ лучше рѣзаннаго, такъ какъ онъ однороднѣе и плотнѣе этого послѣдняго; но сушка формованнаго торфа требуетъ большаго времени и полученіе его обходится на 15—20% дороже рѣзаннаго. Тѣмъ не менѣе большая плотность и однородность продукта, заставляютъ часто

<sup>1)</sup> *Моро* (1877) взялъ привилегію на снарядъ, сущность котораго состоитъ въ очередномъ жении поршней, которыми замѣняется мясеіе сырой торфяной массы ногами работника.

волокнистый торфъ измѣлчать въ однородную массу и затѣмъ формовать, и это тѣмъ болѣе, что различныя свойства торфа даже одного и того же торфяника часто затрудняютъ добываніе торфа вырѣзываніемъ на всей глубинѣ торфяника.

Начиная съ 1785 г., было сдѣлано нѣсколько предложеній замѣнить, при вырѣзываніи торфа, лопату болѣе совершенными механическими приборами. Эти машины оказались въ особенности пригодными для добыванія тяжелаго, однороднаго торфа въ тѣхъ случаяхъ, когда торфяникъ не можетъ быть надлежащимъ образомъ осушенъ и крѣзку торфа приходится производить подъ водой.

Подобныя торфорѣзки были предложены *Brosowsky*'мъ (1842), *Leprieux* (1857), *Bocquet et Bénard* и *Diesbach*'омъ (1871). Подробное описаніе этихъ аппаратовъ можно найти въ указанныхъ выше сочиненіяхъ *Hausding'a* и *Leucauchez*.

Какъ рѣзанный, такъ и формованный торфъ, подвергають *сушку*. Для этого торфиные кирпичи складываютъ сначала одинъ не плотно подлѣ другого пока обсохнутъ, потомъ укладываютъ ихъ въ кѣтки, затѣмъ въ стѣны и, наконецъ, въ кучи (штабели) и притомъ всегда такъ, чтобъ воздухъ имѣлъ возможно свободный доступъ. При недостаткѣ мѣста и для ускоренія сушки, торфъ располагають на жердяхъ горизонтальными рядами. Этотъ способъ сушки употребляется почти исключительно для формованнаго торфа, который сравнительно съ рѣзаннымъ гораздо легче размывается дождями и также легче трескается при быстромъ высыханіи на воздухѣ. Вообще можно приять, что потеря въ торфѣ, обусловливаемая различными атмосферными вліяніями (разтрескиваніе и размываніе кирпичей), доходитъ до 25%, а въ неблагопріятные годы даже до 50% (*Vogel*). Продолжительность сушки зависитъ отъ погоды и отъ свойствъ самаго торфа; обыкновенно сушка продолжается не менѣе двухъ мѣсяцевъ. Послѣ окончательнаго высушиванія на воздухѣ, торфъ переносятъ въ склады и въ этомъ видѣ торфъ содержитъ обыкновенно отъ 20—30% воды.

При сушкѣ торфъ не только теряетъ воду, но уменьшается въ объемѣ и становится тверже и плотнѣе. Величина этой усушки очень различна и зависитъ отъ содержанія воды въ сыромъ торфѣ, отъ способа добыванія и отъ возраста и строенія сыраго матеріала. Чѣмъ полнѣе и тщательнѣе была разработана и смѣшена торфяная масса, послужившая для полученія плитокъ, тѣмъ значительнѣе будетъ сокращеніе ихъ объема при высушиваніи. Поэтому объемъ паливнаго торфа уменьшится при высушиваніи болѣе, чѣмъ объемъ формованнаго, а объемъ этого послѣдняго болѣе, чѣмъ объемъ рѣзаннаго. На основаніи многочисленныхъ опытовъ *Wassermann* (*Wasserzieher'a*, 1864), можно приять что объемъ рѣзаннаго торфа при высушиваньи

уменьшается на 60—80%, среднимъ числомъ на 72%; объемъ наливнаго торфа на 76—84%, сред. числомъ на 80%.

Только-что описанный способъ получеиія торфа, а въ особенности получение торфа вырѣзываніемъ, представляетъ много недостатковъ. Не говоря уже о томъ, что все производство поставлено въ зависимость отъ погоды и требуетъ много времени, мѣста и рабочихъ рукъ, самый продуктъ, получаемый этими способами, неоднородныхъ качествъ и вообще очень рыхлый и ломокъ.

Въ виду этого было сдѣлано не мало попытокъ, замѣнить дорого стоящую ручную работу механическою и вмѣстѣ съ тѣмъ получать вмѣсто легкаго, ломкаго и неоднороднаго торфа, продуктъ болѣе плотный, крѣпкій и однородный съ возможно меньшимъ содержаніемъ воды и золы.

Первоначально думали достигнуть этой цѣли подвергая сильному механическому давленію болѣе или менѣе измельченную торфяную массу въ влажномъ и холодномъ, или высушенномъ и нагрѣтомъ состояніи (прессованный торфъ).

Способъ этотъ былъ предложенъ уже *Pernitzsch* оми въ 1821 г.—*Williams* (1839) и, въ новѣйшее время, *Kalbfell* <sup>1)</sup> и *Crane* (1858), совѣтуютъ прессовать болѣе или менѣе измельченный торфъ въ гидравлическомъ прессѣ. Лордъ *d'Eresby* (1838), механикъ *Tauberth* (1838) и *Haidinger* (1862), предлагаютъ для той же цѣли рычажные прессы; *Leo* (1859) описываетъ способъ, употребляемый въ Литвѣ и состоящій въ томъ, что торфъ, послѣ обсыханія, прессуютъ въ чугунныхъ формахъ чугуннымъ же штемпелемъ; *Schafhäutl* (1843) и *Stone* <sup>2)</sup> предложили производить формовку и прессованіе торфа, помещая его въ продырявленные формы, движущіеся подъ тяжелыми цилиндрами, уплотняющими массу; *Rogers* (1848) помещаетъ торфъ въ формы, укрѣпленныя на ободѣ вертикально стоящаго колеса, которое при своемъ движеніи подводитъ формы подъ поршень; *Koch* и *Manhardt* (1858) предложили прессовать сырой торфъ между двумя желѣзными продырявленными цилиндрами, поверхность которыхъ покрыта плотною волосяною тканью; *Exter* <sup>3)</sup> предложилъ прожимать торфъ черезъ трубы изъ металлической или пеньковой ткани подъ известнымъ давленіемъ; *Gwynne*, *Vignoles*, *Hebert* и *Cobbold* (1856), предложили обезвоживать и прессовать торфъ въ центробѣжныхъ машинахъ; *Gwynne* (1853), *Exter* (1856 <sup>4)</sup> *Derrylea* (1866), *Харитоновъ* (1871) предлагаютъ прессовать измельченную, высушенную, нагрѣтую торфяную массу, причемъ получается блестящій, очень плотный торфъ.

Всѣ сюда относящіяся, способы не дали однако удовлетворительныхъ результатовъ и получили только мѣстное и кратковременное примѣненіе. Холодное прессованіе сухаго торфа не окунаетъ расходовъ на механическую силу, такъ-какъ торфъ очень трудно отдаетъ воду и представляетъ большое

<sup>1)</sup> Vogel, der Torf p. 77.

<sup>2)</sup> Vogel, der Torf p. 80.

<sup>3)</sup> Muspratt's Chemie, 3 Aufl, III p. 971.

<sup>4)</sup> Срав. *Bauschinger* (1857),— краткое описаніе способа *Exter*'а и его значенія; *Tunmer* (1858)—тоже; *Rühlmann* (1858),—тоже болѣе подробно.

сопротивленію давленію. Кромѣ того, способъ этотъ оказался только примѣнимъ для волокнистаго торфа, такъ-какъ при прессованіи другихъ видовъ торфа вмѣстѣ съ водою уносится много мелкихъ частицъ торфа, что влечетъ за собою большую потерю въ перерабатываемомъ матеріалѣ. Употребленіе-же салфетокъ, увеличивая издержки, не вполне устраняетъ эту потерю и влечетъ за собою частую остановку работы, вслѣдствіе быстрого засариванія салфетокъ. *Сухое прессованіе измельченной нагрѣтой торфяной массы*, хотя и доставляетъ очень плотный (у. в. 1, 5) и однородный продуктъ, тѣмъ не менѣе оно обходится дорого и получаемый торфъ, не смотря на свою плотность, растрескивается въ огнѣ, превращаясь при этомъ въ порошокъ.

Еще менѣе удачными оказались послѣдовавшія затѣмъ предложенія уплотнить торфяную массу различными химическими средствами, обрабатывая торфъ щелочами или кислотами, или прибавляя къ нему различными клейкими вещества (варенную картофель, патоку и т. д.).

Способы эти почти что не перешли въ техническую литературу.—Въ новѣйшее время *Mathew* (1877) предложилъ прибавлять, при полученіи формованнаго торфа,  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ % кремнекислаго натра и такое же количество гидрата окиси кальція.

Въ виду этого всѣ вышеуказанные способы оставлены, и въ настоящее время для полученія однороднаго и плотнаго торфа превращаютъ сырой торфъ въ однородное тѣсто, формуя его затѣмъ или ручнымъ способомъ или при помощи машинъ, не употребляя при этомъ сильнаго давленія (машинный торфъ). При помощи этой предварительной подготовки торфяной массы, удается получить очень однородныя плитки, плотность которыхъ, послѣ высушиванія на воздухѣ, мало чѣмъ уступаетъ плотности прессованнаго торфа. Изъ сказаннаго ясно, что принципъ, на которомъ основаны новѣйшіе способы полученія такъ называемаго *машиннаго торфа* не новъ, такъ какъ попытки улучшить качество сыраго торфа мятьемъ вѣроятно столь же стары, какъ и познаніе самаго торфа. Уже въ выше указанномъ свидѣтельствѣ Плинія ясно сказано, что жители сѣверной Германіи формовали илистый торфъ руками. Далѣе, тотъ же принципъ примѣненъ уже давно при приготовленіи такъ называемаго столоваго и наливнаго торфа. Вся заслуга современной техники состоитъ въ томъ, что она сознательно воспользовалась этимъ принципомъ и придумала механическія приспособленія для замѣны дорогостоящей ручной работы и тѣмъ поставила добываніе торфа на фабричную ногу.

Для превращенія торфа въ однородную массу было предложено очень много различныхъ способовъ:

1) Измельченіе торфа съ прибавленіемъ къ нему большаго количества воды и очищеніе полученной смѣси отмучиваніемъ и пропусканіемъ сквозь сита. При этомъ имѣли въ виду

не только полное измельчение торфа, но и удаление из него всех растительных волоконъ и крупныхъ минеральныхъ примѣсей (*Challeton*, 1824 <sup>1)</sup>; *Hebert* 1855, *Schmitz* 1860). При помощи этихъ способовъ получается очень однородный торфъ, но производство его обходится дорого, требуетъ много времени и мѣста.

2) Измельчение торфа (съ напускомъ или безъ напуска воды) между двумя горизонтальными цилиндрами, поверхность которыхъ усажена кулаками и бороздками (*Exter*, *Bequet* и *Bénard* <sup>2)</sup>, *Kessler* 1876).

3) Измельчение торфа въ цилиндрахъ, въ которыхъ вращается валь, снабженный полами, безъ прибавления или съ прибавлениемъ воды въ измельчаемому торфу. (*Linnig*, 1837. *Weber* 185<sup>8</sup>/<sub>9</sub>, *Ruschmann* 1858).

4) Измельчение торфа продавливаниемъ его черезъ металлическое сито конической формы (*Buckland* 1860, *Versmann* 1861 <sup>3)</sup>).

Кромѣ того, было также предложено производить измельчение и перемѣшиваніе торфа, употребляя одновременно второй и третій способи. Такъ *Кремеръ* (1873) предлагалъ измельчать и перемѣшивать торфъ сначала въ вертикальностоящемъ цилиндрѣ съ вращающимся ножевымъ валомъ, затѣмъ выдавливаемую изъ цилиндра массу разбивать на тонкіе куски и вновь измельчать и перемѣшивать между бороздчатыми цилиндрами.

Формованіе измельченной торфяной массы производятъ различно, смотря потому, происходитъ ли измельчение торфа съ прибавлениемъ, или безъ прибавленія воды. Въ послѣднемъ случаѣ, кромѣ ручныхъ деревянныхъ и чугунныхъ формъ, было предложено:

1) Формовальные цилиндры (*Веберъ* 185<sup>8</sup>/<sub>9</sub>). Аппаратъ этотъ (Таб. II, фиг. 3) состоитъ изъ двухъ цилиндровъ; на поверхности одного изъ нихъ, А, устроены углубленія *m*, *n* съ подвижными днами (формы); на поверхности же другаго, В, желѣзные выступы *p*, *q*, которые прижимаютъ торфъ, помещаемый въ формы при помощи питающихъ валиковъ *c*, *c*. Эксцентрикъ *r*, выталкиваетъ подвижныя днища формъ, при чемъ кучи торфа выбрасываются на безконечное полотно.

2) Прожиманіе измельченного торфа черезъ коническія трубки, имѣющія различныя сѣченія, причемъ получается торфъ въ видѣ правильнаго четырехугольнаго или круглаго стержня, который рѣжутъ на куски соответственной длины ручнымъ или механическимъ способомъ (*Hebert*, 1855). Для облегченія сушки *Ross* (1874) предлагалъ этимъ способомъ превращать торфъ въ короткіе полые цилиндры, а для облегченія сторанія *Eichhorn* (1860) и *Lachmeier* (1868), предложили тѣмъ же способомъ получать торфъ въ видѣ кубическихъ кусковъ и сообщать имъ затѣмъ шарообразную форму катаніемъ въ барабанъ особеннаго устройства.

Торфъ, неосушенный передъ выемкой изъ торфяниковъ или измельченный съ прибавленіемъ большого количества воды формуютъ обыкновенно ручнымъ способомъ, или при помощи особенныхъ аппаратовъ, о которыхъ будетъ сказано ниже.

<sup>1)</sup> Способъ *Шалтона* обратилъ на себя, въ свое время, большое вниманіе и былъ описанъ и изслѣдованъ *Rühlmann*'омъ (1856 и 1858) и *Bargum*'омъ (1856), *Bromeis*'омъ (1858), *Hamm*'омъ (1857) и *Meier*'омъ (1858).

<sup>2)</sup> *Leucauchez*, p. 49.

<sup>3)</sup> Способъ этотъ былъ описанъ изобрѣтателемъ въ брошюрѣ: „Ueber Herstellung von condensirten Torf,“ извлеченіе изъ которой помещено въ *Polytech. Centralblatt* 1863, стр. 974 и *Горн. Журналъ* (1863, IV, II, 602). *Jacobi* (1863), *Theniuss* (1863), *Dullo* (1864) дали намъ нѣкоторыя данныя объ этомъ способѣ. Способъ, аналогичный способу *Versmann*'а, употреблялся также въ Ирландіи (*Ding. J.* 1863, 167, 468).

Изъ всѣхъ способовъ, предложенныхъ для полученія машиннаго торфа, самое большое значеніе приобрѣли въ настоящее время тѣ способы, въ которыхъ торфяная масса измельчается безъ напуска воды въ цилиндрахъ съ вращающимися ножами и затѣмъ формуется продавливаніемъ черезъ коническія трубки.

Представителемъ этихъ способовъ можетъ служить способъ *Вебера* (1857/8), усовершенствованный *Гиссеромъ* (Gysser, 1860) и примененный первоначально въ Баваріи.

По способу *Вебера-Гиссера*, торфъ выкапываютъ неправильными кусками и доставляютъ въ заводъ, гдѣ торфъ измельчаютъ въ желѣзномъ цилиндрѣ, представленномъ на фиг. 4 (Табл. II). Въ серединѣ этого цилиндра помѣщена вращающаяся ось съ ножами *m*, *m*, расположенными по спирали. Внутренняя поверхность цилиндра усажена также ножами *n*, *n* и притомъ такъ, что каждый ножъ входитъ въ промежутки между двумя ножами, укрѣпленными на оси. Къ нижней части оси прикрѣплена улитка *s*, *s*, а въ нижней части цилиндра сдѣлано отверстіе (мундштукъ), къ которому прикрѣплена коническая трубка (форма) *h*, имѣющую въ діаметрѣ 80 м. м. Дѣйствіе аппарата само собою понятно. Торфъ, вбрасываемый въ верхнюю часть цилиндра, измельчается между ножами *m* и *n* и получающаяся при этомъ однородная масса выдавливается улиткою *s* черезъ форму *h* въ видѣ круглаго стержня, который рѣжутъ на куски соответственной длины. Подъ торфяной стержень, выдвигающійся изъ формы, работникъ подставляетъ полуцилиндрическую лопату и когда стержень выдвинулся на достаточную длину (310 м. м.), тогда работникъ быстро поднимаетъ лопату вверхъ по краю формы, чѣмъ отдѣляетъ торфяной кирпичъ; въ тоже время другой работникъ подставляетъ подъ выдвигающійся стержень новую лопату, чтобъ начать вновь ту же манипуляцію. Подобный аппаратъ, приводимый въ движеніе паровою машиною въ шесть лошадиныхъ силъ, въ состояніи приготовить въ 12 часовъ 14 тысячъ торфяныхъ кирпичей или, вѣрнѣе, цилиндровъ указанныхъ размѣровъ (діаметръ 80 м. м., длина, 310 м. м.).

Большая часть новѣйшихъ аппаратовъ, предложенныхъ для приготовления машиннаго торфа, сходна въ принципѣ съ аппаратомъ *Вебера-Гиссера* и отличаются другъ отъ друга устройствомъ приспособленій, служащихъ для измельченія, размѣшиванія и формованія торфа. Такъ-какъ достоинство фабриката главнымъ образомъ зависитъ отъ полноты перемѣшиванія и измельченія матеріала, а это послѣднее отъ быстроты вращенія вала, на которомъ укрѣплены ножи, то, по этому главному фактору, машины могутъ быть раздѣлены на машины съ медленно вращающимся ножевымъ валомъ и на машины съ быстровращающимся ножевымъ валомъ. Къ маши-

валъ первого рода причисляютъ тѣ, въ которыхъ ножевой валъ производитъ отъ 1—30 оборотовъ въ минуту; къ машинамъ второго рода тѣ, ножевой валъ которыхъ производитъ не менѣе 60 оборотовъ (обыкновенно отъ 75—250) въ минуту. Первый родъ машинъ пригоденъ для переработки стараго и однороднаго торфа, второй для переработки волокнистаго и неоднороднаго торфа. Такъ-какъ въ большей части случаевъ приходится имѣть дѣло съ не вполне однороднымъ торфомъ, то на практикѣ предпочитаютъ машины съ быстровращающимся ножевымъ валомъ. Что касается до расположенія цилиндра и вращающагося въ немъ ножеваго вала, то оно бываетъ или вертикальное, какъ въ машинѣ *Веберъ-Гиссера*, или же горизонтальное. Это послѣднее расположеніе въ настоящее время почти исключительно принято, такъ-какъ оно облегчаетъ подаваніе сыраго матеріала въ машину, сообщаетъ ей большую устойчивость и облегчаетъ расположеніе приводовъ. Подобная машина съ лежащимъ, горизонтальнымъ цилиндромъ представлена на фиг. 5, табл. II., (машина Клейтопа). Торфъ вбрасывается въ воронку В, измельчается въ цилиндрѣ А и выдавливается улиткой въ форму f; форма раздѣлена поперечными перегородками на 4 отдѣленія, такъ что аппаратъ приготовляетъ одновременно 4 торфяные стержни.

Если торфяникъ не осушенъ передъ выемкой торфа и торфъ представляетъ полужидкое тѣсто, содержащее 90—95% воды, тогда онъ, конечно, не можетъ быть формованъ вышеуказаннымъ образомъ. Такой торфъ обыкновенно измельчаютъ въ горизонтальныхъ машинахъ съ быстровращающимся ножевымъ валомъ и затѣмъ распределяютъ равномернымъ слоемъ (толщиною въ 15—20 с. м.) на горизонтальной поверхности. Когда, спустя нѣсколько дней, масса потеряла значительную часть своей воды (до 40%), тогда ее утаптываютъ досточками, надѣтыми на ноги работниковъ, и затѣмъ рѣжутъ на соответственные куски или доплатами или ножами. Кроме того, для формованія жидкой торфяной массы были предуманы и спеціальныя аппараты [*Jngermann* <sup>1)</sup>, *Vosquet* и *Bénard* <sup>2)</sup>]. Аппараты эти представляютъ телѣжки, снабженныя формами и такъ устроены, что при движеніи телѣжки, торфъ, въ нихъ помѣщенный, попадаетъ сначала въ формы, а затѣмъ выбрасывается правильными рядами въ видѣ кирпичиковъ на поверхность, по которой движется телѣжка (фиг. 6 табл. III.).

Число машинъ, предложенныхъ для измельченія и формованія торфа и устроенныхъ на томъ же принципѣ, на которомъ устроена машина *Вебера-Гиссера*, очень значительно.

Къ машинамъ съ медленно-вращающимся ножевымъ валомъ относятся: вертикальныя машины *Schlickeysen's* (1861) *Gewert's*, *Busch's*, *Stützke*, *Schlüter's*, *Dolberg's*, горизонтальныя машины *Paucksch's* (1868), *Schlüter's*, *Schlickeysen's* съ питающимъ цилиндромъ, труб

<sup>1)</sup> Hausding, Ind. Torfgewinnung, p. 95.

<sup>2)</sup> Lencauchez, p. 51.



чагал машина *Ros'a* (1874) и горизонтальная машина *Clayton'a* <sup>1)</sup>, представляющая переходъ къ машинамъ съ быстровращающейся пожевой осью.

Къ машинамъ съ *быстровращающимся пожевнымъ валомъ* въ первый разъ предложеннымъ *Steenke* и *Besser'омъ* (186<sup>4/8</sup>), относятся машины *Seydel'a* (186<sup>7/8</sup>), *Grotjahn* и *Picau, Page* и <sup>2)</sup>, *Dietrich'a*, *Dolberg'a*, *Neufeldt'a* и *Lucht'a* <sup>2)</sup>. Къ той же категоріи машинъ слѣдуетъ отнести машины, предуманныя специально для перемѣшиванія и измельченія торфа съ большимъ содержаніемъ воды (90—95%). Подобныя машины были предложены *Ruschmann'омъ*, (1858), *Cohen* и *Moritz'омъ*, *Müller'омъ*, *Mahlstedt'омъ* и *Jungermann'омъ*. Большая часть этихъ машинъ помѣщена на колесахъ и могутъ быть съ удобствомъ передвигаемы какъ къ торфянику, такъ и площади, на которой происходитъ распределение полужидкой торфяной массы, съ цѣлью ея формовки.

Всѣ эти машины очень схожи между собою въ принципѣ, и дѣйствіе ихъ зависитъ главнымъ образомъ отъ расположенія и устройства ножей и отъ приспособленій, служащихъ для формованія торфа. Такъ-какъ до настоящаго времени практика не рѣшила еще, какія изъ выше перечисленныхъ машинъ всего болѣе удовлетворяютъ своему назначенію, то я считаю излишнимъ входить въ подробное описаніе каждой изъ нихъ, а ограничусь нѣкоторыми общими замѣчаніями относительно устройства и дѣйствія отдѣльныхъ ихъ частей—ножей, формъ и т. д. <sup>3)</sup>

Дѣйствіе *ножей* или *улитокъ* торфяной машины должно удовлетворять слѣдующимъ условіямъ, чтобы машина могла служить для переработки торфа *всякаго рода*. Они должны:

- 1) Растирать и перемѣшивать неоднородные куски торфа, превращая ихъ въ однородную массу.
- 2) Разрѣзывать (въ буквальномъ значеніи слова) стебли мха, бомыша и т. д., встрѣчающіеся въ молодомъ, волокнистомъ или даже землястомъ торфѣ въ видѣ механической примѣси.
- 3) Должны передвигать растираемую торфяную массу къ формѣ и выдавливать ее изъ этой послѣдней.

Всѣ, до настоящаго времени придуманныя машины, не вполне удовлетворяютъ всѣмъ вышеуказаннымъ требованіямъ. Большая часть ихъ удовлетворяютъ только 1 и 3 изъ указанныхъ выше условій, не удовлетворяя второму. Въ виду этого почти всѣ торфяныя машины оказались болѣе или менѣе пригодными для переработки стараго, однороднаго торфа, и мало пригодными для переработки молодого, волокнистаго торфа. Только въ машинѣ *Lucht'a* ножи на оси и на внутреннихъ стѣнкахъ цилиндра расположены такъ, что они не только мѣсятъ и растираютъ, но въ буквальномъ смыслѣ слова рѣжутъ торфъ. Отсутствие рѣжущихъ аппаратовъ въ большей части торфяныхъ машинъ обусловливаетъ приставаніе волоконъ къ улиткамъ, и вслѣдствіе этого засариваніе машины. Для побѣжденія этого, улиткамъ и пожамъ даютъ опредѣленную кривизну и въ новѣйшихъ машинахъ съ быстровращающимся пожевнымъ валомъ въ цилиндрѣ, вмѣсто одного вала, помѣщаютъ два слабѣнные улитками, и при томъ такъ, что плоскости улитки, укрѣпленной на одномъ валѣ, входятъ въ промежутки между плоскостями другой (фиг. 7, табл. III.). При такомъ расположеніи сгребаются и разрываются волокна, пристающія къ поверхности улитокъ

<sup>1)</sup> Срав. Сельское хозяйство и Лѣсоводство, 1876, 123, от. I, стр. 23 и Техн. Сб. 1876, 23, 358.

<sup>2)</sup> *Pignol* (1876), сообщаетъ результаты, полученные при помощи этой машины въ окрестностяхъ Риги. При употребленіи паровой силы результаты удовлетворительны.

<sup>3)</sup> Болѣе подробное описаніе почти всѣхъ выше перечисленныхъ машинъ для получения однороднаго торфа можно найти въ сочиненіи *Hausding'a* „*Industrielle Torfgewinnung*“.

*Мытьё и растирание торфяной массы* зависят отъ числа оборотовъ ножеваго вала, приходящагося на опредѣленный объёмъ перерабатываемой торфяной массы. Въ предложенныхъ въ настоящее время машинахъ, число оборотовъ, приходящееся на 100 лт тровъ торфяной массы, колеблется между 18 и 140, причёмъ можно принять, что машина работаетъ тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ больше это число. Тѣмъ не менѣе, есть предѣлы, за которыми пользау пропекодищая отъ увеличенія быстроты вращенія ножеваго вала, не окупаеть расходу въ потребную для этого механическую силу. Предѣлы этотъ, по *Hausding'у*, не опредѣлены съ точностью, но онъ лежитъ, по всей вѣроятности, между 80-120 оборотами на каждые 100 литровъ перерабатываемаго торфа.

Передвиженіе торфяной массы въ цилиндрѣ къ формѣ и выдавливаніе ее изъ формы производится во всѣхъ предложенныхъ машинахъ упругообразнымъ расположеніемъ ножей.

Устройство *формъ*, приврѣпляемыхъ къ мулдитуку цилиндровъ, образующаго съ этими послѣдними одно сплошное цѣлое, имѣетъ большое значеніе для достоинства и вѣрнаго вида фабриката. Въ вертикальныхъ торфяныхъ машинахъ формы помѣщаются, смотря по величинѣ машины, или только съ одной или съ двухъ противоположныхъ сторонъ. Онѣ дѣлаются обыкновенно изъ дерева, имѣютъ въ длину отъ 150--200 м. м. Формы эти раздѣлены продольными перегородками на нѣсколько отдѣленій (3--5 смотря по величинѣ машины) такъ-что при продавливаніи торфяной массы черезъ форму, получается одновременно нѣсколько торфяныхъ стержней (фиг. 8 таб. III); поперечный разрѣзъ которыхъ соответствуетъ, поперечному разрѣзу торфяныхъ кирпичей. Чтобы придать торфянымъ стержнямъ, выходящимъ изъ формы, по возможности гладкую поверхность, формы должны служить къ отверстию, имѣть коническую форму. Эта коничность формъ, равно какъ и длина ихъ, должны быть различны, смотря по природѣ перерабатываемаго торфа, причёмъ первая колеблется обыкновенно отъ  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{12}$ , а вторая между 80—300 м. м. Тонкій землестый, равно какъ и сильно волокнистый торфъ требуетъ болѣе длинныхъ и менѣе коническихъ формъ, чѣмъ болотный или смоляной торфъ. Въ настоящее время, во многихъ машинахъ деревянные формы замѣнены чугунными съ гладкими внутренними поверхностями, чѣмъ облегчается полученіе гладкихъ торфяныхъ стержней. Эту послѣднюю цѣль достигаютъ еще совершеннѣе, уменьшая треніе въ формахъ при помощи воды, впуская ее по каплямъ между стѣнками формъ и поверхностью выдавливаемыхъ торфяныхъ стержней. Кроме того, для той-же цѣли *Schlickeysen* (1874) предложилъ употреблять деревянные формы, выложенныя чешуеобразными жестяными пластинами. Подобныя же формы предложилъ *Dreyer* въ Брауншвейгѣ, дѣлая ихъ изъ желѣза и покрывая внутреннюю ихъ поверхность мѣдною чешуею. Формы, просвѣтъ которыхъ раздѣлены продольными перегородками на нѣсколько отдѣленій представляютъ то неудобство, что при переработкѣ волокнистаго торфа, волокна этого послѣдняго скопляются на вертикальныхъ краяхъ перегородокъ, обращенныхъ къ цилиндру, что не только затрудняетъ работу, но и влечетъ за собою засариваніе машины и остановку работы. Для устраненія этого неудобства *Kobyliniski-Wöterkeim* предложилъ придавать перегородкамъ не форму прямоугольныхъ четырехугольниковъ, а форму прямоугольныхъ 3-хъ угольниковъ, помѣщая ихъ такъ, чтобы къ отверстию формы былъ-бы обращенъ короткій катетъ, къ верхней поверхности формы второй, болѣе длинный, катетъ, а гипотенуза треугольника образовала бы пзвѣстный уголь съ нижней поверхностью формы. Кроме того короткій катетъ трехугольной перегородки немного короче (на 6—12 м. м.) высоты формы, и не доходитъ до нижней ея поверхности. Въ виду такого расположенія и формы перегородокъ, волокна торфа будутъ скопляться въ промежуткахъ между нижней поверхностью формы и гипотенузой трехугольной перегородки и могутъ быть удалены изъ формы черезъ отверстіе а. Для избѣжанія засариванія формъ и быстрой ихъ чистки, въ случаѣ засариванія, край

перегородокъ часто заостряютъ и самыя перегородки такъ укрѣпляютъ въ формахъ, чтобы онѣ могли быть легко вынимаемы и вновь вставляемы въ формы.

При употребленіи формъ съ водянымъ орошеніемъ, присутствіе цѣльныхъ перегородокъ въ формахъ значительно затрудняетъ равномерное смачиваніе стержня со всѣхъ сторонъ, а потому при употребленіи формъ съ водянымъ орошеніемъ было предложено производить раздѣленіе торфянаго стержня на нѣсколько меньшихъ стержней, укрѣпленъ въ самомъ отверстіи формы носики *n, n* (Таб. III фиг. 10). При выдавливаніи торфянаго стержня черезъ такую форму, носики производятъ на стержнѣ бороздки, по которымъ онъ растрескивается на нѣсколько частей при высыханіи. Опытъ показалъ, однако, что подобное формованіе даетъ неправильныя плитки торфа.

Поперечное сѣченіе формы имѣетъ большое значеніе при фабрикаціи машиннаго торфа. Формы съ круглымъ отверстіемъ были бы въ большей части самыя удобныя для формованія торфа, но полученіе торфа въ цилиндрическихъ бусахъ затрудняетъ дальнѣйшія манипуляціи, укладку и сушку торфа. Въ виду этого формы съ круглымъ отверстіемъ употребляются только въ рѣдкихъ случаяхъ, а именно для формованія очень тощихъ видовъ торфа, трудно формующихся помощью другихъ формъ. Болѣе удобны, формы съ овальнымъ отверстіемъ, но онѣ, какъ и формы съ круглымъ отверстіемъ, затрудняютъ одновременное полученіе нѣсколькихъ торфяныхъ стержней при помощи одной формы. Въ виду этого всего употребительнѣе формы съ четырехугольнымъ отверстіемъ, углы которыхъ затупляютъ при формованіи толстаго торфа.

Подобно тому, какъ поперечный разрѣзъ формъ оказываетъ значительное вліяніе на формованіе торфа, величина отверстія формы имѣетъ большое вліяніе на сушку торфяныхъ плитокъ и на ихъ сжиганіе. Сушка торфа будетъ происходить тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше поверхность плитки сравнительно съ его массою т. е. чѣмъ меньше площадь поперечнаго разрѣза плитки, при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ. Тѣмъ не менѣе въ фабричномъ производствѣ нельзя безнаказано уменьшать площадь поперечнаго разрѣза плитки ниже опредѣленнаго предѣла, такъ-какъ производство очень маленькихъ плитокъ обходится дорого, и влечетъ за собою потерю въ матеріалѣ, вслѣдствіе частаго растрескиванія маленькихъ плитокъ, при сушкѣ на воздухѣ. По существующимъ даннымъ всего выгоднѣе придавать торфянымъ плиткамъ толщину отъ 80—100 м. м. при длинѣ въ 250—300 м. м. Плитки съ толщиною болѣе 100 м. м. сохнуть и сгораютъ очень трудно. При сушкѣ торфа на жердяхъ или въ крытыхъ сараяхъ, выгодно придавать торфянымъ плиткамъ большую высоту, чѣмъ ширину, чтобы выиграть въ сушильной поверхности. Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что формы должны быть такъ прикрѣплены къ мунштукамъ мѣшальныхъ цилиндровъ, чтобы онѣ могли быть легко снимаемы и вновь прикрѣпляемы къ машинѣ, что даетъ возможность въ случаѣ порчи или засориванія аппарата произвести надлежащее исправленіе безъ значительной потери времени.

Разрѣзываніе торфянаго стержня, выдавливаемого изъ формы, на куски, производить различными образомъ. Самое простое приспособленіе подобнаго рода состоитъ въ томъ, что торфяные стержни выдвигаются на столъ, поставленный передъ отверстіемъ формы и покрытый или стеклянною или жестяною доскою и смоченный водой. Когда торфяные стержни выдвинуты на надлежащую длину, работникъ при помощи острого и мокраго желѣзка отрѣзываетъ ихъ одинъ за другимъ и переноситъ отрѣзанные куски на доски, поставленныя на тележкѣ. Когда доски уставлены плитками торфа, тогда ихъ отвозятъ къ мѣсту сушки. Очевидно, что при такомъ способѣ работы равная величина торфяныхъ плитокъ зависитъ отъ навыка и искусства работника; кромѣ того форма плитки легко можетъ испортиться при переноскѣ плитки со стола на доски тележки. Для устраненія этихъ неудобствъ, въ большей



струе и совершеннѣе сушики ручнаго торфа, невѣрно и не подтверждается непосредственными опытами Гаусдина, которые показали, что ручной торфъ, будучи менѣе плотенъ, высыхаетъ скорѣе формованнаго въ крытыхъ сараяхъ и при хорошей погодѣ. Тѣмъ не менѣе при сушкѣ на открытомъ воздухѣ и при дурной погодѣ машинный торфъ представляетъ преимущества, передъ ручнымъ, такъ-какъ первый труднѣе размывается дождями и менѣе гигроскопиченъ. При сушкѣ, машинный торфъ, подобно ручному, уплотняется и тѣмъ болѣе, чѣмъ полнѣе было первоначальное измельченіе торфяной массы. По многочисленнымъ опытамъ Гаусдина можно принять, что это уменьшеніе объема равно 70—86%, среднимъ числомъ 80%.

Въ заключеніе я упомяну еще немного подробнѣе о полученіи шаровиднаго торфа по способу *Eichhorn'a* (1860), такъ-какъ способъ этотъ обратилъ на себя большое, хотя едва-ли заслуженное вниманіе въ Россіи <sup>1)</sup>. Находя, что превращеніе торфа въ 4-хъ угольные плитки влечетъ за собою растрескиваніе плитокъ при сушкѣ и неправильное ихъ сгораніе, вслѣдствіе растрескиванія и прегражденія правильнаго и достаточнаго притока воздуха къ сгораемому матеріалу, *Eichhorn* предложилъ придавать торфу шарообразную форму. Для этой цѣли торфъ предварительно измельчается въ какойнибудь машинѣ, принаровленной для этой цѣли (обыкновенно между двумя цилиндрами) и затѣмъ приводится къ формовальной машинѣ, представленной на фиг. 11, (Табл. III). Машина эта состоитъ изъ металлическаго или деревяннаго барабана, вращающагося на оси А и снабженнаго спиральнымъ ходомъ в. в. Въ переднемъ и заднемъ концѣ барабана находятся отверстія служащія для входа и выхода торфа. Измельченный торфъ приводится къ барабану архимедовымъ винтомъ, вращающимся въ цилиндрѣ Т. При каждомъ оборотѣ винта выдвигается кусокъ торфа к, достаточный для образованія одного шара. Куски эти отрѣзываются при помощи автоматическаго аппарата и попадаютъ въ вращающійся формовальный барабанъ, дѣлающій отъ 14—20 оборотовъ въ минуту. Изъ барабана формованный торфъ выходитъ въ видѣ шаровъ, діаметръ которыхъ равенъ отъ 100—130 м. м. Полученные такимъ образомъ шары сушатъ въ наклонныхъ каналахъ струею нагрѣтаго воздуха (50—55°). По заявленію изобрѣтателя одинъ барабанъ въ состояніи въ 24 часа переработать 7000 кило торфа, употребляя при этомъ  $\frac{3}{8}$  паровой силы. По существующимъ отзывамъ, шаровидный торфъ *Eichhorn'a* представляетъ дѣйствительно прекрасное топливо, но аппараты, придуманные *Эйгорномъ* еще далеки отъ совершенства <sup>2)</sup>.

*Свойство машиннаго торфа.* Химическія свойства и элементарный составъ машиннаго торфа довольно близки къ рѣзанному и они были указаны выше. Что же касается до его удѣльнаго вѣса, то онъ значительно больше удѣльнаго вѣса рѣзаннаго торфа. Въ 14 случаяхъ, изслѣдованныхъ Гаусдиномъ, рѣзанный торфъ, высушенный на воздухѣ, имѣлъ среднимъ числомъ удѣльный вѣсъ равный 0,53 (отъ 0,13 до 0,88), машинный же торфъ, также высушенный на воздухѣ и приготовленный изъ того-же матеріала, имѣлъ

<sup>1)</sup> Привилегія на этотъ способъ взята для Россіи Губеромъ 17 Іюля 1869 г.

<sup>2)</sup> О способѣ *Eichhorn'a* сравни: *Wents*, *Lintner* и *Eichhorn* Der Kugeltorf (Freising, 1867), *Lintner* (1866), *Schinz* (1867); *Lode* (1872); Земледѣльческая Газета, 1875, 114.

среднимъ числомъ у. в. 0,97 (отъ 0,56—1,3). Количество гигроскопической воды, содержащейся въ рѣзанномъ и машинномъ торфѣ почти одно и тоже, хотя машинный торфъ, какъ было сказано выше, труднѣе сохнетъ и потому при одинакомъ времени сушки машинный торфъ содержитъ нѣсколькои (около 2%) процентами воды болѣе рѣзаннаго. За то машинный торфъ, какъ показали опыты *Гаусдина*, притягиваетъ несравненно менѣе воды во время дождливой погоды, чѣмъ рѣзанный и кромѣ того, какъ показали опыты *Фогеля* (*Vogel*, 1861), менѣе хрупокъ, чѣмъ этотъ послѣдній и даетъ при перевозкѣ менѣе мелочи и порошка. Всѣ эти факты говорятъ въ пользу машиннаго торфа <sup>1)</sup>.

Нижеслѣдующая таблица дастъ намъ понятіе о свойствахъ торфа, полученныхъ другими способами.

	Воды гигроско- пичной.	Зола.	Удельный вѣсъ.	1 кубич. футъ въ- сигъ фунт.	Имя послѣдователя.
Торфъ по способу Шалетона . . . . .	12—14	12,00	1,22	80,5	Stöckhardt (1859).
Торфъ по способу Exter'a	11,0	7,5	1,14	75,2	Stöckhardt (1859).
Торфъ по способу Mannhardt'a:					
а) плотный . . . . .	4,8	8,4	1,04	68,6	Stöckhardt (1859).
б) легкій . . . . .	13,0	6,1	0,9	59,4	„ „
Торфъ по способу Versappa . . . . .	10,5	—	1,109	—	Jacobi (1863).
Торфъ по способу Gwynné . . . . .	9,0	1,37	1,14	71,24	Letheby (1855).

*Искусственная сушка торфа.* Для ускоренія сушки торфа, равно какъ и для уменьшенія издержекъ по его перевозкѣ а въ особенноти для усиленія его пирометрическаго дѣйствія (для металлургическихъ цѣлей) было издавно предложено производить сушку торфа искусственной теплотой. Опытъ показалъ однако, что высушиваніе торфа искусственною теплотою немедленно послѣ его формованія не можетъ быть примѣнено съ пользою, какъ-какъ при быстрой сушкѣ на поверхности плитокъ образуется твердая кора, которая затрудняетъ дальнѣйшую сушку торфа. Искусственная сушка торфа, предварительно высушеннаго на воздухѣ, не представляетъ выше указанного неудобства, но обходится дорого, и употребляется въ техникѣ въ рѣдкихъ случаяхъ, а именно если желаютъ уменьшить расходы по перевозкѣ или, гораздо чаще, если имѣютъ въ виду увеличить пирометрическое дѣйствіе торфа. Въ первомъ случаѣ искусственной сушкой доводятъ содержаніе воды въ торфѣ до 10—15%, такъ-какъ торфъ сильнѣе вису-

<sup>1)</sup> Объ экономической сторонѣ дѣла сравни: *Schröder* (1860), *Vogel jun* (1859 и 1860), въ особенноти соч. *Hausding'a*. Die industr. Torfgewinnung.

шенный при лежаніи на воздухѣ снова поглощаетъ влагу до выше указанного предѣла. Во второмъ случаѣ удаленіе воды доводятъ до возможнаго maximum'a, причемъ торфъ немедленно изъ сушильни употребляется въ дѣло.

Самое высушиваніе производятъ обыкновенно въ закрытыхъ камерахъ, нагреваемыхъ тройнымъ образомъ:

1) Топку и дымовые ходы располагаютъ такъ, что они нагреваютъ полъ и стѣнки камеръ, которыя передаютъ уже получаемую теплоту высушиваемому торфу, помѣщенному въ камерѣ.

Это самая старая система печей, лучшими представителями которой могутъ служить печи *Weberling'a* въ Ганноверѣ <sup>1)</sup> и *Moser'a* (1839) въ Moorhölle около Wunsiedel'a <sup>2)</sup>.

2) Въ камеру, наполненную торфомъ впускаютъ предварительно охлажденные газы изъ специальной топки или отходящіе газы изъ другихъ топковъ регулируютъ притокъ нагрѣтыхъ газовъ въ камеру или вытяжною трубою, или же вентиляторами.

Способъ этотъ былъ предложенъ ранѣе другихъ *Schmid'*омъ въ Weihenhammer'ѣ (Баварія <sup>3)</sup>); сюда же относятся печи: Липпцбаховская <sup>4)</sup>, *Schlängel'a* въ Prevali (Австрія <sup>5)</sup>), Шведская печь (*Turner*, 1858), и непрерывнодѣйствующая печь *Mallet* (1846 <sup>6)</sup>).

3) Черезъ камеру, наполненную торфомъ, пропускаютъ токъ воздуха, предварительно нагрѣтаго въ трубахъ или при помощи специальныхъ топковъ, или теплою, отходящею изъ другихъ топковъ.

Сюда относятся печи: чугуноплавильнаго завода въ Alexis <sup>7)</sup>, печь *Weber'a* <sup>8)</sup> около Мюнхена, непрерывнодѣйствующая печь *Welkner'a* (1862) и *Verstmann'a* въ Лондонѣ, <sup>9)</sup> *Hall* и *Bainbridge* (1875).

Печи первой категоріи, употреблявшіяся долгое время на Вюртембергскихъ и Баварскихъ плавильняхъ, имѣютъ тотъ недостатокъ, что сушка торфа происходитъ въ нихъ неравномѣрно. Между тѣмъ какъ торфъ, лежащій близко къ нагрѣваемымъ стѣнкамъ камеръ, почти что начинаетъ обугливаться, торфъ, лежащій въ серединѣ камеръ, еще не высохъ вполне. Кроме того въ этихъ печахъ теплота утилизируется очень несовершенно. Для сушки 100 ч. торфа требуется отъ 20—25 ч. топлива, причемъ полу-

<sup>1)</sup> Vogel, Der Torf, 56.

<sup>2)</sup> Vogel, Der Torf, 58.

<sup>3)</sup> Vogel, Der Torf, 61.

<sup>4)</sup> Knapp, Lehrbuch der chem. Technolog, I, p. 178.

<sup>5)</sup> Vogel, Der Torf, 62.

<sup>6)</sup> Сравни также статью *Roscher'a* объ устройствѣ печей для сушки торфа на заводѣ Königsbrunn'ѣ въ Вюртембергѣ. Dingl. J. 1840, 78, 257.

<sup>7)</sup> Knapp, Lehrbuch, p. 179.

<sup>8)</sup> Hausding, Industrielle Torfgevinning, 235.

<sup>9)</sup> Idem, p. 242.

чается торфъ съ 10—12% воды; самая сушка торфа продолжается отъ 5—6 дней, а охлажденіе печи 3—4 дня. Всѣ эти данныя не говорятъ въ пользу печей первой категоріи. Печи второй категоріи, имѣя недостатки печей первой категоріи, не даютъ также лучшихъ экономическихъ результатовъ. Гораздо совершеннѣе печи третьей категоріи, въ которыхъ сушка торфа происходитъ нагрѣтымъ воздухомъ, такъ-какъ этимъ путемъ полнѣе утилизируется теплота топлива и достигается болѣе равномерная сушка торфа при опредѣленной температурѣ.

Этотъ способъ сушки былъ въ первый разъ предложенъ *Weber*'омъ въ Баваріи и получилъ въ настоящее время примѣненіе и въ другихъ мѣстахъ.

Печь подобнаго рода представлена на фиг. 12 и 13 (IV таб.). Она состоитъ изъ объемистой кирпичной камеры, выложенной цементомъ. Внизу камеры помѣщена топка С, изъ которой горячіе газы идутъ по трубкамъ р, р, въ трубу Е. Трубки р, р, помѣщены въ каналъ В такимъ образомъ, что между стѣнками ихъ и внутренними стѣнками канала остается пространство для движенія нагрѣваемаго воздуха. Воздухъ извнѣ входитъ въ это пространство черезъ отверстія, сдѣланныя близъ топки, онъ нагрѣвается въ каналѣ трубками р, р, проходитъ черезъ отверстія а, а, и и распределяется по камерѣ, подымаясь вверхъ. Охладившись и насытившись водяными парами воздухъ опускается внизъ по стѣнкамъ камеры и уходитъ черезъ широкія трубы D, D. Регулируя надлежащимъ образомъ горѣніе въ топкѣ С и притокъ воздуха къ каналу В можно производить сушку при умѣренной и постоянной температурѣ (около 80°Ц.) и довольно совершенно утилизировать теплоту, доставляемую топливомъ. По опытамъ, произведеннымъ въ Штальтахъ (около Мюнхена), для высушивания 30,000 торфяныхъ плитокъ при 80° требуется 8 дней, причемъ получается торфъ съ 5% воды.

*Примѣненіе торфа.* Торфъ, кромѣ для отопленія и приготовленія торфянаго угля, свѣтильнаго газа и свѣтильныхъ и смазочныхъ веществъ, былъ предложенъ также для удобренія полей <sup>1)</sup>, для дезинфекціи (*Rogers*, 1855), для производства построекъ (*Hodson* и *Crane*, 1860) и (волоконистый торфъ) для изготовленія картонной бумаги <sup>2)</sup> и пластическихъ издѣлій (*Gercke jun.*, 1878).

<sup>1)</sup> Въ послѣднее время торфъ въ довольно большихъ размѣрахъ стали употреблять для удобренія виноградниковъ. Сравни также. Земледѣльческую Газету за 1878 г.

<sup>2)</sup> Для этой цѣли торфъ дѣйствительно употребляется на некоторыхъ заводахъ около Туріана, на которыхъ какъ утверждаютъ приготовляютъ картонную массу съ прибавленіемъ 80—90% волоконистаго торфа (*Bosc. Traite de la tourbe* p. 61.)



*Вторичное образование торфа.* Въ заключеніе этой статьи я скажу еще нѣсколько словъ о вторичномъ образованіи торфа въ разработанныхъ болотахъ. Нѣтъ никакого сомнѣнія что оно возможно, если только сохранены условія, давшія торфу происхожденіе въ первый разъ, поэтому если болото было для разработки осушено, то нужно остановить дальнѣйшій стокъ воды. Тѣмъ не менѣе, если болото было совершенно выработано, то пройдетъ много времени, пока въ немъ опять дѣятельно начнется образованіе торфа ибо первыя растенія, появляющіяся въ такихъ мѣстахъ, нитчатки или конфервы, мало участвуютъ въ этомъ и только даютъ основу, для укорененія другихъ растеній. Поэтому выгодно 1) не выбирать до конца, всего торфа, 2) набрасывать въ ямы изъ которыхъ вынуть торфъ, дерну, снятаго съ болота при началѣ разработки. Время въ теченіе котораго вновь образуется торфъ очень различно и зависитъ отъ многихъ мѣстныхъ условій. Вообще принимаютъ, что при благопріятныхъ условіяхъ для образованія слоя хорошаго торфа въ одинъ метръ толщины необходимо отъ 30—40 лѣтъ времени (Kolb, 1875). Во всякомъ случаѣ до сихъ поръ только такіа мѣста оставались подъ торфомъ, которыя не удобно было обратить въ пахатныя поля.

---

## ИСКОПАЕМЫЕ УГЛИ.

### Литература.

*Geinitz, Fleck und Hartig.* Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europa's. München, 1865.

### Геологическое мѣстоположеніе ископаемыхъ углей.

Гораздо большее распространеніе и неизмѣримо большее значеніе для техники чѣмъ торфъ, представляютъ ископаемые угли, образовавшіеся черезъ разложеніе растительныхъ и, отчасти, животныхъ организмовъ и встрѣчающіеся во всѣхъ формаціяхъ, въ которыхъ вообще были найдены остатки организмовъ.

Въ формаціяхъ, принадлежащихъ азойскому періоду, характеризующемуся отсутствіемъ органической жизни, ископаемые угли не были найдены. Въ азойскихъ сланцахъ (гнейсъ, слюдястый сланецъ, глинистый сланецъ) и въ древнѣйшихъ плутооническихъ породахъ (гнейсъ, сіенитъ) встрѣчается, впрочемъ, углеродъ въ видѣ графита и, рѣдко, въ видѣ алмаза, но углеродъ этотъ едва-ли растительнаго происхожденія.

Въ древнѣйшихъ формаціяхъ палеозойскаго періода (кембрийская и силурійская формаціи), флора которыхъ состояла изъ низшихъ морскихъ водорослей, мы не встрѣчаемъ сколько-нибудь значительныхъ залежей угля, хотя онъ часто примѣшанъ къ силурійскимъ сланцамъ (угольная обманка, *Kohlenblonde*).

Въ девонской формаціи, встрѣчаются уже, хотя рѣдко, представители сосудистыхъ безцвѣтковыхъ растений, которыя могли служить матеріаломъ для образованія каменнаго угля. Тѣмъ не менѣе и въ этой формаціи находеніе сколько-нибудь значительныхъ залежей каменнаго угля составляетъ большую рѣдкость. Сѣверная часть Испаніи представляетъ, по видимому, исключеніе изъ этого правила, такъ-какъ по изслѣдованіямъ *Вернёля и Колломба* (*Verneuil et Collomb*, 1853) каменно-угольными залежи

въ Саборо, въ Астуріи, принадлежитъ къ девонской формации.

Только въ слѣдующей формации—каменноугольной, характеризующейся обильной растительностью, мы встрѣчаемъ богатія каменноугольныя залежи, выгодныя для разработки. Нижній ярусъ каменноугольной формации далеко, однако, не такъ богатъ каменнымъ углемъ, какъ это можно было бы думать по названію формации. Морскія образованія нижняго яруса каменноугольной формации (горный известнякъ) почти совершенно не содержатъ угли, прѣсноводныя же образованія, по своему возрасту соотвѣтствующія морскимъ, содержатъ въ многихъ мѣстахъ пласты каменнаго угля, но незначительной мощности. Самыя многочисленныя и всего болѣе распространенныя залежи каменнаго угля встрѣчаются въ верхнихъ ярусахъ каменноугольной формации; залежи эти образовались главнымъ образомъ изъ гигантскихъ плауновъ (лепидодендронъ), хвощей (каламиты), большого числа видовъ папоротниковъ и почти самостоятельнаго рода растенія—сигилларіи, съ примѣсю небольшого количества деревьевъ въ родѣ нашихъ тиссовъ и сосенъ.

Въ слѣдующей затѣмъ формации—перменной, мы находимъ только незначительныя залежи каменнаго угля, и то главнымъ образомъ только въ нижнихъ ярусахъ этой формации. Къ этому же времени относится образованіе такъ называемыхъ горючихъ сланцевъ, имѣющихъ часто значительное развитіе и примѣненіе.

Въ формацияхъ мезозойскаго періода, каменный уголь встрѣчается часто, хотя обыкновенно въ незначительныхъ количествахъ и низкаго достоинства. Въ болѣе значительныхъ количествахъ онъ встрѣчается въ юрской формации.

Въ третичной формации мы находимъ опять значительныя залежи такъ назыв. бурныхъ углей, образовавшихся главнымъ образомъ изъ хвойныхъ деревьевъ съ большей или меньшею примѣсю пальмъ и лиственныхъ деревьевъ. Уголь этотъ, по своему виду и свойствамъ, обыкновенно довольно рѣзко отличается отъ каменныхъ углей, лежащихъ ниже мѣловой формации. Между тѣмъ какъ эти послѣдніе имѣютъ черный цвѣтъ и строеніе ихъ мало напоминаетъ организованное происхожденіе, бурные угли имѣютъ по большей части бурый цвѣтъ и болѣе или менѣе ясно выраженное растительное строеніе.

Наконецъ, въ новѣйшихъ образованіяхъ, въ дилувіи и въ особенности аллувіи, мы встрѣчаемъ болѣе или менѣе значительныя залежи торфа, о чемъ было сказано выше.

Слѣдующая таблица, даетъ наглядное понятие о распространении ископаемыхъ углей въ различныхъ формаціяхъ.

АЗОВСКИЙ ПЕРИОДЪ.	ПАЛЕЗОЙСКИЙ ПЕРИОДЪ.		МЕЗОZOЙСКИЙ ПЕРИОДЪ.		КАНОZOЙСКИЙ ПЕРИОДЪ.		
	Граувакка.	Каменноугольная формація.	Пермская формація (Діась).	Триасъ.	Третичная формація.		
<p>Глинистый сланецъ съ залежами известняковъ и метаморфозированными сланцами, содержащими графитъ.</p> <p>Слюдистый сланецъ съ залежами извести и графита.</p> <p>Гнейсъ, изрѣдка залежи графита, очень рѣдко слѣды антрацита.</p>	<p>Девонская формація: уголь граувакки и горюч. сланцы (доманиль).</p> <p>Силурийская формація: угольная обманка въ квасцовомъ сланцѣ.</p> <p>Кембрийская формація.</p>	<p>Верхній ярусъ каменноугольной формаціи съ богатыми залежами каменнаго угля.</p> <p>Нижній ярусъ каменноугольной формаціи (горный известнякъ), бѣдный каменнымъ углемъ.</p>	<p>Цехитейнъ.</p> <p>Нижній діась: пермскій уголь.</p>	<p>Кейтеръ: кейтеровый уголь.</p> <p>Раковистый известнякъ.</p> <p>Пестрый песчаникъ и пестрый сланецъ.</p>	<p>Верхняя или бѣлая юра.</p> <p>Средняя или бурая юра: юрскій уголь.</p> <p>Нижняя или черная юра, діась: діаскій уголь, сагатъ или жезъ.</p>	<p>Верхне-мѣловой ярусъ и мѣловой мерель съ известковымъ углемъ.</p> <p>Нижній мѣловой ярусъ (grey chalk marl).</p> <p>Нижній квадратъ съ коадровымъ углемъ.</p> <p>Гаультъ (Blue chalk marl).</p> <p>Неокомъ (Lower Greensand) съ темнымъ углемъ, отчасти лигнитомъ.</p>	<p>Аллувій, эпоха человѣка; торфъ.</p> <p>Диллувій, эпоха мамонта; старый торфъ.</p> <p>Плиоценъ. }          Міоценъ. }          Омоценъ. }          Эоценъ. }          буроголубыя залежи.</p>

## Мѣстонахождение ископаемаго угля.

## Л и т е р а т у р а.

*Pechar u Pecz.* Mineralische Kohle, Wien, 1874.

*Pechar.* Kohlen und Eisen in allen Ländern der Erde. Berlin, 1878.

*Lindheim.* Kohle und Eisen im Welthandel in den Jahren 1865—75. Wien, 1877.

*Кеттсъ, А.* Статистическій обзоръ каменно-угольной и желѣзной промышленности на всемъ земномъ шарѣ. Горн. Журналъ. 1878, IV, 206, 371, 1879, I, 378, II, 151. Статья Кеттсена составлена по сочиненіямъ Pechar'a и Lindheim'a.

Распространеніе ископаемаго угля на земномъ шарѣ очень велико, и онъ встрѣчается почти во всѣхъ странахъ, хотя въ очень различномъ количествѣ. Въ Европѣ самыя богатыя залежи ископаемаго угля находятся въ Англии, затѣмъ въ Германіи, въ Бельгіи, Франціи и Австріи. Значительныя залежи угля найдены также въ Испаніи и Португаліи.—Въ Россіи ископаемый уголь встрѣчается во многихъ мѣстахъ и въ нѣкоторыхъ въ огромныхъ количествахъ. Самымъ важнымъ мѣстороженіемъ каменнаго угля въ европейской Россіи слѣдуетъ считать *Донецкое* мѣстороженіе занимающее Донецкій, Міусскій, Черкасскій и частью первый Донецкій округъ Земли войска Донскаго, а также славяно-сербскій и бахмутскій уѣзды Екатеринославской губерніи, откуда вступаетъ въ Харьковскую губернію и *Домбровское* (Привислянскій край, Петроковская губ.), доставляютъ почти половину всего угля, добываемаго въ Россіи.

Изъ не европейскихъ странъ самыя обширныя мѣстороженія каменнаго угля находятся въ Сѣверо-Американскихъ Штатахъ, въ Сибири (Кузнецкій бассейнъ, Томская губ.), Китаѣ и Австраліи.

Въ Велико-Британіи каменно-угольная формація занимаетъ пространство 7000 квадратныхъ англ. миль, изъ числа которыхъ приходится около 72% на Англию собственно, отъ 26—27% на Шотландію и только отъ 1—2% на Ирландію. По географическому своему положенію каменноугольные бассейны Англии обыкновенно раздѣляютъ на три большія группы:

- 1) Сѣверный бассейнъ: Durham, Northumberland, Cumberland и Шотландія.
- 2) Центральный бассейнъ: Iorkshire, Derbyshire, Lancashire, Staffordshire, Cheshire, Nottinghamshire, Worcestershire, Leicestershire и Warwickshire.
- 3) Западный бассейнъ: South-Wales и мелкіе бассейны южной Англии.

Такое дѣленіе не имѣетъ однако ничего общаго ни съ геологическимъ строеніемъ, ни съ качествомъ заключающагося въ отдѣльныхъ округахъ угля. Но значенію своему эти округа располагаются въ слѣдующемъ порядкѣ:

1) *Durham* и *Northumberland* вмѣстѣ производятъ почти четвертую часть всего добываемаго въ Великобританіи каменнаго угля. Расположенная вдоль восточнаго побережья къ югу отъ Шотландіи, эта область, при длинѣ 80 и ширинѣ до 32½ километровъ, занимаетъ пространство въ 1140 квадратныхъ километровъ. Здѣсь залегаетъ 12 каменноугольныхъ пластовъ общаю мощностью отъ 12—18 метровъ.

2) *Yorkshire* и *Derbyshire* расположены почти в центрѣ Англій; каменноугольныя залежи занимаютъ здѣсь пространство 1290 кв. километровъ, простирались въ длину до 105, а въ ширину отъ 11—13 километр. Всего здѣсь насчитывается отъ 10 до 12 и даже до 13 каменноугольныхъ пластовъ, общемою мощностью до 14 метровъ.

3) *Flootlandia*. Каменноугольныя образования тянутся здѣсь отъ восточнаго прибрежья вокругъ *Firth of Forth* до западнаго берега близъ *Ayr*, на всемъ своемъ протяженіи, весьма часто прерываясь выходами плутоническихъ породъ. Количество каменноугольныхъ пластовъ не постоянно; мѣстами число ихъ доходитъ до 12 при толщинѣ отъ 0,6—1,5 метровъ.

4) *Wales, Monmouthshire* и *Gloucestershire*. Самыя обширныя каменноугольныя залежи этой группы находятся въ *South-Wales*. Онѣ занимаютъ пространство въ 1450 квад. километровъ и содержатъ 8, иногда 15 и даже 18 каменноугольныхъ пластовъ, толщиной въ 5,5, 8,5 и до 22,5 метровъ. Пласты эти залегаютъ на весьма большой глубинѣ, доходящей до 600 метровъ.

5) *Lancashire*. Въ этомъ округѣ каменноугольныя залежи занимаютъ пространство не болѣе 360 квадратныхъ метровъ. Пласты обыкновенно не отличаются значительною мощностью, и, въ видѣ исключенія, въ окрестностяхъ Манчестера насчитываютъ до 16 пластовъ, общемою толщиной въ 20,5 метровъ. Уголь этого бассейна отличается хорошими качествами; павѣстный кепельскій уголь принадлежитъ къ этой группѣ.

6) *Staffordshire, Worcestershire, Cheshire*. Сѣверная часть этой группы довольно богата каменноугольными залежами, общая мощность которыхъ мѣстами доходитъ отъ 30—42 метровъ. Надъ угольными пластами не рѣдко расположены мѣсторожденія жѣлезняковъ а еще выше лежатъ прекрасныя глины, дающія матеріалъ для обширной англійской промышленности по выдѣлѣ фарфоровой и глиняной посуды. Въ *Cheshire* расположены мощныя соляныя мѣсторожденія, составляющія основу англійской промышленности химическихъ производствъ, принявшихъ столь колоссальныя размѣры.

7) *Nottinghamshire, Leicestershire* и *Warwickshire*, по географическому своему положенію, принадлежатъ къ бассейнамъ центральной Англій, а равно въ геологическомъ отношеніи сходны съ округами *Yorkshire* и *Derbyshire*.

8) *Cumberland* и *Westmoreland*. Расположенъ на сѣверовосточной части Англій; общее протяженіе его въ длину 48 и въ ширину 9 километровъ. Угли этой группы даютъ плохой коксъ. Остальные затѣмъ округа, какъ-то *Shropshire, Sommersetshire* и Ирландія, добываютъ лишь незначительны количества угля, сполна расходуемая для мѣстныхъ потребностей.

Мѣстонахожденія *бурого угля* и торфа въ Англій почти не имѣютъ значенія, въ виду изумительныхъ богатствъ Англій каменнымъ углемъ.

Каменноугольныя мѣсторожденія Франціи, по своему богатству, нельзя сравнивать съ таковыми въ Великобританіи, но все таки, по выгодному своему географическому распределенію, они представляютъ несказанное богатство для страны.

Здѣсь различаютъ три главные округа, изъ которыхъ одинъ расположенъ на сѣверѣ, другой—въ центрѣ и третій—на югѣ Франціи; округа эти значительно различаются между собою по геологическому своему строенію.

1) *Сѣверный Валенсиенскій* округъ, занимающій департаменты *Nord* и *Pas de Calais*, простирается отъ границы Бельгій до *Boulogne-sur-mer* и представляетъ собою продолженіе бельгійскаго бассейна. Каменноугольныя залежи этого бассейна покрыты пластами весьма твердаго известняка и мѣла, достигающаго мощности отъ 45 до 200 м. Число камен-

поугольныхъ пластовъ значительное (до 18), но они разбиты и не такъ толсты какъ въ Бельгiи. Наибольшая толщина пластовъ не превосходитъ 1 метра.

2) *Бассейнъ центральной Франціи* по напластованію имѣетъ совершенно другой характеръ, чѣмъ бассейны сѣверной Франціи. Въ рудничномъ полѣ *Creuzot* и *Blanzu* добываютъ вертикально стоящій пластъ угля, который въ общемъ весьма мощенъ, и мѣстами достигаетъ толщины 24-хъ и даже 45-ти метровъ. Бассейнъ Луары, заключающій въ себѣ каменноугольныя поля *Saint-Etienne*, *Rive-de-Gier* и *Commentry*, представляетъ въ настоящее время самый важный бассейнъ въ центрѣ Франціи и занимаетъ узкую полосу между Лоарою и Роною. Онъ переходитъ даже за Рону въ предѣлы департамента *Isère*. Число и мощность каменноугольныхъ пластовъ въ различныхъ мѣстахъ этого бассейна подвержены значительнымъ колебаніямъ. Между тѣмъ какъ въ окрестностяхъ *Saint-Etienne* мѣстами находитъ 18 пластовъ съ общою мощностью въ 35 метровъ, въ другихъ частяхъ бассейна извѣстно только три угольныхъ пласта, общою толщиной не болѣе трехъ метровъ. Вблизи *Rive-de-Gier* разрабатываются три пласта, имѣющіе вмѣстѣ толщину отъ 9—10 метровъ. Каменный уголь центральной Франціи повсемѣстно прекраснѣйшихъ качествъ, представляя собою жирный уголь, въ особенности пригодный для металлургическихъ операций.

3) *Бассейнъ южной Франціи* занимаетъ каменноугольные округа *Alais*, *Aveyron* и Роны и имѣетъ напластованіе, выгодное для разработки. Надо полагать, что бассейнъ южной Франціи по своему богатству превосходитъ бассейнъ центральной Франціи. Добываемый здѣсь уголь изъ различныхъ пластовъ различныхъ качествъ.

Кромѣ каменнаго угля, во Франціи находятся небольшія залежи *бурого угля* (Парижскій бассейнъ и бассейнъ Роны и Луары).

Каменноугольныя образованія **Бельгiи** занимаютъ  $\frac{1}{22}$  часть всего ея пространства и тянутся узкою, но длинною полосою, начиная отъ нѣмецкой границы близъ Аахена, на востокъ черезъ Лиежъ и Намуръ въ Монъ и переходятъ около Валансьена на французскую территорію. Добываніе каменнаго угля въ Бельгiи сосредоточено главнымъ образомъ въ двухъ пунктахъ—на востокѣ въ провинціи Лиежъ, а на западѣ въ провинціи *Hennegau*. Въ первой добываютъ 20%, во второй 75% всего угля, вырабатываемаго Бельгiею.

Важнѣйшія мѣстности **Германiи**, которыя доставляютъ каменный уголь, слѣдующія:

1) *Нижне-рейнский-востфальскій* каменноугольный бассейнъ, обыкновенно называемый бассейномъ р. Руръ. Этотъ наиболѣе производительный округъ Германской имперіи заключаетъ въ себѣ болѣе 2,800 квадратныхъ километровъ каменноугольныхъ залежей, съ запасомъ горячаго въ 45,000 мил. тоннъ. Изъ этого количества около 40% залегаютъ на глубинѣ 200—250 метровъ. Количество каменноугольныхъ пластовъ доходитъ до 60, съ мощностью отъ 50—70 метровъ чистаго угля; средняя толщина пластовъ 1—1,1 метра. При обширности пространства, занимаемаго этимъ бассейномъ, не удивительно, что заключающіяся въ немъ угольныя залежи содержатъ уголь различнаго достоинства.

2) *Каменноугольный округъ окрестностей Аахена* (*Inde-und Worm-Becken*) должно считать продолженіемъ бельгiйскаго бассейна. По причинѣ глубокаго залеганія угольныхъ пластовъ и чрезвычайнаго измѣненія ихъ, добыча угля представляется здѣсь болѣе затруднительною, чѣмъ во всѣхъ другихъ бассейнахъ Германіи. Но за то эти недостатки вознаграждаются прекрасными качествами угля, дающаго спекающійся коксъ.

3) *Бассейнъ р. Сааръ*, часто называемый также Саарбрюкенскимъ, простирается въ длину на 39 и въ ширину на 30 километровъ. Число угольныхъ пластовъ простирается свыше 100, съ общою мощностью болѣе 80 метровъ. Общій запасъ угля, заключающійся на пространствѣ между рѣками Сааръ и Вальсъ, *фонъ-Дельсъ* опредѣляетъ въ 45,400 мил. тоннъ. Уголь этого бассейна очень хорошихъ качествъ.

4) *Каменноугольный бассейн Верхней Силезии* занимает пространство въ 478 кв. километровъ и по опредѣленію *фонъ-Девена*, до глубины 600 метровъ, заключаетъ въ себѣ колоссальный запасъ угля въ 50,000 милл. тоннъ; на болѣе же глубокомъ горизонтѣ, недоступномъ при настоящихъ средствахъ, опредѣленъ еще въ четверо большой запасъ угля. Бассейнъ Верхней Силезіи простирается и за предѣлы Германіи, углубляясь какъ въ Австрію, такъ и въ Россію. Каменноугольные залежи этого бассейна имѣютъ довольно правильное напластованіе, по сему разработка обходится сравнительно дешево. Пласты угля въ большинствѣ случаевъ достигаютъ мощности отъ 3 до 4 метровъ. По качеству своему угли этого бассейна не уступаютъ лучшимъ углямъ всякихъ другихъ мѣстъ.

5) *Каменноугольный бассейнъ Нижней Силезіи*, какъ по величинѣ своей, такъ и по мощности заключающихся въ немъ угольныхъ пластовъ, во многомъ уступаетъ бассейну Верхней Силезіи. Уголь этотъ, имѣющій свойство сильно спекаться, идетъ на фабрикацію кокса.

6) Изъ числа каменноугольныхъ бассейновъ *королевства Саксоніи* наиболее важны бассейны *Цвикау* и *Людан*. Рабочіе пласты въ этихъ бассейнахъ залегаютъ на значительной глубинѣ и вѣдѣсь гремучіе газы перѣдко про изводятъ страшныя бѣдствія. Не смотря на небольшое пространство, занимаемое этими двумя бассейнами, количество заключающагося въ нихъ угля весьма значительно.

Германія столь же богата *бурнымъ углемъ*, какъ и каменнымъ. Въ Сѣверной Германіи, отъ сѣверной подошвы Писоинскихъ горъ, въ Силезіи, до Везера и Рейна, простирается, мѣстами прерываясь, поясъ бурогоугольныхъ образований, часто достигающій многихъ миль ширины. Такъ бурый уголь встрѣчается въ нижней Силезіи, въ прусскомъ и саксонскомъ *Lausitz'ѣ*, въ Сѣверной части Саксонскаго королевства, въ Тюрингіи, и тянется до Гессена и Вестерланда. Качество бурыхъ углей весьма различно и они находятъ почти исключительно мѣстное употребленіе.

Въ Австріи <sup>1)</sup> нѣтъ *каменноугольныхъ* бассейновъ, которые по обширности своей походили бы на бассейны Великобританіи или Соединенныхъ Штатовъ. Напротивъ того, каменноугольные бассейны въ Австріи занимаютъ небольшія площади и разработка заключающихся въ нихъ пластовъ каменнаго угля не рѣдко сопряжена съ большими затрудненіями; не смотря на то прекрасныя качества каменныхъ углей Австро-Венгрии, дающихъ превосходный коксъ, въ связи съ богатыми рудными мѣсторожденіями имперіи, придаютъ этимъ углямъ важное экономическое значеніе. Большинство каменноугольныхъ залежей Австріи расположено на одной линіи, идущей отъ запада къ востоку и простирающейся отъ Пильзена и баварской границы до *Ostrau* и *Jaworzno* на русской границѣ, и только не большое число мѣсторождений находится въ южной и юго-восточной Венгрии и Моравіи. Къ первой сѣверной группѣ залежей принадлежатъ мѣсторожденія *Pilsen'a*, *Kladno-Schlan-Rakonitz*, *Schatzlar-Schwadowitz*, *Ostrau-Karwin* и *Jaworzno* въ Австрийской Силезіи, Моравіи и Галиціи, между-тѣмъ какъ ко второй, южной группѣ, принадлежатъ залежи *Fünfkirchen'a* и *Steyerdorf'a*. Отдѣльно отъ указанныхъ бассейновъ лежатъ въ Моравіи залежь около *Rossitz'a*. Изъ всѣхъ названныхъ бассейновъ *Kladno-Schlan-Rakonitz* (Богемія) занимаютъ самую большую площадь и доставляютъ около 40% всего каменнаго угля, добываемаго въ Австріи.

Особенно же богата Австрія неисчерпаемыми и легко доступными для разработки мѣсторожденіями *бурнаго угля*. Бурые угли Австро-Венгрии, вслѣдствіе своей доброты

<sup>1)</sup> Die Mineralkohlen Oesterreichs. Eine Übersicht der geolog. Betriebs-und Absatzverhältnisse, 2 Aufl. Wien, 1878 (8,° 399).



венности, пригодны не только для домашнего употребленія и для топки паровиковъ, но и для плавки свинцовыхъ рудъ, для бесемирования и даже для доменной плавки. Обширѣйшій и богатѣйшій бурогольный бассейнъ расположенъ у южнаго подножя Erzgebirge. Бассейнъ этотъ доставляетъ ежегодно (1876) 48 мил. тоннъ угля. Другіи, хотя гораздо менѣе богатые мѣсторожденія, лежатъ между отрогами Альпъ, именно на восточномъ ихъ склонѣ въ Штирїи и Крайцъ, а также въ Венгрии и Зибенбюргенѣ.

**Швеція.** Обширные лѣса, занимающіе около 42% всей поверхности Швеціи, какъ-бы вознаграждаютъ Швецію за недостатокъ въ минеральномъ топливѣ. Единственныя, до нынѣ извѣстныя, мѣсторожденія каменнаго угля Швеціи расположены въ сѣверозападной части провинціи Шопенъ, гдѣ они залегаютъ въ образованіяхъ, принадлежащихъ концу триасоваго и началу юрскаго періода. Каменноугольныя мѣсторожденія занимаютъ здѣсь пространство въ 911 километровъ; средняя мощность угольныхъ пластовъ 1,8 метра. Новѣйшими буровыми развѣдочными работами площадь распространенія каменнаго угля опредѣляется въ 1600 кв. километровъ. Низкія качества шведскихъ каменныхъ углей, изъ которыхъ нѣкоторые лишь сорта даютъ слабоспекающійся коксъ, причиною того, что здѣсь каменноугольное производство не развивается до болѣе обширныхъ размѣровъ, и что въ отношеніи минеральнаго топлива Швеція всегда будетъ находиться въ зависимости отъ государствъ, снабжающихъ ее этимъ матеріаломъ.

**Испанія.** Пространство, занятое каменноугольными бассейнами, опредѣлено въ 900,000 гектаровъ, а заключающійся въ нихъ запасъ угля чрезвычайно великъ и простирается до 3,500 мил. тоннъ. Каменный уголь встрѣчается въ Испаніи почти во всѣхъ провинціяхъ. Главными бассейнами считаются Астурійскій, лежащій по берегу Бискайскаго залива, и бассейнъ Вунгов и Сорія (въ старой Кастиліи). Количество угля, добываемаго въ Испаніи далеко не соответствуетъ богатству залежей.

Каменноугольные бассейны Португаліи занимаютъ лишь незначительныя площади и уголь добывается изъ нихъ въ самыхъ незначительныхъ количествахъ. Самымъ важнымъ мѣстороженіемъ каменнаго угля Португаліи считаютъ антрацитовый бассейнъ Дуэро (Douro), лежащій по обоимъ берегамъ устья рѣки того же имени и занимающій площадь въ 12000 гектар. Кромѣ того, заслуживаютъ вниманія каменноугольныя залежи предгорья Mondego въ провинціи Веира.

**Италія** вообще бѣдна минеральнымъ углемъ. Собственно каменный уголь находится только въ провинціи Udine, но и это мѣстороженіе не имѣетъ значенія. Равнымъ образомъ мало вниманія заслуживаютъ мѣстороженія антрацита. Въ большомъ количествѣ встрѣчаются въ Италіи залежи *бурого угля*, расположенныя въ Тосканѣ, Лигуріи въ провинціяхъ Vicensa, Verona, Bergamo и въ Сардиніи.

**Швейцарія** вообще бѣдна минеральнымъ топливомъ. *Каменный уголь* извѣстенъ въ кантонахъ: Валлисъ, Цюрихъ, Фрейбургъ, Бернъ, Ваадтъ и Тургау. *Бурый уголь* залегаютъ въ кантонахъ: Цюрихъ, Ваатъ, Сень-Галленъ и Фрейбургъ.

**Турція.** Въ Европейской Турціи извѣстны въ разныхъ мѣстахъ мѣстороженія бурого и каменнаго угля, но они вовсе не разрабатываются. Во всей Оттоманской Имперіи имѣется одно лишь мѣстороженіе, изъ котораго производится добыча угля, именно въ *Эргели* на берегу Чернаго моря въ Малой Азіи, между Босфоромъ и Инеболи.

**Россія**, какъ европейская, такъ и азіатская, очень богата каменноугольными залежами.

Въ *Европейской Россіи* <sup>1)</sup> каменноугольныя залежи, не смотря на свое большое распространеніе, имѣютъ незначительную мощность и въ этомъ отношеніи далеко уступаютъ

<sup>1)</sup> Helmersen. Des gisements de charbon de terre en Russie, 1866.

каменноугольнымъ залежамъ Западной Европы. Дѣло въ томъ, что всѣ образованія каменноугольной формаціи, какъ было сказано выше, раздѣляется на два яруса, отличающіеся какъ по литологическимъ, такъ и по палеонтологическимъ признакамъ: верхній, значить повѣйшій, собственно каменноугольный, и нижній, позднѣйшій, называемый формаціею горнаго известняка. Та часть каменноугольной формаціи, которая отличается особеннымъ изобиліемъ каменноугольныхъ пластовъ, развита во всей полнотѣ своей въ западной Европѣ, въ европейской же Россіи до сихъ поръ, за исключеніемъ Привислянскаго угля, не найдено и слѣдовъ этой формаціи, а есть только ярусъ горнаго известняка, нѣкоторые ярусы котораго вовсе не содержатъ минеральнаго топлива, другіе хотя и содержатъ пласты каменнаго угля въ значительномъ количествѣ, но пласты эти во многихъ отношеніяхъ уступаютъ углямъ верхняго яруса.

Каменноугольныя мѣсторожденія европейской Россіи могутъ быть раздѣлены на нѣсколько бассейновъ.

1) *Западный или польскій бассейнъ* лежитъ въ окрестностяхъ м. Домбровы (Шютровская губ.) и составляетъ продолженіе верхнесилезскаго каменноугольнаго мѣсторожденія. Пластъ каменнаго угля близъ Домбровы принадлежитъ ко второму ярусу каменноугольной формаціи и имѣетъ толщину въ 6 сажень, но весьма ограниченное протяженіе (150 верстъ). Домбровскій уголь принадлежитъ къ слабоспекающемуся и даетъ около 30% очень плотнаго кокса. Онъ употребляется частью на потребности края, а частью на выплавку желѣза. Въ 1876 году начали разработку каменнаго угля въ Плоцкой губерніи, липновскомъ уѣздѣ.

2) *Сѣверный или подмосковскій бассейнъ* <sup>1)</sup>, въ противоположность домбровскому, занимаетъ весьма значительное пространство. Онъ начинается отъ Архангельска и Мезена и тянется сначала по Астраханской и Олонецкой губерніяхъ узкою полоскою до Онежскаго озера, затѣмъ расширяется, покрываетъ Валдайскую и Орловскую плоскія возвышенности и занимаетъ Рязанскую, Тульскую, Калужскую, Московскую и отчасти Владимірскую, Ярославскую и Новгородскую губерніи. Площадь эта равна 22,000 кв. верстамъ. Къ сожалѣнію, только въ незначительной части этого бассейна, а именно на южной его окраинѣ, уголь встрѣчается въ достаточныхъ количествахъ и можетъ быть съ выгодой разрабатываемъ, между тѣмъ какъ въ другихъ частяхъ, а именно въ серединѣ бассейна, уголь залегаеъ очень глубоко и въ видѣ столь тонкихъ пластовъ, что разработка его не окупается. Въ Московскомъ бассейнѣ извѣстно въ настоящее время около 130 залежей каменнаго угля, изъ кото-

*Гельмерсенъ.* О залежахъ каменнаго угля и желѣзныхъ рудъ въ Польшѣ, Донецкомъ горномъ округѣ и о залежахъ каменнаго угля въ Курляндіи и восточной Пруссіи. Горн. Ж. 1873, III, 182.

*Гельмерсенъ.* Нѣсколько соображеній о значеніи каменноугольнаго промысла въ Россіи. Зап. Спб. Акад. Наукъ XXV, 85 (1875).

*Фелькнеръ.* Каменный уголь и желѣзо въ Россіи. Спб., 1874.

*Горный Журналъ* 1825—1879 г. Въ этомъ изданіи сосредоточены почти всѣ данныя и изслѣдованія, имѣющіяся относительно каменнаго угля въ Россіи. Существованіе алфавитнаго указателя къ журналу избавляетъ меня отъ необходимости перечислять многочисленныя изслѣдованія сюда относящіяся.

<sup>1)</sup> *Auerbach* и *Trautschold.* Ueber die Kohlen von Central-Russland, 1860

*Leo.* Die Steinkohlen Central-Russlands. Petersb., 1877 (4<sup>o</sup>, 100 стр.). Сочиненіе Лео содержитъ 1) распространеніе каменноугольныхъ залежей въ Центральной Россіи; 2) способы развѣдки каменнаго угля; 3) добываніе каменнаго угля; 4) опредѣленіе достоинства каменнаго угля и его употребленіе.

рыхъ 11 разрабатываютъ въ Тульской губернии, 10 въ Калужской, 2 въ Новгородской, 1 въ Тверской и 4 въ Рязанской. Самое большое количество угля доставляютъ въ этомъ бассейнѣ копи Мураевни и Товаркова (Тульская губ.).

Уголь Московскаго бассейна, по своему виду, похожъ на бурый, но принадлежитъ къ каменноугольной формации, а именно къ нижнему древнѣйшему члену горнаго известняка. Онъ имѣетъ по большей части чернобурый цвѣтъ, содержитъ много воды и зола и горитъ длиннымъ пламенемъ. Тѣмъ не менѣе уголь этотъ можетъ быть съ пользою употребляемъ для отопленія зданій, для нагреванія паровиковъ и даже для пудлингованія жельза, равно какъ и для полученія газа. Для этой послѣдней цѣли весьма пригоденъ газовый уголь (богхедеъ), найденный въ Куракинѣ и Мураевнѣ (Тульская губ.) и очень сходный съ шотландскимъ богхедеомъ.

3) *Восточный бассейнъ* тянется вдоль западнаго и восточнаго склона Уральскихъ горъ. На восточномъ склонѣ вообще условія для добычи каменнаго угля оказались весьма неблагоприятными. Породы каменноугольной почвы тамъ чрезвычайно встревожены вулканическими вліяніями, пласты каменнаго угля рѣдки и недостаточно толстые. Единственное *Сухоложское* мѣсторожденіе, около каменскаго завода, разрабатывавшееся въ 1857 г., брошено окончательно, какъ по причинѣ дороговизны добычи, такъ и по недоброкачественности получаемаго угля.

Гораздо болѣе утѣшительнаго представляетъ въ этомъ отношеніи западный склонъ Урала; здѣсь каменноугольныя мѣсторожденія тянутся узкою, но очень длинною полоскою параллельно горному хребту, начиная отъ Печорскаго края до Киргизскихъ степей и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ открыты пласты угля толщиной въ 2 сажени. Въ Дульневскомъ мѣсторожденіи уголь добывается въ довольно значительномъ количествѣ и употребляется на выдѣлку жельза и отопку пароводовъ. По своимъ качествамъ Уральскій уголь не принадлежитъ къ разряду спекающихся, но всетаки въ этомъ отношеніи гораздо выше московскаго, равно какъ лучше по меньшему содержанію зола, воды и большому углерода.

4) *Южный или Донецкій бассейнъ* тянется по такъ называемому Донецкому краю, занимая Землю Войска Донскаго и Александровскій, Бахмутскій и Славяносербскій уѣзды Екатеринославской губернии, откуда вступаетъ въ Харьковскую. На этомъ огромномъ пространствѣ, равномъ приблизительно 40,000 кв. верстѣ (болѣе 1 милл. гектаровъ), встрѣчаются многочисленныя пласты каменнаго угля самыхъ разнообразныхъ свойствъ, начиная отъ антрацита (въ юго-восточной части) и оканчивая самыми неспекающимися влажными углями. Толщина этихъ пластовъ, впрочемъ, незначительная; самая большая толщина, которую здѣсь удалось встрѣтить, не превышаетъ 7 ф. (2, 21 м.), обыкновенно же толщина пластовъ колеблется между 2½—3½ футовъ. (0,79—1,10 м.). Принимая во вниманіе отличныя качества угля и многочисленность, хотя тонкихъ, но тянущихся иногда на десятки верстѣ пластовъ, Донецкій бассейнъ слѣдуетъ причислить къ самымъ важнымъ каменноугольнымъ мѣсторожденіямъ европейской Россіи, который можетъ удовлетворить всѣ безъ исключенія потребности нашей промышленной культуры, какъ въ настоящемъ, такъ и на долго въ будущемъ ея развитіи.

На основаніи мѣстоположенія и свойствъ угля, *Фелькнеръ*, подраздѣляетъ каменноугольныя мѣсторожденія донецкаго бассейна на слѣдующія главныя группы.

*Грушевская группа.* (Земля войска Донскаго). Главнѣйшій пунктъ ея производительности, столь прославленная своимъ антрацитомъ, Грушевка, находится верстѣ 30 сѣвернѣе Новочеркаска по направленію Воронежской желѣзной дороги. Мѣсторожденіе состоитъ изъ 4 другъ надъ другомъ лежащихъ пластовъ, изъ которыхъ два нижніе въ 5 и 6 четвертей аршина толщиной, разрабатываются, и два верхніе считаются пропластами. Качество Гру-

шевскаго антрацита неоспоримо прекрасно и, помимо большого содержания углерода, который доходит до 98%, главное достоинство угли заключается въ его плотности и въ неразсыпчатости ни на воздухѣ, ни въ огнѣ. Онъ между прочимъ пригоденъ къ выплавкѣ чугуна.

*Каменская группа.* (Земля войска Донскаго). Сюда можно отнести всѣ мѣсторожденія по теченію Сѣвернаго Дона, начиная отъ станицы Гундоровской до станицы Екатериинской. Группа эта очень обширна и заключаетъ въ себѣ много котловинъ со всевозможными перегибами и паденіями пластовъ, изъ которыхъ верхніе относятся къ разряду кузнечныхъ каменныхъ углей, богатыхъ углеродомъ, а нижніе суть антрациты, большею частью переходнаго свойства, слѣдовательно тѣ и другіе неснекающіеся или снекающіеся въ самой слабой степенн и въ обонхъ случаяхъ пламени педающіе.

*Успенская группа.* Она составляетъ окраину мѣловой формации и тянется по Славяносербскому уѣзду (Екатеринослав. губ.), между рѣчками *Луначикомъ* и *Лозовомъ*. Группа эта хотя и состоитъ почти исключительно изъ пластовъ круто или довольно круто падающихъ, но драгоцѣнна по сильнооснекающемуся свойству своихъ углей и удовлетворительной чистотѣ ихъ. Къ числу наиболѣе изслѣдованныхъ и съ давнихъ норъ разрабатываемыхъ мѣсторожденій этой группы относится *Успенское*, г. Булацеля.

*Голубовская группа* занимаетъ также въ Славяносербскомъ уѣздѣ оба берега Лугавки, а также вершину рѣчки Лозовой и Бѣлой. Отличается отъ предыдущихъ болѣе высокимъ положеніемъ пластовъ, но за то нѣсколько меньшею степенью снекаемости углей, такъ что коксъ отъ нихъ хотя и можетъ употребляться для доменной плавки, но выходы его изъ сыраго угля не превышаютъ 40%, и потому онъ обходится дорого. Къ числу лучшихъ мѣсторожденій должно отнести Голубовское, Родаковское, Веселомарьевское и съ нимъ сосѣдственныя.

*Лисичанская группа* (Бахмут. уѣздъ). Еще сѣвернѣе, приближаясь опять къ берегу Дона, обнаруживается новая, очень богатая свита пластовъ пламеннаго угля, которые слѣдуютъ два поворота около Лисичанска и Рубежнаго, тинутся потомъ по берегу рѣки и даже переходятъ на другую сторону. Лисичанское мѣстороженіе открыто въ 1791 г. и замѣчательно по числу пластовъ, скученныхъ въ весьма близкомъ другъ отъ друга разстояніи, а именно ихъ тамъ находится одинъ надъ другимъ 14 штукъ. Къ сожалѣнію уголь обладаетъ слабою снекаемостью, но для тонки паровиковъ, для пудлингово-сливнаго производства и газа, онъ вполне пригоденъ.

*Никитовская группа.* (Бахмут. уѣздъ). Преобладающій элементъ этой группы составляютъ 7 пластовъ, которые, съ крутымъ паденіемъ, тинутся около 40 верстъ отъ Щербиновки до рѣки Булавина, пересѣкая подъ острымъ угломъ харьковско-азовскую дорогу. Свойство угля весьма подходящее къ усенской группѣ, то есть сильно снекающіеся и дающіе до 60% плотнаго звонкаго кокса для выплавки чугуна. Уголь добывается большею частью въ видѣ мелочи и этотъ недостатокъ его былъ бы совершенно вознаграждаемъ его сильною снекаемостью, еслибъ пласты означенной группы иногда не содержали въ себѣ значительнаго количества золы, не рѣдко доходящей до 20%. При столь значительной примѣси минеральныхъ веществъ, никитовскій уголь, безъ предварительной промывки и осадки на рѣшотахъ, конечно не пригоденъ для полученія кокса. Впрочемъ примѣсь золы не есть общее свойство никитовской группы, и въ ней встрѣчается также уголь высокаго качества.

*Группа рѣки Кальмиуса,* также какъ и никитовская и усенская, принадлежитъ къ разряду сильно снекающихся углей, разработка которыхъ въ настоящее время развивается въ окрестностяхъ селенія Александровки. Паденіе пластовъ здѣсь полное и они сопровождаются пластами желѣзныхъ рудъ.

Къ восьмой группѣ необходимо отнести острова каменноугольной почвы, встрѣчающіеся по теченію рѣкъ Казеннаго-Торца и Выка. По незначительному протяженію своему и содержа пламенный уголь, они не представляютъ особенной важности.

Все остальное пространство нѣтъ этихъ 8-ми группъ не содержитъ ни спекающихся, ни просто пламенныхъ углей, а заключаетъ преимущественно антрацитовыя переходныя разновидности, между которыми весьма часто встрѣчаются и прекрасныя антрациты, мало или вовсе не уступающіе твердостью и чистотою грушевому. Въ особенности обширная котловина антрацитовыхъ углей расположена по теченію рѣчекъ Крымки и Ольховчикъ, также по обѣ стороны верховьевъ Міуса, около Ровенекъ и, наконецъ, по всей южной части Славяно-сербскаго уѣзда, тотчасъ ниже группы спекающихся углей.

Не менѣе богата каменнымъ углемъ *Азиатская Россія*, а именно Кавказъ и Сибирь съ прилегающимъ къ пей Туркестанскимъ краемъ и Киргизскими степями <sup>1)</sup>.

На *Кавказѣ* каменный уголь найденъ во многихъ мѣстахъ по сѣверному и южному склонамъ Кавказскихъ горъ. На сѣверномъ склонѣ Кавказскихъ горъ каменный уголь залегаетъ, по изслѣдованіямъ Абиха, по крайней мѣрѣ на двухъ горизонтахъ и встрѣчается на всей площади распространения нечачника формаціи бурой юры. Тѣмъ не менѣе въ настоящее время разрабатывается на сѣверномъ склонѣ одно мѣсторожденіе каменнаго угля на рѣкѣ Каракентѣ (въ Кубанской области). На южномъ склонѣ Кавказскихъ горъ каменный уголь находится въ нижнемъ ярусѣ юрскаго формаціи, и каменноугольныя залежи развиты здѣсь преимущественно въ округѣ Окриба, расположенъ къ сѣверу отъ Кутанса. Самое значительное изъ нихъ Тквибульское, находящееся въ 50 верстахъ къ СВ отъ г. Кутанса, около селенія Тквибули, въ вѣнѣи князей Агеевыхъ. Это мощное мѣсторожденіе, содержащее приблизительно  $76\frac{1}{2}$  м. пудовъ угля, не получило еще того практическаго развитія, которое оно, по богатству и выгоднымъ условіямъ залеганія, должно бы имѣть. Оно состоитъ изъ нѣсколькихъ пластовъ, содержащихъ уголь различныхъ свойствъ. По удостовѣренію Абиха одинъ изъ среднихъ пластовъ Тквибульскаго мѣсторожденія, имѣющій 4 фута мощности, содержитъ въ себѣ уголь весьма близкій къ кеннельскому.

Въ *Западной Сибири*, именно въ губерніяхъ Тобольской и Томской, вплоть до юго-западной границы сей послѣдней, сколько извѣстно, нигдѣ не обнаружено присутствія пластовъ каменнаго и бураго угля, за то въ *Алтайскомъ горномъ округѣ*, расположенномъ въ юго-восточномъ углу Томской губерніи, между горными кряжами Салаирскимъ и Алатау, находится такъ называемая *кузнецкая* каменноугольная котловина, занимающая площадь въ 40,000 кв. верстъ (4,404,930 гектаровъ <sup>2)</sup>, т. е. немного менѣе общей площади продуктивныхъ каменноугольныхъ залежей всей Европы (54,000 кв. вер.), и содержащая мощные (въ нѣсколько сажень) пласты каменнаго угля, превосходящихъ качествъ. Развитыя въ кузнецкой котловинѣ осадочныя образованія принадлежатъ къ двумъ ярусамъ каменноугольной формаціи, а именно къ ярусу горнаго известняка и къ ярусу продуктивной каменноугольной формаціи, который вполне соответствуетъ формаціи, заключающей въ себѣ богатыя каменноугольныя залежи въ зап. Европѣ. Поэтому кузнецкій бассейнъ, какъ по возрасту углесодержащихъ осадковъ, такъ и по толщинѣ его угольныхъ залежей, рѣзко отличается отъ каменноугольныхъ образованій Европейской Россіи, гдѣ, какъ уже ска-

<sup>1)</sup> Подробныя данныя о распространеніи и значеніи отдѣльныхъ мѣсторожденій каменнаго угля въ Азиатской Россіи можно найти въ сочиненіи *А. Кеттена*: „Азія, проектированная въ ней желѣзныя дороги и ея каменноугольныя богатства по Гохшметтеру“ Спб. 1877.

<sup>2)</sup> Срав. Горн. Ж. 1852, ч. III, 485. (О мѣстонахожденіи каменнаго угля въ Томской губерніи, и округѣ алтайскихъ заводовъ).

зано, пласты ископаемаго горючаго каменнаго угля залегаютъ въ илжнемъ ярусѣ гамениоугольной формацин, въ горномъ известнякѣ, и гдѣ толщина угольныхъ пластовъ измѣняется аршинами и вершками, тогда какъ на Алтаѣ таковая, въ большинствѣ случаевъ, выражается саженьми.

Въ *восточной Сибири*, именно въ Енисейской губерніи, Иркутской губерніи, Якутской области, Камчаткѣ, Забайкальской области и Амурскомъ краѣ, найдены многочисленныя мѣсторожденія каменнаго угля, которыя однако еще очень мало изслѣдованы. Наконецъ, на островѣ *Сахалинѣ*, составляющемъ можетъ быть отдѣльное отъ материка образование, извѣстенъ цѣлый рядъ богатыхъ мѣсторожденій каменнаго угля, простирающихся отъ сѣверной оконечности острова, вдоль западнаго берега, до самой южной оконечности (на 900 в.), а также на восточномъ берегу и внутри острова. Самое значительное влв, по крайней мѣрѣ, всего бохѣ изслѣдованное, изъ этихъ мѣсторожденій каменнаго угля находится въ окрестностяхъ поста *Дуз*, гдѣ на восьми верстовомъ протяженіи не глубокаго залива, между мысами Дузъ и Хонидже. среди пластовъ песчаника и глинистаго сланца, залегаютъ нѣсколько угольныхъ слоевъ, толщиной въ 2—5 ф. Добывающійся здѣсь уголь превосходнаго качества и не уступаетъ лучшимъ сортамъ валлійскаго. Онъ содержитъ отъ 74—84% углерода, весьма незначительное количество воды и даетъ до 60% кокса. Ежегодно добыча угля въ Дузъ составляетъ за послѣдніе годы отъ 120.000—150.000 пудовъ.

Въ среднеазиатскихъ владѣніяхъ Россіи, въ такъ называемомъ *Туркестанскомъ краѣ*, каменный уголь былъ найденъ въ значительныхъ количествахъ въ Семирѣчичской области по обѣимъ сторонамъ рѣки Или и ея притоковъ, въ Сырь-Даринской области, (на сѣверовостокъ отъ Туркестана) и на Мангышлакомъ полуостровѣ.

Въ прилегающихъ къ Туркестанскому краю *Киргизскихъ степяхъ* также найдены ископаемые угли въ значительномъ количествѣ. Въ западной части киргизскихъ степей найдены два значительныя мѣсторожденія бурато угля (въ окрестностяхъ города Тургай), а въ восточной значительныя залежи каменнаго угля въ уѣздахъ Павлоградскомъ, Каркаралинскомъ и Семипалатинскомъ Семипалатинской области.

Изъ этого обзора ясно, что если Россія не можетъ соперничать съ Западной Европой по мощности каменноугольныхъ пластовъ, то во всякомъ случаѣ она превышаетъ всѣ другія государства по площади занятой каменнымъ углемъ, и далеко не бѣдна ископаемымъ топливомъ. Къ сожалѣнію только немногія изъ богатыхъ каменноугольныхъ залежей Россіи разрабатываются въ значительныхъ количествахъ.

*Бурый уголь* находится въ Россіи во многихъ мѣстахъ, хотя онъ до сихъ поръ нигдѣ не добывается въ сколько нибудь значительныхъ количествахъ. Буроугольныя мѣсторожденія были найдены: въ Подольской, Волынской, Кіевской, Херсонской губерніяхъ <sup>1)</sup>, въ области рѣки Куры (Савальскій, 1851), Оренбургской, Уфимской губ., въ Западной части Киргизскихъ степей (*Ангиновъ*, 1857), Симбирской (Сривзянскій уѣздъ), Пермской, Вятской (*Ludwig*, 1874), Новгородской, Гродненской (около Гродно, Дымчевичъ, 1873), Виленской, Курляндской губ. и сѣверной части Привислянскаго края (Гельмерсенъ, 1873), далѣе въ Забайкальской области, Амурской и Приморской областяхъ по всему протяженію Амура и главныхъ его притоковъ (*А. Кешенъ*, 1873).

<sup>1)</sup> *Гельмеринъ*. Мѣсторожденіе бурато угля въ Кіевской и Херсонской губерніяхъ. Горн. Ж. 1870, № 6.

**Азія.** Самые большія каменноугольныя богатства на Азіатском материкѣ находятся въ *Китайской имперіи*, въ которой каменный уголь былъ найденъ во всѣхъ ея 18 провинціяхъ и Манджуріи. Самые богатые мѣсторожденія лежатъ на сѣверѣ Китая, въ области системы Желтой рѣчки, въ провинціяхъ Шанзи и Шензи, откуда они простираются къ западу до пустынь центральной Азіи, а къ сѣверу-востоку до Манджуріи и границъ Кореи. Въ южной части Китая встрѣчаются также богатые залежи каменного угля въ провинціяхъ, расположенныхъ по сѣверному теченію Лянь-тце-кианга, между которыми самая значительная и важная лежатъ въ провинціяхъ Се-чуань и въ юговосточной части провинціи Хунань. Кроме того, въ сѣверной части острова Формозы находится мѣсторожденіе бурога угля прекрасныхъ качествъ. Такимъ образомъ оказывается, что, по отношенію къ каменноугольнымъ богатствамъ, Небесную Имперію нельзя не признать за одну изъ наиболѣе благодѣтельныхъ странъ свѣта. Надо думать, что общее пространство, занятое китайскими каменноугольными бассейнами, превосходить даже таковыя въ сѣверной Америкѣ; съ наибольшими же изъ нихъ, именно съ бассейномъ Шанзи, по выгодности условий залеганія каменного угля, доброкачественности и изобилію, не можетъ сравниться нисколько другой каменноугольный бассейнъ на земномъ шарѣ. Не смотря на это, разработка каменноугольныхъ залежей въ Китаѣ находится еще въ полномъ младенчествѣ; не смотря на выгодныя условия, въ которыхъ здѣсь поставлена каменноугольная промышленность, количество угля, добываемаго нынѣ въ Китаѣ, составляетъ лишь  $\frac{1}{15}$  часть производительности Германіи или Соединенныхъ Штатовъ Сѣверной Америки, и простирается до 3 мил. тоннъ.

Сосѣдня съ Китаемъ *Японская Имперія* также богата бурнымъ углемъ. Каменноугольныя мѣсторожденія Японіи занимаютъ приблизительно не менѣе 13,000 квадратныхъ километровъ. Самые важныя каменноугольныя залежи находятся безспорно на островѣ Иессо, но они еще мало изслѣдованы. Въ настоящее же время главную роль играетъ уголь, добываемый на небольшомъ островѣ Токасима, лежащемъ въ Нагасакской бухтѣ.

Кромѣ того, болѣе или менѣе значительныя каменноугольныя залежи были найдены въ *Индустани* между Гангомъ и Гадавери, въ *Индокитанѣ*, въ Бирмѣ и Тонкинѣ, на островахъ *Ява*, *Суматра*; въ *Персіи*, къ сѣверу отъ Тегерана и въ южной *Аравіи*.

**Африка**, на сколько можно судить по существующимъ даннымъ, крайне бѣдна минеральнымъ топливомъ. Хотя во многихъ мѣстахъ присутствіе каменного угля доказано, тѣмъ не менѣе ни одно изъ извѣстныхъ мѣсторожденій не приобрѣло значенія. *Мадагаскаръ*, какъ сообщаютъ, обладаетъ въ изобиліи минеральнымъ углемъ и желѣзными рудами.

**Америка.** Изъ Американскихъ государствъ самыя богатыя залежи ископаемаго угля находятся въ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ. Здѣсь извѣстны мѣсторожденія въ каждомъ штатѣ, но относительно горизонтальнаго распространенія отдѣльныхъ родовъ минеральнаго топлива замѣчается рѣзкая особенность, заключающаяся въ томъ, что сотый меридіанъ западной долготы отъ Парижа раздѣляетъ Сѣверо-Американскіе Штаты на двѣ части, изъ которыхъ восточная (большая) содержитъ только мѣсторожденія каменного угля, а западная исключительно бурый уголь третичной и мѣловой формации. Пространство, занимаемое угольными бассейнами въ Соединенныхъ Штатахъ, не опредѣлено съ точностью и поэтому имѣются различныя показанія о величинѣ каменноугольныхъ бассейновъ. Слѣдующія данныя показываютъ тѣ пространства, которыя, по всей вѣроятности, заключаютъ въ себѣ мѣсторожденія, годныя для разработки:

1. Область новой Англій . . . . .	1,295 кв. километровъ.
2. Область Пеннсилваніи . . . . .	1,217 " "

3, Аппалахскій угольный бассейн . . . . .	152,804	„	„
4, Бассейнъ Мичигана . . . . .	17,352	„	„
5, Центральная область . . . . .	121,725	„	„
6, Область Миссури . . . . .	202,012	„	„
	<u>496,405</u>	кв.	километровъ.

Изъ этихъ месторожденій самое большое значеніе имѣютъ въ настоящее время Пеннильванское и Аппалахское, доставляющія около 90% всего угля, добываемаго нынѣ въ указанныхъ бассейнахъ.

Каменноугольными залежи *Канады* расположены на восточномъ ея побережьи и занимаютъ пространство до 5,700 кв. километровъ; онѣ извѣстны подъ общимъ названіемъ Акадскаго каменноугольнаго бассейна, который раздѣляется на три самостоятельныя группы, а именно бассейны: Новаго Брауншвейга, Новой Шотландіи и Cap Breton.

Въ *Мексикѣ* до настоящаго времени не открыто обширныхъ пластовъ каменнаго угля. Въ Центральной Америкѣ, а именно въ *Синь-Сальвадорѣ*, найдены въ провинціи каменный уголь и желѣзные руды.

*Южная Америка* до сихъ поръ считалась очень бѣдною каменнымъ углемъ. Въ последнее время однако найдены залежи каменнаго угля въ южной части Бразиліи (въ провинціяхъ Santa Caterina и Rio-Grande do Sul), въ Чили (къ югу отъ рѣки Biobio), въ Колумбіи, въ Голландской Гуаянѣ (бурый уголь), Боливіи (бурый уголь) и Патагоніи. Мѣсторожденія эти еще очень слабо разрабатываютъ.

Чтобы дать нѣкоторое понятіе о количествѣ угля добываемаго въ различныхъ европейскихъ государствахъ и въ различныхъ странахъ свѣта, я приведу здѣсь таблицу, показывающую производительность каменнаго угля на земномъ шарѣ за послѣднее двадцатилѣтіе:

	Годъ.	Производительность въ метрическихъ тоннахъ.	Годъ.	Производительности въ метрическихъ тоннахъ.	Годъ.	Производительность въ метрическихъ тоннахъ.
Великобританія . . . . .	1856	67,533,050	1866	103,069,801	1876	135,611,788
Франція . . . . .	—	3,950,870	—	12,234,455	—	17,104,794
Германія . . . . .	1857	14,867,121	—	28,162,805	—	49,550,462
Бельгія . . . . .	1855	8,409,330	—	12,774,662	—	14,329,578
Австро-Венгрія . . . . .	—	2,101,050	1865	5,069,303	—	13,362,586
Россия . . . . .	1857	51,761	1866	271,537	—	1,795,000
Испанія . . . . .	1855	109,314	—	432,664	—	706,814
Италія . . . . .	—	—	—	70,000	—	102,140
Швеція . . . . .	—	—	—	36,467	—	92,352
Проч. государ. Европы . . . . .	—	—	—	—	—	80,000
Соедин.-Штаты Америки . . . . .	1858	14,685,820	1866	21,856,844	1873	48,273,417
Канада . . . . .	1855	216,338	1865	635,586	1876	709,646
Проч. государст. Америки . . . . .	—	—	—	—	—	400,000
Азія . . . . .	—	—	—	—	—	4,120,000
Африка . . . . .	—	—	—	—	—	100,000
Австралія . . . . .	—	—	1866	774,000	1876	1,380,000
Всего . . . . .	—	111,924,654	1866	185,388,127	1876	287,718,607

Согласно выше приведенной таблицѣ, общее количество добытаго въ 1876 г. ископаемаго топлива опредѣляется въ 287,7 милліонѣ метрическихъ тоннъ. Изъ этой таблицы



усматривается слѣдующее приращеніе добычи ископаемаго топлива на земномъ шарѣ не принимая во вниманіе приблизительныхъ цифръ добычи угля въ Азіи, Африкѣ и Америкѣ, за исключеніемъ Соединенныхъ Штатовъ:

съ 1856 по 1866 годъ . . . . .	на	65,6%
съ 1866 „ 1876 годъ . . . . .	„	52,7%
съ 1856 „ 1876 годъ . . . . .	„	252,9%

Добыча угля 1876 года распредѣлилась въ слѣдующемъ отношеніи по отдѣльнымъ государствамъ и странамъ:

Великобританія . . . . .	47,0%
Германія . . . . .	17,2 „
Соединенные Штаты с. Америки . . . . .	16,3 „
Франція . . . . .	6,0 „
Бельгія . . . . .	5,0 „
Австро-Венгрія . . . . .	4,6 „
Азія . . . . .	1,4 „
Россія . . . . .	0,6 „
Австралія . . . . .	0,48 „
Канада . . . . .	0,24 „
Испанія . . . . .	0,24 „
Италія . . . . .	0,035 „
Африка . . . . .	0,035 „
Швеція . . . . .	0,03 „

### Образованіе ископаемаго угля.

Весь этотъ огромный запасъ ископаемаго угля, какъ было уже сказано выше, образовался главнымъ образомъ черезъ разложеніе различныхъ растений, хотя по настоящее время условія, при которыхъ происходило самое образованіе ископаемаго угля и процессы его обуславливающіе, далеко не выяснены. Обыкновенно принимаютъ, что въ весьма ранній періодъ существованія земли, когда произошло раздѣленіе суши отъ воды, и появились первые острова и материкъ, атмосфера имѣла другой составъ нежели теперь, болѣе благоприятный для развитія растительности: она содержала много углекислоты и влаги; температура была повсѣмѣстно тропическая. Выстѣ съ тѣмъ тѣ подъемы, которые теперь обуславливаютъ теченіе рѣкъ, еще не обозначились: рѣкъ не было, было только стояніе воды. Здѣсь, подъ влияніемъ указанныхъ выше благоприятныхъ условій, развивались раскопная растительность гигантскихъ тайнобрачныхъ и другихъ растений, смотря по геологическому періоду. Скоро наступили съ этими растеніями тѣ же явленія, которые теперь производятъ торфъ, а за тѣмъ, вслѣдствіе землетрясеній, а главнымъ образомъ наносовъ, погибшій растительный слой, подъ влияніемъ давленія и высокой темпера-

туры и при отсутствіи кислорода, подвергся измѣненіямъ болѣе глубокимъ лишился мало по малу не только своего кислорода, но и значительной части своего водорода, который въ видѣ болотнаго газа и другихъ углеродистыхъ водородовъ или прорывался наружу, или наполнял пустоты и пропитывалъ породы соответственныхъ формаций. На новыхъ наносахъ являлся новый растительный слой и процессъ продолжался по прежнему; наконецъ, углубленіе или совершенно заполнилось, или вулканическими переворотами подымалось или погружалось окончательно подъ воду. Этотъ очеркъ образованія каменнаго угля объясняетъ и постепенно замѣчаемую прослойку каменнаго угля наносами, и расположеніе каменноугольныхъ мѣсторожденій мульдами (котловинами), и наконецъ, согласенъ съ опытами *Куньяръ-Датура*, *Виолета*, *Барулье* и *Фреми*, которые показали, что при нагреваніи дерева, листьевъ и т. д. въ закрытыхъ трубкахъ или между слоями глины до температуры не ниже 300°, образуются жидкіе и газообразные продукты и получаютъ вещества, сходныя по своему наружному виду, свойствамъ и составу, съ каменнымъ углемъ.

*Cagniard Latour* (1850) запаивалъ въ стекляныя трубки небольшія палочки дерева (дубъ, береза, тополь, букъ), высушеннаго при 100°, и нагревалъ ихъ въ кипящей ртути (360°). При этомъ нагреваніи, дерево превращалось сначала въ черную жидкость, а затѣмъ, при вскипаніи, въ черное вещество, похожее на каменный уголь и горящее коптящимъ пламенемъ. Нѣкоторые изъ этихъ продуктовъ вспучивались въ огнѣ, другіе нѣтъ. Спекующіеся угли давали по большей части молодая деревья, затѣмъ преимущественно нѣкоторыя опредѣленные породы (напримѣръ ель и гуаякъ); деревья старше 30 лѣтъ давали испекающійся уголь. Присутствіе воды повидимому способствуетъ превращенію дерева въ вещество, похожее на каменный уголь.

*Violette* (1851) повторилъ эти опыты съ черемхой (крушиной), высушенной при 150°. Небольшія палочки этого дерева были запаивы въ стеклянныя трубки и затѣмъ нагреваемы въ особенномъ приборѣ перегрѣтымъ паромъ, возвышая температуру постепенно на 20°. При этомъ нагреваніи, начиная съ 160°, дерево во всѣхъ случаяхъ распадалось на газообразные продукты, на слабоокрашенную прозрачную или мутную жидкость и на твердый остатокъ. Свойства этого твердаго остатка были различны, смотря по температурѣ, при которой происходило нагреваніе. При 160° получался бурый древесный уголь, при 220—280° обыкновенный черный древесный уголь, при 300° и выше наступало плавленіе и продуктъ получалъ видъ каменнаго угля, или пузырчатаго (при нагреваніи до 320°) или плотнаго (при 340°). При температурѣ 400° уголь терялъ почти всѣ летучія вещества и получался продуктъ сходный съ антрацитомъ. Количества угля, получаемаго при обыкновенномъ способѣ обугливанія а) и при обугливаніи при высокомъ давленіи б) были, по опредѣленію *Violette'a*, на 100 ч. дерева слѣдующія:

	а.	б.
160°	98,00	97,4 (бурый уголь).
240°	50,79	83,0 (обыкновен. черный дров. уголь).
340°	29,66	79,1 (уголь, похожій на каменный).

Составъ трехъ продуктовъ, обозначенныхъ подъ буквою b, былъ слѣдующій:

Темпер. разложеніи.	Углеродъ.	Водородъ.	Кислородъ.	Зола.
160°	49,02	5,30	45,53	0,15
240°	67,13	5,17	25,92	1,77
340°	77,07	4,70	14,04	3,84

*Baroulier* (1858), плотно сжимая древесные опилки, листья и т. п. между влажною глиною и подвергал ихъ въ этомъ видѣ продолжительному нагрѣванію при температурѣ 200—300°, замѣтилъ, что названныя органическія вещества превращаются при этомъ въ массу, похожую на каменный уголь.

Наконецъ *Фрему* (1879), съ цѣлью объяснить образованіе каменнаго угля, подвергъ нагрѣванію (200—300°) въ запаленныхъ трубкахъ клѣтчакку и такъ называемыя инкрустирующія вещества дерева и получилъ при этомъ кислоты, газообразныя вещества, воду и смолы, причемъ употребленныя вещества сохранили первоначальное строеніе и не имѣли ничего общаго съ каменнымъ углемъ. При нагрѣваніи же въ запаленныхъ трубкахъ веществъ, содержащихся въ растительныхъ клѣточкахъ (сахаръ, крахмалъ, камеди и т. д.), получались вещества, сходныя по наружному виду и свойствамъ съ каменнымъ углемъ. Подобно вышеназваннымъ веществамъ, гуминовая кислота, полученная изъ торфа, дерева или сахара, превращается при нагрѣваніи въ запаленныхъ трубкахъ въ вещество, похожее на каменный уголь. По мнѣнію *Фреми*, растенія, послужившія для образованія ископаемаго топлива, превратились сначала въ торфъ, а затѣмъ только въ каменный уголь.

### Классификація ископаемыхъ углей.

Образовавшись изъ различныхъ растений и при очень различныхъ условіяхъ, ископаемые угли представляютъ весьма большое разнообразіе, затрудняющее ихъ классификацію. Обыкновенно подраздѣляютъ ископаемые угли на двѣ большія группы,—на бурый уголь и каменный уголь, причемъ подъ первымъ подразумѣваютъ ископаемый уголь, лежащій въ третичной формаціи, подъ вторымъ—уголь, лежащій въ формаціяхъ болѣе древнихъ, чѣмъ третичная.

Въ большей части случаевъ эта геологическая классификація ископаемыхъ углей согласуется также съ физическими и химическими свойствами ихъ.

Каменный уголь имѣетъ обыкновенно болѣе темный цвѣтъ; болѣе удѣльный вѣсъ и большее процентное содержаніе углерода, чѣмъ бурый уголь; при сухой перегонкѣ, каменный уголь даетъ между прочимъ свободный амміакъ, бурый же уголь даетъ при тѣхъ же условіяхъ уксусную кислоту или свободную, или соединенную съ амміакомъ. Кроме того по изслѣдованіямъ *Фреми* (1861), нѣкоторые видоизмѣненія бурого угля (лигниты) растворяются отчасти въ водныхъ растворахъ ѣдкихъ щелочей и всѣ въподнѣ растворяются въ хлорноватистыхъ щелокахъ и азотной кислотѣ, Въ этой послѣдней бурый уголь растворяется съ большою легкостью, образуя смолистое вещество желтаго цвѣта. Каменный же уголь не растворяет-

ся въ хлорноватистыхъ щелочахъ, по растворяется въ смѣси сѣрной и азотной кислотъ. Наконецъ, по *Шиннеру* и *Моравскому* (*Schinnerer* и *Morawsky*, 1872), бурый уголь при сплавлении съ щелками даетъ пирокатехинъ ( $C^6 H^4 (OH)_2$ —оксифенолъ); между тѣмъ какъ каменный уголь при тѣхъ же условіяхъ не даетъ этого соединенія.

*Percy* <sup>1)</sup> нашелъ, что ископаемые угли, при продолжительномъ (нѣсколько лѣтънемъ) дѣйствіи концентрированныхъ реактивовъ, измѣняются слѣдующимъ образомъ:

Ископаемый уголь.	Азотная кислота.	Сѣрная кислота.	Хлорноватриевая соль.	Щелочное кали.
Бурый уголь	Разлагаетъ вполне; растворъ желтый; остатокъ бѣлый.	Разлагаетъ вполне; растворъ блѣдно-оранжевый; остатокъ бѣлый.	Сильно измѣняется; растворъ темно-красный; остатокъ сильно окрашенъ.	Сильно измѣняется; растворъ темно-красный и густой; остатокъ сильно окрашенъ.
Камен. уголь	Сильно измѣняется; растворъ желтовато-зеленый; остатокъ бурый, темный.	Сильно измѣняется; растворъ желтоватаго цвѣта; остатокъ сильно окрашенъ.	Мало измѣняется; растворъ желтовато-бурый; остатокъ почти черный.	Очень мало измѣняется; растворъ желтовато-зеленый; остатокъ почти черный.
Антрацитъ	По видимому не измѣняется; растворъ безцвѣтный; остатокъ черный.	Мало измѣняется; растворъ свѣтло-красный; остатокъ сильно окрашенъ.	Мало измѣняется; растворъ свѣтло-желтый; остатокъ черный.	Очень мало измѣняется; растворъ желтоватый; остатокъ почти черный.

Разсмотримъ теперь ближе объ названныя группы ископаемыхъ углей.

## Бурый уголь.

### Литература.

*Zincken*. Die Braunkohle und ihre Verwendung. 1. Th. Hannover., 1865-67.

— Ergänzung zu der Physiographie der Braunkohle. Halle, 1871.

— Die Fortschritte der Geologie der Tertiärkohle, Kreidekohle, Jurakohle und Triaskohle oder Ergänzungen zu der Physiographie der Braunkohle. Lpz., 1878.

*Долгинскій*. Исслѣдованіе и разработка землястаго и деревянистаго буряго угля въ восточной Россіи. 1 вып. Исслѣдованіе бурогоугольныхъ мѣсторожденій; вып. 2. Бурогоугольные выработки; вып. 3. Отводы, провѣтриваніе и пожары въ бурогоугольныхъ выработкахъ; вып. 4. Отопленіе бурымъ углемъ.—Отдѣльные оттиски изъ Горнаго Журнала за 1877-79 года.

<sup>1)</sup> *Fischer*. Chemische Technologie der Brennstoffe. 129. Eng. Minig J. 23, № 11.

*Внешний видъ и свойства* бурыхъ углей различныхъ и даже одного и того же мѣсторожденія представляютъ большое разнообразіе. То они имѣютъ видъ свѣтлобурыхъ кусковъ съ ясно выраженнымъ растительнымъ строеніемъ и иногда столь плотныхъ, что могутъ быть употребляемы для изготовленія различныхъ столярныхъ издѣлій (лигнитъ), то они представляютъ безструктурную болѣе или менѣе плотную массу съ землистымъ изломомъ (землистый бурый уголь, Moorkohlen, erdige Braunkohle), то они тверды, блестящи и похожи на каменный уголь (смолистый бурый уголь Pech-und. Glanz-Kohle), то, наконецъ, они являются въ видѣ массъ, имѣющихъ слоистое строеніе (сланцевый бурый уголь, Schiefer- und Blätterkohle). Въ большей части случаевъ встрѣчается смѣсь лигнита съ землистымъ бурымъ углемъ. Гораздо рѣже встрѣчается сланцеватый и смолистый бурый уголь; этотъ послѣдній слѣдуетъ разсматривать какъ метоморфозированный бурый уголь, вслѣдствіе прохожденія черезъ него базальтовыхъ породъ. (Lasaulx 1870).

*Zincken* подраздѣляетъ бурые угли на 12 разновидностей, которыя, однако, могутъ быть подведены подъ 4 главныя группы, указанные выше:

1) *Обыкновенный бурый уголь* (плотный землистый бурый уголь, Gemeine Braunkohle lignite compacte) представляетъ болѣе или менѣе крѣпкую и плотную массу, въ которой отчасти сохранено растительное строеніе; изломъ плоскій до плоскораконистаго, переходящій въ землистый, матовый или слабоблестящій; цвѣтъ свѣтлобурый до темнобураго, добывается въ видѣ кусковъ (діаметръ 4—5 дюймовъ), которые, распадаясь на воздухѣ, даютъ угольную мелочь, землистый уголь (Formkohle).

2) *Землистый бурый уголь* (рыхлый землистый бурый уголь, Erdkohle, lignite terneux) образовался черезъ полное измѣненіе растеній; онъ представляетъ землистую массу болѣе или менѣе легко растирающуюся въ порошокъ; цвѣтъ его темно—или красно-бурый изломъ матовый, неровный; болѣе или менѣе марокъ. Видоизмѣненіями этого угля можно считать: *детлярный уголь* (Schweelkohle), употребляемый для сухой перегонки, *вязкій уголь* (Schmierkohle), представляющій въ влажномъ состояніи тягучую, клейкую массу, напоминающую глину; *кельнская умбра*, землистый уголь бураго цвѣта, употребляющійся какъ краска и *уольная сажа* (Russ, Russkohle), встрѣчающаяся въ Богеміи.

3) *Лигнитъ или волокнистый бурый уголь* (Lignit, farsige Braunkohle, lignite xiloid). Болѣе или менѣе измѣнившаяся древесная масса, желтаго до темнобураго цвѣта; поперечный изломъ неровный, запозыстый и соответствуетъ породѣ дерева, изъ котораго образовался.

4) *Сланцевидный уголь* (Schieferkohle, lignite schistoide). Сланцеватое строеніе, плотный; цвѣтъ буроваточерный до чернаго; поперечный изломъ неровный, матовый до блестящаго.

5) *Бумажный уголь* (Papierkohle, lignite lamelleux).

6) *Листьянный уголь* (Blätterkohle) образованъ изъ листьевъ растеній.

7) *Камышевый уголь* (Schilfkohle).

8) *Болотный уголь* (Moorkohle, houille des marais) Жесткій, безъ растительнаго строенія, изломъ плоскораконистый и отчасти крупнослоистый, болѣею частью крупный, цвѣтъ темнобурый до чернаго; часто содержитъ остатки болотистыхъ растеній.

9) *Смолистый уголь* (Pechkohle, lignite picforme). Жесткий, больше или меньше хрупкий, цветъ черный; матовый или слабоблестящій; встрѣчается близъ вулканическихъ породъ, бывшихъ въ расплавленномъ состояніи.

10) *Блестящій уголь* (Glanzkohle, lignite collant), плотный, изломъ раковистый, блестящій; темночернаго цвѣта; самый твердый изъ бурыхъ углей (тверд. 2,5—3,0).

11) *Гигатъ* (Gagat, Jet). Плотный; изломъ раковистый, цвѣтъ бархатисто или смолено-черный; столь плотный и мало-хрупкий, что служитъ для изготовленія различныхъ предметовъ.

12) *Стебельчатый уголь* (Stänglige Braunkohle, stängliger Antracit). Состоитъ изъ отдѣльныхъ призматическихъ столбиковъ (шир.  $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$  дюйма; длина до 1 фута и больше), бурого цвѣта; немного больше плотный, чѣмъ обыкновенный бурый уголь, съ которымъ имѣетъ много общаго.

*Химическій составъ* бурыхъ углей очень различенъ, смотри по растеніямъ, послужившимъ для его образованія и условіямъ, при которыхъ происходило образованіе угля. Изъ многочисленныхъ анализовъ бурого угля, можно заключить, что органическая составная часть бурого угля содержитъ:

	среднее.	maximum.	minimum.
Углерода . . . . .	68,1	91,7	53,3
Водорода . . . . .	5,5	10,3	3,5
Кислорода . . . . .	26,4	40,4	3,6

*Азотъ* содержится въ буромъ углѣ только въ незначительныхъ количествахъ, обыкновенно меньше одного процента и въ рѣдкихъ случаяхъ, доходитъ до 2<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.

Количество *минеральныхъ веществъ* въ буромъ углѣ колеблется между 1—75<sup>0</sup>/<sub>100</sub> (среднимъ числомъ 10<sup>0</sup>/<sub>100</sub>), причемъ конечно бурый уголь, содержащій 50<sup>0</sup>/<sub>100</sub> золы, не можетъ быть съ выгодой употребляемъ какъ топливо. Зола состоитъ главнымъ образомъ изъ кремневой кислоты, сѣрной кислоты, глинозема, окиси желѣза и извести; въ меньшихъ количествахъ, въ ней содержится окись магнезіи, щелочи, хлоръ и фосфорная кислота (до 0,6 <sup>0</sup>/<sub>100</sub>). Такимъ образомъ зола бурыхъ углей отличается отъ золы торфа меньшимъ содержаніемъ фосфорной кислоты и значительно большимъ присутствіемъ сѣрной кислоты, которая обязана своимъ происхожденіемъ главнымъ образомъ желѣзному колчедану и гипсу, содержащимся въ буромъ углѣ.

Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ собраны всѣ мнѣ извѣстные анализы бурыхъ углей. Въ эти таблицы не включены впрочемъ нѣкоторые анализы, помѣщенные въ сочиненіи *Zincken'a*, а именно тѣ, при которыхъ не указано имя изслѣдователя, и въ которыхъ сумма отдѣльныхъ составныхъ частей не соответствуетъ 100. Въ эти анализы очевидно вкрались опечатки.

Мѣсто нахождения.	% влажности, вода въ углѣ, высушенна по дѣт.	Зольность, въ сухомъ остаткѣ, 1000, въ %	Въ 100 ч. угля, за исключеніемъ зольности, содержится:					Удельный вѣсъ.	100 ч. угля дають кокса <sup>1</sup>	Свойства углей.	Имя исследователя.		
			С.	Н.	О.	N.	S.						
<b>А н г л і я .</b>													
Островъ Muller . . . . .	—	—	76,44	6,42	17,14	—	—	—	—	—	Лингитъ Блестящій уголь (Glanzkohle)	Cane (Zincken Braunkohle, 28).	
" " . . . . .	—	—	76,21	6,04	17,75	—	—	—	—	—			
<b>А в с т р і я .</b>													
<i>Австрія собственно.</i>													
Wildshut . . . . .	26,15	15,58	68,72	5,04	31,24	0,99	1,806	54,7	—	—	Организованное строеніе ясно замѣтно; цвѣтъ темнобурый до чернаго, изломъ раковистый Организованное строеніе ясно замѣтно, цвѣтъ почти черный, изломъ слоистый до раковистаго Организованное строеніе ясное, изломъ раковистый Смолистый уголь (Pechkohle); организов. строеніе не замѣтно	Schrötter (1849).	
Thallern . . . . .	22,58	19,84	61,47	4,76	33,77	4,57	1,418	63,7	—	—			
Gloggnitz . . . . .	15,15	12,54	65,99	5,13	28,88	3,12	1,846	54,4	—	—			
Grünbach . . . . .	6,57	6,92	74,84	4,61	20,55	1,71	1,320	60,9	—	—			
<i>Бохемія.</i>													
Grosspriess } около Aussig'a.	19,50	6,51	68,00	5,14	26,86	—	—	—	—	—	Смолистый уголь, представляетъ переходъ въ каменному; цвѣтъ чернобурый, довольно плотный	Erdmann (1845).	
Schönfeld. }	28,50	8,65	70,80	5,81	23,39	—	—	—	—	—			
" " . . . . .	—	12,35	69,82	5,90	24,28	—	—	—	—	—	Плотный, изломъ матовый, раковистый; цвѣтъ чернобурый, блестящій коксъ; переходъ въ горнымъ смоламъ	Baer (1847/8). Regnault (1837).	
Ellenbogen . . . . .	—	4,96	77,64	7,85	14,51	—	1,157	27,4	—	—			
<i>Венрія.</i>													
Бременскія Граниты в Соммерс около Oedonburg'a	Tokodt . . . . .	—	11,00	67,50	4,70	27,80	—	1,494	—	—	Чернаго цвѣта; блескъ матовый, иногда стекловидный, изломъ слабецелидный, иногда раковистый; коксъ не спекающійся	Nendtvich (1847).	
	Csolnok . . . . .	—	5,66	71,56	5,19	23,25	—	1,359	—	—			
	Sárisáp . . . . .	—	9,41	67,85	4,93	27,22	—	1,408	—	—			
	Ujfalu . . . . .	18,60	9,74	69,72	4,82	25,46	5,10	1,430	60,26	—			—
	Magyaros . . . . .	13,63	8,34	69,21	4,50	26,29	3,07	1,420	56,84	—			—
	Zemle . . . . .	—	4,35	71,90	4,79	23,31	—	1,347	—	—			—
	Rudolfilager 1. . . . .	18,68	2,39	70,84	4,72	24,44	0,91	1,285	50,89	—			—
	" 2. . . . .	17,00	2,08	72,19	5,18	22,63	0,55	1,300	55,98	—			—
	Josephilager 3. . . . .	17,82	2,56	72,49	5,17	22,34	1,30	1,289	53,00	—			—
	" 4. . . . .	17,10	4,65	71,36	5,10	23,54	1,63	1,384	46,00	—			—
<i>Крайна.</i>													
Trifail . . . . .	—	7,9	55,59	5,85	38,56	0,90	—	—	—	—	Смолистый уголь (Pechkohle) Тоже Тоже Тоже Тоже	(Zincken, Braunkohlen, 30). Filipuzzi (1856)	
Harstnigg . . . . .	—	6,9	53,25	6,35	40,40	3,0	—	—	—	—			
Gouze . . . . .	—	12,0	56,02	6,00	37,98	3,0	—	—	—	—			
Sagor . . . . .	—	11,0	55,12	6,49	38,39	3,0	—	—	—	—			
Cludinico . . . . .	—	14,21	91,68	4,70	3,59	0,03	1,58	79,52	—	—			
<i>Штирія.</i>													
Hrastovetz . . . . .	0,7	1,66	81,41	4,94	13,00	0,65	0,20	—	71,2	—	Girtler. (Собщ. Науер'омъ, 1856).		
<b>Германія.</b>													
<i>Баварія.</i>													
Passau . . . . .	17,54	22,40	77,13	4,13	18,74	—	—	—	—	—	ayser (1876).		
Pensberg . . . . .	—	3,80	73,47	4,89	21,64	—	—	—	—	—	Смолистый уголь Свѣтлый лингитъ	Till. (Zincken, 26).	
Regensburg . . . . .	—	1,0	65,86	5,66	28,48	—	—	—	—	—			

<sup>1</sup>) Въ большей части случаевъ количество кокса опредѣлено для угля, высушеннаго при 100°. Въ тѣхъ случаяхъ, когда коксъ опредѣленъ не для сухаго угля, число помѣщено въ ( ), въ тѣхъ же случаяхъ, когда не указано, для влажнаго или сухаго угля былъ опредѣленъ коксъ, рядомъ съ числомъ поставленъ (?).

Мѣстонахождение.	°/о гипроксиге, воды въ угле при суг. на воздухе.	°/о золь въ угле, высушенномъ при 100°.	Въ 100 частяхъ сухаго угля, за исключеніемъ золь, содержится:					Удельный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ колса.	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Гессенъ-Кассель (около Касселя).</i>											
Meissner <sup>1)</sup> 1. . . . .	—	1,77	73,00	4,93	32,07	—	—	1,351	(48,5)	Цвѣтъ черный, изломъ раковистый; коксъ слабоспекающийся. - - Стеблистый антрацитъ (Stänglicher Antracit), матовый, мѣстами блестящій, цвѣтъ сѣростальной до желѣзно-чернаго - - - - - Смолистый б. уголь (Pechkohle), раковистый изломъ; сильно блестящій, цвѣтъ смолиночерный, даетъ много свѣтлѣнаго газа - - -	Regnault (1837).
" 2. . . . .	3,63	16,05	86,70	3,90	9,40	—	—	1,495	—		
" 3. . . . .	9,07	2,67	63,95	5,37	30,68	—	—	1,378	—		
Hirschberg 1. . . . .	9,36	0,89	67,72	4,85	27,43	—	—	1,344	—	Смолистый б. уголь (Pechkohle), такой же какъ Meissner, 2. - - Смолистый уголь (Glanzkohle), такой же какъ Meissner, 3. - - - Нижній пластъ бурога угля (Braunkohle) - - - - - Средній пластъ бурога угля - - - - - Древовидный бурый уголь (лигнитъ) - - - - -	Kühnert (1841).
" 2. . . . .	7,80	2,99	73,91	5,39	20,70	—	—	1,335	—		
" 3. . . . .	16,10	5,89	67,08	5,18	27,74	—	—	1,387	—		
" 4. . . . .	15,52	3,79	67,62	4,93	27,45	—	—	1,375	—		
" 5. . . . .	11,39	1,45	59,21	6,01	31,78	—	—	1,279	—		
Habichtswald. . . . .	10,79	1,49	65,16	5,14	29,70	—	—	1,310	—	Смолистый б. уголь, такой же какъ Meissner, 3. - - - - - Бурый уголь, цвѣтъ бурый, изломъ землистый, матовый; рѣдко блестящ.	Niederstadt (1873)
Stillberg . . . . .	16,27	8,30	66,14	6,02	27,84	—	—	1,436	—		
Meissner 1. . . . .	3,63	5,47	77,00	3,51	19,35	0,14	—	1,32	—	Смолистый уголь (Glanzkohle) - - - - - Лигнитъ, темнобурога цвѣта съ испорачит. сложеніемъ - - - - - Бурога до чернаго цвѣта, содержитъ смоль; годич. слои замѣтны -	Liebig (Zincken p. 25)
" 2. . . . .	10,80	1,79	58,29	4,74	36,77	0,20	—	1,12	39,9		
Rheinhardswald . . . . .	10,28	5,94	70,17	4,32	24,83	0,18	—	1,13	—	Лигнитъ въ видѣ стволовъ - - - - - Лигнитъ - - - - -	Gräger (Zincken, p. 26)
Hirschberg . . . . .	11,39	3,17	70,57	5,68	23,61	0,14	—	1,35	—		
Laubach . . . . .	—	0,53	57,62	6,07	36,31	—	—	—	—	Блестящій, смолистый уголь (Glanzkohle) - - - - - Блестящій, смолистый уголь (Glanzkohle) - - - - - Землистый бурый уголь - - - - - Смолистый уголь (Pechkohle) - - - - -	Casselmann (1854).
Meissner . . . . .	—	4,0	89,03	4,56	6,41	3,9	—	1,30	—		
Hirschberg . . . . .	—	2,3	75,15	5,88	18,97	0,70	—	1,23	—		
Faulbach . . . . .	—	6,6	73,48	6,66	19,86	7,80	—	1,05	—		
" . . . . .	—	7,50	71,72	6,51	21,77	8,00	—	1,13	—		
<i>Нассау Westerwald.</i>											
<i>Свѣтлый лигнитъ.</i>											
изъ 4 мѣсторожденій (сред.).	—	1,40	69,62	6,06	24,32	—	—	—	40,8	Лиственное раст. строеніе; годичные слои, кора и т. д. на столько замѣтны, какъ и въ неизмѣненномъ деревѣ; отсутствіе блеска; при высушиваніи уголь не измѣняется, изломъ занозистый или волокнистый, почти не содержитъ желѣзн. колчедана; цвѣтъ или свѣтлый, или темнобурый - - - - -	
изъ 7 мѣсторожденій (сред.).	—	1,92	66,57	6,06	27,37	—	—	—	46,29		
изъ 2 мѣсторожденій (сред.).	—	5,83	66,43	5,59	27,98	—	—	—	50,60		
<i>Темный лигнитъ.</i>											
(изъ 2 опред.) . . . . .	—	1,74	59,27	5,98	34,75	—	—	—	37,79		
<i>Псейдолигнитъ.</i>											
изъ 21 мѣсторожденій (сред.).	—	11,50	64,46	5,02	30,52	—	—	—	55,23	Цвѣтъ темнобурый до чернаго; при высушиваніи сильно темнѣетъ; растительное строеніе явственно замѣтно; въ свѣжемъ состояніи не имѣетъ блеска; послѣ высушиванія изломъ становится раковистымъ и сильноблестящимъ - - - - -	
изъ 8 мѣсторожденій (сред.).	—	14,39	65,39	4,80	29,81	—	—	—	56,80		
<i>Чистый конгломератъ изъ лигнита и псейдолигнита.</i>											
изъ 4 мѣсторожденій (сред.).	—	11,02	64,70	4,90	30,40	—	—	—	54,80		
<i>Землистый конгломератъ.</i>											
*изъ 1 мѣсторожд. . . 1. . . . .	—	15,29	71,59	4,95	23,46	—	—	—	55,41	Конгломератъ образуетъ главную массу пластовъ, въ среди котораго лежатъ большіе куски лигнита и псейдолигнита - - - - -	
изъ 2 мѣсторожд. . . 2. . . . .	—	14,02	64,92	5,06	30,02	—	—	—	52,69		
изъ 1 мѣсторожд. . . 3. . . . .	—	19,88	62,68	4,91	32,41	—	—	—	56,11		
изъ 1 мѣсторожд. . . 4. . . . .	—	44,35	60,95	5,49	33,56	—	—	—	73,44		
изъ 1 мѣсторожд. . . 5. . . . .	—	30,70	60,23	4,50	35,27	—	—	—	59,43		
изъ 1 мѣсторожд. . . 6. . . . .	—	45,58	59,40	5,32	35,28	—	—	—	65,02		
*Оранжеватый уголь (1 опред.).	—	11,01	70,57	7,60	21,88	—	—	—	—	Агрегатъ измѣнен. листьевъ чернаго цвѣта; при высушиваніи распадается на пластинки и изломъ становится блестящимъ - - - Напоминаетъ собою древесный уголь, большею частью занимаетъ подчиненное мѣсто среди другихъ бурыхъ углей Westerwald'a - -	
*Обугленное дерево . . . . .	—	22,17	73,51	4,21	22,28	—	—	—	72,21		

<sup>1)</sup> Сравн. также Lasaulx (1870). Исслѣдованія Lasaulx не оспоримо показываютъ, что антрацитовый и смолистый бурные угли образовались изъ обыкновеннаго бурога угля подъ вліяніемъ базальтовыхъ породъ.



Мѣсто нахождения.	°/о гидроскопич. воды въ углѣ высуш. на воздухѣ.	°/о воды въ углѣ, высушенномъ при 100°.	Въ 100 частяхъ сухаго угля, за исключеніемъ золы, содержится:					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля дають кокса.	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.	
			C.	H.	O.	N.	S.					
<b>Германія.</b>												
<i>Пруссія.</i>												
Провинц. Саксонія.												
Лигнитъ изъ Nicstedt'a . . . . .	—	—	62,27	5,19	32,55	—	1,218	—	Свѣтлобурого до чернаго цвѣта, землистый, содержитъ въ свѣжѣмъ состояніи среднимъ числомъ 45,5°/о воды; сѣры содержитъ мало, вообще говоря не болѣе 0,3; сѣра эта опредѣлена вмѣстѣ съ углеродомъ . . . . .	F. Bischof (1850).		
Землистый бурый уголь изъ 12 мѣсторожденій:												
maximum . . . . .	—	—	67,58	6,66	—	—	1,318					
minimum . . . . .	—	—	57,25	5,18	—	—	1,127					
среднее . . . . .	—	14,80	63,87	5,94	30,19	—	1,214					
*Görstewitz . . . . .	—	—	12,59	76,78	11,76	11,46	—	—			Принадлежитъ скорѣе къ горнымъ смоламъ . . . . .	
Tollowitz 1. . . . .	—	—	11,10	71,02	6,50	22,48	—	—				
" 2. . . . .	—	—	11,56	73,16	6,36	23,48	—	—				
" 3. . . . .	89,52	—	12,47	70,91	6,55	22,74	—	—				
Zscherben . . . . .	—	—	12,54	73,47	6,59	13,94	—	—			Землистый бурый уголь; всѣ образчики содержатъ сѣру, количество которой не было опредѣлено . . . . .	Baer (1851)
Biere . . . . .	—	—	26,54	71,87	6,20	21,33	—	—				
Stechau . . . . .	—	—	4,95	67,90	5,43	26,67	—	—				
Провинц. Бранденбургъ.												
Frankfurt на Одерѣ . . . . .	—	9,08	65,61	5,34	29,05	—	—	—				
Wittenberge . . . . .	—	11,10	71,02	6,50	22,48	—	—	—				
Между Weisenfels'омъ и Zeitz'омъ												
" 1. . . . .	—	—	61,32	5,63	30,05	—	—	—	Настоящій бурый уголь . . . . .	} Karsten (1850).		
" 2. . . . .	—	13,55	68,92	10,30	20,78	—	0,90	—			Измѣненный бурый уголь . . . . .	
<i>Саксонія, (королевство).</i>												
Meissen 1. . . . .	—	7,50	68,58	6,21	25,18	6,61	—	—	Землистый бурый уголь . . . . .	} Gräger (Zincken, Braunkohle. 27). Baer (1847/8).		
" 2. . . . .	—	5,0	72,56	6,38	21,06	9,30	—	—				
Plauen . . . . .	—	21,19	70,54	5,28	24,18	—	—	—				
<b>Греція.</b>												
Elis . . . . .	—	9,02	67,28	5,49	27,23	—	1,185	58,9	Блѣзноватый, матовый черный цвѣтъ, замѣтн. организован. слож., коксъ не спекающійся . . . . .	} Regnault (1837).		
На восточномъ берегу Негропонта б. рѣки Куми . . . . .	16,48	15,60	62,65	5,93	29,29	2,13	—	58(?)			Чернаго цвѣта съ небольшимъ блескомъ; плотность незнач. листоватое сложеніе, коксъ не спекающійся . . . . .	
б. деревни Сринось . . . . .	11,45	4,71	54,45	5,37	38,39	1,79	—	45(?)	Отличается отъ предъидущаго угля отсутствіемъ блеска и слоист. слож.	} Ивановъ (Горн. Ж. 1859 IV, 110).		
<b>Италія.</b>												
Vamboli (Тоскана) . . . . .	—	3,65	76,60	5,30	18,10	—	1,135	66(?)	По внѣшнему виду вполне похожъ на каменный уголь, содержатъ много желѣзнаго колчедана (S—2, 35°/о) . . . . .	} Simonin (1858). Campani и Gianetti (1873).		
Siena (Тоскана) 1. . . . .	—	9,70	63,54	5,45	31,01	—	—	—			Компактный уголь . . . . .	
" 2. . . . .	—	2,0	59,63	6,85	32,84	0,63	—	—			Древоидный лигнитъ . . . . .	
<b>Россія.</b>												
Московская губернія . . . . .	—	2,50	62,8	4,9	32,30	—	—	—	Лигнитъ . . . . .	Hermann (1842).		
Кіевская губернія.												
Екатеринополюская казенная дача (Звенигородск. уѣзда)												
1. . . . .	10,52	9,84	65,88	7,26	26,86	—	—	38,42	Землистый бурый уголь, бурочернаго цвѣта, въ свѣжѣмъ состояніи содержитъ до 60°/о воды, и легко формуется. При высыханіи распадается въ порошокъ, даетъ поринкообразный коксъ. (реди этого бурого угля встрѣчается часто <i>лигнитъ</i> , иногда столь плотный, что годенъ для изготовленія различныхъ издѣлій . . . . .	} Ивановъ (1865 1). Лоначевскій (1871 2). лаб. Горн. Департ. 3).		
2. . . . .	—	12,17	66,54	5,36	28,10	—	—	27,45				
(среди изъ 3 опред.) 3. . . . .	—	19,30	63,80	4,81	31,39	3,75	—	50,12				

1) S-въ видѣ сѣрнистыхъ и сѣрнокислыхъ соединений.

1) Горн. Ж. 1856, IV, 411.  
2) Зап. Кіев. Об. Ест.-И. 261.  
3) [Барковский] Зап. Кіев. Об. Ест. I, 369 [1870].

Мѣстонахождение.	0/0 гигроскопич. воды въ углѣ, высушенномъ при сущенномъ воздухѣ.	Зола въ углѣ, высушенность при 100°. въ 0/0	Въ 100 ч. угля, за исключеніемъ золы, содержится:					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ коксъ <sup>1</sup> .	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Р о с с і я.</b>											
<i>Кіевская губернія.</i>											
Журавка (Черкаскаго. у.) 1.	—	15,99	60,37	5,69	33,15	0,79	—	—	—	Журавскій уголь вполне тождественный съ Екатеринопольскимъ - -	Реуць <sup>1</sup> ).
Уголь съ больш. содерж. золы (сред. изъ 3-хъ анализовъ) 2.	10,0	25,40	69,17	6,17	24,66	—	—	—	—	Зола угля (2) содержитъ 54—67% кварца и песку - - - - -	Ильенковъ (1875).
Уголь съ меньшимъ содерж. золы (средн. изъ 6 анализовъ) 3.	15,0	11,20	68,69	6,31	25,00	—	—	—	—	—	
4.	10,75	13,30	70,56	5,77	23,67	—	—	—	—	—	
5.	—	9,58	70,30	6,24	23,46	—	—	—	—	—	Богдановъ <sup>2</sup> ).
<i>Киргизская степь.</i>											
изъ окрестности форта Карабу-тока на р. Ори . . . . .	13,17	2,33	66,79	5,43	27,78	3,14	—	50,4	—	Чернаго цвѣта, довольно плотный, раковистый изломъ, коксъ спекающійся - - - - -	Ивановъ (1862, Горн. Ж. I, 101).
<i>Кавказъ.</i>											
б. Тифлиса . . . . .	—	3,04	65,32	5,85	28,83	—	—	—	—	—	Воскресенскій (1845).
<i>Сибирь.</i>											
Иркутскъ . . . . .	—	14,95	55,80	5,36	38,84	—	—	—	—	—	Воскресенскій (1843).
<b>Ф р а н ц і я.</b>											
Устья Роны . . . . .	—	14,13	73,79	5,29	20,92	—	1,254	(41,1)	—	Смолистый, черный, блестящій, организованное сложение не замѣтно; даетъ не спекающійся коксъ, горитъ сильно и коптитъ пламенемъ - - - - -	} Regnault (1837).
Daх. (dep. Landes) . . . . .	—	4,99	74,19	5,68 <sup>1</sup>	20,13	—	1,272	(49,1)	—	Цвѣтъ чернй, изломъ неровный, блескъ слабый, имѣетъ организованное сложение, коксъ не спекающійся - - - - -	
Dep. Basses Alpes . . . . .	—	—	72,19	5,36	22,45	—	1,276	(49,5)	—	Очень плотный, черный съ жирн. блескомъ, коксъ немного спученный.	
<b>Швейцарія.</b>											
Usnach, на б. Пюрихскаго оз., Semsales (Canton Freiburg) . .	5,07	2,19	57,29	5,83	36,88	—	1,167	(9,0)	—	Лигнитъ чернубураго цвѣта; твердый - - - - -	} Regnault (1837). Bolley (1861). Pettenkofer (Zin- sken Braunk., 25). Regnault (1837).
Elgg (Zürich) . . . . .	—	—	67,00	4,80	28,2	—	—	—	—	Лигнитъ. Общее количество сѣры 4,93%, въ золѣ—9,61%S. - - - - -	
Herdern (Thurgau) . . . . .	—	—	66,41	5,46	28,13	—	—	—	—	Темнобурый, плотный раковистый изломъ - - - - -	
Островъ Куба . . . . .	—	3,96	78,96	7,55	13,49	—	1,197	(39,0)	—	Содержитъ много смолистаго вещества; представляетъ переходъ къ горнымъ смоламъ и асфальту - - - - -	
Общее среднее <sup>1</sup> ) . .	14,14	9,78	68,07	5,53	26,40	3,18	1,305	55,72	—	Отношение между кислородомъ и азотомъ и водородомъ $\frac{O+N}{H} = 4,8.$	
maximum . . . . .	39,52	45,58	91,68	10,30	40,40	9,30	1,580	79,52	—		
minimum . . . . .	0,70	0,59	53,25	3,51	3,62	0,20	0,900	37,78	—		

<sup>1</sup>) При выводѣ средняго, максимум'а и минимум'а исключены анализы обозначенные.\*

<sup>1</sup>) Въ оригиналѣ 5,88 вѣроятно опечатка.

<sup>1</sup>) Сообщено Барковичемъ [1874].  
<sup>2</sup>) Сообщено П. Алексѣевымъ [1875].

Изъ приведенныхъ анализовъ видно, что составъ бурныхъ углей чрезвычайно разнообразенъ и что общія среднія числа едва ли могутъ дать объ немъ вѣрное понятіе. Разсматривая, однако, длинный рядъ анализовъ, мы можемъ замѣтить, что бурные угли могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы: на землістые бурные угли въ тѣсномъ смыслѣ слова, къ которымъ примыкаютъ лигниты, и на смолистый бурный уголь, т. е. бурный уголь, измѣненный уже послѣ своего образованія дѣйствіемъ высокой температуры <sup>1)</sup>. Представителями первой группы бурныхъ углей служатъ бурные угли прусской Саксоніи, Киевской губерніи и лигниты Вестервальда (Нассау); представителями второй группы — главнымъ образомъ Венгерскіе бурные угли. Вычисляя среднія числа изъ результатовъ анализовъ, помѣщенныхъ въ таблицахъ, мы получимъ:

Мѣсторожденіе.	% гигроскоп. вод. въ углѣ, выс. на возд.	Зола въ углѣ, высушенномъ при 100° вт. %	въ 100 ч. сухаго вещества, безъ зола, содержится:			Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля дадутъ кокса	O+N H
			С.	Н.	O и N			
Лигниты: среднее . . . . .	8,92	11,24	63,79	5,56	30,65	1,265	54,08	5,5
maximum . . . . .	11,39	45,58	76,44	6,85	36,97	1,500	73,44	
minimum . . . . .	5,07	0,59	57,29	4,50	17,14	1,20	37,79	
Земліст. бур. уголь, среднее . . . . .	18,46	12,02	67,75	5,86	26,39	1,293	54,07	4,5
maximum . . . . .	39,52	26,54	73,48	7,26	33,94	1,436	63,70	
minimum . . . . .	10,00	3,79	60,37	4,76	19,86	1,050	47,45	
Смол. бурный уголь, среднее . . . . .	12,80	6,53	70,67	5,33	24,00	1,318	57,09	4,5
maximum . . . . .	23,50	16,05	91,68	10,30	40,40	1,580	79,52	
minimum . . . . .	3,63	0,89	53,25	3,51	3,62	0,900	46,00	

Въ некоторыхъ исключительныхъ случаяхъ лигниты и землістый бурный уголь содержатъ значительно больше углерода и водорода, чѣмъ это указано въ таблицѣ. Это большое содержаніе углерода и водорода зависитъ отъ пропитыванія угля горными смолами и угли подобнаго рода представляютъ переходъ къ этимъ послѣднимъ. Они обозначены въ таблицѣ\* и не приняты въ расчетъ при выводѣ среднихъ чиселъ. Совершенно особнякомъ стоитъ бурный уголь изъ Куденико (Крайвъ), который по своему составу приближается къ антрациту. Какъ видно изъ таблицы онъ даетъ 79,52% кокса и содержитъ:

Углерода . . . . .	91,68	
Водорода . . . . .	4,70	$\frac{O+N}{H} = 0,77.$
Кислорода . . . . .	3,59	
Азота . . . . .	0,03	

Кромѣ анализовъ, указанныхъ въ выше приведенной таблицѣ, было сдѣлано, начиная съ Berthier (1835), большое число опредѣлений кокса и зола, даваемыхъ различными бурными

<sup>1)</sup> Реньо (1837) называетъ первую группу бурныхъ углей lignite imparfait, втор. lignite parfait.

углям. Самые обширныя исследования этого рода произведены въ лабораторіи австрійскаго геологическаго института надъ австрійскими бурями углей и обнаружены *Hauer*'омъ въ органѣ 1) этого учрежденія съ 1853 по 1859 г. и затѣмъ собраны *Wunderlich*'омъ въ отдѣльной брошюрѣ 2). Многіе русскіе бурые угли были изслѣдованы въ этомъ отношеніи въ лабораторіи Горнаго Департамента и обнаружены въ отчетахъ этого почтеннаго учрежденія, помѣщенныхъ въ Горномъ Журналѣ 3). Къ сожалѣнію, при обнаруженіи выше указанныхъ данныхъ не всегда обозначено, относится ли полученныя данныя къ углю, преимущественно высушенному или нѣтъ. Отсутствие этихъ указаній дѣлаетъ невозможнымъ правильное сопоставленіе и сравненіе результатовъ, полученныхъ для различныхъ углей.

Слѣдующая таблица содержитъ данныя о количествѣ воды, кокса и золы бурыхъ углей, по опредѣленію различныхъ изслѣдованій. Въ тѣхъ случаяхъ, когда числа помѣщены въ таблицѣ, неоспоримо относятся къ высушенному веществу, передъ именемъ изслѣдователя помѣщенъ знакъ (\*).

Мѣсторожденіе.	Вода.	Легуч. вещества.	Зола.	Уголь.	Кокс.	Сѣра.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Австрія.</b>								
<i>Нижняя Австрія.</i>								
(изъ 9 опред.)	средн. . .	15,10	—	9,89	—	59,66	—	Hauer.
	maximum.	25,15	—	19,34	—	63,70	—	"
	minimum.	6,57	—	3,8	—	54,36	—	"
<i>Верхняя Австрія и Зальцбургъ.</i>								
1. . . . .	—	—	5,00	—	—	—	—	"
2. . . . .	26,15	—	15,58	—	54,70	—	—	"
3. . . . .	1,00	—	2,70	—	—	—	—	"
<i>Штирія.</i>								
(изъ 57 опред.)	средн. . .	13,17	—	6,12	—	54,66	1,19	"
	maximum.	29,00	—	18,00	—	59,8	2,14	"
	minimum.	0,70	—	0,70	—	41,0	0,74	"

1) Jahrbuch der K. K. geolog. Gesellschaft.

2) *Wunderlich, H.* Vergleichung des Heizwerthes verschiedener Stein-und Braunkohlen. Wien, 1874.

3) Сводъ анализовъ каменныхъ и бурыхъ углей, произведенныхъ въ лабораторіи Горнаго Департамента до 1858, былъ сдѣланъ *Лизевичемъ* и *Королевскимъ* (Горн. Ж. 1850, I, 347). Затѣмъ въ 1870 редакціи помѣстила въ Горномъ Журналѣ сопоставленіе состава и свойства каменнаго угля главнѣйшихъ мѣсторожденій (Горн. Ж. 1870, IV, 347). Замѣтимъ здѣсь, что Горный Департаментъ оказалъ бы большую услугу, если бы издалъ въ видѣ отдѣльной книги всѣ отчеты своей лабораторіи, содержащіе богатый аналитическій матеріалъ, котораго въ настоящее время довольно трудно воспользоваться.

Мѣсторожденіе.	Вода.	Легуч. вещества.	Зола.	Уголь.	Коксъ.	Сѣра.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.	
<b>Австрія.</b>									
<i>Кернтень, Крайнъ и морское прибрежье.</i>									
(изъ 18 опред.)	среди . . . 41,77	—	7,19	—	56,00	1,35	—	Hauser.	
	максимум. 21,07	—	25,70	—		1,90	—	"	
	минимум. 1,5	—	2,20	—		0,76	—	"	
<i>Кроація и Воен. граница.</i>									
(изъ 5 опред.)	среди . . . 7,90	—	16,54	—	1,6	—	—	"	
	максимум. 12,20	—	24,50	—		—	—	"	
	минимум. 3,50	—	10,30	—		—	—	"	
<i>Далмація</i> . . . . . 1.	11,70	—	4,80	—	—	—	—	"	
" . . . . . 2.	18,60	—	6,10	—	—	—	—	"	
<i>Венція</i> . . . . . 1.	6,30	—	16,40	—	—	—	—	"	
" . . . . . 2.	4,90	—	36,60	—	—	—	—	"	
" . . . . . 3.	9,50	—	27,70	—	—	—	—	"	
<i>Область Карпатозъ и Венгрія.</i>									
(изъ 12 опред.)	среди . . . 10,36	—	9,50	—	—	—	—	"	
	максимум. 17,90	—	21,7	—	—	—	—	"	
	минимум. 0,87	—	1,49	—	—	—	—	"	
<i>Банатъ и Воен. граница.</i>									
(изъ 21 опред.)	сред. . . . 18,05	—	13,28	—	—	—	—	"	
	максимум. 26,98	—	42,20	—	—	—	—	"	
	минимум. 9,50	—	1,95	—	—	—	—	"	
<i>Зибенбиргенъ.</i>									
(изъ 4 опред.) сред.	5,56	—	20,10	—	—	0,76	—	"	
<i>Богемія.</i>									
(изъ 60 анал.)	сред. . . . 25,84	—	6,86	—	—	—	—	"	
	максимум. 31,00	—	24,30	—	—	—	—	"	
	минимум. 17,90	—	1,20	—	—	—	—	"	
(изъ 17 анал.)	среди . . . —	—	3,50 <sup>1)</sup>	—	4,90	—	—	} Krieg (1859).	
	максимум. —	—	6,20	—	58,30	—	—		
	минимум. —	—	1,70	—	35,9	—	—		
<i>Ешенбоген, Богемія</i> . . . . .	—	—	6,7	—	30,7	—	лигн.	} Berthier (1835).	
<i>Карльсбадъ, Богемія</i> . . . . .	27,60	—	15,65	—	—	0,42	лигн.		
<i>Дух</i> . . . . . 1.	6,80	—	1,48	—	—	0,70	лигн.	} Ding. J. 1877	
" . . . . . 2.	8,45	—	1,12	—	—	0,95	лигн.		
" . . . . . 3.	8,45	—	5,51	—	—	0,002	лигн.		
<i>Falkenau, Богемія</i> . . . . .	18,60	—	6,45	—	—	4,79	лигн.	} обозначено изслѣдователя <sup>2)</sup> .	
<i>Моравія и Силезія.</i>									
(изъ 44 опред.)	среди . . . 10,27	—	14,70	—	1,6	—	лигн.	Hauser.	
	максимум. 18,80	—	49,80	—		—	—	лигн.	"
	минимум. 6,80	—	3,60	—		—	—	лигн.	"

<sup>1)</sup> При выводѣ средняго, максимум'а и минимум'а оставлены безъ вниманія 3 угля, изъ которыхъ одинъ содержитъ 16,7, другой 19,63, а третій 39,7% золы.

<sup>2)</sup> Количество фосфора въ этихъ угляхъ колебалось между 0,002—0,014%.



Мѣсторожденіе.	Вода.	Легучія вещества.	Зола.	Уголь.	Коксъ.	Сѣра.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Россія.</b>								
<i>Киргизская степь.</i>								
Магншлякъ . . . . .	10,33	22,37	12,75	54,55	—	—	коксъ по спек.	Горн. Ж. 1871, I, 182
Яръ-Куё . . . . . 1.	52,65	10,15	36,50	—	—	0,70 <sup>1</sup>	Коксъ не спекающійся.	Горн. Ж. 1859, I, 107.
" . . . . . 2.	55,26	2,63	40,57	—	—	1,54 <sup>1</sup>		
" . . . . . 8.	53,08	8,84	37,30	—	—	0,78 <sup>1</sup>		
Пропсжд. не опред. 1.	59,50	16,70	23,80	—	—	—	к. не спек.	Горн. Ж. 1858, III, 110.
" . . . . . 2.	52,70	3,8	43,50	—	—	—	смол. дер.	Г о ж р.
Кубанская область . .	13,20	42,30	2,70	41,80	—	—	лигнитъ.	Горн. Ж. 1869, III, 394.
<i>Оренбургская губ.</i>								
Илецкая защита . . 1.	51,80	5,44	42,79	—	—	—	Слоистое строеніе, к. не спек.	Горн. Ж. 1855, III, 507.
" . . . . . 2.	41,00	22,60	36,40	—	—	—		
" . . . . . 3.	36,74	29,88	33,38	—	—	—	Смолист. б. уголь.	Горн. Ж. 1871, IV, 153.
" . . . . . 4.	12,56	44,72	5,46	37,26	—	—		
" . . . . . 5.	13,90	40,02	4,06	42,02	—	—		
" . . . . . 6.	18,16	29,88	23,89	33,07	—	—		
" . . . . . 7.	8,60	20,26	39,06	32,08	—	—		
еркнеуральскій уѣздъ .	13,00	40,34	6,40	39,76	—	—	б. уголь.	Горн. Ж. 1876, III, 188.
<i>В Ташкентъ.</i>								
неизвѣстно откуда . .	8,00	45,18	10,00	36,82	46,82	2,7	—	Горн. Ж. 1871, I, 155.
<i>Пермская губ.</i>								
изъ им. князя Будера р. Вашкара . . . . .	43,70	7,00	49,30	—	—	—	—	Горн. Ж. 1858, III, 111.
Каменская дача . . . .	52,94	3,37	43,69	—	—	—	—	Горн. Ж. 1866, II, 104.
Верхотурскій уѣздъ . .	—	2,87	—	45,56	—	—	—	Горн. Ж. 1868, III, 84.
Шадринскій уѣздъ . 1.	11,61	48,84	2,52	37,03	—	—	к. не спек.	Горн. Ж. 1868, III, 83.
" . . . . . 2.	9,18	44,26	6,06	40,49	—	—	к. не спек.	
" . . . . . 3.	11,88	41,62	8,78	42,72	—	—	—	
<i>Петербургская губ.</i>								
около С.-Петербурга .	16,50	33,50	12,00	38,00	—	—	—	Горн. Ж. 1869, II, 71.
<i>Сибирь.</i>								
Восточная . . . . . 1.	52,85	2,09	45,08	—	—	—	лигнитъ.	Горн. Ж. 1868, IV, 414.
" . . . . . 2.	52,90	3,14	43,66	—	—	—		
" . . . . . 3(а).	44,34	1,69	53,97	—	—	—		
" . . . . . 3(б).	44,06	1,50	54,44	—	—	—		
" . . . . . 4.	43,31	1,53	55,11	—	—	—	б. уголь.	
<i>Забайкальская область</i>								
р. Урел . . . . .	45,48	5,70	48,82	—	—	—	коксъ по спек.	Горн. Ж. 1862, I, 98.
<i>Тверская губ.</i>								
изъ окрест. Валдая . .	13,30	39,95	11,57	35,19	—	—	—	Горн. Ж. 1871, I, 161.
<i>Уфимская губ.</i>								
около Уфы, по р. Бѣлой.	2,20	24,76	49,26	23,78	73,04	—	—	Горн. Ж. 1876, III, 167
Стерлитамакск. уѣздъ 1	36,80	19,59	43,61	—	—	—	переходъ къ камен. углю.	Горн. Ж. 1871, I, 139.
" . . . . . 2.	12,80	27,04	33,69	26,40	60,09	—	—	Горн. Ж. 1871, I, 140.
Белебеевскій уѣздъ, Усть-Ивановск. дача 1. плас.	9,15	39,05	16,55	35,25	—	1,80	—	Горн. Ж. 1876, III, 168.
" . . . . . 2. плас.	9,55	40,30	20,60	29,55	—	1,77	—	
" . . . . . 3. плас.	7,40	40,50	13,80	38,30	—	1,44	—	
<i>Херсонская губ.</i>								
Елисаветград. уѣздъ, близъ балки Злодѣйской . .	13,80	35,80	30,70	19,70	—	—	зем. б. уголь.	Горн. Ж. 1871, I, 155.
б. Елисаветграда . . .	19,42	29,28	33,30	17,80	—	—	зем. б. уголь.	Горн. Ж. 1871, I, 144.

1) Fev.

Мѣсторожденіе.	Вода.	Легучія вещества.	Зола.	Уголь.	Коксъ.	Сѣра.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Сербія.</b>								
Melnitz . . . . .	—	—	2,15	—	—	—	—	} Oravicz'sкая лабораторія (Wunderlich, p. 11).
Vukovics . . . . .	21,00	—	28,50	—	—	—	—	
Sikols . . . . .	12,30	—	2,80	—	—	—	—	
Szupan . . . . .	20,42	—	2,40	—	—	—	—	
<b>Франція.</b>								
Val-Pinay . . . . .	—	—	6,50	—	46,00	—	—	} Berthier (1835).
Gardanne . . . . .	—	—	15,20	—	57,00	—	—	
Fuveau . . . . .	—	—	11,00	—	47,0	—	—	} Barruel (1849).
Villette около Париза .	—	—	14,90	—	48,7	—	—	
Manasque (B. Alpes)	—	—	—	—	—	—	—	} Fournet (1858).
изъ 5 опред. средн.	—	—	11,80	—	55,4	—	—	
maximum	—	—	29,20	—	66,2	—	—	
minimum . . . . .	—	—	5,00	—	46,5	—	—	
<b>Швейцарія.</b>								
St. Martin de Vaud (k. Vadt) . . . . .	—	—	11,00	—	56,00	—	—	} Berthier (1835).
Furach (об. Цюрихск. озера) . . . . .	—	—	12,00	—	53,00	—	—	
<b>Прибрежья сѣверн. части Тихаго Океана.</b>								
o. Jezo . . . . .	40,46	—	21,86	37,68	—	—	—	Титовъ <sup>1)</sup> .
Гиджинская бухта . 1.	47,78	—	24,52	27,40	—	—	—	
„ „ „ 2.	56,84	—	10,67	32,49	—	—	—	„
Аляска, восточ. берегъ .	34,45	—	13,11	52,44	—	—	—	„
„ запад. берегъ { 1.	61,57	—	1,25	37,18	—	—	—	„
„ „ „ { 2.	50,73	—	9,53	39,74	—	—	—	„
Заливъ Кенау . . . . .	48,53	—	12,56	38,91	—	—	—	„
островъ Atcha . . . . .	52,41	—	2,33	45,26	—	—	—	„
островъ Chiznan . . . . .	38,08	—	11,19	50,73	—	—	—	„
<b>Гренландія.</b>								
Островъ Disco . . . . .	14,00	—	10,30	—	58,9	—	лигнитъ.	*H. Wurtz (1874).

Элементарный составъ золы бурыхъ углей представленъ въ нижеслѣдующей таблицѣ.

<sup>1)</sup> Сообщено Struve (1861).



	Австрія. б. у. нѣз окрест. Aussig'a (Богемія) Erdmann 1845.		Германія. б. у. нѣз Artern. (Krems' 1851).		Германія. Helmstädt (Herrentrap 2).		Edeleny (Sonnenschein 2).		Германія. Hallei (Саксонія) Stromann (1868)		Niederstadt (1875).		Росія. Журав- ка (Кіев. губ.). Харьковчя 1).	Россія. Забай- кал. области, рѣка Урва. (Ивановъ, 1862).
	Германія. Кассель, лигнитъ.	Германія. Кассель. Земл. бур. уг.	Германія. Кассель, лигнитъ.	Германія. Кассель. Земл. бур. уг.	Германія. Кассель, лигнитъ.	Германія. Кассель. Земл. бур. уг.	Германія. Кассель, лигнитъ.	Германія. Кассель. Земл. бур. уг.						
Вода (H <sub>2</sub> O) . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,00	—	
Угольная кислота (CO <sup>2</sup> ) . . . . .	13,52	—	1,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сѣрная кислота (SO <sup>2</sup> ) . . . . .	15,45	9,17	33,83	12,35	—	30,35	12,06	11,61	36,00	—	—	—	—	
Кремневая кислота (SiO <sup>2</sup> ) . . . . .	—	3,12	17,27	36,01	—	20,55	24,15	50,09	—	—	—	—	—	
Фосфорная кислота (P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> ) . . . . .	—	—	—	—	0,22	—	0,57	—	—	—	—	—	—	
Окись кальція (CaO) . . . . .	45,60	20,56	23,67	15,62	45,40	10,07	18,75	20,47	36,00	—	—	—	—	
Окись магніи (MgO) . . . . .	—	2,16	2,58	3,64	—	3,46	1,93	2,30	—	—	—	—	—	
Окись желѣза (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	20,67	32,78	5,57	6,18 <sup>1)</sup> .	—	18,10	8,95	3,35	—	—	—	—	—	
Окись алюминія (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	1,23	29,50	11,57	23,70	10,36	14,77	32,19	3,03	28,00	—	—	—	—	
Окись калия (K <sub>2</sub> O) . . . . .	1,67	0,99	0,73	2,38	0,27	1,91	0,93	—	—	—	—	—	—	
Окись натрія (Na <sub>2</sub> O) . . . . .	1,86	1,72	—	0,38	0,27	—	0,63	—	—	—	—	—	—	
Нераствор. вещ. (песокъ, глина) . . . .	—	—	—	—	43,48	—	—	—	—	—	—	—	—	
Хлоръ . . . . .	—	—	—	1,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Сѣра . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,93	—	
Уголь . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,10	—	
	100,00	100,00	97,13	89,46	101,81	99,21	100,21	98,88	100,00	—	—	—	—	

1) Сообщено Бирюковъ (1874). 2) Zincken, Braunkohle, p. 22. 3) Въ томъ числѣ 1,13% MnO.

Количество воды, содержащееся въ бурныхъ угляхъ, только что добытыхъ изъ шахтъ, обыкновенно очень значительно. Въ особенности велико оно въ рыхлыхъ землистыхъ угляхъ, содержащихъ воды до 60%. Смолистые бурные угли содержатъ, однако, значительно меньше воды, а иногда не болѣе 1%.

Количество воды въ бурныхъ угляхъ, только что вынутыхъ изъ шахтъ, было определено болѣе подробно *F. Bischof* омъ (1850), *Casselmann* омъ (1854), *Krieg* омъ (1859), *Лоначевскимъ* (1871) и *Ильенковымъ* (1875). Вотъ сводъ полученныхъ результатовъ:

Мѣсто рожденіе.	Maxim.	Minim.	Сред. вѣс.	Имя изслѣдователя.
Земл. бур. уголь прусской Саксоніи (16 опред.).	50,7	31,7	45,5	Bischof (1850).
Лигнитъ изъ Westerwald'a (Нассау).				
свѣтлый лигнитъ (3 опредѣл.) . . .	48,5	32,7	41,5	Casselmann (1854).
темный лигнитъ (одно опредѣл.) . . .			20,2	
псейдолигнитъ (22 опредѣл.) . . .	49,7	27,6	37,5	
конгломератъ обонихъ лиг. (9 опред.)	48,9	32,6	38,8	
сланцеватый бурый уголь (3 опред.).	26,1	24,5	25,1	
Различныя разновидности Богемск. б. у. (17 опред.)	35,5	15,5	28,0	Krieg (1859).
Земл. бур. уголь, Екатеринопол. дачи, Киев. губ.	—	—	57,4	Лоначевскій (1871).
Земл. бур. уголь, Журавка, Киевск. губ. . .	60,9	46,8	55,1	Ильенковъ (1875).

Большая часть воды въ сыромъ землистомъ буромъ углѣ не находится въ немъ въ видѣ гигроскопической воды, а въ видѣ воды, удерживаемой въ немъ въ капельножидкомъ состояніи. Эта вода легко испаряется изъ угля при лежаніи на воздухѣ и въ углѣ остается только такъ называемая гигроскопическая вода, въ количествѣ около 20%. При лежаніи землистаго бурога угля въ сухомъ и тепломъ помѣщеніи количество гигроскопической воды можетъ уменьшиться до 14 даже до 8%. При 100° бурый уголь вполне теряетъ гигроскопическую воду, но при лежаніи на воздухѣ вновь поглощаетъ водяныя пары (до 18%).

Вопросъ этотъ былъ изслѣдованъ *Schrötter* омъ (1849) *Casselmann* омъ (1854) и *Ильенковымъ* (1875). По *Schrötter* у, бурный уголь, вполне высушенный при 100°, притянулъ, при лежаніи на воздухѣ, слѣдующее число % воды спустя:

		¼	½	1	12	24
		Ч А С О В Ъ.				
А В С Т Р І Я.	Бурный уголь изъ Wilsbuth'a органическое строение замѣтно, изломъ раковистый . . . . .	1,7	8,9	7,1	13,3	18,8
	Бурный уголь изъ Gloggnitz'a, органическое строение замѣтно, изломъ слоистый до раковистаго . . . . .	5,5	6,0	8,4	14,9	15,9
	Бурный уголь изъ Grünbach'a, смолистый бурый уголь (Pechkohle) . . . . .	1,5	3,0	3,7	6,4	6,6

По изслѣдованіямъ *Casselmann'a*, лигниты *Westerwald'a*, высушенные при 100° и затѣмъ помѣщенные въ атмосферу, насыщенную водою при обыкновенной температурѣ, поглощаютъ слѣдующія количества воды въ процентахъ:

	Maxi- mum.	Mini- mum.	Сред- нее.
Свѣтлый лигнитъ (3 опредѣленія) . . . . .	10,1	8,0	9,8
Темный лигнитъ (1 опредѣленіе) . . . . .	—	—	11,1
Псейдолигнитъ (12 опредѣленіе) . . . . .	16,2	12,4	14,1
Конгломератъ лигнита и псейдолигнита (3 опредѣленія) . . . . .	14,3	14,1	14,2
Сланцеватый уголь ( <i>Blätterkohle</i> ) (3 опредѣленія) . . . . .	8,0	8,63	8,2

Оставляя сырой журавскій землястый бурый уголь въ комнатномъ воздухѣ на тарелкахъ не толстымъ слоемъ, *Ильенковъ*, нашелъ что 100 ч. угля потеряли воды:

		черезъ 40 час.	черезъ 60 час.	черезъ 84 час.
Изъ 9 опредѣленій . . . . .	maximum . . . . .	51,1	53,8	53,7
	minimum . . . . .	38,6	42,1	42,7
	среднее . . . . .	45,1	48,7	48,9

Изъ этой таблицы видно, что послѣ 40 часовъ пребыванія въ комнатномъ воздухѣ, сырой уголь теряетъ столько воды, что въ немъ остается всего 10—15% ея. Это содержаніе воды зависитъ уже отъ гигроскопическаго свойства угля: если уголь совершенно высушенный, оставить на воздухѣ, то онъ мало по малу поглощаетъ воду. Въ атмосферѣ, вполнѣ насыщенной водяными парами, это поглощеніе оканчивается спустя 72 часовъ, при чемъ 9 образцовъ журавскаго угля, изслѣдованные *Ильенковымъ*, поглотили отъ 12,5—16,6% (средн. 14,6%) воды.

При лежаніи на воздухѣ и при сушкѣ, бурые угли обыкновенно измѣняются: они часто распадаются на мелкіе куски и даже превращаются въ порошокъ и, кромѣ того, теряютъ часть своего углерода, который окисляется въ угольную кислоту. Это окисленіе идетъ очень медленно при обыкновенной температурѣ, но достигаетъ довольно значительныхъ размѣровъ уже при температурѣ 80—85°. Такъ какъ при лежаніи бурога угля въ большихъ кучахъ температура его часто значительно повышается, то практикъ не долженъ упускать изъ виду выше указанное явленіе.

По исследованиямъ *T. Bischof'a* (1850), уголь изъ *Zscherben'a* (недалеко отъ Галле на р. Сааль), при лежаніи въ кучѣ въ теченіе 5 лѣтъ довольно замѣтно измѣнилъ свой составъ, какъ показываютъ слѣдующіи числа:

	С.	Н.	О.	Зола.
Уголь въ свѣжомъ состояніи . . . . .	58,94	5,70	22,60	12,76
Уголь изъ нижняго слоя кучи . . . . .	55,85	5,02	23,95	15,18
Уголь изъ средняго слоя кучи . . . . .	55,61	4,96	24,08	15,23
Уголь изъ верхняго слоя кучи . . . . .	52,65	4,76	24,75	17,82

Дѣйствіе воздуха на бурый уголь было изслѣдовано болѣе обстоятельно *Varrentrapp'омъ* (1865), который опредѣлялъ количество углекислоты, образующея при пропусканіи струи воздуха черезъ влажный уголь, при различныхъ температурахъ. Для этой цѣли онъ помѣщалъ въ колбу 256 грам. измѣльченнаго бураго угля, непосредственно вынутаго изъ шахты, и пропускалъ черезъ него струю влажнаго воздуха, лишеннаго углекислоты. Газы, выдѣляющіеся изъ колбы, были направляемы въ баритовую воду, гдѣ поглощалась углекислота. По количеству образующейся углебаріевой соли *Varrentrapp* судилъ о быстротѣ окисленія угля. Вотъ результатъ его опытовъ.

№ опыта.	Температура.	Время, въ теченіе котораго провѣзъ опытъ.	Количество углебаріевой соли въ грам.
1	15°	42 дня.	1,5
2	35—40	28 дней.	6,0
3	80—85	9 дней.	7,9
4	110—135	28 часовъ.	21,3
5	140	4 часа.	4,4
6	140	24 часа.	24,0
7	150	24 часа.	29,2
8	150	84 часа.	103,0

Для всѣхъ этихъ опытовъ былъ употребленъ одинъ и тотъ же уголь, который передъ каждымъ опытомъ смачивался водою.

Кромѣ того, *Casselmann* (1851) показалъ, что различные лигниты *Westerwald'a* (Нассау), высушенные при 100°, теряютъ отъ 2,8—3,8 (среднимъ числомъ 3,1) % въ своемъ вѣсѣ, при продолжительномъ нагрѣваніи ихъ при температурѣ 125—175°.

Совершенно своеобразно измѣняется лигнитъ изъ *Hart'a* около *Pütschen'a* (недалеко отъ Бонна) подъ вліяніемъ нагрѣванія. По сообщенію *Nöggerall'a* (1848), лигнитъ этотъ при высушиваніи, переходитъ въ прекрасный смолстый уголь (*Pechkohle*) съ ясно выраженнымъ раковистымъ изломомъ и жирнымъ блескомъ. По изслѣдованіямъ *Виншофа* (1848), это измѣненіе лигнита обуславливается исключительно выдѣленіемъ воды. — Происходящее при этомъ поглощеніе кислорода лигнитомъ (безъ одновременнаго выдѣленія  $\text{CO}_2$ ) играетъ второсте-

пенную роль. Замѣчу здѣсь, что, по изслѣдованію *Bleibtreu'a* (1819), лигнитъ изъ *Hardt'a* содержитъ 42% воды и въ шлохѣ сухомъ состояніи имѣетъ слѣдующій элементарный составъ:

Углерода . . . . .	65,4
Водорода . . . . .	5,7
Кислорода . . . . .	26,7 (вмѣстѣ съ слѣдами сѣры).
Зола . . . . .	2,2
	100.

При сильномъ *нагрѣваніи безъ доступа воздуха* (напримѣръ въ тиглѣ, закрытомъ крышкою), бурый уголь выдѣляетъ цѣлый рядъ летучихъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ продуктовъ, и оставляетъ коксъ, большую частью не спекающійся. Количество кокса, получаемого изъ бурыхъ углей, бываетъ очень различно, какъ показываетъ числа таблицъ, помѣщенныхъ выше. Среднимъ числомъ можно принять, что 100 частей сухаго бурога угля даетъ:

летучихъ продуктовъ . . . . .	42,0	
угля . . . . .	48,0	}
зола . . . . .	10,0	
	100,0	коксъ.

*Удельный вѣсъ* бурога угля, какъ показываютъ таблицы, помѣщенные выше, колеблется между 0,900—1,580, средн. числомъ 1,305.

*Близжайшія составныя части бурыхъ углей* совершенно почти не изслѣдованы. Извѣстно только, что бурый уголь, при обработкѣ водою, даетъ нѣкоторое количество амміачныхъ и другихъ солей, при обработкѣ эфиромъ нѣкоторое количество смолистыхъ веществъ, а при обработкѣ ѣдкимъ кали особенное бурое вещество, осаждающееся изъ щелочнаго раствора кислотами. Количество этого бурога вещества въ буромъ углѣ тѣмъ меньше, чѣмъ ближе онъ, по своему составу и свойствамъ, приближается къ каменному углю.

Кромѣ того, въ буромъ углѣ, какъ примѣси, встрѣчается большое число различныхъ минеральныхъ соединений (железный колчеданъ, свинцовый блескъ, мѣдный колчеданъ, сѣрнистый мышьякъ, гипсъ, желѣзный купоросъ, квасцы, кварцъ и т. д.) и органическихъ (оксалитъ, медовой камень, ретинитъ, пирописситъ <sup>1)</sup>, янтарь, шеритъ, горныя смолы и т. д. <sup>2)</sup>. Въ большей части случаевъ количество этихъ веществъ въ буромъ углѣ не велико; иногда же оно значительно и измѣняетъ тогда природу самаго угля. Изъ всѣхъ названныхъ минераловъ желѣзный колчеданъ составляетъ самую частую, даже почти постоянную, примѣсь бурога угля.

<sup>1)</sup> Schwarz (1879) очень подробно изслѣдовалъ это вещество.

<sup>2)</sup> Очень подробныя данныя о минералахъ, сопровождающихъ бурый уголь, можно найти въ сочиненіи Zincken'a *Die Braunkohle etc.*

Кромѣ того, бурые угли содержатъ всегда большее или меньшее количество газовъ, состоящихъ главнымъ образомъ изъ углекислоты и азота съ примѣсью небольшихъ количествъ окиси углерода и кислорода.

Важнѣйшія составныя части бурыхъ углей были изслѣдованы *Bley*'омъ (1835), *Reinsch*'омъ (1840), *Schrötter*'омъ (1850) и *Maumené* (1854). По изслѣдованіямъ *Reinsch*'а въ 1000 частяхъ бурога угля изъ *Vergau* Баваріи) содержалось:

	Смолистый.	Землистый.
Веществ., раствор. въ водѣ . . . . .	0,014	0,072
„ раствор. въ спиртѣ . . . . .	0,019	0,054
„ раств. въ ѣдкомъ кали . . . . .	0,537	0,574

Въ нѣкоторыхъ австрійскихъ лигнитахъ *Schrötter* нашелъ:

	I.	II.	III.	сред.
Вещ. раствор. въ водѣ . . . . .	1,02	0,25	0,00	—
„ „ въ эфирѣ . . . . .	2,52	1,29	1,55	1,79
„ „ въ ѣдкомъ кали . . . . .	9,30	3,50	4,00	5,6.

Смолистый бурый уголь изъ *Grünbach*'а не содержалъ, по *Schrötter*'у, веществъ, раствор. въ водѣ; эфиръ-же извлекалъ изъ этого угля 0,713% смолистыхъ веществъ, а ѣдкомъ кали 0,3% гумин. веществъ.

По *Maumené*, бурый уголь изъ окрестностей Реймса (Франція) состоитъ:

изъ ульминовой кислоты ( $C_{26}H_{24}O_6$ ). . . . .	4 до 71	°/о
Карамеллина <sup>1)</sup> . . . . .	0,15 до 1,20	„
Смолистыхъ веществъ . . . . .	0,3 до 0,4	„
Железнаго колчедана . . . . .	6 до 15	„
Песку } . . . . .	2 до 90	„
Глины }		
Угле-п-сѣрно-кальціевой солей . . . . .	1 до 8	„

Воскообразныя и смолистыя вещества, встрѣчающіеся въ нѣкоторыхъ угляхъ (напр. въ бурыхъ угляхъ около *Weissenfels*'а) въ значительныхъ количествахъ, были ближе изслѣдованы *Brückner*'омъ (1852) и *Schwarz*'омъ (1879).

Природа *газога*, содержащихся въ буромъ углѣ, была изслѣдована *Цитовичемъ* (1872) и *Thomas*'омъ (1877).

По изслѣдованіямъ *Цитовича*, газы, содержащіяся въ богемскомъ буромъ углѣ, имѣютъ слѣдующій составъ (по объему).

	I.	II.	III.
CO <sub>2</sub> . . . . .	89,66	82,40	88,99
CO . . . . .	1,80	3,00	1,04
N . . . . .	8,08	14,15	14,91
O . . . . .	0,51	0,45	0,65
	100,00	100,00	100,59

<sup>1)</sup> Подъ карамеллиномъ *Maumené* подразумѣваетъ особенное бурое вещество, образующееся изъ углеводовъ (сахара, клетчатки и т. д.), подъ вліяніемъ хлористаго олова. Изъ сахарозы вещество это образуется по слѣдующему уравненію:  $C_{12}H_{22}O_{11} - 7H_2O = C_{12}H_8O_4$  (*Maumené*, 1854).

По изслѣдованіямъ *Thomas'a* (1877), бурые угли изъ *Worce* въ Девонширѣ выдѣляютъ при 50° газы, состоящіе изъ углекислоты, окиси углерода, кислорода и азота; при болѣе высокой температурѣ, появляются углеродистые водороды ряда  $C_n H_{2n}$  и даже нѣкоторые угли выдѣляютъ меркантиль и сѣрнистый аллиль. Разложеніе углей начиается при 185°.

Кромѣ того, *Marchand* (1850) изслѣдовалъ составъ воздуха въ буроугольныхъ копяхъ *Zscherben'a* около Галле и нашелъ въ 100 объемахъ:

	O.	CO <sub>2</sub>	N
Воздуха въ Галле . . . . .	20,92	0,05	79,03
„ при входѣ въ шталлю . . . . .	20,92	—	—
„ въ шталлѣ въ 300 шагахъ отъ входа . . . . .	20,52	0,10	79,38
„ въ шталлѣ въ 600 шагахъ отъ входа . . . . .	20,01	0,12	79,87
„ въ шталлѣ въ 900 шагахъ отъ входа (лампа горѣла тускло) . . . . .	18,20	0,20	81,60
„ въ шталлѣ въ 900 шагахъ съ небольшихъ (лампа горѣла съ трудомъ) . . . . .	16,30	0,19	83,41
„ немного далѣе указ. мѣста, лампа потухла . . . . .	15,23	0,22	84,45
„ изъ мѣста, гдѣ лампа горѣла очень душно . . . . .	16,23	0,21	83,56

Окиси углерода и углеродистыхъ водородовъ *Marchand* не нашелъ въ воздухѣ буроугольныхъ копей.

### Каменный уголь.

Каменный уголь представляетъ болѣе или менѣе плотную массу, совершенно лишенную волокнистаго сложенія, свойственнаго дереву. Тѣмъ не менѣе даже въ угляхъ, съ виду совершенно однородныхъ, часто можно замѣтить остатки организмовъ на поверхности излома. Еще яснѣе проявляется это организованное строеніе угля при разсмотрѣніи тонкихъ пластинокъ его подъ микроскопомъ. Этими путемъ удалось доказать присутствіе растительныхъ клѣтокъ и сосудовъ даже въ самыхъ плотныхъ и всего болѣе измѣненныхъ каменныхъ угляхъ (антрацитахъ) и тѣмъ неоспоримо доказать растительное происхожденіе каменныхъ углей.

Свойства каменныхъ углей крайне разнообразны. *Цвѣтъ* ихъ мѣняется отъ бураго и сѣровато-чернаго до темно-чернаго; *блескъ* отъ матоваго до стекляннаго; *твердость* отъ 2—3,0. *Хрускость* угля, имѣющая большое значеніе въ техникѣ, также очень различна. Одни угли мало хрупки и даютъ при добываніи мало мелочи (кусковъ величиною менѣе кулака взрослого человѣка) и порошка; другіе очень хрупки и даютъ много мелочи и порошка.

Въ зависимости отъ того, добывается-ли уголь въ крупныхъ кускахъ или въ видѣ мелочи отличаютъ: *крупный*, если количество мелочи не превышаетъ 10%, *средній*, если

куски болѣе или менѣе, величиною въ кулакѣ, а мелочи не болѣе 40%, *мелкій*, когда въ немъ 80% мелочи и, наконецъ, *порошкообразный*, если онъ почти исключительно состоитъ изъ мелочи и угольной пыли.

Чѣмъ болѣе уголь распадается при добычаніи и лежаніи на воздухѣ, тѣмъ легче онъ растирается при нагрузкѣ, перевозкѣ и т. д. <sup>1)</sup>

*Удельный вѣсъ* каменныхъ углей колеблется между 1,1—2,2 и зависитъ отчасти отъ природы самаго угля, отчасти отъ большаго или меньшаго содержанія золы. Среднимъ числомъ удѣльный вѣсъ каменнаго угля (изъ 256 опредѣленій) равенъ 1,3. Одинъ кубическій метръ каменнаго угля вѣситъ отъ 700—1000 кило, причемъ слѣдуетъ замѣтить, что вѣсъ опредѣленнаго объема угля подверженъ значительнымъ колебаніямъ не только для различныхъ углей, но для одного и тогоже угля смотря по величинѣ кусковъ и формы и величинѣ употребляемой мѣры. Въ виду этого опредѣленіе количества угля по вѣсу, несравненно правильнѣе, чѣмъ по объему <sup>2)</sup>.

На основаніи наружнаго вида и физическихъ свойствъ, каменные угли подраздѣляютъ обыкновенно на два большія отдѣла, на *каменный уголь собственно* и на *антрациты*.

**Каменные угли собственно** представляютъ не кристаллическую плотную, слоистую или волокнистую массу бархатисто-чернаго, сѣровато-чернаго или буровато-чернаго цвѣта. Они даютъ черную или чернобурую черту, имѣютъ болѣе или менѣе сильный, но большей части, жирный блескъ, раковистый, неровный, рѣдко землистый изломъ, и удѣльный вѣсъ равенъ среднимъ числомъ 1,320. Угли эти встрѣчаются по большей части въ видѣ болѣе или менѣе мощныхъ пластовъ, занимающихъ иногда цѣлыя квадратныя мили; иногда же они встрѣчаются также въ видѣ тонкихъ прослойковъ, вѣздъ и въ крапленомъ видѣ. По направленію перпендикулярному плоскости пластовъ, угольная масса изрѣзана трещинами, которыя иногда обнаруживаются только при извлеченіи угля изъ копи, иногда же щели эти ясно замѣтны и наполнены газами или желѣзнымъ колчеданомъ, проникающимъ также въ самое вещество угля. По противоположному направленію, слѣдовательно, параллельно простиранію пласта, угольная масса обнаруживаетъ ясную слоистость, по направленію которой отдѣляются куски угля. Очень часто плоскости, ограничивающія эти отдѣльности угля, не имѣютъ блеска, свойственнаго главной массѣ угля и покрыты тонкимъ слоемъ вещества, похожаго по своему наружному виду на измельченный сосновый уголь. Вещество это обыкновенно столь рыхло, что можетъ быть сметаемо перышкомъ и словъ его имѣютъ толщину бумажнаго листа. Оно извѣстно подъ названіемъ *волокнистаго угля* (минеральнаго древеснаго угля, волокнистаго антрацита) и представляетъ постоянную характерную составную часть всякаго настоящаго каменнаго угля. Волокнистый каменный уголь отличается отъ обыкновеннаго каменнаго угля не только своимъ наружнымъ видомъ, но и другими своими свойствами и составомъ. Онъ, подобно антрациту, не спекается при нагреваніи, очень трудно горитъ небольшимъ пламенемъ и, по анализамъ *Rowney'a* (Кларр, I, 198), содержитъ болѣе золы и углерода, чѣмъ самъ уголь, поверхность котораго онъ покрываетъ. Анализируя шотландскій тощій уголь, *Rowney* получалъ:

<sup>1)</sup> Срав. *Geinitz, Fleck и Hartig*. Die Steinkohlen etc II, 175 1887.

<sup>2)</sup> Срав. *Geinitz, Fleck и Hartig*. Die Steinkohlen etc II, 187 и *Karmarsch*, ueber die Unsicherheit im Messen der Steinkohlen. Ding J. 1878, 227,1.



Название угля.		Углеродъ.	Водородъ.	Кислородъ и азотъ.	Зола.	Сбра.
№ 1-й.	волокнистый уголь . . . . .	73,42	2,94	8,25	15,39	—
	матовый уголь . . . . .	76,08	5,32	15,42	1,96	1,23
№ 2-й.	волокнистый уголь . . . . .	74,71	2,74	7,67	14,86	—
	матовый уголь . . . . .	80,68	5,16	11,94	1,43	0,84
№ 3-й.	волокнистый уголь . . . . .	81,17	3,84	14,98	—	—
	матовый уголь . . . . .	80,93	5,21	13,23	—	0,63
Волокнистый уголь . . . . .		82,97	3,34	7,59	6,08	—
Зернистое видоизмѣн. волокнист. угля . . . . .		72,74	2,34	5,88	19,08	—

Важнѣйшія *видоизмѣненія* каменнаго угля въ тѣсномъ смыслѣ слова слѣдующія:

*Смолистый или блестящій уголь.* (Pechkohle, Pitchcoal) цвѣтъ бархатисто-черный; сильный жирный блескъ; изломъ крупно-раковистый; не хрупокъ, легко раскалывается, сгораетъ легко и имѣетъ самый меньшій удѣльный вѣсъ (среднимъ числомъ 1,2).

*Кеннельскій или стѣпной уголь.* (Cannel coal, sandel coal). Цвѣтъ сѣровато-черный до бархатисто и смоляно-чернаго; блескъ отъ слабого до мерцающаго; изломъ плоскій или плоско-раковистый; онъ мягокъ и трудноѣе раскалывается, чѣмъ смолистый уголь; удѣльный вѣсъ отъ 1,2—1,3. Онъ даетъ до 60% летучихъ продуктовъ.—Къ кеннельскому углю примыкаетъ разновидность угля, извѣстная подъ названіемъ *божета* и высокоэфинная въ производствѣ свѣтлальнаго газа.

*Сажа* (Russkohle) состоитъ изъ короткихъ волоконъ и пыли волокнистаго угля, она легко растирается и сильно мараеетъ пальцы.

*Угольный сланецъ* (Kohlenschiefer, schiste charbonneux), представляетъ собою, какъ и всякій горючій сланецъ, глинистый сланецъ, пропитанный смолистыми веществами; цвѣтъ его буровато-черный до вполне чернаго; блескъ слабый до матоваго; сланцеватое строеніе ясно выражено. Уголь этотъ содержитъ много золы и потому удѣльный вѣсъ его больше вѣсѣхъ остальныхъ разновидностей каменнаго угля. Самые лучшіе угольные сланцы изъ Witin и Lobejin имѣютъ удѣльный вѣсъ отъ 1,368—1,388. Въ нѣкоторыхъ же угольных сланцахъ удѣльный вѣсъ доходитъ до 2,2; среднимъ же числомъ онъ равенъ 2,1.

*Слоистый уголь* состоитъ изъ тонкихъ или болѣе толстыхъ слоевъ двухъ или нѣсколькихъ изъ выше описанныхъ разновидностей каменнаго угля, чѣмъ обуславливается его слоистое сложеніе. Въ большей части случаевъ слоистый уголь состоитъ изъ чередующихся слоевъ блестящаго и матоваго углей, между которыми нерѣдко видѣаются слои сажи. Сланцеватые угли, въ которыхъ преобладаетъ смолистый уголь или же болѣе мягкое видоизмѣненіе его, *Вернеръ* называетъ *листоватымъ углемъ* (Blätterkohle, foliated coal). Сланцеватые угли очень распространены въ Саксоніи, Богеміи, Моравіи и Силезіи. Нѣкоторые изъ нихъ представляютъ переходъ къ антрацитамъ.—Особенное видоизмѣненіе сланцеватаго угля представляетъ *глазной* (Augenkohle, Blumenkohle, yeux de perdrix), состоящій изъ концентрическихъ, сильно блестящихъ слоевъ, напоминающихъ годичные слои стволовъ двусѣмянныхъ растений. Глазной уголь встрѣчается только въ антрацитовыхъ и такъ называемыхъ тощихъ каменноугольныхъ пластахъ. Удѣльный вѣсъ этого угля равенъ около 1,3.

*Грубый или землистый каменный уголь* (Mulmkohle) напоминаетъ своимъ наружнымъ видомъ землистый бурый уголь и представляетъ землистыя, зернистыя, или слоистыя

мягкія массы съ матовымъ или мерцающимъ изломомъ; цвѣтъ его буровато-черный или черный; удѣльный вѣсъ отъ 1,2—1,7.

**Антрациты** представляютъ аморфное вещество черного до сѣрваго-чернаго цвѣта, дающее черту такого же цвѣта; изломъ ихъ раковистый и они очень хрупки. Удѣльный вѣсъ ихъ равенъ среднимъ числомъ (изъ 18 опредѣленій) 1,519. Антрацитъ горитъ слабымъ пламенемъ и гораздо труднѣе каменныхъ углей въ тѣсномъ смыслѣ слова.

Какъ разновидность антрацита можно разсматривать *шестоватый антрацитъ* (Stangenkohle, Stänglicher Antracit, natürliche Kokes) и *волокнистый уголь*, который составляетъ главную составную часть „сажп“ и о которой было уже сказано выше. Что же касается шестоватаго антрацита, то онъ, по своему химическому составу, очень близокъ къ настоящему антрациту и отличается отъ этого послѣдняго своею формою, порозностью и матовымъ, немного металлическимъ блескомъ. Онъ во всѣхъ отношеніяхъ похожъ на коксъ, съ которымъ имѣетъ одинаковое происхождение. Удѣльный вѣсъ его = 1,37—1,30.

*Элементарный составъ* каменнаго угля былъ предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій, которыя показали, что каменный уголь, какъ и вообще всѣ виды ископаемаго топлива, состоитъ изъ углерода, водорода, кислорода и азота съ примѣсью большаго или меньшаго количества минеральныхъ веществъ. На основаніи 642 анализовъ можно принять, что органическая часть каменныхъ углей содержитъ:

Углерода . . . . .	83,15 %
Водорода . . . . .	5,14 „
Кислорода и азота . . .	11,71 „
	<hr/>
	100,00

Количество *азота*, содержащееся въ каменномъ углѣ, колеблется между 0,1—2,7%, среднимъ числомъ 1,17% (изъ 191 опредѣленія). Въ рѣдкихъ случаяхъ его совершенно нѣтъ.

Содержаніе *зола* каменныхъ углей подвержено значительнымъ колебаніямъ. Одни угли содержатъ всего 0,2% зола, другіе же содержатъ 20, даже 40 и болѣе процентовъ зола. Самые лучшіе угли содержатъ среднимъ числомъ отъ 4—7% зола, угли средняго качества отъ 8—14, а дурные угли болѣе 14% зола при 0,5—2% сѣры въ видѣ желѣзнаго колчедана. Большое содержаніе зола въ углѣ обуславливается обыкновенно примѣсью къ нему глинистаго сланца и желѣзнаго колчедана, которые могутъ быть удаляемы изъ угля промываніемъ (см. ниже). Зола каменныхъ углей состоитъ главнымъ образомъ изъ глины и окиси желѣза съ примѣсью извести, магнезій, щелочей, сѣрнокислыхъ, фосфорнокислыхъ, хлористыхъ и нѣкоторыхъ другихъ соединеній.

Процентное содержаніе важнѣйшихъ составныхъ частей зола каменныхъ углей указано въ таблицѣ, помѣщенной ниже. Содержаніе *фосфорной кислоты* въ каменныхъ угляхъ, было опредѣлено, крожъ *Lechantelier* и *Durand-Claye* (1873), еще *Reinsch*’омъ (1866), который нашелъ въ нихъ 1,16 Ph<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Количество *зола*, содержащееся въ угляхъ было опре-

дѣлено въ углѣхъ *Leadbetter*'омъ (1860) и *Gerlach*'омъ (1872). Первый изъ назван-ныхъ изслѣдователей нашелъ въ 1000 ч. англійскаго угля отъ 0,05—0,28 частей хлора, который отсутствовалъ въ золѣ этого угля; а слѣдовательно удаляется изъ угля при прокалываніи вмѣстѣ съ другими летучими веществами.—*Gerlach* показалъ, что газовыя воды, получающіяся при сухой перегонкѣ нѣкоторыхъ нѣмецкихъ углей (Цвикау, Силезія, Руръ), содержатъ въ 100 куб. сантимер. отъ 0,4—3,00 грам. хлористаго аммонія. На основаніи этихъ данныхъ, онъ предполагаетъ присутствіе въ углѣхъ поваренной соли, колич. которой въ углѣ изъ Цвикау, по изслѣдованію *Gerlach'a*, доходить до 15%.—Кромѣ того въ каменныхъ углѣхъ были найдены незначительныя количества *борна* (*Fischer*, 1847<sup>7/8</sup>), *іода*, (*Fischer*, 1847<sup>7/8</sup>; *Bussy*, 1850; *Macadam*, 1852; *Graf*, 1852,) *мышьяка* (*Daubree*, 1851, *Campbell*, 1860, *Smith*, 1860) *марганца*, (*Johnston*), *цинка*, *кадмія*, *шкеля*, (*Richardson* 1817<sup>7/8</sup>), *свинца*, *мѣди* (*Vaux* <sup>1</sup>) и *титановой кислоты* (*Richardson*, 1817<sup>7/8</sup>).

*Близкайшія составныя части* органическаго вещества каменныхъ углей почти вовсе неизслѣдованы, тѣмъ не менѣе мы имѣемъ право предполагать, что каменные угли не представляютъ смѣси чистаго углерода съ примѣсью смоль, какъ это предполагали прежде, но состоятъ изъ цѣлаго ряда углеродистыхъ соединений, богатыхъ углеродомъ и бѣдныхъ водородомъ и кислородомъ.

*Близкайшія составныя части* органической части каменныхъ углей были изслѣдованы *Delesse*'омъ <sup>2</sup>), *Merz*'омъ (1860), *Ehwert*'омъ и *Holz*'омъ (1861), *Marsilly* (1862), *Вреденомъ* (1867), *Berthelot* (1869) и *Guignet* (1879). Всѣ эти изслѣдователи старались изучить дѣйствіе различныхъ растворителей на каменный уголь, причемъ оказалось, что спиртъ, эфиръ, двусѣрный углеродъ, хлороформъ, бензинъ и феноль извлекаютъ изъ углей, въ особенности жирныхъ, нѣкоторое количество различныхъ веществъ, природа которыхъ почти совершенно неопредѣлена.

По изслѣдованіямъ *Delesse'a* бензинъ, извлекающій изъ торфа около 25% различныхъ веществъ, почти что не дѣйствуетъ на каменный уголь.

*Merz*, обрабатывая каменный уголь, извѣстный подъ названіемъ богхеда, сначала спиртомъ, а затѣмъ эфиромъ извлекъ изъ него 0,5% какого то вещества, которое, послѣ надлежащаго очищенія, плавилось при 41° и содержало 86,33% С и 13,22%. На основаніи этихъ результатовъ *Воллей* (1860) счлаетъ вещество, извлеченное *Merz*'омъ, за парафинъ.

По *Ehwert'u* и *Holz'u*, изъ угля бассейна Руръ извлекаютъ двусѣрный: углеродъ 4%, крѣпкій спиртъ 2,7%, эфиръ 1,8%, а бензинъ 0,9% различныхъ веществъ.

*Marsilly* изслѣдовалъ дѣйствіе сѣрной, соляной и азотной кислотъ, ѣдкихъ щелочей, спирта, эфира, двусѣрнаго углерода, бензина и хлороформа на тощіе и жирные угли при нагрѣваніи и даже подъ усиленнымъ давленіемъ и нашелъ, что эти растворители почти не дѣйствуютъ на тощіе угли. На жирные угли спиртъ дѣйствуетъ также очень слабо, другіе же растворители извлекаютъ изъ этого угля большее или меньшее количество различныхъ веществъ, причемъ получаютъ растворы темнубураго цвѣта. Хлороформъ извлекаетъ изъ жирныхъ углей не большое количество жидкихъ углеродистыхъ водородовъ, изъ которыхъ одинъ окрашенъ, другой не окрашенъ; окрашенный углеродистый водородъ имѣетъ удѣльный вѣсъ большій, чѣмъ не окрашенный, и оба разлагаются при 180°, оставляя углистый остатокъ и

<sup>1</sup>) *Phillips* (1849) въ 16 изслѣдованныхъ образцахъ англ. каменнаго угля не нашелъ даже слѣдовъ свинца и мѣди.

<sup>2</sup>) Упомянуто въ статьѣ *Marsilly* (1862).

распространя сильный запах древесного уксуса. Нагрѣвая каменные угли при температурѣ между 50—130°, *Marsilly* получалъ на одинъ кило угля отъ 1—2 литра газообразныхъ продуктовъ и отъ 10—15 грам. жидкихъ углеродистыхъ водородовъ, имѣющихъ запахъ бензина.

*Vredens* нашелъ, что двуокисный углеродъ извлекается изъ александровскаго угля до 3% различныхъ веществъ и что горячій 95% спиртъ извлекаетъ изъ богородицкаго угля щавелевую кислоту, которая распределена въ массѣ угля неравномерно и образовалась вълѣдствіе окисленій составныхъ частей самаго угля.

*Gaignet* извлекъ при нагрѣваніи тщательно истертаго каменнаго угля съ безводнымъ феноломъ при 100° вещество, осаждающееся изъ фенольнаго раствора спиртомъ въ видѣ бурныхъ хлопьевъ. Сто частей угля даютъ 4 части этого вещества. Азотная кислота превращаетъ его въ продуктъ желтаго цвѣта. При нагрѣваніи мелко истертаго угля съ азотною кислотою, выдѣляются бурныя пары и изъ фильтра получается щавелевая кислота, сѣрная кислота, окись желѣза и тринитрорезорцинъ  $[C_6H(NO_2)_3(OH)_2]$ . Осадокъ же содержитъ взрывчатая нитрованныя соединения и гуминообразные продукты, растворимые въ щелочахъ съ бурнымъ цвѣтомъ. На основаніи этихъ опытовъ *Гинье* полагаетъ, что въ каменномъ углѣ находится два рода веществъ, изъ которыхъ одинъ смолистаго характера, другіе же целлюлознаго происхожденія и что первыя способны образовывать тринитрорезорцинъ при дѣйствіи азотной кислоты. Кроме того *Гинье* перечислялъ смѣсь порошка каменнаго угля съ жѣднымъ натромъ въ желѣзной ретортѣ при 400° (въ ваннѣ изъ расплавленнаго свинца) и получалъ при этомъ желтую прозрачную жидкость, въ сколько не похожую на каменноугольный деготь; въ ней содержались между прочимъ амміакъ и анилинъ. Остатокъ отъ перегонки большею частью растворяется въ водѣ; полученный растворъ бураго цвѣта и содержитъ гуминовыя вещества. Подобныя вещества получаютъ, если обработать каменный уголь очень крѣпкою сѣрною кислотою.

Наконецъ *Berthelot* показалъ, что при обработкѣ различныхъ видовъ антрацитовыхъ углей хлорновато-каліевою солью и азотною кислотою, образуются гуминовыя кислоты безъ малѣйшихъ слѣдовъ окиси графита, а при нагрѣваніи одной части каменнаго угля съ 100 частями крѣпкаго воднаго раствора іодистаго водорода при 270° получается гексанъ ( $C^6H^{14}$ ), бензолъ и цѣлый рядъ углеродистыхъ водородовъ по большей части предѣльныхъ <sup>1)</sup>.

Количество *гигроскопической воды*, содержащейся въ каменныхъ угляхъ, обыкновенно колеблется между 2—4%, въ рѣдкихъ случаяхъ оно доходитъ до 10 и болѣе процентовъ; среднимъ числомъ (изъ 220 опредѣленій) оно равно 4,98%.

Числа, приводимыя для гигроскопической воды каменныхъ углей, имѣютъ, впрочемъ, мало значенія. Въ большей части случаевъ они выражаютъ влажность въ лежаломъ углѣ, между тѣмъ гигроскопичность измѣняется съ величиною зерна и, кроме того, какъ само собою ясно, содержаніе воды въ углѣ будетъ въ прямой зависимости отъ влажности атмосферы. При всемъ томъ нельзя не замѣтить, что разные угли въ различной степени гигроскопичны и уже *Гартманъ* (1860) въ своемъ изслѣдованіи о саксонскомъ минеральномъ топливѣ указываетъ на различіе между англійскимъ углемъ, содержащимъ всего 3% влажности, и саксонскимъ, въ которомъ содержится иногда 20% влаги.

Сказанное различіе еще яснѣе выступаетъ изъ изслѣдованій *Vredens* (1868) надъ 13 образцами русскихъ углей, произведенныхъ при одинаковыхъ условіяхъ. *Vredens* бралъ при своихъ опытахъ уголь въ порошокъ (во избѣжаніе вліянія величины зерна) и держалъ его въ атмосферѣ, насыщенной парами воды, и получалъ такимъ образомъ рядъ чиселъ, которыя

<sup>1)</sup> Сравни. также стр. 81—82.

могли быть между собою сравнимы. Числа, добытыя этимъ путемъ, привели *Вредена* къ тому заключенію, что всѣ роды каменныхъ углей группируются по своей гигроскопичности около антрацитовъ, которые въ видѣ порошка притягиваютъ изъ атмосферы, пасыщенной водою, около 6% (два образца Кутейниковскаго антрацита и Чистяковскаго). Жирные угли способны поглощать отъ 1,5—3,5% влажности (Александровскій, Нестеровскій, 2 образца Луневскаго). По другую сторону отъ антрацитовъ стоятъ газовые (Плещеева и близкій къ жирнымъ Голубовскій) и тощіе угли (Хорьжскій), поглощающіе отъ 8—12% влаги. Слѣдовательно менѣе всего гигроскопичны жирные спекающіеся угли; если ослабить или вовсе уничтожить въ нихъ свойства спекается (нагрѣваемъ при возвышенной температурѣ, см. ниже), то предѣльный процентъ влажности долженъ расти и уголь долженъ приблизиться къ тощимъ. И дѣйствительно, нагрѣвая различные виды жирныхъ русскихъ углей при 300° въ теченіе четырехъ часовъ, *Вреденъ* нашелъ, что предѣльный процентъ влажности увеличился для Махѣвскаго угля съ 6,6% на 10,96%, для александровскаго съ 3,4 на 8,5% и т. д. Тоже самое бываетъ, если уголь оставить на болѣе длинный срокъ на воздухѣ, такъ какъ и при лежаніи на воздухѣ уменьшается также спекаемость угля.—Изъ сказаннаго видно, что гигроскопичность есть признакъ важный для опредѣленія характера данного сорта каменнаго угля. Конечно выше приведенныя обобщенія не могутъ имѣть абсолютнаго значенія: нельзя считать вопросъ рѣшеннымъ, пока не будетъ достаточнаго числа наблюденій, которыя весьма желательны, такъ-какъ вопросъ о гигроскопичности угля имѣетъ важное значеніе для техники. Такъ напримѣръ, для техники очень важно знать на сколько уголь увеличился въ вѣсѣ при перевозкѣ: на 1,5% (Луневскій) или на 12% (Плещеева)? Что этотъ вопросъ занимаетъ технику видно изъ того, что въ 1886 г., были произведены опыты въ этомъ направленіи. *Reder* (1866), опредѣлялъ насколько бываетъ прибыль въ вѣсѣ угля и кокса, если его перевозятъ въ дождь по желѣзной дорогѣ въ открытыхъ вагонахъ и нашелъ, что въ теченіе 1 до 5-ти сутокъ прибыль въ вѣсѣ колебалась между 4,6—9,8%.

Кромѣ гигроскопической воды каменный уголь содержитъ обыкновенно нѣкоторое количество *газовъ*, выдѣляемыхъ углемъ вполнѣ только при температурѣ 300° въ безвоздушномъ пространствѣ. Количество этихъ газовъ очень различно и зависитъ повидимому отъ природы самыхъ углей. Жирные и смолистые угли содержатъ всего меньше газовъ (отъ 55—74 куб. сантим. на 100 угля грам.) плотные антрацитовые угли содержатъ ихъ всего болѣе (до 600 куб. и болѣе сантим. на 100 грм. угля). Всѣ остальные угли занимаютъ въ этомъ отношеніи среднее мѣсто между жирными углями и антрацитомъ. Въ большей части случаевъ газы эти состоятъ изъ углекислоты, кислорода, болотнаго газа (метана) и азота. Нѣкоторые угли (газовые) содержатъ кромѣ того этанъ, пропанъ и, быть можетъ, углеродистые водороды ряда этилена; наконецъ нѣкоторые угли, (угли плауенской формаціи въ Саксоніи) содержатъ исключительно только CO<sub>2</sub>, O и N, и сходны въ этомъ отношеніи съ бурными углями (см. стр. 104).

*Газы, содержащіяся въ каменныхъ угляхъ* были подробно изслѣдованы *E. Meyer*'омъ (1872) и *Thomas*'омъ (1875). *Meyer* при своихъ опытахъ ломѣшалъ уголь, разбитый на куски величиною въ орѣхъ и смоченный прокипяченною водою, въ колбу, наполненную также прокипяченною горячею водою. Колба закрывалась гутаперчевою пробкою, черезъ которую проходила газоотводная трубка, верхній конецъ которой соединился помощію каучуковой трубки

съ дномъ чашки, наполненной также прокипяченною водою и, по удаленію механически приставшаго воздуха, собирали выдѣлившійся газъ въ стеклянную трубку, наполненную прокипяченною водою, затѣмъ переводили его надъ ртутью и анализировали. При помощи этого способа, едва-ли способнаго дать точные результаты, *Мейеръ* нашелъ, что количество газовъ, содержащееся въ каменныхъ угляхъ различного происхожденія, колеблется между 13,6—238 к. с. (всего чаще 22—55 к. с.) на 100 грам. угля. Особенно большое количество газовъ содержатъ угли Durham'a, которые очень плотны и тверды. Если принять, что удѣльный вѣсъ этихъ углей равенъ 1,3, то газы, содержащіеся въ этихъ угляхъ, заняли бы при обыкновенномъ давленіи объемъ въ три раза большій объема занимаемаго углемъ. Изъ этого слѣдуетъ заключить, что газы въ угляхъ содержатся въ небольшихъ пустотахъ подъ сильнымъ давленіемъ.

Газы, содержащіеся въ каменныхъ угляхъ, состоятъ, по изслѣдованіямъ *Мейера*, по большей части изъ углекислоты, кислорода, азота и болотнаго газа, причемъ преобладаютъ азотъ и болотный газъ; количество кислорода обыкновенно незначительно сравнительно съ количествомъ азота. Въ англійскихъ каменныхъ угляхъ количество углекислоты, содержащейся въ газовой смѣси, обыкновенно обратно пропорціонально содержанію болотнаго газа, т. е. съ увеличеніемъ количества углекислоты уменьшается процентное содержаніе болотнаго газа и наоборотъ. Въ нѣкоторыхъ угляхъ, а именно въ угляхъ плауенской формации (Саксонія) *Мейеръ* не нашелъ болотнаго газа или только слѣды его. Наконецъ газы, содержащееся въ нѣкоторыхъ угляхъ Сарбрюкенскаго бассейна представляютъ рѣзкое отличіе отъ газовъ, содержащихся въ большей части другихъ углей, такъ-какъ въ нихъ были найдены, кромѣ углекислоты, кислорода, азота и метана, еще этианъ ( $C^2H^6$ ) и тяжелые углеводороды, поглощаемые безводной сѣрною кислотой.—Вотъ результаты полученіе *Мейеромъ*:

Мѣсто нахождения угля.		Въ 100 объемахъ газа содержалось:						Тяжел. углеводород. водорода погров. Анал. сѣр. и.	100 гр. угл. двоятъ куб. смтр. пла.
		CO <sub>2</sub>	O	N	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		
Уголь изъ бассейна Zwickau.									
1)	Слонетый уголь съ глуб. 700 м., свѣж.	2,42	2,51	23,17	—	71,90	—	—	38,0
2)	Zachkohle, съ глуб. 680 м., свѣжій .	4,02	0,62	50,36	—	45,00	—	—	25,5
3)	Zachkohle съ глуб. 656 м., лежавш. 1½ года на воздухѣ . . . . .	2,25	0,70	23,89	—	73,16	—	—	18,6
4)	Lehekohle съ глуб. 560 м. свѣжій . . . . .	0,50	слѣд.	43,00	—	51,40	—	—	52,8
5)	Lehekohle съ глуб. 690 м., 5 лѣтъ пролежавш. на воздухѣ . . . . .								
	а) газъ былъ выдѣл. немедленно послѣ получения угля . . . . .	7,62	2,44	50,75	—	15,88	22,35	0,06	—
	б) газъ былъ собранъ спустя одну недѣлю послѣ а. . . . .	10,10	2,60	50,53	1,82	10,18	23,32	1,45	13,6
	в) газъ былъ собранъ спустя двѣ недѣли послѣ б. . . . .	11,18	2,82	67,99	—	—	16,36	1,65	—
6)	Слонетый уголь съ глуб. 690 м., пролежавшій 5 лѣтъ на воздухѣ . . . . .								
	а) газъ былъ выдѣленъ немедленно по полученіи угля . . . . .	16,70	4,90	55,15	—	3,17	18,61	1,47	—
	б) газъ былъ выдѣл. одну недѣлю позже.	11,40	3,80	60,98	—	3,44	18,88	1,50	18,2
	в) газъ былъ выдѣленъ двѣ недѣли послѣ б. . . . .	12,10	1,10	65,16	—	3,19	16,85	1,60	—
Уголь изъ Плауенской формации.									
	Твердый сланецъ . . . . .	48,70	1,80	49,50	—	—	—	—	—
	Мягкій сланецъ . . . . .	38,20	1,20	60,60	—	—	—	—	—
	Машинный сланецъ . . . . .	54,90	1,20	43,90	—	слѣд.	—	—	—
Вестфальскіе угли.									
В о с н и м.	Essen Zeche-Zollverein { жпрный газо- Consolidation { вый уголь.	7,50	2,59	89,91	—	—	—	—	22,5
		2,56	4,11	68,48	—	24,85	—	—	17,4
		4,87	2,66	75,82	—	16,65	—	—	50,6
	Sonnenschein { свѣжій . . . . .	11,12	2,88	78,60	—	7,40	—	—	43,2
		2,18	2,12	70,51	—	25,19	—	—	43,3
	Dickebank { свѣжій . . . . .	15,84	3,06	74,53	—	6,57	—	—	41,2
		5,82	1,99	60,62	—	31,57	—	—	59,2
	Präsident { свѣжій . . . . .	7,68	2,24	86,77	—	3,31	—	—	43,6
		1,30	1,60	66,85	—	30,25	—	—	54,4
	Wilhelm . . { свѣжій . . . . .	4,35	3,35	81,18	—	11,72	—	—	39,2
		2,02	0,90	86,43	—	10,65	—	—	54,5
	Franziska . . { свѣжій . . . . .	2,15	3,14	91,28	—	2,43	—	—	39,6
	3,72	0,39	90,19	—	5,70	—	—	42,0	
	Leonhard . . { свѣжій . . . . .	8,49	3,57	87,94	—	слѣд.	—	—	36,4
Англійскіе угли.									
	Newcastle. . . . .	5,55	2,28	85,65	—	6,52	—	—	25,2
	„ . . . . .	8,54	2,95	61,97	—	26,54	—	—	30,7
	Newcastle-Durham . . . . .	20,86	4,83	74,31	—	—	—	—	27,0
	„ . . . . .	16,51	5,65	77,84	—	слѣд.	—	—	24,4
	Durham . . . . .	0,84	слѣд.	13,86	—	85,80	—	—	91,2
	„ . . . . .	1,15	0,19	14,62	—	84,04	—	—	238,0
	„ . . . . .	0,23	0,55	9,61	—	89,61	—	—	211,2
	Неизвѣстнаго происхожденія . . . . .	5,31	0,63	44,05	—	50,01	—	—	84,00

Находи, что способъ, употребленный *Мейеромъ* для изслѣдованія газовъ, содержащихся въ каменныхъ угляхъ (вслѣдствіе растворимости углекислоты въ водѣ и трудности, съ которой газы выдѣляются изъ воды), не могъ дать точныхъ результатовъ, *Thomas* вновь изслѣдовалъ этотъ вопросъ, употребивъ другой способъ для выдѣленія и собиранія газовъ, содержащихся въ каменныхъ угляхъ. При своихъ опытахъ *Thomas* вынималъ изъ изслѣдуемыхъ углей правильныя четырехугольныя пластинки толщиной въ  $\frac{5}{8}$  и длиною въ 6—8". Закругливъ края этихъ пластинокъ, онъ помещалъ ихъ въ стекляныя трубки, одинъ конецъ которыхъ былъ вытнутъ въ длинную тонкую шейку для соединенія съ ртутнымъ насосомъ *Sprengel'a*. Другой конецъ трубки, послѣ помещенія въ нее угля, запаявался. Послѣ этого изъ трубки, при помощи насоса *Sprengel'a*, выкачивался воздухъ и производилась возможная пустота. Такъ-какъ многіе изъ изслѣдованныхъ углей были порозны и далеко не тверды, то можно было думать, что при выкачиваніи воздуха изъ трубки, будутъ удалиться изъ углей и содержащіеся въ нихъ газы. Опытъ показалъ, однако, что угли теряютъ при этихъ условіяхъ только незначительное количество газовъ, которое не превосходитъ 2—3 куб. сантиметровъ на 100 грм. угля. Нѣкоторые изъ плотныхъ углей выдѣляютъ при обыкновенной температурѣ въ разрѣженномъ пространствѣ только слѣды газовъ, отдѣляя ихъ при нагреваніи очень быстро.

Когда весь воздухъ удаленъ изъ трубки, содержащей уголь, тогда ее помещаютъ въ водяную баню и нагреваютъ при 100° въ теченіе 7 часовъ или до тѣхъ поръ, пока воздушный насосъ не доставляетъ болѣе замѣтныхъ количествъ газа. Для анализа брались отъ 10—30 грм. угля, смотря по его природѣ и количеству въ немъ содержащихся газовъ.

При помощи указанного способа *Thomas* изслѣдовалъ значительное число англійскихъ углей и нашелъ, что 100 грм. угля, нагрѣтыхъ при 100° въ безвоздушномъ пространствѣ, выдѣляютъ отъ 24—600 к. с. газа, который содержитъ отъ 2,62—36,42%  $\text{CO}_2$ ; 0,34—6,09%  $\text{O}$ , 2,68—93,13%  $\text{CH}_4$  и 1,10—80,11%  $\text{N}$ . Въ другомъ рядѣ своихъ изслѣдованій онъ анализировалъ газы, выдѣляющіеся самопроизвольно при добычѣ угля и нашелъ, что газы эти содержатъ отъ 47,37—97,65% (всего чаще около 90%) болотнаго газа, отъ 0,10 до 4,26% углекислоты, отъ 0,11 до 10,15% кислорода (который впрочемъ, въ большей части случаевъ отсутствуетъ) и отъ 0,69—41,58 (всего чаще около 5%) азота. Въ кэнельскомъ газовомъ угли, *Thomas*, нашелъ метанъ, этианъ и нѣкоторые высшіе гомологи этого ряда.

Кромѣ того изслѣдованія *Thomas'a* показали, что въ безвоздушномъ пространствѣ при 100° не выдѣляются всѣ газы, содержащіеся въ каменныхъ угляхъ. Нагрѣвая уголь, лишенный газовъ при 100°, при температурѣ 200—300°, онъ вновь теряетъ газы, причемъ самъ уголь повидимому не претерпѣваетъ разложенія. Такъ напримѣръ: 100 грм. антрацита выдѣлили при 100° въ безвоздушномъ пространствѣ 600,6 куб. с. газовъ. Тоже количество угля, оставленное въ разрѣженномъ пространствѣ при обыкновенной температурѣ (14°С) въ теченіе 19 часовъ выдѣлили 56,6 куб. с. газа, а затѣмъ при 200° еще 993,1 куб. с. Вновь оставленный въ разрѣзанномъ пространствѣ въ теченіи 41 часа при обыкновенной температурѣ (12°) уголь далъ 19,1 куб. сант., а еще разъ нагрѣтый до 300°—206,5 куб. с. Такъ что всего выдѣлилось изъ 100 грм. угля 1875,9 куб. сантм. газовъ. Составъ газовъ, выдѣлившихся при указанныхъ условіяхъ, былъ слѣдующій:

Въ 100 об. газовъ содержалось:

	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}$ .
Газъ выдѣлившійся при 100° . . .	14,72	84,18	1,10
“ “ “ при 200° . . .	8,06	91,83	0,11
“ “ “ при 300° . . .	1,43	98,47	0,10



Наконецъ изслѣдованіи *Thomas'a* показали, что уголь, лишенный газовъ при 100°, при лежаніи на воздухѣ вновь приобретаетъ способность выделять газы при нагреваніи до 100° въ разрывномъ пространствѣ, и что составъ этихъ газовъ отличается отъ состава газовъ, выделяющихся при первомъ нагреваніи. Вотъ числа, полученныя *Thomas'омъ*.

Названіе угля.	100 грм. угля выдѣляютъ при 1000 куб. саж. газомъ.	Составъ газовъ, выделяющихся при нагреваніи угля при 100° ц. въ безвоздушномъ пространствѣ.					
		CO <sup>2</sup>	O	N	CH <sup>4</sup>	C <sup>2</sup> H <sup>0</sup>	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>
<i>Уголь изъ южнаго Валлиса.</i>							
Смолистый . . . . .	55,0	36,42	0,80	62,78	—	—	—
Тоже . . . . .	61,2	16,77	2,72	80,11	0,40	—	—
Тоже . . . . .	55,1	5,44	1,05	29,75	63,76	—	—
Тоже послѣ нагреванія и лежанія на воздухѣ . . . . .	—	11,10	7,67	71,92	9,31	—	—
Полусмолистый . . . . .	73,6	12,34	0,64	14,51	72,51	—	—
Уголь, употребл. для паровыхъ котловъ . . . . .	194,8	5,04	0,33	7,33	87,30	—	—
Тоже . . . . .	250,1	13,21	0,49	4,66	81,61	—	—
Тоже . . . . .	218,4	5,46	0,44	9,88	84,22	—	—
Тоже . . . . .	147,4	18,90	1,02	12,61	67,47	—	—
Тоже приближается къ антрациту . . . . .	375,4	9,25	0,34	3,49	86,92	—	—
Тоже послѣ лежанія на воздухѣ и послѣ нагреванія . . . . .	112,3	11,75	2,64	30,83	54,78	—	—
Тоже мягкій, порозный . . . . .	149,3	11,35	0,56	14,62	73,47	—	—
Тоже . . . . .	215,4	5,64	0,54	11,12	82,70	—	—
Смолистый . . . . .	24,0	22,16	6,09	69,07	2,68	—	—
Тоже . . . . .	39,7	9,43	2,25	56,34	31,98	—	—
Послѣ лежанія на воздухѣ уже разъ нарѣтый уголь . . . . .	31,2	18,62	7,94	65,58	7,86	—	—
Антрацитъ . . . . .	555,5	2,62	—	4,25	93,13	—	—
Тоже . . . . .	600,6	14,72	—	1,10	84,18	—	—
<i>Камельскій уголь.</i>							
Wigan cannel . . . . .	421,3	6,44	—	8,12	80,69	4,75	—
Тоже . . . . .	350,6	9,05	—	5,96	77,19	7,80	—
Scotch cannel . . . . .	16,8	53,94	—	46,06	—	—	—
Тоже . . . . .	55,7	84,55	—	14,54	—	—	0,91
Whitetill cannel shale . . . . .	55,7	68,75	—	28,58	—	2,67	—
Whitby jet . . . . .	30,2	10,93	—	2,17	—	—	86,90

Содержаніе газообразныхъ углеродистыхъ водородовъ въ углѣ и способность ихъ образовывать съ воздухомъ гремучія смѣси, слѣдуетъ имѣть въ виду при храненіи каменныхъ углей въ закрытыхъ помѣщеніяхъ. Присутствіемъ этихъ углеродистыхъ водородовъ слѣдуетъ также объяснить образованіе въ каменноугольныхъ кояхъ гремучаго воздуха <sup>1)</sup>, въ составъ котораго входятъ главнымъ образомъ тѣже газы, которые содержатся въ каменныхъ угляхъ.

Составъ гремучихъ смѣсей, образующихся въ каменноугольныхъ кояхъ, былъ изслѣдованъ *Henry, Davy, Thomson'омъ, G. Bischof'омъ* (1840), *Graham'омъ, Playfair'омъ* (1846) и *Wimsen'омъ*. Изслѣдованія четырехъ первыхъ названныхъ ученыхъ заслуживаютъ

<sup>1)</sup> Объ условіяхъ образованія этихъ смѣсей и о новѣйшихъ способахъ, предложенныхъ для ихъ устраненія, см. *Dinglers J.* 1878, 227, 62, 146.

мало вниманіи, вслѣдствіе неточности способовъ, употреблявшихся въ то время для анализа газовъ. Что же касается до изслѣдованій *Graham'a*, *Playfair'a* и *Буизена*, то они показали, что газовый смѣсь, выдѣляющійся изъ каменно-угольныхъ коней, состоитъ главнымъ образомъ изъ болотнаго газа (метана) съ примѣсю маслороднаго газа и незначительныхъ количества углекислоты, кислорода и азота, причемъ ни въ одной изъ этихъ смѣсей не было найдено окиси углерода и водорода. Присутствіе маслороднаго газа въ гремучихъ газахъ, выдѣляющихся въ каменно-угольныхъ коняхъ требуетъ, впрочемъ, еще подтвержденія, такъ-какъ изслѣдованія *Me yer'a* и *Thomas'a* показали, что маслородный газъ отсутствуетъ въ большей части ими изслѣдованныхъ каменныхъ углей. По анализамъ *Keller'a* (1851), газъ, выдѣляющійся почти постоянно изъ каменно-угольной копи въ *Veisbach* и служащій для освѣщенія штоля, состоитъ почти исключительно изъ болотнаго газа. Замѣтимъ еще здѣсь, что газы, выдѣляющіеся въ каменноугольныхъ копяхъ становятся взрывчатыми, если они смѣшаны съ воздухомъ въ опредѣленномъ отношеніи; выше и ниже опредѣленнаго предѣла смѣсь не взрываетъ. Это отношеніе лежитъ между 1: 14 и 1: 6, причемъ самый сильный взрывъ происходитъ при отношеніи 1: 8. Изслѣдованія *Galloway'a* показали, однако, что присутствіе въ гремучей смѣси угольной пыли дѣлаетъ ее взрывчатою даже въ томъ случаѣ, если она и не составлена по выше указанной пропорціи. Даже смѣсь составленная по отношенію 1: 112 взрываетъ, если въ ней суспендирована угольная пыль.

*Отношеніе* каменныхъ углей къ *нагрѣванію* также очень различно. Одни угли при накалываніи безъ доступа воздуха даютъ много газообразныхъ продубтовъ и мало плотнаго остатка (кокса), другіе наоборотъ—мало газовъ и много кокса, причемъ одни угли даютъ коксъ въ видѣ порошка, не спекающагося, другіе даютъ коксъ спекшіиел, даже почти расплавленный и болѣе или мевѣе поздраватый. На основаніи существующихъ изслѣдованій можно принять, что каменные угли различныхъ происхожденій даютъ среднимъ числомъ (изъ 366 опредѣленій) 68% кокса; русскіе же угли (изъ 236 опредѣленій) среднимъ числомъ—69,5% кокса.

Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ собраны данныя объ элементарномъ составѣ, удѣльномъ вѣсѣ, объ отношеніи къ нагрѣванію и о другихъ свойствахъ углей различнаго происхожденія. Я старался помѣстить въ этихъ таблицахъ всѣ мнѣ извѣстные анализы каменныхъ углей, причемъ исключилъ только тѣ, въ которыхъ сумма составныхъ частей не была равна 100 и въ которые, слѣдовательно, вкрался опсски или опечатки; такихъ анализовъ, впрочемъ не мало и они безъ дальнѣйшихъ замѣчаній, переходили изъ учебника въ учебникъ. Числа, помѣщенные въ скобкахъ и поставленные подъ „средними числами“ выражаютъ число анализовъ, изъ которыхъ было выведено среднее.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный въсь.	100 ч. угля дадутъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.				
<b>А в с т р і я.</b>											
<i>Венгрія.</i>											
Banat (Krassoer Com.)											
Purkari . . . . .	2,73	1,605	85,30	5,05	9,65	—	1,317	73,11	Полужирный уголь (Sinterkohle).	Nendtvich (1847).	
Gerlistye . . . . .	2,76	2,395	85,48	4,92	9,60	—	1,282	70,95	" " "	" "	
Markus . . . . .	3,77	2,615	84,54	4,96	10,50	—	1,287	68,17	" " "	" "	
Simon u. Anton . . . . .	3,16	10,530	82,55	4,35	13,10	—	1,423	—	Тощій уголь (Sandkohle) . . .	" "	
Heil. Dreifalt. . . . .	3,19	8,240	83,84	4,36	11,50	0,38	1,390	69,98	" " "	Nendtvich (1851).	
Anton u. Joseph. . . . .	3,21	2,260	81,58	4,41	14,01	0,87	1,319	70,60	Полужирный уголь (Sinterkohle).	" "	
Emiliagrube . . . . .	7,30	1,550	78,38	3,92	17,70	0,74	1,366	78,85	Тощій уголь (Sandkohle) . . .	" "	
Resicza . . . . .	1,20	0,890	88,73	4,66	6,61	0,86	1,295	89,40	Жирный уголь (Backkohle) . .	" "	
<b>Baranyer Comitates.</b>											
Fünfkirchen . . . . . 1.	1,12	10,690	86,89	4,37	8,74	—	1,356	86,47	Полужирный уголь (Sinterkohle).	Nendtvich (1847).	
" . . . . . 2.	1,05	5,820	88,30	4,80	6,90	—	1,313	82,82	Прекрасн. жирн. уголь (Backkohle).	" "	
" . . . . . 3.	1,22	18,230	89,99	4,23	5,78	1,89	1,414	89,40	Полужирный уголь (Sinterkohle).	Nendtvich (1851).	
" . . . . . 4.	1,14	2,850	88,85	4,23	6,92	0,99	1,300	83,14	" " "	" "	
Szabolcs . . . . . 1.	1,09	10,330	89,70	5,08	5,27	—	1,350	81,55	Жирный уголь (Backkohle), весьма пригоденъ какъ кузнеч. уголь, газ. уголь и для полученія кокса. Этотъ послѣд. содерж. однако много золы.	Nendtvich (1847).	
" . . . . . 2.	1,60	11,420	83,77	4,97	11,26	—	1,378	77,81			
Vassas . . . . . 1.	1,07	2,910	88,76	5,04	6,20	—	1,291	76,82			
" . . . . . 2.	1,70	12,050	86,72	5,09	8,19	—	1,339	78,52			
Среднее для углей Венгрія.	2,34	6,524	85,84	4,65	9,51	0,96	1,338	78,51			
			(16)			(6)	(16)	(15)			

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.

*Примѣчаніе.* Числа, помѣщенные въ скобкахъ, показываютъ число анализовъ, изъ которыхъ выведено среднее.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %/10	Золы въ су- хомъ углѣ, въ %/10.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			C.	H.	O.	N.	S.				
<b>Австрія.</b>											
<i>Богемія.</i>											
Oppelschacht . . . . . 1.	—	7,45	80,56	5,75	13,69	—	—	—	Кузнечный уголь . . . . .	Erdmann (1845).	
2.	—	10,32	79,11	5,77	15,12	—	—	—	Слащеватый уголь . . . . .	" "	
3.	—	16,59	80,16	5,77	14,07	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
Döhlnerschacht . . . . . 1.	—	10,31	81,79	6,03	12,18	—	—	—	Кузнечный уголь . . . . .	" "	
2.	—	14,00	79,52	5,89	14,59	—	—	—	Слащеватый уголь . . . . .	" "	
3.	—	27,01	80,39	6,14	13,47	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
Littitz около Пильзена . . . . . 1.	—	6,69	84,53	5,05	10,42	—	—	—	Газ. топч. уголь (Gas-und Sandkohle)	Fleck (1865).	
2.	—	6,97	83,25	5,41	11,34	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
3.	—	3,08	78,09	5,05	16,36	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
4.	—	2,58	77,35	6,11	16,54	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
5.	—	4,42	78,91	4,73	16,36	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
6.	—	3,43	79,77	4,79	15,44	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
7.	—	2,07	82,59	5,16	12,25	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
8.	—	2,02	80,32	4,18	15,50	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
9.	—	6,97	72,44	4,79	22,77	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
10.	—	17,31	78,66	4,48	16,86	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
11.	—	5,98	72,52	4,45	23,03	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
Nürschau около Pilsen. 1.	1,00	17,49	77,29	4,04	18,67	—	—	—	" " " " " " " "	" "	
2.	2,30	15,07	81,06	6,83	10,00	2,11	3,38	—	" " " " " " " "	Marx (1866).	
Budweis . . . . . 1.	1,20	11,93	79,72	6,35	11,86	2,07	3,01	—	" " " " " " " "	" "	
2.	—	15,08	94,76	3,90	1,34	2,39	1,43	—	Антрацитъ . . . . .	Strasky (1856).	
Среднее . . . . .	1,83	9,85	80,13	5,27	14,60	—	2,93	1,430			
<i>Моравія.</i>	(3)			(21)			(3)	(1)			
Rossitz . . . . . 1.	—	5,19	86,16	4,98	8,86	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . . . . .	Fleck (1865).	
2.	—	12,05	85,30	4,57	10,13	—	—	—			
3.	—	2,81	89,07	4,50	6,43	—	—	—			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, внесенн. на воздухѣ въ %	Золы въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльн. вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя наследователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Австрія.</b>											
<i>Моравія.</i>											
Ostrau, Jaklowitz . . . 1.	—	9,52	80,74	4,87	14,39	—	—	—	Тощій антрацитовый уголь.	Fleck.	
2.	—	7,19	86,58	4,90	8,52	—	—	—			
3.	—	8,99	85,86	4,94	9,20	—	—	—			
4.	—	9,62	84,02	4,84	11,14	—	—	—			
5.	—	6,40	85,38	5,41	9,21	—	—	—			
„ Tiefbau . . . 1.	—	5,33	84,80	4,90	2,30	—	—	—			
2.	—	8,52	87,27	5,21	7,52	—	—	—			
3.	—	3,24	82,12	4,50	13,38	—	—	—			
4.	—	4,47	82,21	4,56	13,23	—	—	—			
„ Carolinenschachte1.	—	26,46	82,21	4,96	12,83	—	—	—			
2.	—	8,54	83,63	3,89	12,48	—	—	—			
3.	—	12,80	78,30	4,64	17,06	—	—	—			
„ Karwin . . . 1.	—	1,95	80,33	4,20	15,47	—	—	—			
2.	—	3,64	83,49	5,08	11,43	—	—	—			
Среднее . . .	—	8,04	83,97	4,76	11,27	—	—	—			„
(17)											
Среднее для углей всей Австріи . . . . .	2,26 (19)	8,29	83,03	4,93	12,04	1,61 (9)	1,344 (17)	78,51 (15)			
(54)											

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золи въ су- хомъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится..					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.			Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.						
<b>Великобританія.</b>													
<i>Западный бассейн Wales.</i>													
Aberaman Merthyr . . . . .	—	1,45	93,40	4,40	0,08	1,24	1,19	1,305	85,00	—	—	—	De-la-Besche и Playfer (184 <sup>9</sup> / <sub>9</sub> ).
Ebbw-Vale . . . . .	—	1,50	92,10	5,28	0,40	2,22	1,52	1,275	77,50	—	—	—	„
Thoma's Merthyr . . . . .	—	1,68	92,46	4,44	2,07	1,03	0,86	1,300	86,53	—	—	—	„
Duffryn . . . . .	—	3,26	92,93	4,90	0,63	1,54	1,82	1,326	84,30	—	—	—	„
Nixon's Merthyr . . . . .	—	1,25	92,54	4,22	2,60	0,64	1,21	1,310	79,11	—	—	—	„
Bedwas . . . . .	—	6,94	90,02	6,71	1,67	1,60	3,87	1,320	71,70	—	—	—	„
Hill's Plymouth Gruben . . . . .	—	2,39	91,44	4,13	3,95	0,48	0,86	1,350	82,25	—	—	—	„
Aberdare Co's Merthyr . . . . .	—	3,26	92,12	4,43	1,72	1,73	0,94	1,310	85,83	—	—	—	„
Gadly . . . . .	—	5,34	91,89	4,60	2,35	1,16	0,92	1,330	86,54	—	—	—	„
Mynydd Newydd . . . . .	—	5,24	88,65	6,03	3,69	1,63	1,25	1,310	74,80	—	—	—	„
Jones и Co. Anthracit . . . . .	—	1,52	93,60	3,54	2,64	0,22	0,80	1,375	92,90	—	—	—	„
Graigola . . . . .	—	3,24	88,12	4,00	7,46	0,42	0,46	1,300	85,50	—	—	—	„
Machen Rock-Vein . . . . .	—	3,85	75,00	5,15	18,85	1,00	1,42	1,297	65,20	—	—	—	„
Birch-Grube, Graigola . . . . .	—	4,43	88,96	4,38	5,89	0,77	0,90	1,360	85,10	—	—	—	„
Llynvi . . . . .	—	3,04	91,16	5,30	2,64	0,90	1,37	1,280	72,94	—	—	—	„
Oldcastle Fiery Vein . . . . .	—	2,64	90,14	5,03	3,49	1,34	0,10	1,289	79,80	—	—	—	„
Vivian и Son's Merthyr . . . . .	—	5,31	88,28	5,66	4,95	1,11	1,00	1,299	67,10	—	—	—	„
Langennech . . . . .	—	6,54	91,72	4,51	2,62	1,15	0,31	1,312	83,69	—	—	—	„
Three Quarter Rock Vein . . . . .	—	10,96	87,20	5,72	5,84	1,24	3,20	1,340	62,50	—	—	—	„
Pentrepoth . . . . .	—	3,36	91,80	4,65	3,36	0,19	—	1,310	82,50	—	—	—	„
Cwm Froid Rock Vein . . . . .	—	6,00	88,64	6,30	3,86	1,20	1,30	1,255	68,80	—	—	—	„
Cwm Nanty Gros . . . . .	—	5,60	85,74	6,12	6,10	2,04	3,19	1,280	65,60	—	—	—	„
Brymbo Main . . . . .	—	4,22	83,69	5,47	10,23	0,61	2,85	1,300	55,40	—	—	—	„
Tivian и Son's Rock Vawr . . . . .	—	4,30	84,78	5,57	8,94	0,71	2,52	1,301	58,60	—	—	—	„

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ высушен. на воздухѣ въ %	Воды въ су- хой углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.			Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.						
<b>Великобританія.</b>													
<i>Wales.</i>													
Coleshill . . . . .	—	8,92	83,21	5,80	9,34	1,65	2,57	1,290	56,00	—	—	—	De-la-Besche Playfer (184 <sup>1</sup> / <sub>9</sub> ). " " " " Riley 1). Noad 1). Vaux (184 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ).
Brymbo 2 Yards . . . . .	—	5,90	84,72	6,00	8,70	0,58	2,00	1,283	56,20	—	—	—	
Rock Vawr . . . . .	—	7,55	85,23	4,80	9,35	0,62	1,04	1,290	62,50	—	—	—	
Porty-mawr . . . . .	—	14,72	88,54	5,68	4,26	1,52	1,07	1,390	63,10	—	—	—	
Pontypool . . . . .	—	5,52	87,63	6,15	4,76	1,46	2,53	1,320	64,80	—	—	—	
Pentrefelin . . . . .	—	6,09	91,18	3,97	4,85	0,00	0,13	1,358	85,00	—	—	—	
Dowlais . . . . .	—	1,20	90,93	4,51	3,30	1,26	—	—	—	Жирный уголь . . . . .	—	—	
" . . . . .	—	2,00	90,86	4,65	3,03	1,46	—	—	—				
" . . . . .	—	3,32	91,64	4,54	2,64	1,18	—	—	—				
" . . . . .	—	7,68	90,18	4,67	3,76	1,39	—	—	—				
Ellvein . . . . .	—	1,46	84,42	5,48	8,40	1,70	—	—	—				
Threequatrevein . . . . .	—	2,45	86,25	5,90	6,13	1,72	—	—	—	—	—	—	
Bjgvein . . . . .	—	4,00	87,14	6,49	4,81	1,56	—	—	—	—	—	—	—
Неизвѣстно откуда . . . . .	2,00	1,61	92,73	3,36	3,05	0,86	0,92	1,393	92,10	Антрацитъ . . . . .			—
Среднее для углей запад- наго бассейна . . . . .	2,00 (1)	3,85	89,09	5,02	4,66	1,23	1,18	1,353	83,16				—
			(38)				(31)						1) Die Steinkohlen Deutschland's II, 288.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухъ въ %	Зольн. въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.			Имя изслѣдователя.
			C.	H.	O.	N.	S.						
<b>Великобританія.</b>													
<i>Центральный бассейнъ.</i>													
<i>Derbyshire.</i>													
Carl Sitzwilliams Elsecar.	—	2,46	84,79	5,02	8,88	1,31	0,93	1,296	61,60	—	—	—	De-la-Bèche и Playfer (184 <sup>9</sup> / <sub>5</sub> ). " " " " " Tockey 1).
Holyland and Co's Elsecar	—	3,73	84,08	5,18	9,44	1,30	1,10	1,317	62,50	—	—	—	
Carl Fitzwilliams's Park Gate	—	1,80	82,47	5,07	10,25	2,21	1,13	1,311	61,70	—	—	—	
Butterly Co's Portland.	—	1,23	82,13	4,75	11,50	1,62	0,87	1,301	60,90	—	—	—	
Butterly Co's Langley.	—	4,65	82,76	5,92	10,47	0,85	1,20	1,264	54,90	—	—	—	
Stavely . . . . .	—	2,40	82,42	5,00	11,31	1,27	0,74	1,270	57,86	—	—	—	
Loscoe Soft . . . . .	—	2,30	80,38	5,04	12,88	1,70	1,33	1,285	52,80	—	—	—	
Nottighamshire . . . . .	—	3,90	84,43	5,41	8,47	1,69	—	—	—	—	—	—	
* Среднее . . . . .													
<i>Съверный бассейнъ.</i>													
<i>Lancashire.</i>													
Inch Hall Co's arley . . . . .	—	1,53	84,58	6,00	7,62	1,80	0,81	1,272	64,00	—	—	—	De-la-Bèche и Playfer (184 <sup>9</sup> / <sub>5</sub> ). " " " " " " " " " "
Haydock Little Delf . . . . .	—	3,42	82,98	5,37	11,09	0,56	0,54	1,257	58,10	—	—	—	
Balcarres Arley . . . . .	—	3,32	87,36	5,48	6,14	1,02	1,08	1,260	62,69	—	—	—	
Blackley Hurst . . . . .	—	4,05	86,76	5,87	5,59	1,73	1,49	1,260	57,84	—	—	—	
Ince Hall, Pemberton, Yard.	—	2,34	84,28	6,50	7,86	1,36	1,86	1,348	60,60	—	—	—	
Haydock, Rushy Park . . . . .	—	3,68	82,09	5,85	11,53	0,53	1,79	1,323	59,40	—	—	—	
Moss Hall, Pemberton. . . . .	—	6,58	83,57	5,33	8,83	2,27	3,25	1,258	55,70	—	—	—	
Haydock, Hygher, Florida.	—	3,05	80,62	5,80	12,53	1,05	1,06	1,218	51,10	—	—	—	
Blackbrook Little Delf. . . . .	—	4,31	87,40	5,87	5,17	1,56	1,12	1,260	58,48	—	—	—	
King . . . . .	—	8,72	82,12	5,91	10,10	1,87	1,26	1,300	62,40	—	—	—	

1] Die Steinkohlen  
Deutschland's II, 882.



Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. въ су-хонѣ угля въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля дадутъ жюсса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Великобританія.</b>											
<i>Сѣверный бассейнъ.</i>											
<i>Lancashire.</i>											
Rushy Park Mine . . . . .	—	5,69	83,34	5,61	9,64	1,41	1,07	1,280	56,66	—	De-la-Beeche и Playfer (184 <sup>8</sup> / <sub>8</sub> ).
Blackbrook . . . . .	—	2,68	84,81	6,26	7,52	1,41	1,66	1,270	58,10	—	
Johnson and Wirthing- ton's R. P. . . . .	—	2,19	83,60	5,41	9,72	1,27	2,77	1,280	57,52	—	
Laffak, Rushy Park . . . . .	—	2,82	84,01	5,97	8,70	1,32	1,43	1,350	56,26	—	
Balcarres Haigh Jard . . . . .	—	3,90	86,94	5,78	5,96	1,32	1,54	1,280	66,09	—	
Haydock, Florida Main . . . . .	—	2,02	79,80	5,67	13,22	1,31	0,90	1,267	54,40	—	
Wigan . . . . .	—	4,23	83,38	5,60	10,11	0,91	1,24	1,209	60,00	—	
Cannel Wigan . . . . .	—	4,84	84,53	6,49	7,72	1,26	1,50	1,230	60,33	—	
Balcarres, Lindsay . . . . .	—	2,00	86,95	5,87	5,73	1,45	1,54	1,260	57,84	—	
Caldwell and Thompson's Rushy Park . . . . .	—	1,50	78,05	5,59	15,24	1,12	0,92	1,271	58,70	—	
Balcarres . . . . .	—	9,21	88,66	5,67	9,80	0,87	2,30	1,260	55,90	—	
Mass Hall, Pemberton . . . . .	—	6,02	81,95	5,76	10,90	1,39	1,12	1,283	56,10	—	
Johnson and Wirthington's Sir John . . . . .	—	11,40	83,69	5,72	9,36	1,23	1,74	1,310	56,15	—	
Ince Hall Pemberton 5 Fuss	—	4,34	72,87	5,05	19,75	2,33	1,41	1,269	56,50	—	
<i>Durham.</i>											
Stockton . . . . .	—	6,15	81,91	5,32	12,77	—	—	—	—	Жирный уголь . . . . .	Baer (184 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> ).
Sunderland . . . . .	—	12,66	86,59	5,98	5,95	1,54	—	—	—	Орѣховый уголь (Nusskohle) . .	Grundmann <sup>1)</sup> .
" . . . . .	—	3,95	86,35	5,47	6,61	1,57	—	—	—	Кузнечный уголь . . . . .	" "
Hartlepool . . . . .	—	7,74	81,69	5,36	11,74	1,21	—	—	—	" "	" "

1] Die Steinkohlen Deutschland's II. 288.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су-комъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль-ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.			Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.						
<b>Великобританія,</b>													
<i>Северный бассейн.</i>													
<i>Northumberland (Newcastle)</i>													
Willington . . . . .	—	1,08	88,55	5,06	5,32	1,07	0,89	—	72,19	—	—	—	De-la-Besche и Playfer (184 <sup>8/9</sup> ). "
Andrew's House, Tanfield.	—	2,28	87,48	4,66	6,86	1,00	0,65	—	69,69	—	—	—	
Bowden Close . . . . .	—	0,20	83,68	6,70	8,20	1,42	0,46	1,286	62,70	—	—	—	
Haswell, Wallsend . . . . .	—	7,14	89,73	6,03	2,83	1,41	1,82	1,290	64,61	—	—	—	
Newcastle Hartley . . . . .	—	9,12	90,08	5,93	4,69	1,30	1,96	1,310	72,31	—	—	—	
Hedley's Hartley . . . . .	—	4,25	85,85	5,60	6,93	1,62	1,93	1,250	—	—	—	—	
Bates' West Hartley . . . . .	—	2,51	84,94	5,50	7,81	1,75	1,16	1,260	59,20	—	—	—	
West Hartley Main . . . . .	—	3,85	84,90	5,30	8,26	1,54	1,08	1,230	—	—	—	—	
Buddle's West Hartley . . . . .	—	2,94	85,93	5,66	6,73	1,68	1,39	1,250	35,60	—	—	—	
Hasting's Hartley . . . . .	—	5,21	84,95	5,44	8,36	1,25	0,86	1,250	60,63	—	—	—	
Carr's Hartley . . . . .	—	5,84	89,74	5,72	2,70	1,84	1,48	1,250	59,49	—	—	—	
Davison's West Hartley . . . . .	—	3,22	83,37	5,29	10,32	1,02	0,83	1,250	57,18	—	—	—	
North Percy Hartley . . . . .	—	5,93	90,15	5,71	3,00	1,14	1,87	1,270	61,38	—	—	—	
Haswell Coal Co's Steam-boat Wallsend . . . . .	—	3,73	82,20	5,00	10,86	1,94	1,42	1,260	54,83	—	—	—	
Derwentwater Hartley . . . . .	—	3,07	85,02	5,82	8,41	0,75	1,49	1,250	58,22	—	—	—	
Broomhill . . . . .	—	3,07	86,84	6,56	4,64	1,96	2,94	1,250	59,20	—	—	—	
Original Hartley . . . . .	—	2,33	84,78	5,26	8,22	1,74	0,73	1,260	58,59	—	—	—	
Compen u. Sidney's Hartley . . . . .	—	2,14	88,65	5,50	4,55	1,30	1,35	1,260	65,13	—	—	—	
Hawthorn Hartley . . . . .	0,99	0,78	87,54	5,04	7,42	—	—	—	—	Жирный уголь . . . . .	—	—	Vaer (184 <sup>7/48</sup> ).
Newcastle . . . . .	1,36	2,07	83,77	6,00	8,12	2,11	0,77	1,276	66,70	Жирный уголь . . . . .	—	—	Vaux (184 <sup>7/48</sup> ).
Seaton . . . . .	—	2,49	80,54	4,76	11,70	—	—	—	—	Уголь, употребл. для нагрев. паров.	—	—	Dick <sup>1)</sup> .
Peareth . . . . .	—	0,79	83,73	4,90	11,37	—	—	—	—	Газовый уголь . . . . .	—	—	" "
Low-Main . . . . .	—	1,36	81,01	6,17	10,38	2,44	—	—	—	—	—	—	Taylor <sup>1)</sup> .

<sup>1)</sup> Die Steinkohlen Deutschland's II, 288.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ высушен. на воздухѣ въ %	Воды въ су- хой углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			C.	H.	O.	N.	S.				
<b>Великобританія.</b>											
<i>Сѣверный бассейн.</i>											
<i>Northumberland.</i>											
Newcaastel . . . . . 1.	—	3,35	87,54	5,90	5,23	1,33	—	—	—	—	} Grundmann 1).
2.	—	1,73	85,92	5,18	7,38	1,52	—	—	—	Сам. лучш. уголь данн. мѣстности.	
3.	—	3,11	88,99	6,00	3,83	1,18	—	—	—	Cannelcoal . . . . .	
4.	—	2,99	87,96	5,59	5,47	0,98	—	—	—	Газовый уголь . . . . .	
<i>Шотландія.</i>											
Wallsend Elgin . . . . .	—	10,70	86,69	5,95	5,75	1,61	1,71	1,200	58,45	—	De-la-BeehenPlayfer
Wellewood . . . . .	—	2,89	85,16	6,57	6,67	1,60	1,62	1,270	59,15	—	„
Dalkeith Coronation . . . . .	—	3,10	79,71	5,39	14,90	0,00	0,39	1,316	53,50	—	„
Killmarnock Skerrington . . . . .	—	1,25	81,54	5,95	11,55	0,96	0,87	1,241	49,30	—	„
Fordel Splint . . . . .	—	4,00	84,18	5,81	8,81	1,20	1,52	1,230	52,03	—	„
Grangemouth . . . . .	—	3,52	84,00	5,55	9,03	1,42	1,47	1,290	56,60	—	„
Eglinton . . . . .	—	2,44	83,26	6,76	8,37	1,61	1,41	1,250	54,94	—	„
Dalkeith Iewel . . . . .	—	4,37	78,22	5,40	16,27	0,11	0,35	1,277	49,80	—	„
Airshire . . . . .	—	1,96	78,59	5,49	13,77	2,15	—	—	—	—	Rowney (1855).
Коль Elging . . . . . 1.	—	1,43	82,70	5,28	10,86	1,36	—	—	—	—	„
2.	—	6,75	82,06	5,29	11,06	1,59	—	—	—	—	„
Boghead . . . . .	0,50	18,79	81,01	11,30	6,83	0,86	0,25	—	—	—	Russell (1851).
„ . . . . .	—	24,23	80,90	12,18	5,60	1,02	—	—	—	—	Matter (1859).
Lanarshire . . . . .	—	16,30	72,79	8,40	18,81	—	—	—	—	—	Joffre (1868).
Rigside-coal . . . . .	—	15,00	70,04	7,09	22,87	—	—	—	—	—	„
Среднее для углей Сѣ- вернаго бассейна .	0,63 (4)	5,10	83,71	5,97	10,32	0,99	1,268	60,10			1) Die Steinkohlen Deutschland's II, 280.
				(70)		(52)	(49)				

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ всушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су- хомъ углѣ въ 0/0.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зола) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Великобританія.</b>											
<i>Ирландія.</i>											
Граф. Тургоне . . . . .	—	4,30	77,91	7,46	14,63	1,67	—	—	—	—	De-la-Beech Playfer Cranstaun (1873). " " "
" . . . . .	—	2,70	79,81	6,70	13,49	1,49	—	—	—	—	
" . . . . .	—	2,95	82,57	6,60	10,83	1,55	—	—	—	—	
" . . . . .	—	14,87	88,60	7,25	4,15	2,70	—	—	—	—	
" . . . . .	—	12,01	90,33	6,44	3,23	2,40	—	—	—	—	
" . . . . .	—	11,89	91,73	5,94	2,33	2,17	—	—	—	—	
Среднее для углей Ирландіи	—	8,12	85,16	6,73	8,11	1,99	—	—			
Общее среднее для углей и антрацитовъ Великобритан.	1,32 (5)	4,97	85,22	5,72 <sup>(6)</sup>	9,06	1,30	1,304 (96)	67,19 (87)			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. въ воздухѣ въ %	Зола въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угли даютъ кокса	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.				
<b>Бельгія.</b>											
<i>Центральный бассейнъ.</i>											
Mariemont . . . . .	—	2,28	89,40	4,79	5,81	—	—	81,05	Коксъ хорошо формов., поздрават.	Marsilly (1858).	
„ . . . . .	—	2,30	90,70	4,41	4,89	—	—	83,70	Коксъ формован., не поздраватый.	„	
„ . . . . .	—	5,49	89,68	4,38	5,94	—	—	84,66	Коксъ сильно спекшійся . . .	„	
<i>Mons.</i>											
Escouffiaux . . . . .	—	2,16	86,98	5,61	7,41	—	—	72,30	Коксъ хорошо формованный . .	Marsilly (1858).	
Bousu . . . . .	—	4,40	84,26	5,78	9,96	—	—	67,73	„ „ „ „ . . .	„	
Levant de Flénu . . . . .	—	1,74	84,38	5,31	10,31	—	—	66,37	Коксъ спекшійся . . . . .	„	
Grand-Buisson . . . . .	—	3,41	86,37	5,59	8,04	—	—	69,03	Коксъ хорошо формованный . .	„	
Hau Flénu . . . . .	—	0,70	83,53	5,46	11,01	—	—	63,32	Коксъ спекшійся . . . . .	„	
Bellvue . . . . .	—	3,05	89,10	4,62	6,23	—	—	79,96	Коксъ хорошо формованный . .	„	
Flénu . . . . . { 1.	—	2,10	86,49	5,40	8,11	—	1,276	—	„ „ „ „ . . .	}Regnault (1837).	
„ . . . . . { 2.	—	3,68	87,07	5,63	7,30	—	1,292	—	„ „ „ „ . . .		
<i>Charleroi.</i>											
Triekuaisin . . . . .	—	3,55	89,65	4,85	5,50	—	—	84,43	Коксъ хорошо формов., поздрават.	Marsilly (1858).	
Beaulet . . . . .	—	1,48	92,26	3,70	4,04	—	—	91,86	Коксъ порошкообразный . . .	„	
Sars-les-Moulins . . . . .	—	1,80	90,32	4,32	5,36	—	—	85,57	Коксъ едва формованный . . .	„	
Среднее для углей Бельгій.	—	2,73	87,87	4,99	7,14	—	—	1,284	77,50		
			(14)					(2)	(12)		

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Нижняя Силезія.</i>											
Копь Hochberg . . . . .	3,64	9,15	78,01	6,20	15,79	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Bär (1851).	
„ Neue Heinrich . . . . .	2,21	6,08	86,05	5,28	8,67	—	—	—	„ „ „	„	
„ Fuchs . . . . .	3,95	5,08	83,51	5,33	11,13	—	—	—	„ „ „	„	
„ David . . . . .	4,70	5,19	83,51	4,80	11,69	—	—	—	„ „ „	„	
„ Segen Gottes . . . . .	3,97	2,51	81,13	5,33	10,52	—	—	—	„ „ „	Fleck 1).	
„ Fuchs	—	—	—	—	—	—	—	—	„ „ „	„	
2-й пластъ . . . . .	—	2,86	79,25	4,51	16,24	—	—	—	„ „ „	„	
5-й пластъ . . . . .	—	1,20	82,81	4,54	12,65	—	—	—	„ „ „	„	
8-й пластъ . . . . .	—	2,20	86,36	4,71	8,93	—	—	—	„ „ „	„	
10-й пластъ . . . . .	—	2,20	86,00	5,10	8,90	—	—	—	„ „ „	„	
„ Heydt.	—	—	—	—	—	—	—	—	„ „ „	„	
4-й пластъ . . . . .	—	1,03	81,51	5,50	9,99	—	—	—	„ „ „	„	
6-й пластъ . . . . .	—	1,60	84,33	4,50	11,17	—	—	—	„ „ „	„	
7-й пластъ . . . . .	—	1,14	80,69	4,49	14,82	—	—	—	„ „ „	„	
„ Wrangel . . . . .	—	3,33	77,44	4,07	18,49	—	—	—	„ „ „	„	
„ Morgen . . . . .	—	3,70	86,19	5,71	8,10	—	—	1,289	Жирный . . . . .	Méne (1867).	
„ Fuchsgrube . . . . .	—	4,50	87,35	5,18	7,07	0,40	—	1,268	Жирный . . . . .	„	
„ Glückhilf . . . . .	—	3,85	87,18	5,08	7,38	0,36	—	1,373	Жирный . . . . .	„	
„ Gottfried . . . . .	—	5,10	93,35	3,16	3,48	—	—	1,323	Тошій . . . . .	„	
„	—	—	—	—	—	—	—	—	„ „ „	„	
Среднее для углей Нижней Силезіи . . . . .	3,69	3,57	84,16	4,91	10,93	—	—	1,313	76,695	—	
	(5)		(17)					(4)			

Мѣстороженіе угли.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ воды) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угли даютъ кокса.	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<b>Верхняя Силезія <sup>1)</sup>.</b>											
<i>Königsgrube.</i>											
Gerhardflötz . . . . . 1.	—	2,24	83,18	5,14	11,68	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Grundmann (1861).
2.	—	0,90	84,10	5,03	10,87	—	—	—	—	—	Fleck (1870).
3.	—	3,00	87,16	5,43	7,41	—	—	—	—	—	Grundmann (1864).
4.	—	3,96	87,43	5,63	6,94	—	—	—	—	—	—
5.	4,15	2,66	81,68	5,00	13,32	—	—	—	—	—	Bär (1850).
6.	—	2,90	90,11	4,22	5,15	0,52	—	1,288	80,18	Полужирный . . . . .	Grundmann (1861).
<i>Heizmannflötz . . . . .</i>											
1.	—	3,04	81,26	4,94	13,80	—	—	—	—	—	Méne (1867).
2.	4,37	3,22	85,80	5,10	9,10	—	—	—	—	—	Grundmann (1864).
3.	—	2,93	75,70	5,10	19,20	—	—	—	—	—	Bär (1850).
4.	—	2,70	80,93	4,99	14,08	—	—	—	—	Тощий газ уголь Sand und Gaskohle	Fleck (1870).
<i>Sattelflötz . . . . .</i>											
1.	—	2,45	78,90	5,50	15,60	—	—	—	—	—	Grundmann (1861).
2.	—	0,80	84,97	5,10	9,93	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
3.	—	2,99	85,99	5,48	8,53	—	—	—	—	—	Grundmann (1864).
4.	—	3,82	91,04	3,96	4,54	0,46	—	1,275	81,85	Полужирный . . . . .	Méne (1867).
<i>Königs Louisengrube.</i>											
<i>Schuckmannflötz . . . . .</i>											
1.	—	1,35	83,58	5,08	11,34	—	—	—	—	—	Grundmann (1861).
2.	—	0,80	85,35	4,98	9,67	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
3.	—	5,48	84,94	5,60	9,46	—	—	—	—	—	Grundmann (1864).
4.	—	2,28	85,79	4,99	9,22	—	—	—	—	—	—
5.	—	0,96	85,70	5,42	8,88	—	—	—	—	—	—
6.	—	1,39	85,40	5,53	9,07	—	—	—	—	—	—
7.	—	1,26	82,88	5,30	11,82	—	—	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Сравн. Fleck, Ding. J. 1870, 195, 430. Въ этой статьѣ анализы, принадлежавшіе Bär'у, по ошибкѣ приписаны Heintz'у (Срав. Jahresh. 1850, 688 и 1851, 732). Также ошибка вкралась въ сочиненіе „Die Steinkohlen Deutschland's и т. д.“

Мѣсторожденіе угля	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<b>Верхняя Силезія.</b>											
<i>König-Louisengrube.</i>											
Heinitzflötz. . . . . 1.	—	1,66	83,98	5,20	10,82	—	—	—	—	—	Grundmann (1861).
2.	—	0,60	85,42	5,10	9,48	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
3.	3,35	3,65	76,71	5,03	18,26	—	—	—	—	" " "	Bär (1850).
4.	—	28,63	84,18	5,02	10,80	—	—	—	—	" " "	Grundmann (1864).
5.	—	1,64	83,90	5,18	8,92	—	—	—	—	" " "	" "
6.	—	3,52	87,34	5,36	6,80	—	—	—	—	" " "	" "
7.	—	1,82	87,50	5,23	7,27	—	—	—	—	" " "	" "
8.	—	2,06	85,78	5,44	8,78	—	—	—	—	" " "	" "
Redenflötz . . . . . 1.	—	3,36	85,57	5,01	9,42	—	—	—	—	" " "	Grundmann (1861).
2.	—	2,24	85,41	5,01	9,58	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
3.	—	1,56	84,03	5,13	10,84	—	—	—	—	" " "	Bär (1851).
4.	—	2,54	84,02	4,76	11,22	—	—	—	—	" " "	Grundmann (1864).
5.	—	8,94	86,56	5,24	8,20	—	—	—	—	" " "	" "
6.	—	4,92	87,34	5,58	7,08	—	—	—	—	" " "	" "
Pochhammerfl. . . . . 1.	—	3,08	89,24	5,10	5,66	—	—	—	—	" " "	Grundmann (1861).
2.	—	3,91	80,39	5,18	11,23	—	—	—	—	" " "	Bär (1851).
3.	—	4,20	86,46	5,78	7,76	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
4.	—	3,21	87,10	5,96	6,94	—	—	—	—	" " "	Grundmann (1864).
5.	—	6,34	86,81	5,72	7,47	—	—	—	—	" " "	" "
6.	—	5,71	87,24	5,89	6,87	—	—	—	—	" " "	" "
7.	—	3,19	87,53	6,09	6,38	—	—	—	—	" " "	" "
8.	—	4,74	87,86	5,91	6,20	—	—	—	—	" " "	" "
9.	—	2,47	88,20	6,20	5,60	—	—	—	—	" " "	" "
10.	—	1,65	86,84	5,41	7,75	—	—	—	—	" " "	" "
11.	—	1,14	86,92	5,41	7,67	—	—	—	—	" " "	" "
12.	—	4,10	83,84	5,45	9,96	0,75	—	1,297	75,80	Жирный уголь (Backkohle) . .	Méne (1867).



Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. вѣс. углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль- ный вѣс.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<b>Верхняя Силезія.</b>											
<i>Округъ Rada.</i>											
Копь Concordia около Zabrz. 1.	—	1,40	86,58	5,46	7,96	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870).	
2.	—	2,78	84,80	5,47	9,73	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
3.	—	1,79	84,48	5,70	9,82	—	—	—	—	" "	
4.	—	5,51	84,93	5,06	10,01	—	—	—	—	" "	
5.	—	3,10	83,31	5,46	11,23	—	—	—	—	" "	
6.	—	2,61	81,20	5,13	10,67	—	—	—	—	" "	
Amaliengrube . . . . .	—	1,80	85,80	5,28	8,92	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870). "	
Brandenburggrube . . 1.	—	3,59	82,66	4,97	12,37	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
2.	—	3,20	84,00	4,91	11,09	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870).	
3.	—	3,67	84,00	5,20	10,80	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
4.	—	4,10	80,34	5,55	14,11	—	—	—	Полужир. слабоспекающ. газ. уг.	Fleck 1870).	
Catharinagrube . . . 1.	—	4,74	79,57	5,60	11,83	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
2.	—	3,10	87,27	5,16	7,57	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870)	
3.	—	2,66	80,12	5,08	14,80	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
4.	—	3,10	86,68	5,07	8,25	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870).	
Morgenrothgrube . . 1.	—	3,60	85,54	5,05	9,41	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
2.	—	2,10	83,47	4,79	6,74	—	—	—	" " " "	" "	
Hedwigwuschgrube . 1.	—	1,35	76,85	5,23	17,92	—	—	—	Тощій газ. уг. (Sand und Gaskohle)	" "	
2.	—	5,40	78,18	5,12	16,70	—	—	—	" " " " " "	" "	
<i>Округъ Kattowitz.</i>											
Ferdinandgrube . . . 1.	—	7,59	83,66	5,09	11,25	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
2.	—	6,60	81,73	5,13	13,14	—	—	—	Полужир. слабоспекающ. газ. уг.	Fleck (1870).	
3.	—	1,71	81,62	5,12	13,26	—	—	—	—	Grundmann (1864).	
4.	—	0,90	83,31	5,00	11,69	—	—	—	Жирный уголь (Bastkohle) . .	Fleck (1870).	
5.	—	2,20	81,92	5,11	12,97	—	—	—	" " " "	" "	

Мѣстороженіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зола) содержится.					Удѣль-ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Германія.</b>											
<b>Верхняя Силезія.</b>											
<i>Округъ Kattowitz.</i>											
Louisenglückgr. . . . . 1.	—	1,80	81,55	4,75	13,40	—	—	—	—	Тощій газ. уг. (Sand-und Gaskohle).	Fleck (1870).
. . . . . 2.	—	1,80	80,50	4,80	14,70	—	—	—	—	" " " "	" "
Leopoldinegrube . . . . 1.	—	3,50	76,84	5,21	17,95	—	—	—	—	" " " "	" "
Morgenrothgrube . . . 1.	—	1,50	81,26	5,31	13,43	—	—	—	—	Полужирн. слабоспекающ. газ. уг.	" "
. . . . . 2.	8,35	4,47	78,06	5,05	16,89	—	—	—	—	—	Bär (1850).
. . . . . 3.	—	1,30	79,70	5,10	15,20	—	—	—	—	Полужир. слабоспекающ. газ. уг.	Fleck (1870).
Comb. Pohnlohgr. . . . 1.	—	0,60	82,78	5,23	11,99	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	" "
. . . . . 2.	—	11,70	80,57	5,38	14,05	—	—	—	—	Полужирн. слабоспекающ. газ. уг.	" "
. . . . . 3.	—	7,90	79,98	5,02	15,00	—	—	—	—	Тощ. газ. уг. (Sand-und Gaskohle).	" "
<i>Округъ Nicolai.</i>											
Burghard . . . . .	—	5,10	90,76	3,95	4,85	0,44	—	1,277	82,20	—	Mené (1867).
Napoleongrube . . . . .	—	4,40	82,00	5,57	12,43	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	" "
Antonsglückgrube . . . . .	—	4,30	81,49	5,39	13,12	—	—	—	—	Полужирн. слабоспекающ. газ. уг.	" "
Fridrich grube . . . . .	—	3,30	78,88	5,67	15,45	—	—	—	—	" " " "	" "
Leopoldgrube . . . . .	—	12,20	84,91	5,61	8,63	0,85	—	1,312	79,33	Жирный . . . . .	Mené (1867).
<i>Округъ Ratibor.</i>											
Annagrube . . . . . 1.	—	23,00	83,37	4,95	11,68	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
. . . . . 2.	—	23,11	85,61	5,18	9,21	—	—	—	—	" "	" "
Beatenglückgr. . . . .	—	0,50	78,71	4,98	16,31	—	—	—	—	Тощ. газ. уг. (Sand-und Gaskohle).	" "
Hoymgrube . . . . . *1.	—	3,90	80,90	5,25	13,70	—	—	—	—	Полужирн. слабоспекающ. газ. уг.	" "
. . . . . 2.	—	10,54	81,56	4,90	13,54	—	—	—	—	—	Bär (1851).
Leogrube . . . . . *1	—	1,50	82,02	5,52	13,45	—	—	—	—	Полужирн. слабоспекающ. газ. уг.	Fleck (1870).
. . . . . 2.	4,06	3,94	81,43	5,09	13,48	—	—	—	—	—	Bär (1870).
Charlottegrube . . . . 1.	—	5,06	84,86	5,57	9,57	—	—	—	—	—	Grundmann (1864).
. . . . . 2.	—	3,40	87,15	5,52	7,33	—	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . .	Fleck (1870).
Petrzkowitz, Wilhelmine.	—	2,95	83,45	5,44	10,43	0,68	—	1,305	74,98	Жирный " . . . . .	Mené (1867).
Orzegow, Paulus . . . . .	—	3,05	94,11	2,24	3,26	0,39	—	1,308	90,15	Тощій " . . . . .	" "
Rosdzin, Nieder . . . . .	—	2,72	94,59	2,09	2,92	0,40	—	1,295	91,72	Тощій " . . . . .	" "
Среднее для углей Верхней Силезіи . . . . .	4,86	4,26	84,17	5,17	10,66	—	—	1,294	82,09		
	(5)		(95)					(8)			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен на воздухъ въ %	Золи въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золи) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя наследователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Германія.</b>											
<i>Саксонія (королевство) <sup>1)</sup>.</i>											
<i>Zwickau.</i>											
<b>Oberhohndorf.</b>											
Frischglück . . . . .	—	2,49	85,94	4,21	9,85	—	—	—	Смѣсь изъ смолистаго, и маркаго угля (Pech и Russkohle) . . . .	Stein, Hartig, Fleck.	
Beschertglück . . . . .	—	1,44	81,65	5,62	12,73	—	—	—			
" . . . . .	—	2,89	85,41	5,43	9,15	—	—	—			
Fünfnachbargrube . . . . .	—	5,23	81,21	5,39	13,45	—	—	—			
Vereinigtfeld . . . . .	—	8,09	80,58	5,29	14,13	—	—	—			
Stölzelschacht . . . . .	—	2,38	73,36	5,54	16,10	—	—	—			
Ehrlers . . . . .	—	5,66	83,70	4,73	11,57	—	—	—			
Auroraschacht . . . . .	—	2,95	80,63	5,22	14,15	—	—	—			
" . . . . .	—	7,07	81,34	3,18	15,48	—	—	—			
" . . . . .	—	6,27	79,20	5,04	15,12	0,61	0,51	—			Смолистый уголь (Pechkohle) .
Bockwa, Kästner's Erben.	—	12,07	81,82	4,99	13,19	—	—	—	Смѣсь изъ смолистаго и марк. (сажа) угля (Pech und Russhohle).	Stein, Hartig, Fleck.	
List's Erben . . . . .	—	11,59	82,00	3,28	11,72	—	—	—			
Hoffnungsschacht . . . . .	—	6,67	83,59	4,69	11,72	—	—	—			
Segengottes-Schacht. . . . .	—	3,94	82,25	5,47	12,28	—	—	—			

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.

<sup>1)</sup> Самые обширныя изслѣдованія надъ саксонскимъ углемъ были произведены по порученію Саксонскаго правительства Stein'омъ (1857) и Hartig'омъ (1860). Результаты этихъ изслѣдованій помѣщены въ извлеченіи въ Dingler's Journal (146, 68; 156, 121) безъ указанія, впрочемъ, элементарнаго состава углей, опредѣленнаго Fleck'омъ и обнародованнаго въ сочиненіи „Die Steinkohlen Deutschlands etc“. Числа, приводимыя въ этой таблицѣ и обозначенныя „Stein, Hartig, Fleck“, представляютъ для гигроскопич. воды, у. в. и кокса среднее изъ анализовъ Stein'a, а для золи, С, Н, О и N — результаты анализовъ Fleck'a.

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, всучшен. на воздухѣ въ %	Зола въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зола) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Германія.</b>											
<i>Саксонія.</i>											
<i>Zwickau.</i>											
S. gengottesschacht . . .	—	5,92	80,61	4,13	15,26	—	—	—	} Смѣсь изъ смолистаго и маркаго (сажа) угля (Pech-und Russkohle).	} Stein, Hartig, Fleck.	
„ . . . . .	—	6,23	75,89	5,03	19,08	—	—	—			
Bürgerschacht . . . . .	—	10,37	82,04	4,31	13,65	—	—	—			
„ . . . . .	—	5,12	83,19	4,30	13,51	—	—	—			
„ . . . . .	—	1,09	83,32	5,42	10,60	0,66	0,37	—			
„ . . . . .	—	1,68	81,70	5,62	11,78	0,90	0,41	—			
Planitz, Arminwerk. . . . .	—	2,54	78,97	4,52	16,51	—	—	—	} Stein, Hartig, Fleck.		
„ . . . . .	—	1,8	79,13	4,35	16,52	—	—	—			
Verenigsglückschacht . . . . .	—	1,99	82,74	4,89	12,37	—	—	—			
Hohndorf-Brensdorf. . . . .	—	4,81	77,68	4,53	17,79	—	—	—			
Среднее для углей Zwickau.	5,93	5,01	81,33	4,80	13,87	0,43	1,230	66,89			
	(28)			(24)		(3)	(27)	(29)			

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	С в о й с т в а у г л я .			Имя пзслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.						
<b>Германія.</b>													
<i>Саксонія</i> (королевство), <i>Угли изъ Luga и Niederrwirschnitz.</i>													
Pechkohle vom Karlsschacht.	—	7,56	86,40	4,24	9,27	—	—	—	—	—	—	—	Stein, Hartig, Fleck.
Russkohle von der Tagesstrecke . . . . .	—	3,02	80,21	3,23	16,56	—	—	—	—	—	—	—	" " "
Russkohलगrus vom Vereinigungsschachte . . .	—	22,89	80,28	4,79	14,93	—	—	—	—	—	—	—	" " "
Kohle vom Hédwigsschachte.	—	1,61	79,14	3,87	16,99	—	—	—	—	—	—	—	" " "
Среднее . . . . .	8,32 (10)	8,66	81,53	4,03	14,44	—	1,207	66,66					
<i>Угли изъ Flóha.</i> Von den Werken des Herrn Hesse. . . . .													
	—	48,26	85,88	3,47	10,65	—	1,767	93,89	—	—	—	—	Stein, Hartig, Fleck.
Среднее . . . . .	3,33 (4)	48,26	85,88	3,47	10,65		1,767	93,89					



Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %.	Вода въ сухомъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Саксонія.</i>											
<i>Wettin</i>											
Löbejunger-grube . . .	—	10,79	91,78	4,12	4,10	—	—	—	Жирный уголь . . .	Bär (1851).	
Wettiner-grube . . .	—	12,04	88,14	5,83	6,03	—	—	—	Жирный уголь (Backkohle) . . .	Bär (1851).	
Löbejunger-grube . . .	—	11,38	89,40	4,04	6,56	—	—	—	—	Fleck. "	
" . . .	—	5,63	88,19	4,75	7,06	—	—	—	—	"	
" . . .	—	7,14	87,62	4,67	7,71	—	—	—	—	"	
" . . .	—	5,18	89,28	4,78	5,94	—	—	—	—	"	
" . . .	—	9,17	86,54	4,27	9,19	—	—	—	—	"	
Среднее для Wettin .	—	8,76	88,71	4,64	6,65	—	—	—	—	—	
		(7)									
Среднее для углей Саксоніи.	5,26 (64)	10,93	82,63	4,75	12,62	0,43 (3)	1,324 (61)	70,60 (65)			
		(46)									

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса	С в о й с т в а у г л я .	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Германія.</b>											
<i>Баварія (верхняя).</i>											
Meisbach . . . . .	—	3,74	76,82	4,70	18,48	—	—	—	} Тош. газ. уг. (Gas-und Sandkohle). } Жири. спекающ. уг. (Backkohle).	} Fleck 1).	
Au. . . . .	—	9,89	66,52	5,01	28,47	—	—	—			
Schliersee . . . . . 1.	—	9,36	71,00	5,56	23,41	—	—	—			
. . . . . 2.	—	7,96	70,61	5,53	23,86	—	—	—			
Stockheim . . . . . 1.	—	14,37	83,29	5,04	11,67	—	—	—			
. . . . . 2.	—	4,90	87,46	5,00	7,54	—	—	—			
Среднее для углей Баваріи.	—	8,20	75,95	5,14	18,91	—	—	—			
			(6)								
<i>Баденъ (королевство).</i>											
Berghaupten . . . . . 1.	—	84,74	68,18	7,91	23,91	—	—	—	} Плохой сортъ . . . . . } Самый лучший сортъ . . . . . } Тошій уголь . . . . . } Антрацитовый уголь . . . . .	} Fleck 1).	
. . . . . 2.	—	8,06	88,02	3,97	8,01	—	—	—			
Baden-Baden . . . . . 1.	—	3,07	88,76	4,10	7,14	—	—	—			
. . . . . 2.	—	19,05	83,94	4,26	11,80	—	—	—			
Среднее . . . . .	—	28,73	82,23	5,06	12,71	—	—	—			
			(4)								1) Die Steinkohlen Deutschland's II, p. 285— 286.



Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Воды въ су- хомъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣс.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Прусскія Прирейнскія провинціи.</i>											
<i>Бассейнь р. Сааръ.</i>											
Саарбрюкенъ.											
Gerhardt's Grube . . . .	5,77	8,11	78,77	4,85	16,38	—	—	—	—	—	} Bär (1851).
" " . . . .	5,27	11,83	79,62	5,33	15,05	—	—	—	—	—	
Duttweiler " . . . . 1.	2,24	4,87	85,45	5,57	8,98	—	—	—	—	—	
Heinitz . . . . . 1.	2,31	2,50	82,59	5,19	12,22	—	—	—	—	—	
" " . . . . . 2.	2,45	2,71	81,17	5,24	13,59	—	—	—	—	—	
Kronprinz . . . . .	—	8,55	93,27	2,06	4,43	0,24	—	1,997	93,05	Сухой . . . . .	} Mène (1867).
Hastenbach. . . . .	—	3,75	93,17	3,03	3,80	—	—	1,279	85,92	Гор. съ кор. плам. (Courte flamme)	
Gerhardt . . . . .	—	4,10	83,92	5,21	10,53	0,34	—	1,291	80,40	Горитъ длин. пламен. (Flambante).	
Heinitz . . . . .	—	3,20	85,72	5,48	8,39	0,41	—	1,288	59,04	Жирный . . . . .	
R-den . . . . .	—	3,05	84,49	5,12	10,11	0,28	—	1,277	73,05	Горитъ длин. плам. (Flambante).	
Duttweiler . . . . .	—	2,80	86,88	5,66	7,46	—	—	1,275	65,10	Жирный . . . . .	
Сред. для басс. р. Сааръ.	3,61	5,04	35,00	4,80	10,20	—	—	1,301	76,10		
	(5)		(11)					(6)			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золь въ су- хомъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольи) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. УГЛЯ даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
Германія.											
Прирейнская провинція Пруссіи.											
К. У. округъ около Ахена.											
Inde и Worm (Düren).											
1.	1,26	3,57	93,98	4,66	1,36	—	—	—	—	Bär (1851).	
2.	1,21	9,45	92,83	4,72	2,45	—	—	—	—		
3.	1,07	2,25	91,54	4,39	4,07	—	—	—	—		
4.	1,48	4,17	93,21	3,97	2,82	—	—	—	—		
5.	1,31	2,92	91,26	4,22	4,52	—	—	—	—		
6.	1,50	1,45	91,74	4,09	4,17	—	—	—	—		
7.	—	3,07	91,74	4,36	3,90	—	—	—	—		
8.	—	2,59	92,32	3,34	4,34	—	—	—	—		
9.	—	4,85	90,91	4,01	5,08	—	—	—	—		
10.	—	4,44	88,15	3,65	8,20	—	—	—	—		
11.	—	1,38	87,65	3,82	8,53	—	—	—	—	Fleck 1).	
12.	—	2,02	89,30	3,57	7,13	—	—	—	—		
13.	—	1,20	89,97	3,96	6,07	—	—	—	—		
14.	—	1,81	88,56	3,69	7,75	—	—	—	—		
15.	—	1,07	87,15	4,00	8,85	—	—	—	—		
16.	—	3,50	85,33	5,65	8,19 0,83	—	1,2718	74,60	Жирный . . . . .		
17.	—	2,83	93,24	3,70	2,78 0,28	—	1,3471	91,03	Тошій . . . . .		
18.	—	2,53	85,18	5,64	8,55 0,63	—	1,2680	68,53	Жирный . . . . .		
19.	—	1,50	90,20	4,32	5,48 —	—	1,2291	82,40	Полужирный . . . . .		
Среднее . .	1,31 (6)	3,00	90,22	4,21	5,57	—	1,2790	79,14			
				(19)			(4)				

1) Die Steinkohlen  
Deutschland's II, 283—4.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золь въ су-хонѣ угля въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золь) содержится.					Удѣль-ный въсь.	100 ч. угля дають вокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Прирейскія провинціи.</i>											
<i>Пруссія.</i>											
Бассейнъ р. Руръ (Вест-фали).											
Essen. . . . .	1.	1,29	2,09	87,45	4,75	7,80	—	—	—	Спекающійся уголь (Backkohle). } "	Bär (1851). Fleck. Bär (1850). Fleck 1). Sauerwein (1861). Bär (1850).
	2.	1,66	2,58	88,72	5,46	5,82	—	—	—		
	3.	1,29	2,08	91,48	4,39	4,13	—	—	—		
	4.	1,33	4,22	92,12	4,03	3,85	—	—	—		
	5.	—	1,06	92,38	4,12	3,50	—	—	—		
Bochum. . . . .	6.	1,23	3,21	88,75	4,71	6,54	—	—	—		
	7.	2,03	5,07	86,61	5,27	8,12	—	—	—		
	8.	1,31	3,26	82,41	4,77	12,82	—	—	—		
	9.	1,19	6,56	82,51	4,87	12,62	—	—	—		
	10.	2,25	3,98	81,29	5,26	13,45	—	—	—		
	11.	—	4,86	85,13	4,72	10,15	—	—	—		
	12.	—	2,70	82,46	5,29	12,25	—	—	—		
	13.	—	5,53	88,69	4,70	6,61	—	—	—		
	14.	—	3,64	88,59	4,46	6,95	—	—	—		
	15.	—	4,37	88,60	4,74	6,66	—	—	—		
	16.	—	1,25	88,54	4,99	6,47	—	—	—		
	17.	—	8,70	88,23	4,38	7,39	—	—	—		
	18.	—	5,50	84,42	5,00	10,58	—	—	—		
	19.	—	10,20	89,67	4,64	5,69	—	—	—		
	20.	—	11,50	88,58	5,98	5,44	—	—	—		
Ibbenbüren (Minden) .	21	1,27	9,29	90,42	4,59	4,99	—	—	—		
	22.	1,28	10,59	86,40	4,50	9,10	—	—	—		
	23.	1,08	14,05	84,54	4,71	10,75	—	—	—		
	24.	1,05	12,08	85,09	4,95	9,96	—	—	—		

1) Die Steinkohlen Deutschland's II, 281, 283.

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Прирейнскія провинціи. Пруссія.</i>											
Бассейнъ р. Ruhr.											
Konigsgrube . . . . .	—	9,62	83,54	5,64	10,40	0,42	—	1,2165	70,10	Горитъ длин. плам. (Flambante). " " " " Годенъ для полученія кокса . . Тошій . . . . . Полужирный . . . . . Тошій . . . . .	Mène (1867).
Hanibal-Bochum . . . . .	—	6,58	82,53	5,32	11,45	0,70	—	1,2810	82,90		
Ritterburg . . . . .	—	3,81	88,42	4,94	5,90	0,74	—	1,2511	78,81		
Piesberg . . . . .	—	1,50	93,69	2,84	3,22	0,25	—	1,3440	92,60		
Ibbenbüren. . . . .	—	7,37	87,98	4,60	6,95	0,47	—	1,3080	78,24		
" . . . . .	—	4,80	90,35	4,83	4,82	—	—	1,3050	87,40		
Сред. для угля р. Ruhr .	1,40	5,73	87,32	4,78	7,90		—	1,2892	81,67		
	(13)		(30)						(6)		

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ 0/100	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля дають кокса	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Германія.</b>											
<i>Ганноверъ и Шаумбургъ.</i>											
Hohewarte . . . . .	—	16,200	83,28	5,82	10,90	—	—	—	} Полужирный уголь . . . . .	} Sauerwein (1861).	
Barsinghausen . . . . .	—	18,600	81,61	5,68	12,71	—	—	—			
Kniggenbrick . . . . .	—	15,400	85,93	5,96	8,11	—	—	—			
Kloster Barsinghausen . . . . .	—	15,300	82,64	5,62	11,74	—	—	—			
Hohenbostel . . . . .	—	14,900	84,71	5,88	9,38	—	—	—			
Bröner Zechen . . . . .	—	13,500	80,05	4,97	14,98	—	—	—			
Osterwalden Zechen . . . . .	—	18,000	83,02	5,75	11,23	—	—	—			
Stadthagen 4-a . . . . .	—	6,300	89,67	5,27	5,06	—	—	—			
„ 5-a . . . . .	—	7,500	83,32	5,27	6,41	—	—	—			
Hohewarte . . . . .	—	15,300	81,81	5,59	12,60	—	—	—			
Hohenbostel . . . . .	—	20,200	85,67	5,42	8,91	—	—	—			
Königl. Zechen . . . . .	—	15,460	81,97	5,60	12,43	—	—	—			
Stadthagen 5-a . . . . .	—	8,900	87,08	5,17	7,75	—	—	—			
<i>Bückeburg (Шаумбургъ)</i> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	} Жирный уголь (Backkohle) . . . . .	} Fleck 1).	
Tiefbrunnen . . . . .	—	0,940	94,37	4,59	1,04	—	—	—			
Schierborn . . . . .	—	1,941	87,76	4,40	7,84	—	—	—	} Пламенный уголь. 2) . . . . .	} „	
Среднее . . . . .	—	12,562	85,19	5,40	9,41	—	—	—			

(15)

1) Die Steinkohlen Deutschland's II, 284.

Мѣсторожденіе угли.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су-хонѣ угли въ %	Въ 100 ч. сухаго угли (безъ золы) содержится.					Удѣль-ный вѣс.	100 ч. угли даютъ кокса	Свойства угли.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Германія.</b>											
Piesberg около Osnabrück.											
1.	—	6,04	96,14	2,02	1,84	—	—	—	Мягкій антрацитъ въ кускахъ . " " " " " " Твердый антрацитъ въ кускахъ	Hilkenkompr. Kemper (1860). " "	
2.	—	6,81	97,77	2,23	0,00	—	—	—			
3.	—	7,86	97,44	1,98	0,58	—	—	—			
Среднее .	—	6,90	97,11	2,08	0,81	—	—	—			
			(3)								
Общее средн. для углей и антрац. Германіи. . .	4,32 (98)	6,528	84,76	4,91	10,33	0,43 (3)	1,3150 (89)	73,29 (93)			
<b>Данія.</b>											
O. Süderoe (груп. ост. Ферое).	1,05	1,52	72,52	5,28	22,20	—	1,353	51,98	— — —	Beghin и Mène(1875).	
<b>Италія.</b>											
<i>Toscana</i> <sup>1)</sup> .											
Monte Massi . . . . .	—	14,25	72,30	5,83	20,80	1,07	—	1,36—1,39	57,05	Тощ. уг. безъ блес. гор. св. плам.	La Sawa (1847/s).
Monte Bomboli . . . . .	—	4,71	80,27	5,10	13,65	0,98	—	1,38—1,40	60,98	Жирный уг., гор. слаб. пламен.	"
<i>Сардинія.</i>											
Canton Gonessa . . . . .	—	5,85	63,71	5,04	31,25	—	—	—	— — —	Abbèneni Rossi(1851).	
Среднее для углей Италіи .	—	8,27	72,10	5,32	22,58	—	1,38	59,015			
			(3)				(4)	(2)			

<sup>1)</sup> Угли эти, хотя и назв. авторомъ камен., относятся, по всей вѣроятности, къ бурнымъ углямъ (срав. стр. 89).

Мѣсторожденіе угли.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль-ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства углей.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Р о с с і я.</b>											
<b>Западный бассейнъ.</b>											
<i>Пюотриковская губ. около Домброва.</i>											
Копь Ксаверій . . . . .	—	3,09	67,22	5,37	27,41	0,26	—	61,10	Коксъ неспекающийся . . . . .	} Кулаковъ (1875).	
” ” . . . . .	—	4,54	63,65	5,10	31,25	—	—	62,28	” плохо спекающийся . . . . .		
” ” . . . . .	—	2,39	67,31	4,50	28,19	—	—	63,40	” спекающийся . . . . .		
” Тадеушь . . . . .	—	2,64	70,44	5,50	24,06	—	—	61,43	Хорошо спекающийся . . . . .		
” ” . . . . .	—	3,63	67,49	5,12	27,39	—	—	63,33	Коксъ спекающийся . . . . .		
” Цѣшковскій . . . . .	—	2,16	62,49	4,97	32,54	—	—	59,48	” неспекающийся . . . . .		
” ” . . . . .	—	1,90	61,89	4,95	33,16	—	—	56,58	” плохо спекающийся . . . . .		
Шахта Кошелевъ . . . . .	—	4,11	67,87	5,78	26,35	0,34	—	60,28	” спекающийся . . . . .		
” ” . . . . .	—	2,32	66,45	5,15	28,40	—	—	60,32	” ” . . . . .		
” ” . . . . .	—	4,03	64,05	5,45	30,50	—	—	64,48	” ” . . . . .		
Копь новая . . . . .	—	2,31	67,82	5,32	26,86	0,23	—	60,01	” ” . . . . .		
” ” . . . . .	—	2,49	67,43	5,26	27,31	—	—	66,09	} Коксъ неспекающийся . . . . .		
” Табеницкій . . . . .	—	1,00	67,92	5,16	26,92	—	—	58,55			
” Редень . . . . .	—	3,00	63,17	5,27	31,56	—	—	61,15			
Среднее для зап. басс.	—	2,83	66,08	5,21	28,71	0,28	—	61,32			
		(14)	(14)			(3)		(14)			
<b>Сѣверный или средній бассейнъ.</b>											
<i>Олонецкая губернія.</i>											
Д. Шунга <sup>1)</sup> . . . . .	5,10	2,22	94,20	0,83	4,97	—	1,84	86,94	} Кусокъ не больш. вел., съ смолнс. черн.цвѣт. и блеск., изломъ раков. Плотный кусокъ черномаг. цвѣт., съ прожилк. кварца . . . . .	} Лисенко (1877).	
” . . . . .	5,08	32,46	93,88	0,96	5,16	—	2,09	91,92			

1) Уголь Шунга не принятъ во вниманіе при выводѣ среднихъ чиселъ.

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля дають кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Р о с с і я.</b>											
<b>Сѣверный или средній бассейнъ.</b>											
<i>Олонекская губернія.</i>											
Д. Шувга (Навлинск. уѣздъ).	7,76	1,19	99,20	0,40	0,00	0,40	0,00	1,98	—	Черный алмазно-блес. уголь . . Черн. масса съ прим. отд. съ слаб. граф. блескомъ, много золы . Землистая разность (Олонецк. зем.). Черн., толстослоис. глинис. сланецъ " " " "	Иностранецъ (1879).
„ (сред. изъ 4 анализ.).	5,66	29,60	99,32	0,42	0,00	0,26	1,65	—			
„ (сред. изъ 3 анализ.).	3,85	72,10	99,64	0,36	0,00	0,00	1,43	—			
„ . . . . .	1,38	83,60	99,37	0,63	0,00	0,00	3,05	—			
„ . . . . .	0,40	95,42	99,56	0,44	0,00	0,00	—	—			
<i>Новгородская губернія.</i>											
<i>Боровицкій уѣздъ.</i>											
Р. Пяркна.											
Лучшій . . . . .	7,50	1,15	67,91	6,32	25,77	6,95	—	38,72	Темнобур. цвѣтъ, слоист. сложен, коксъ неспек., пропиз. желѣз. колчеданомъ . . . . .	Г. Ж. (1855 III, 509).	
Худшій . . . . .	7,83	3,85	65,41	6,04	28,55	7,25	—	48,00			
<i>Гульская губернія.</i>											
Вялинскій приискъ (Одоев. у.).											
„ . . . . .	11,34	5,93	73,40	5,42	21,18	2,56	—	44,60	— — —	Г. Ж. (1853, IV, 93). Г. Ж. (1852, IV, 149).	
„ . . . . .	14,52	7,98	76,40	5,57	18,03	5,58	—	48,00			
С. Малевка (Вогородиц. у.).											
„ . . . . .	—	26,66	66,81	6,44	26,75	—	—	—	Тощій уголь, бурочерн. цв., слоист. слож., на воздухѣ рассыпается .	Ильиновъ (част. сооб.?) Петровъ 2).	
„ . . . . .	—	14,00	64,49	8,58	26,93	—	—	—			
„ . . . . .	—	12,50	63,30	4,40	32,30	—	—	31,60			

1) Курсъ Хим. Техн. 2 изд.  
2) Сообщ. Вреденовъ (1863).



Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля дають кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<i>Тумская губернія.</i>											
С. Малевка . . . . .	11,05	12,12	72,88	3,93	22,06	1,13	4,12	1,210	58,35	} Тощій уголь, чернобураго цвѣта, на воздухѣ распадается . . .  } Горючій сланецъ . . . . .  } Тощій уголь, чернобураго цвѣта, на воздухѣ распадается . . .	} Klatzo (1870).
" . . . . .	10,16	10,08	73,76	3,45	21,68	1,11	—	—	50,83		
" . . . . .	8,46	15,81	76,45	3,46	18,92	1,17	—	—	54,23		
" . . . . .	5,67	14,31	61,56	6,62	31,20	0,62	3,70	—	54,06		
" . . . . .	17,06	18,63	74,33	6,19	18,17	1,31	—	—	59,67		
" . . . . .	17,80	19,92	71,85	5,73	21,13	1,29	—	—	60,02		
" . . . . .	13,03	12,32	56,55	6,64	35,67	1,14	—	—	50,13		
" . . . . .	12,16	19,52	51,57	6,69	40,45	1,29	—	—	53,76		
" . . . . .	19,76	48,07	75,35	8,55	15,28	0,82	—	—	66,53		
" . . . . .	8,02	10,26	82,25	4,53	11,95	1,27	—	—	54,03		
" . . . . .	7,91	8,48	81,06	4,54	13,13	1,27	—	—	53,68		
" . . . . .	5,12	15,17	77,31	7,44	13,96	1,29	1,08	—	56,70		
" . . . . .	6,01	14,03	77,22	6,81	14,61	1,36	—	—	57,12		
" . . . . .	5,04	19,39	58,10	4,52	36,57	0,81	—	1,122	49,06		
" . . . . .	4,28	18,47	58,60	4,50	36,10	0,80	2,23	—	47,16		
Куракино . . . . .	3,73	9,24	79,00	9,60	9,50	1,90	2,14	1,108	36,11		
Обидимо . . . . .	15,73	29,49	74,00	6,90	18,40	0,70	4,50	1,487	46,73		
" . . . . .	8,43	11,24	70,04	7,21	22,03	0,72	4,33	1,280	40,67		
Дедливо . . . . .	3,96	10,85	79,40	8,60	10,20	1,80	1,94	—	37,67		

1) Сбра въ видѣ сѣристыхъ соединений и вычисл. на вѣщ. съ золою

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<i>Тульская губернія.</i>											
Товарково . . . . .	10,34	11,94	58,74	6,47	33,60	1,19	—	1,166	50,16	Тошій уголь чернобураго цвѣта, на воздухѣ распадается . . .	Klatzo (1870).
„ . . . . .	26,16	18,14	50,56	6,08	41,53	1,83	—	—	53,46		
„ . . . . .	15,48	16,43	59,81	6,92	31,97	1,30	—	—	56,17		
8 версть отъ Тулы . . . . .	26,67	56,25	70,14	4,53	25,26	0,07	—	2,043	67,34		
„ . . . . .	20,73	34,36	64,00	6,08	29,62	0,30	—	1,951	55,77		
„ . . . . .	9,10	12,50	64,65	5,64	28,80	0,91	—	—	31,60		
<i>Рязанская губернія.</i>											
С. Мараевна (Данков. у.) . . . . .	—	6,25	78,46	8,60	12,94	2,62	—	—	—	Похожъ на шотландскій богхедъ. Тош. уг. чернобур. цв. на возд. раси.	Klatzo (1870).
„ . . . . .	3,46	8,02	75,70	10,10	12,40	1,80	1,97	1,104	23,05		
„ . . . . .	4,08	14,53	82,06	11,84	4,20	1,90	1,12	1,180	26,98		
Горки . . . . .	13,47	21,96	53,48	5,33	41,07	0,12	—	1,662	56,33		
„ . . . . .	19,46	22,12	50,38	6,36	43,00	0,26	—	—	57,41		
„ . . . . .	18,53	29,38	52,90	8,85	38,06	0,19	—	1,953	52,31		
Д. Григорьева . . . . .	—	25,96	67,88	6,09	26,03	—	—	—	62,93	—	Воскресенскій (1845)
<i>Калужская губернія.</i>											
С. Зеленина (Лихвинск. у.) . . . . .	—	19,38	79,32	5,22	15,46	—	—	—	56,04	—	Воскресенскій (1845)
<i>Владимирская губернія.</i>											
На б. р. Оки . . . . .	—	6,46	64,42	4,74	30,84	—	—	—	57,55	—	Воскресенскій (1845)
Средн. для сѣв. бассейна . . . . .	10,28 (41)	21,10 (48)	72,63	5,53	21,84	—	3,23 (18)	1,545 (15)	52,08 (40)		

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушенъ на воздухѣ въ %	Вода въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль-ный въсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Южный бассейн <sup>1)</sup>.</b>											
<i>Харьковская губернія.</i>											
Петровск. слобода (Изюм. у.)	—	3,16	74,60	3,63	21,77	—	—	61,35	Сухой камен. уголь коксъ спек.	Воскресенскій (1845).	
<i>Екатеринославская губ.</i>											
Бахмутскій уѣздъ.											
Лисячанская балка . . .	—	4,85	95,22	2,98	1,80	—	—	—	Антрацитъ (?) . . . . .	Воскресенскій (1845).	
„ „ группа . . . . .	—	1,88	77,36	4,71	17,93	0,82	—	57,14	Т. наз. канельскій уголь . . .	Лисенко (1874).	
Пласть VII . . . . .	—	4,45	82,91	5,48	11,61	4,30	—	55,81	Полужирный каменный уголь .	Ивановъ (1862).	
„ „ верхнякъ . . . . .	4,61	3,79	79,72	5,35	14,93	4,39	—	61,08	„ „ „	Лисенко (1876).	
„ „ Усестъ . . . . .	6,72	4,75	79,28	5,43	15,29	2,80	—	58,47	„ „ „		
„ „ Булашникъ . . . . .	4,42	5,44	77,50	5,60	16,90	5,43	—	60,49	„ „ „		
„ „ Споднякъ . . . . .	4,36	3,14	78,83	5,55	15,62	3,09	—	59,07	„ „ „		
„ X (Орлова балка) . . . . .	—	6,06	80,57	5,92	13,51	1,80	—	61,26	„ „ „		
„ „ (Рубежан. балка) . . . . .	—	21,45	78,61	5,90	15,49	6,73	—	69,15	„ „ „		
„ „ (изъ им. Шаховой)	—	4,70	78,47	5,12	16,11	0,85	—	60,45	„ „ „		
„ изъ матроской слободы . . . . .	—	2,95	80,84	5,69	13,47	1,72	—	61,63	„ „ „		
„ XI . . . . .	—	3,45	80,08	5,64	14,28	1,39	—	61,40	„ „ „		
„ XIV . . . . .	—	12,55	83,91	5,48	14,61	3,10	—	63,90	„ „ „		
В. Города Бахмута . . . . .	—	2,35	72,88	5,10	22,02	—	—	—	„ „ „	Воскресенскій (1845).	
Село Новоэкономическое . . . . .	0,99	11,36	81,48	8,72	9,80	6,14	1,170	33,08	Смоляночери. цв., раков. изломъ, жирн. бл.; тверд. 2, 5, родъ газон. угля, похожаго на богхедъ . . .	Брю (1874).	

<sup>1)</sup> Сравни „химическія изслѣдованія каменныхъ углей изъ 62 рудниковъ Донецкаго бассейна“ А. Д. Черикова, помѣщенные въ перломъ выпускѣ „Записокъ Харьковскаго Отдѣленія Русскаго Техническаго Общества“, вышедшемъ уже во время печатанія этого труда.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<i>Екатеринославск. губ.</i>											
<i>Вахмутскій уѣздъ.</i>											
с. Желѣзное. Толст. пластъ	2,09	1,73	85,60	4,69	9,71	0,86	—	71,36	} Уголь слабоблест. ломк., соверш. спекающійся коксъ . . . . .	} Лисенко (1874).	
„ „ Тонкій пластъ.	1,43	8,23	86,45	5,08	8,47	5,59	—	63,80			
Балажанки . . . . .	1,41	5,93	89,92	4,52	5,56	2,82	—	76,43			
Гарбузки . . . . .	1,52	2,05	88,30	4,48	7,22	1,76	=	75,03			
с. Софиевка. . . . .	—	5,30	88,73	4,98	6,29	1,95	—	79,40			
с. Александровка . . . . .	—	—	82,20	5,66	12,14	0,36	—	70,80	} Настоящій коксовый уголь . . .	} Ивановъ (1862).	
„ . . . . .	0,93	3,19	87,23	5,58	7,19	2,81	1,29	62,60			} Кузнечный уголь, спекающійся.
<i>С. Щербин. Пл. Луфтголь.</i>											
С. Щербин. Пл. Луфтголь.	2,00	3,25	83,99	4,86	11,15	1,12	—	69,23	} Коксъ вполне спекается . . . . .	} Лисенко (1874).	
Магѣевскій. . . . .	1,08	6,36	83,26	5,16	11,58	4,55	1,28	62,56			} Полужирный . . . . .
Нестеровскій . . . . .	2,12	0,74	87,06	4,72	8,22	—	1,29	76,44	} Жирный уголь даетъ прев. коксъ.	} Вреденъ (1868).	
Плещева . . . . .	8,56	2,40	78,89	5,93	15,18	—	1,27	51,75			} Чер. дв., раб. изл., газ. у. изъ полужир.
с. Хрустальное . . . . .	2,91	4,50	92,78	2,60	4,62	1,75	—	—	—	—	Оглоблинъ (1879) <sup>1)</sup> .

1) Частное сообщеніе.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<i>Екатеринославская губ.</i>											
Бахмутскій уѣздъ.											
Б. ст. ж. д. Нижитовки.											
Копи южно-русскаго общества.	Семеновская № 1. . .	1,78	2,18	73,61	5,49	20,90	2,21	—	69,13	Даетъ спекающ., пузырч. коксъ, горитъ длин. пламенемъ.  Коксъ неспекающійся.	Виноградовъ и Качала (1876).
	„ № 2. . .	11,27	2,10	80,96	4,36	14,68	1,39	—	61,70		
	„ № 3. . .	1,35	9,07	81,43	5,75	12,82	8,83	—	71,65		
	Смоляннская № 1.	7,08	0,69	78,67	4,84	16,49	0,99	—	79,07		
	Капитальная № 7 и 4.	1,04	3,94	76,93	5,06	18,01	2,38	—	74,40		
	Горная № 6. . . .	1,01	1,73	72,23	4,74	23,03	1,14	—	80,35		
Донская . . . . .	6,08	8,14	90,95	4,93	4,12	0,99	—	72,29			
Б. ст. ж. д. Рудничная.											
Копи сѣверо-горн. провинц. общества.	Иваловская № 1. . .	0,89	15,70	81,78	4,71	13,51	2,12	—	74,88	Даетъ спек. пуз. кок., гор. дл. плам. Коксъ неспекающійся. Даетъ спек. пуз. кок., гор. дл. плам.	Виноградовъ и Качала (1876).
	„ № 2. . .	1,24	1,13	87,64	6,13	6,23	1,23	—	74,16		
	Рудненская № 6. . .	1,20	2,25	79,76	5,47	14,77	2,91	—	72,54		

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ сухомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зола) содержится.					Удѣльный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя послѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<i>Екатеринославск. губ.</i>											
<i>Славяносербскій уѣздъ.</i>											
С. Голубовка . . . . .	—	10,55	79,67	5,39	14,94	1,28	1,300	64,40	Коксъ спекается . . . . .	Девалькъ 1).	
" . . . . .	—	6,49	85,15	5,24	9,61	2,38	1,310	62,70	" " . . . . .	"	
" . . . . .	—	0,85	82,47	3,98	10,83	2,72	0,24	1,270	" " . . . . .	"	
" . . . . .	3,41	5,11	81,49	5,64	12,87	—	1,280	61,29	" " . . . . .	Вредень (1868).	
" (Сред. пѣз 2 анал.).	4,88	1,42	82,67	5,07	12,26	—	—	60,88	Коксъ хорошо спекается . . .	{ Scheurer - Kestner и Meunier-Dollfus (1874)	
С. Орѣхова . . . . .	2,47	1,24	82,56	4,43	13,01	0,81	—	66,30	Слоист. строен., черн. цв., к. спек.	Лисенко (1874).	
" . . . . .	2,24	1,03	83,06	4,82	12,12	0,53	—	65,90	" " " " " "	"	
С. Красное поле . . . . .	1,40	3,25	88,23	4,18	7,59	1,15	—	86,83	" " " " " "	Г. Ж. 1869, II, 67.	
С. Успенское . . . . .	—	—	87,93	5,76	6,31	0,87	—	68,80	Жирный кам. уг. коксъ спекается.	"	
Сокологоровка . . . . .	—	2,76	81,11	5,27	13,62	2,37	1,297	66,56	Коксъ весьма хор. спек.(жвирн.уг.).	Г. Ж. 1871, I, 157.	

1) Сооб. Ауэрбахъ 1872].

[

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. въ су-хольн. углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль-ный вѣсъ.	100 ч. угля дадутъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<i>Земля войска Донскаго.</i>											
Г. Грушевка . . . . .	—	1,54	95,26	1,76	2,98	—	—	—	Антрацитъ . . . . .	Воскресенскій(1845). Scheurer-Kestner и Meunier (1874).	
" . . . . .	4,08	1,57	96,66	1,35	1,99	—	—	91,04	" . . . . .		
" . . . . .	—	—	95,88	1,86	2,26	1,21	—	—	" . . . . .	Ивановъ (1862).	
Р. В. Несвита . . . . .	—	—	94,18	1,73	4,09	0,72	—	—	Антрацитъ . . . . .		
Верхній пластъ . . . . .	—	—	96,89	1,54	1,57	2,20	—	—	" . . . . .	Scheurer-Kestner и Meunier (1874).	
Нижній пластъ . . . . .	—	—	82,20	5,66	12,14	0,36	—	—	Жирный камен. уг. коксъ спекает. Коксъ хорошо спекается . . . . .		
Дер. Александровка . . . . .	—	—	91,45	4,50	4,05	—	—	80,61	" . . . . .	Вредень (1868).	
Р. Миусъ . . . . .	1,39	0,23	92,23	2,31	5,46	—	1,54	—	Антрацитъ . . . . .		
Чистяковский . . . . .	4,44	1,10	90,70	2,30	7,00	—	1,59	—	" . . . . .	" . . . . .	
Кусейниковъ . . . . .	4,71	5,89	92,14	4,03	3,83	—	1,46	—	" . . . . .		
" . . . . .	—	8,56	81,79	3,47	14,74	0,88	—	74,87	Тощ. уг. коксъ неспек. (приблиз.)	Черн. д.в. кок. слабо спек. ) къ антр.	
Харьцвскій . . . . .	8,27	1,17	81,49	5,64	12,87	1,28	—	61,29	" . . . . .		
Нижне-Ханжонковский . . . . .	—	0,51									
Среди. для южнаго бассейна	3,13 (35)	4,52 (53)	84,08	4,71	11,21	2,27 (47)	1,334 (13)	67,16 (49)			

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зольн.) содержится.					Удѣль- ный вѣст.	100 ч. угля дають кокса	С в о й с т в а у г л я .	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	N.	S.				
<b>Восточный бассейнъ.</b>											
<i>Пермская губернія.</i>											
<i>(По р. Чусовой).</i>											
Вашкурское мѣсторожд. . . . .	2,40	2,77	80,51	4,95	14,54	} до 2%	—	55,37	Коксъ полуспекающійся . . . . .	} Полужир. камен. угль, приближ. къ тощимъ.	Ивановъ (1867) 1).
" " . . . . .	3,20	5,99	81,21	5,05	13,74		—	55,00			
" " . . . . .	2,83	6,79	85,97	5,27	8,76	—	—	56,50	" " " " . . . . .	}	Г. Ж. 1871 I, 142.
Клиновское мѣсторожд. . . . .	0,50	7,54	78,15	5,44	16,41	3,00	—	60,70	" полуспекающійся . . . . .		
" " " " . . . . .	1,28	10,88	83,90	5,90	10,20	5,01	—	63,92	" " " " . . . . .	}	Вредень (1868).
Луньевская конь (Солик. у.)	2,58	8,36	82,51	5,51	11,98	6,24	—	—	" спекающійся . . . . .		
" " " " . . . . .	2,40	3,59	77,96	5,44	16,60	—	—	54,60	" полуспекающійся . . . . .	} Уг. матов., черн. цв., боксъ неviol. сп., к. спек. вполне.	" "
" " " " . . . . .	1,76	4,80	84,70	5,30	10,00	—	—	63,00	" " " " . . . . .		
" " " " . . . . .	1,31	23,50	80,92	6,26	12,82	—	1,39	66,93	" " " " . . . . .	}	" "
" " " " . . . . .	1,07	4,72	86,20	6,22	7,58	2,86	1,29	57,16	" " " " . . . . .		
Соликамскъ, въ имѣн. Лазе- рева . . . . .	—	6,04	76,87	4,55	18,58	—	—	—	—	—	Воскресенскій(1845).
Среди. для восточ. бассейна.	1,93 (10)	7,73	81,72	5,44	12,84	3,30 (7)	1,34 (2)	59,24 (9)	<p>1) Юбл. сборн. минер. общ. 1867; Горн. ж. 1869, II, 84.</p>		



Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Зола въ су- хомъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Кавказъ.</b>											
Чернолѣсная крѣпость . . . . .	—	2,72	72,70	4,99	22,31	—	—	—	—	—	Воскресенскій (1845). Рудневъ 1).
Гелати (7 в. отъ Гутанса).	12,10	30,63	74,54	5,91	19,55	—	—	—	—	—	
<b>Сыдарьинская область.</b>											
Каратаускій хребетъ.											
Р. Воронкай . . . . .	—	10,00	71,50	5,60	22,90	3,00	—	62,00	—	—	Г. Ж. 1871, I, 143.
Р. Буголь . . . . .	5,20	2,32	82,18	5,30	12,52	0,70	—	—	—	—	Г. Ж. 1869, II, 87.
<b>Сибирь 1).</b>											
Около Томска. . . . .	2,39	8,50	90,86	5,14	4,00	—	—	76,00	—	—	Г. Ж. 1863, IV, 221.
<b>О. Сахалинъ.</b>											
Бл. Дуискаго порта. . . . .	1,90	4,12	75,57	5,03	19,40	0,54	1,304	73,70	Коксъ спенается . . . . .	Struve (1861).	
„ „ . . . . .	0,63	4,70	88,97	7,93	3,10	0,35	1,214	53,09	„ „ . . . . .	„ „	
„ „ . . . . .	5,00	0,95	78,32	7,01	14,67	—	1,200	52,70	„ спенается, жирный уголь.	Г. Ж. 1862, I, 96.	
„ „ . . . . .	6,81	1,20	92,18	2,37	5,45	—	1,330	74,10	„ не спек., приближ. къ антр.	„ „	
<b>Среднее для углей Сахалина . . . . .</b>											
	3,59	2,74	83,76	5,58	10,66	0,45	1,262	63,40			
	(4)	(4)	(4)			(2)	(4)	(4)			
<b>Среди. для уг. и антр. всей Р.</b>											
	6,56	10,68	78,03	5,16	16,81	2,45	1,419	60,66			
	(89)	(135)	(142)			(79)	(34)	(118)			
<b>Среди. для антрац. всей Рос.</b>											
	4,41	3,92	94,35	2,21	3,44	1,38	1,530	91,04			
	(3)	(6)	(9)			(3)	(3)	(1)			
<b>Среди. для углей всей Россіи</b>											
	6,64	11,00	76,93	5,36	17,71	2,49	1,408	60,40			
	(86)	(129)	(133)			(76)	(31)	(117)			

1) Сообщ. Struve (1875).

1) Обнародованы анализы угля изъ окрестностей иркутскаго солевареннаго завода, произвед. Шамаринимъ (1874), но они крайне мало правдоподобны.

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ. высушен. на воздухѣ въ %	Зольн. въ су- хомъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ воды) содержится.					Удѣль- ный вѣс.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Франція.</b>											
Bacconnier (dep. Mayenne).	—	—	92,85	3,96	3,19	—	1,367	91,0	Стекл. блескъ, раков. изломъ, антрацитовый уголь.	} Regnault (1837).	
Alais (dep. du Gard) . .	—	—	90,55	4,92	4,53	—	1,322	78,0	Слабый блескъ, коксъ съ металлич. блескъ, немного ноздревать.		
Lavaysse (dep. de l'Aveyron)	—	—	86,56	5,56	7,88	—	1,284	60,0	Жирный уголь съ длин. пламен., коксъ легкій, поздрев.		
Epinac . . . . .	—	2,53	83,22	5,23	11,55	—	1,353	63,6	Тощ. у. съ длин. плам., к. слабо сп.		
Blanzu . . . . .	—	2,28	78,26	5,35	16,39	—	1,362	58,0	Жир. уг. съ длин. пламен., почти блес. метал. коксъ . . . . .		
Commentry (dep. Allier) .	—	0,24	82,92	5,30	11,78	—	1,319	63,4			
Rive-de-Gier . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—			
„ Grand-Croix, Maréchal	—	1,78	89,04	5,23	5,73	—	1,298	69,0	} Тверд., бузн. уг., коксъ очень спекающийся, ноздрев.		
„ „ Raffaud . . . . .	—	1,44	89,07	4,93	6,00	—	1,302	70,2			
„ Corbeyre, Puits Henry	—	2,96	90,53	5,05	4,42	—	1,315	77,00	} Жирный твердый уголь . . . . .		
„ Cimentière, Bourrué .	—	3,57	85,08	5,46	9,46	—	1,288	72,0			
„ 2-de bâtarde . . . . .	—	2,99	87,45	5,77	6,78	—	1,294	70,6	} Жирный уг. съ длин. пламенемъ.		
„ Couzon, bâtarde . . . .	—	2,72	84,89	5,75	9,36	—	1,298	65,5			
„ Grande masse . . . . .	—	5,32	86,30	5,27	8,43	—	1,311	67,4			
Noroy (Возезы) . . . . .	—	18,20	78,32	5,38	16,30	—	1,410	—	Тощій, коксъ порошкообразный.		
Lamure (dep. Isère). . . .	—	4,57	94,07	1,75	4,18	—	1,362	90,00	Антрацитъ . . . . .		
Macot въ Tarantaise . . .	—	26,47	97,23	1,25	1,52	—	1,919	92,6			
Céral (d. de l'Aveyron). .	—	10,86	84,56	5,32	10,12	—	1,294	58,4	Полужирный, коксъ спекается .		
St. Girons . . . . .	—	4,08	76,05	5,69	18,26	—	1,316	44,80	„ „ „		

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ, высушен. на воздухѣ въ %	Золы въ су-хонъ углѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль-ный вѣсъ.	100 ч. угля дадутъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	С.				
<b>Франція.</b>											
<b>Valenciennes.</b>											
Bonpart.-Toussaint.	—	3,10	93,44	3,78	2,78	—	—	93,17	Коксъ порошкообразный . . .	Marsilly (1838).	
La Cave . . . . .	—	5,70	88,00	5,11	6,89	—	—	75,42	„ поздраватый „ „ „		
Napoleon-Perier . . .	—	2,80	87,28	5,69	7,03	—	—	67,75	„ хорошо формованный . . .		
Reuffite . . . . .	—	2,50	88,10	5,16	6,74	—	—	75,91	„ „ „ „ . . .		
<b>Pas de Calais.</b>											
Bully . . . . .	—	3,00	85,92	6,00	8,08	—	—	65,09	Коксъ поздраватый . . . . .	Marsilly (1858).	
Nouix . . . . .	—	2,40	88,91	5,10	5,99	—	—	77,05	„ хорошо формованный . . .		
Courrières . . . . .	—	8,60	90,46	4,57	4,97	—	—	87,62	„ порошкообразный . . . . .		
Ronchamp I . . . . .	—	15,02	89,96	5,09	4,95	—	—	—	—		
„ II . . . . .	1,09	16,19	88,38	4,42	7,20	—	—	—	—		
„ III . . . . .	—	12,80	87,43	4,56	8,01	—	—	—	—		
Creuzot, Chaptal . . . .	0,42	1,06	88,48	4,41	7,11	—	—	—	Жирный . . . . .	Scheurer-Kestner и Meunier (1868-71).	
Saint Pierre . . . . .	1,76	3,63	92,36	3,66	3,98	—	—	—	Антрацитовый . . . . .		
St. Paul . . . . .	1,19	2,25	90,79	4,24	4,97	—	—	—	Тошій . . . . .		
Blanzy, Montceau . . . .	4,97	10,28	78,58	5,23	16,19	—	—	—	—		
„ „ . . . . .	2,01	20,95	87,02	4,72	8,26	—	—	—	Антрацитовый . . . . .		
Anzin (d. du Nord) . . . .	1,03	5,72	84,50	4,20	11,30	—	—	—	—		
Denain (d. du Nord) . . . .	1,14	6,35	83,94	4,43	11,63	—	—	—	—		
<b>Среднее для углей Франціи.</b>											
	1,70	6,64	87,16	4,79	8,05	—	1,356	72,23			
	(8)	(32)	(35)				(18)	(24)			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ угль, всушен. на воздухъ въ %/о.	Зола въ су- хой угль въ %/о.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ зола) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля дають кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
			С.	Н.	О.	Н.	S.				
<b>А м е р и к а.</b>											
Пенсильванія, Pittville . . .	—	—	94,89	2,55	2,56	—	—	1,462	90,00	Антрацитъ . . . . .	Regnault (1837). Schweitzer (1875).
Missouri . . . . .	—	30,54	79,19	6,09	13,34	1,38	—	—	66,13		
Патагонія, Landy-Bay . 1.	—	13,40	72,83	5,91	20,52	0,74	1,30	—	—	} Коксъ твердый . . . . .	} De la Beche и Play- fair (1849).
„ „ . . . . . 2.	—	15,64	71,50	6,81	20,92	0,77	1,14	—	—		
Чили: Conceptions Bay . . .	—	7,58	77,96	6,36	14,63	1,05	2,14	1,290	43,63		
Port Famine . . . . .	—	6,21	69,19	5,75	24,52	0,54	1,10	—	—		
Chirique . . . . .	—	36,91	68,45	7,04	23,49	1,02	9,73	—	—		
Laredo Bay . . . . .	—	16,63	71,35	6,71	21,08	0,86	1,37	—	—		
Talcabano-Bay . . . . .	—	6,91	76,71	6,98	15,14	1,17	1,00	—	—		
Coleurra-Bay . . . . .	—	5,68	83,96	5,90	8,97	1,17	1,12	—	—		
Среднее для углей Чили . . .	—	13,32	74,60	6,46	18,94	2,74	—	1,290	43,63		
				(6)				(1)			

Мѣсторожденіе угля.	Воды въ углѣ иссушен. на воздухъ въ %.	Зола въ су- хой углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсь.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.			Имя изслѣдователя.
			C.	H.	O.	N.	S.						
<b>Австралія.</b>													
<i>Новая Голландія, Сидней.</i>	—	2 04	84,71	5,47	8,55	1,27	0,71	—	—	—	—	—	De la Beche и Play- fair (1849).
1.	—	30,45	92,46	4,22	1,47	1,85	1,41	—	—	—	—	—	
2.	—	27,60	80,28	5,45	12,73	1,54	1,24	—	—	—	—	—	
3.	—	29,09	82,21	4,86	11,21	1,72	1,86	—	—	—	—	—	
4.	—	19,20	85,57	5,01	7,39	2,03	1,39	—	—	—	—	—	
<i>Димяноча земля, изъ различныхъ мѣстъ.</i>	5.	—	14,38	82,95	4,94	10,92	1,19	0,82	—	—	—	—	
6.	—	—	26,41	90,33	4,63	2,41	2,63	1,40	—	—	—	—	
7.	—	—	27,20	89,01	5,01	4,73	1,25	1,24	—	—	—	—	
8.	—	—	21,50	85,13	4,11	9,31	1,45	1,45	—	—	—	—	
9.	—	—	8,67	89,70	3,41	5,37	1,52	2,08	—	—	—	—	
<b>Ср для углей Димян. земли.</b>	—	22,72	86,40	4,63	8,97	1,43	—	—	—	—	—	—	
(9)													

Мѣсторожденіе угля.	Вода въ углѣ, высушен. на воздухе въ %.	Зола въ су-хонъ углѣ въ %.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содержится.					Удѣль- ный вѣсъ.	100 ч. угля даютъ кокса.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.	
			С.	Н.	О.	Н.	С.					
<b>А з і я.</b>												
<i>О. Фармоза</i> (Китай). . .	—	3,96	81,90	5,97	11,46	0,67	0,51	1,240	—	— — —	Playfair и De la Beche (1847-8).	
<i>Японія</i> . Средн. изъ 12 мѣстор.	4,59	10,95	81,07	5,97	12,96		1,90	—	—	Прин. по вид. къ угл. трет. форм.	Munroe (1874).	
<i>О. Борнео</i> , пластъ въ 915 мм.	—	14,32	64,24	5,95	28,65	1,16	1,33	1,370	—		De la Beche и Play- fair (1847-8).	
„ пластъ въ 3, 4 мм.	—	3,23	73,57	5,66	20,07	0,70	1,21	1,210	—			
„ Сортъ Labuan . . .	—	7,74	71,05	5,22	22,85	0,88	1,57	1,280	—			
Среднее для углей Борнео.	—	8,43	69,62	5,61	23,86	0,91	1,37	1,287	—			
			(3)									
Ср. для всѣхъ угл. и антрац.	4,89 (220)	7,57 (631)	83,15	5,14	11,71		1,78	1,3302	67,63			
Сред. для всѣхъ антрац. . .	3,06 (6)	6,83 (14)	94,81	2,36	2,83		1,49	1,5195	91,15	Отношеніе $\frac{O+N}{H} = 1,2$ .		
Сред. для всѣхъ углей . . .	4,94 (214)	7,568 (617)	82,82	5,22	11,96		1,78	1,3241	67,30		Отношеніе $\frac{O+N}{H} = 2,3$ .	

Кромѣ полныхъ элементарныхъ анализовъ каменныхъ углей было произведено еще большое число *теплическихъ анализовъ*, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе въ углѣ колич. летучихъ веществъ, углерода, золы и сѣры и его теплопроизводительности. Большое число подобныхъ опредѣленій было сдѣлано и для русскихъ углей, которыя приведены въ нижеслѣдующихъ таблицахъ, съ указаніемъ и некоторыхъ другихъ свойствъ этихъ углей.

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Дегучихъ веществъ въ водѣ.	Зола.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Температура-водичность по Бергю.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Р о с с і я.</b>									
<b>Западный бассейнъ.</b>									
<i>Піотроковская губернія.</i>									
<i>(Бл. Домброва).</i>									
Копь Редень . . . . .	—	43,10	3,60	53,30	—	56,92	5843	Коксь неспекается . . . . .	Г. Ж. 1863 IV, 218. Хорошевскій (1869). Кулаковъ (1875).
” ” . . . . .	—	46,50	2,50	51,00	—	53,50	—	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	38,85	3,00	58,15	—	61,15	5493	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	39,74	3,45	56,81	—	60,26	—	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” Цѣшковская . . . . .	—	41,45	3,42	55,13	—	58,55	5669	” ” . . . . .	Г. Ж. ” 1863, IV, 218. Хорошевскій (1869). Кулаковъ (1875).
” ” . . . . .	—	41,79	2,98	55,23	—	53,21	—	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	40,52	2,16	57,32	—	59,48	5214	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	43,42	1,90	54,68	—	56,58	5197	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” Ксавери . . . . .	—	44,44	2,06	53,50	—	55,56	5080	Коксь полуспекается . . . . .	Г. Ж. ” 1863, IV, 218. Хорошевскій (1869). Кулаковъ (1875).
” ” . . . . .	—	46,32	2,18	51,50	—	53,68	—	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	38,90	3,09	58,01	0,26	61,10	5976	Коксь спекается . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	36,60	2,39	61,01	—	63,40	5661	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” Тадеушь . . . . .	—	42,13	1,30	56,57	—	57,87	6245	Коксь неспекается . . . . .	Г. Ж. ” 1863, IV, 218. Хорошевскій (1869). Кулаковъ (1875).
” ” . . . . .	—	41,74	1,60	56,66	—	58,26	—	” ” . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	38,57	2,64	58,79	—	61,43	6400	Коксь спекается . . . . .	” ” . . . . .
” ” . . . . .	—	36,67	3,63	59,70	—	63,33	5948	” ” . . . . .	” ” . . . . .

Мѣсторожденіе угля.	Воды.	Легучихъ веществъ въ сѣть съ водой.	Золы.	Угля.	Сѣры.	Кокса.	Теплопроизводительность по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Западный бассейнъ.</b>									
<i>Пютроковская губ.</i>									
Конь Федкскъ . . . . .	—	41,65	2,84	55,51	—	58,35	5784	Коксъ песнекается . . . . .	Г. Ж. 1863, IV, 218.
„ Загорье . . . . .	—	39,18	7,63	53,19	—	60,82	5789	„ „ . . . . .	„ „
„ Сосновицъ . . . . .	—	36,95	7,74	55,31	—	63,05	5662	„ „ . . . . .	„ „
„ Шуманъ . . . . .	—	47,00	3,00	50,00	—	53,00	—	„ „ . . . . .	Хорошевскій (1869).
„ Кашелевъ . . . . .	—	39,72	4,11	56,17	0,34	60,23	—	Коксъ спекается . . . . .	Кулаковъ (1875).
„ „ . . . . .	—	39,63	2,32	58,00	—	60,32	—	„ „ . . . . .	„ „
„ „ . . . . .	—	35,52	4,03	60,45	—	64,38	—	Коксъ песнекается . . . . .	„ „
„ Новая . . . . .	—	39,96	2,31	57,73	—	60,04	—	„ „ . . . . .	„ „
„ „ . . . . .	—	33,91	2,49	63,60	—	66,09	—	„ „ . . . . .	„ „
„ Лабепской . . . . .	—	41,45	1,00	57,55	—	58,35	—	„ „ . . . . .	„ „
Среднее для зап. бассейна.	—	40,61	3,05	56,34	0,30	59,20	5711,5		
		(26)			(2)	(26)	(14)		





Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Золн.	Угля.	Сѣрн.	Кокса.	Температура по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Сѣверный или центральный бассейнъ.</b>									
<i>Рязанская губернія.</i>									
С. Мураева (верхн. пл.) .	15,24	65,66	4,84	29,50	—	34,34	5083	Чернобурый цвѣтъ, слоистое сложеніе . . .	Г. Ж. 1871, I, 148.
.. .. .	7,53	73,79	8,61	17,60	—	26,21	5185		
Им. Рюмина . . . . .	11,56	40,31	30,85	28,84	—	59,69	—	Коксъ неспекается. . . . .	Г. Ж. 1871, I, 164.
С. Паведець (скоп. уѣздъ).	—	44,20	9,82	45,98	—	55,80	—	" "	Г. Ж. 1855, III, 511.
Д. скопинск. коннозав. окр.	—	52,51	7,50	39,99	0,45	47,40	492		Г. Ж. 1859, I, 592.
<i>Тверская губернія.</i>									
Вышнеполочекскій уѣздъ.									
С. Подольховець . . . . .	9,87	40,30	16,30	43,40	—	59,70	4180	Некоксуется, содерж. знач. колч. Fez . . .	Г. Ж. 1871, I, 146.
<i>Калужская губернія.</i>									
Жиздринскій уѣздъ.									
Р. Жиздра . . . . .	—	57,41	13,15	29,44	—	42,59	5584	Черный коксъ неспекается . . . . .	Г. Ж. 1859, I, 591.
Лихвинскій уѣздъ.									
Яковлевскій . . . . . 1.	—	42,17	39,01	18,82	—	57,83	3220	Буровато черный, коксъ неспекается . . .	Г. Ж. 1859, I, 591.
" . . . . . 2.	—	55,20	16,50	28,30	—	44,83	—	" " "	
" . . . . . 3.	—	48,36	21,30	30,34	—	51,63	3554	" " "	
" . . . . . 4.	—	46,08	21,09	32,83	—	53,92	4128	" " "	
С. Зеленно . . . . .	—	48,36	21,29	30,35	—	51,64	3560	" " "	} Kern (1875).
С. Знаменское . . . . .	20,05	44,24	20,06	35,70	—	55,76	4200	" " "	

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Золн.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Темпознъ подпалности по Бергье.	Свойства угля	Имя изслѣдователя.
<b>Сѣверный или центральный бассейнъ.</b>									
<i>Тульская губернія.</i>									
Алексинскій уѣздъ.									
С. Кіевцы, на Окѣ . . . . .	5,30	28,01	47,76	24,23	—	71,99	2546	— — —	Г. Ж. 1871, I, 145.
„ „ . . . . .	—	27,78	49,68	22,54	3,07	72,22	300	— — —	Kern (1875).
С. Подмокло, около Серпухова	—	27,76	43,89	28,35	3,10	72,24	3072	Темнобурый, горитъ съ пламен., коксъ неспел.	Г. Ж. 1859, I, 591.
Одаевскій уѣздъ.									
Вялинскій прискъ . . . . .	—	52,00	12,00	36,00	4,39	48,00	4000	Темнобурый, слонстый, проникнуть колчеданомъ, на воздухѣ распадается; горитъ пламенемъ, коксъ неспекается.	Г. Ж. 1852, IV, 161.
„ „ . . . . .	—	55,40	7,90	36,70	2,13	44,60	—		Г. Ж. 1853, IV, 99.
„ „ . . . . .	—	52,40	7,92	39,68	2,13	47,60	4000		Kern (1875).
С. Выховцы . . . . .	—	51,70	6,71	41,59	2,29	48,30	4222		Г. Ж. 1859, I, 592.
Крапивинскій уѣздъ.									
С. Образцовка . . . . .	5,46	53,49	29,76	16,75	—	46,51	3200	Слонстое слош., черн. цв., гор. длин. плам., к. несп.	Г. Ж. 1871, I, 164.
Красные холмы . . . . .	—	31,82	16,68	52,00	—	68,68	4000	— — —	Kern (1875).
Въ 15 в. отъ Тулы . . . . .	2,55	42,65	18,21	39,14	3,23	57,35	4100	— — —	„ „
Богородицкій уѣздъ.									
С. Малетка (графа Бобрин.)	—	34,60	41,99	23,41	—	65,40	3270	— — —	Г. Ж. 1855, III, 510.
<i>Симбирская губернія.</i>	32,00	42,76	22,36	34,88	—	57,24	3500	— — —	Kern (1875).
Бл. Сызрани . . . . .	17,11	52,41	30,39	17,20	—	47,59	3344	Свѣтлобурого цв., гор. длин. плам., невоскуется.	Г. Ж. 1871, I, 162.
„ „ . . . . .	17,10	54,40	28,40	17,20	—	46,60	3500	— — —	Kern (1875).
Средн. для Сѣверн. бассейна.	14,00	46,01	21,17	32,82	2,44	53,97	3737		
	(15)		(42)		(15)	(42)	(34)		

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ въ водю.	Зола.	Угля.	Сѣры.	Кокса.	Температура водятельности по Бергю.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Южный бассейнъ.</b>									
<i>Харьковская губернія.</i>									
<i>Изюменскій уѣздъ.</i>									
С. Новоглуховъ . . . . .	—	46,48	8,23	45,29	—	53,52	6607	Бурочерный, гор. бол. пламен., коксъ спекается.	Маленко <sup>1)</sup> . . . . .
Петровская слобода . . . . .	—	43,40	5,40	51,20	2,08	56,60	5929	Похожъ на древесн. уг., сжат. въ плотн. мас.; кс. сп.	„ . . . . .
„ „ . . . . .	—	43,00	5,30	51,70	3,31	57,00	5775	Твердый, блест., коксъ спек. и легко растирается.	„ . . . . .
„ „ . . . . .	—	43,50	7,30	49,20	1,65	56,50	5775	Твердый, разнороднаго слож., кс. плотный и звонкій.	„ . . . . .
„ „ . . . . .	—	44,10	6,20	49,70	0,69	55,90	5544	Сходень съ предъидущимъ; коксъ спек. и растир.	„ . . . . .
Средн. для харьковск. губ.	—	44,10	6,49	49,41	1,93	55,90	5926		
<i>Екатеринославская губ.</i>									
<i>Бахмутскій уѣздъ.</i>									
С. Привольное . . . . .	—	43,40	9,10	47,50	4,59	56,60	5005	Мягкій, коксъ едва спекается . . . . .	Маленко . . . . .
Лисичья балка	Верхній пластъ . . . . .	42,00	5,70	52,30	2,24	58,00	5514	Плотный, на воздухъ разсыпается, к. спекается. Сходень съ предъидущимъ, коксъ сплавляется и вспучивается . . . . . Весьма твердый . . . . . Плотный коксъ спекается . . . . . Весьма плотный, коксъ неспекается . . . . . — . . . . .	„ „ . . . . .
	Пласть Мейнъ . . . . .	45,70	2,60	51,70	0,61	54,30	5802		„ „ . . . . .
	„ „ . . . . .	50,11	6,96	42,93	1,55	49,89	—		Г. Ж. 1838, I, 343.
	Слинтъ . . . . .	44,70	4,40	50,90	1,49	55,30	5802		Маленко . . . . .
	„ „ . . . . .	40,10	7,80	52,10	1,92	59,90	5514		„ „ . . . . .
	„ „ . . . . .	37,60	7,20	55,20	2,29	62,40	5929		„ „ . . . . .
„ „ . . . . .	—	48,60	4,50	46,90	2,99	51,34	—	Г. Ж. 1839, III, 347.	
„ „ . . . . .	—	43,60	5,10	51,30	0,96	56,40	5698	Смѣсь изъ разныхъ мѣстъ тогоже слоя . . . . .	Маленко . . . . .

<sup>1)</sup> Анализы Маленко приведены въ сочиненіи Ле-Шле „Изслѣдованіе донецкаго каменноугольнаго бассейна“ и затѣмъ перепечатаны также въ Г. Ж. 1859, I, 592—601.

Мѣсторожденіе угля.	Волн.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Золн.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Температура по Бергю.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.	
<i>Екатеринославская губ.</i>										
<i>Бахмутскій уѣздъ.</i>										
Лисичья балка	Нижній или VIII пластъ.	—	59,74	2,53	37,73	5,15	40,26	—	Коксъ спекается даже плавится . . . . .	Еврейновъ (1838) .
	” ”	—	47,60	8,10	44,30	1,01	52,40	5929	) Слонистый, коксъ сильно вспучивается и по- здრѣвать ) Тоже, но изобилуетъ болѣе ханомъ. Хуже про- чихъ лисичанскихъ. . . . .	Маленко . . . . .
	” ”	—	50,90	1,26	7,84	3,68	49,10	—		Еврейновъ (1838) .
	” ”	—	44,90	6,60	48,50	3,20	55,10	5802		Маленко . . . . .
	” ”	—	45,80	6,62	47,58	7,25	54,20	—		Еврейновъ (1838) .
Неизвѣстный . . . . .	—	48,10	5,10	46,80	2,79	51,90	7063	Маленко . . . . .		
Исакиевскій оврагъ . . . . .	—	41,40	7,60	51,00	2,72	58,60	5621	Весьма слонст., содерж. много золы. Коксъ несп.	Маленко . . . . .	
Орловскій оврагъ . . . . .	—	44,40	1,80	53,80	0,43	55,60	5621	Твердый, коксъ спекающійся . . . . .	” . . . . .	
” ”	—	42,60	5,30	52,10	2,40	57,40	5390	Довольно мягкій, коксъ неспекается . . . . .	” . . . . .	
” ”	—	49,30	1,30	49,40	1,28	50,70	—	Коксъ неспекается . . . . .	” . . . . .	
Пластъ III.										
Верхнякъ . . . . .	7,52	47,49	3,28	49,23	2,45	52,51	—	У. в. 1,200 коксъ спекается . . . . .	Ивановъ (1868) . .	
Сюднякъ . . . . .	11,50	46,91	4,53	48,56	4,00	53,09	—	” 1,273 ” ” . . . . .	” . . . . .	
Пластъ VII.										
Верхнякъ . . . . .	8,32	49,10	3,60	47,30	3,46	50,82	—	” 1,264 коксъ спекается . . . . .	” . . . . .	
Усестъ . . . . .	5,00	47,70	4,40	47,90	4,20	52,30	—	” 1,260 ” ” . . . . .	” . . . . .	
Кулашникъ . . . . .	9,40	48,02	4,40	47,58	4,26	51,98	—	” 1,280 ” ” . . . . .	” . . . . .	
Сюднякъ . . . . .	9,10	49,12	4,00	46,88	5,42	50,88	—	” 1,275 ” ” . . . . .	” . . . . .	

Мѣсторожденіе угля.	Воды.	Легучихъ веществъ вмѣстѣ съ водою.	Золы.	Угля.	Сѣры.	Кокса.	Температура водителность по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<i>Екатеринославская губ.</i>									
<i>Бахмутскій уѣздъ.</i>									
С. Желѣзное . . . . .	—	35,00	1,40	63,60	Сѣры	65,00	6314	Твердый, коксъ спекается . . . . .	Мазенво.
" . . . . .	—	36,70	8,50	54,80	4,67	63,30	6237	Блестящій, в. сплавл., поздрав. и весьма легокъ.	"
" . . . . .	—	32,70	7,70	59,60	3,36	67,30	6314	Твердый коксъ сплавляется, легокъ, поздравять.	"
" . . . . .	—	31,90	5,70	62,40	0,69	68,10	6314	Не очень твердъ. Коксъ сплавл., плотень, твердъ.	"
" . . . . .	—	28,40	14,90	56,70	—	71,60	5467	Мягкій, коксъ спекается . . . . .	"
" . . . . .	—	29,90	2,90	67,20	0,64	70,10	6699	Довольно мягкой, коксъ сплавл. и вспучивается.	"
" . . . . .	—	30,60	0,70	68,70	—	69,40	6776	Довольно твердый, коксъ сплавл. и вспучивается.	"
" . . . . .	—	34,50	5,60	59,90	0,32	65,50	6622	Коксъ сплавляется . . . . .	"
" . . . . .	—	32,10	5,40	62,50	0,21	67,90	6699		
" . . . . .	—	28,20	9,00	62,80	0,21	71,80	5082	Коксъ едва спекается . . . . .	"
С. Щербиньва . . . . .	—	30,28	0,57	69,15	1,72	69,72	—	Довольно твердый, коксъ сплавл. и вспучивается.	Евренновъ (1838). Маленво.
" . . . . .	—	34,30	2,00	63,70	0,69	65,70	6622		
" . . . . .	—	29,24	5,64	65,12	1,76	70,76	—	Тоже . . . . .	Ивановъ (1839). Маленво.
" . . . . .	—	36,50	2,20	61,30	0,16	63,50	6545		
" . . . . .	—	22,25	5,64	72,11	1,52	77,75	7847	Черный, горитъ больш. пламенемъ. Коксъ спек.	Г. Ж. 1839, III, 347.
С. Александровка . . . . .	—	36,80	1,60	61,60	—	63,20	5082	Не очень твердый, коксъ спекается. . . . .	Маленво.
" . . . . .	—	32,92	8,40	58,68	1,87	67,08	6602	Бурочернаго цвѣта, горитъ пламен. Коксъ спек.	Г. Ж. 1844, II, 441.
" . . . . .	—	29,00	1,08	69,92	0,36	71,00	7690	Очень плотный коксъ . . . . .	Керн (1875).
Д. Еленовка . . . . .	—	12,64	1,32	86,04	0,80	87,36	—	Коксъ неспекается . . . . .	Г. Ж. 1869, II, 80.
" . . . . .	—	13,26	1,20	85,54	—	86,74	—		
Им. Долгорукова . . . . .	1,06	27,20	5,40	67,40	—	72,80	—	Коксъ спекается. . . . .	Г. Ж. 1869, II, 80.
" . . . . .	2,39	30,41	2,27	67,32	—	69,59	—		



Мѣсторожденіе угля.	В о д н.	Легучихъ ве- ществъ вѣсъ съ водою.	В о д н.	У г л я.	С ѣ р н.	К о к с а.	Темпера- турность по Бергье.	С в о й с т в а у г л я.	Имя изслѣдователя.
<b>Екатеринославская губ.</b>									
<b>Славносербскій уѣздъ.</b>									
С. Красный Куть . . . . .	—	32,00	1,40	66,60	0,21	68,00	6622	Мягкій, коксъ легко спекается и вспучивается.	„
С. Голубовка и Михайловка.	—	32,00	1,30	56,70	—	58,00	5802	Мягкій, не содержитъ Fe <sub>2</sub> , коксъ несильно спек.	Маленко.
„ . . . . .	—	36,68	2,50	60,82	2,73	64,32	—	У. в. 1,265. Коксъ спекается . . . . .	Г. Ж. 1868, III, 229.
„ . . . . .	—	37,95	0,84	61,21	0,35	62,05	6923	Коксъ спекается. . . . .	Г. Ж. 1869, II, 77.
„ . . . . .	—	30,00	1,64	67,36	1,66	70,00	7146	„	Г. Ж. 1871, I, 167.
„ (пласть IV).	—	36,34	6,14	57,52	2,91	63,66	6475	У. в. 1,350. К. пористый, легк., довольно хрупкій.	Девадь 1).
„ . . . . .	—	36,53	0,67	62,80	0,24	63,47	6886	У. в. 1,280. ) Коксъ серебристо-сѣрый, легк., не-	„
„ . . . . .	—	35,36	0,51	64,13	0,12	64,64	7099	— ) много вспучивающійся . . . . .	„
„ . . . . .	—	37,60	2,93	59,47	0,81	62,40	6786	У. в. 1,290. )	„
„ . . . . .	—	31,68	20,86	47,46	2,50	68,32	4912	У. в. 1,300. К. черн. вѣсколько всп. съ поверхности.	„
„ . . . . .	—	36,12	13,49	50,39	2,75	63,86	5255	Коксъ черный, спекающійся, немного вспучив.	„
„ (пласть VI).	—	36,17	6,44	57,39	1,62	63,83	6261	У. в. 1,290. К. серебрист., немного вспуч. хрупк.	„
„ . . . . .	—	36,54	7,34	56,12	1,94	63,46	6552	У. в. 1,300. К. стально-сѣрый, легк., парист., хрупк.	„
„ . . . . .	—	38,16	6,48	55,36	2,79	61,84	6396	У. в. 1,330. ) Коксъ немного вспучивающійся,	„
„ . . . . .	—	38,33	6,36	55,31	3,17	61,67	6470	У. в. 1,320. ) спекающійся. . . . .	„
„ . . . . .	—	22,20	6,55	61,25	3,23	67,80	5939	„	„
„ . . . . .	—	33,64	6,67	59,69	2,58	66,36	6018	„	„
„ (пласть II).	—	34,46	5,86	59,68	1,90	65,54	6018	„	„
„ . . . . .	—	36,91	0,90	62,19	0,16	63,09	6573	У. в. 1,273. ) Коксъ спекающійся, серебристо-	„
„ . . . . .	—	36,40	0,50	63,10	0,13	63,60	6687	„ 1,270. ) черный, твердый, не хрупкій . .	„
„ (пласть III).	—	34,47	1,13	64,40	0,40	65,53	6643	„ 1,278. )	„
<b>Среди. для екатериносл. губ.</b>									
	6,79	36,02	5,52	58,46	2,10	63,98	6223	1,283.	
	(8)		(90)		(81)	(90)	(70)	(18)	

1) Сообщ. Азербайханъ.  
(Г. Ж. 1872, II, 170).



Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Золи.	Угль.	Сѣрн.	Коксн.	Температурность по Бергс.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<p><i>Земля войска Донскаго.</i>  Калмиусь Крымская котловина.  (Миускій округъ).</p>									
Дач. И. Г. Иловайскаго . . . . .	—	29,05	1,29	69,66	3,03	70,25	—	У. в. 1,27. Каменный уголь . . . . .	О минеральныхъ богатствѣхъ восточной части Донецкаго каменно-угольнаго крижа. Спб. 1870.
Пос. Калиновое . . . . .	—	25,10	0,80	74,10	1,23	74,90	—	„ 1,40. „ . . . . .	
Вл. Берестовая . . . . .	—	30,74	4,24	65,02	2,80	69,26	—	„ 1,33. „ . . . . .	
Пос. Нижне-Хашженковъ . . . . .	—	29,05	1,29	69,66	3,03	70,25	—	„ 1,27. „ . . . . .	
„ . . . . .	—	29,05	1,29	69,66	3,03	70,25	—	„ 1,27. „ . . . . .	
Пос. Благодатное . . . . .	—	5,84	2,25	91,91	2,89	94,16	—	„ 1,48. Тщій в. у. . . . .	
Слб. Харцизская . . . . .	—	5,84	2,25	91,91	2,89	94,16	—	„ 1,48. „ . . . . .	
Слб. Кутейникова . . . . .	—	8,43	3,14	88,43	7,54	91,57	—	„ 1,34. „ . . . . .	
Слб. Харцизская . . . . .	—	15,46	0,95	83,59	0,96	84,54	—	„ 1,50. „ . . . . .	
„ . . . . .	—	8,32	3,50	88,18	1,59	91,23	—	„ 1,50. „ . . . . .	
„ . . . . .	—	8,32	3,50	88,18	1,59	91,23	—	„ 1,50. „ . . . . .	
Средн. для калм. крымск. в.	—	17,74	2,23	80,03	2,78	81,98	—	1,34.	
			(11)					(6)	

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Летучихъ веществъ вмѣстѣ съ водою.	Золн.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Теплопроизводительность по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<i>Земля войска Донскаго.</i>									
Міусо-крынская котловина.									
(Міускій округъ).									
На б. р. Клиновой, впад. въ Ольховую . . . . .	—	19,46	1,44	79,10	1,66	80,54	—	У. в. 1,40. Тощій каменный уголь . . . . .	О минеральныхъ богатствѣхъ восточ. части донецкаго каменно-угольнаго края. Сиб. 1870.
На б. р. Контари, впа. въ Ольх. С. Алексѣвка. . . . .	—	10,04	2,73	87,23	4,66	89,96	—	„ 1,41. „ . . . . .	
На б. р. Филиповой, впад. въ Савостьянове. . . . .	—	6,72	2,94	90,34	6,94	93,29	—	„ 1,55. Антрацитъ . . . . .	
Слб. Орловой . . . . .	—	7,67	3,44	88,89	1,29	92,33	—	„ 1,60. „ . . . . .	
	—	7,86	2,92	89,22	2,52	92,14	—	„ 1,59. „ . . . . .	
Средн. для міусо-крынск. к.	—	10,35	2,69	86,96	3,41	89,65	—	1,51	
			(5)					(5)	

Мѣсторождение угля.	В о д н.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	З о л н.	У г л я.	С ѣ р н.	К о к с а.	Теплопроизводительность по Бергье.	С в о й с т в а у г л я.	Имя изслѣдователя.
<b>Земля войска Донскаго</b> <i>Новопавловско-Ровенецкая котловина.</i> (Миускій и Донецкій округъ).									
С. Каменка . . . . .	—	38,90	4,00	57,10	0,69	61,10	5929	Твердый, коксъ спекается . . . . .	Магенов.
” . . . . .	—	29,50	3,20	67,30	0,37	70,50	6006	Мягкій, коксъ неспекается . . . . .	”
С. Ильинско-Поповская . . . . .	—	31,20	6,90	61,90	0,32	68,80	5621	} Коксъ неспекается . . . . .	”
” . . . . .	—	33,00	7,70	59,30	0,64	67,00	5236		”
” . . . . .	—	17,20	7,40	75,40	0,91	82,80	7007	Коксъ легко сплавляется и плотенъ . . . . .	”
Гундоровская . . . . .	—	28,40	8,20	63,40	—	71,60	6006	Пластичный, коксъ неспекается . . . . .	”
” . . . . .	—	33,00	9,20	57,80	—	67,00	5775	Коксъ неспекается. Уголь смѣшанный . . . . .	”
” . . . . .	—	32,80	10,10	57,10	3,37	67,20	5929	Довольно мягк. К. легко сплавл., весьма вспучив.	”
” . . . . .	—	33,80	8,60	57,60	3,95	66,20	5698	Коксъ менѣе вспучивается . . . . .	”
” . . . . .	—	32,00	10,90	57,10	3,47	68,00	6545	Мягкій, коксъ полусплавляется и спекается . . . . .	”
” . . . . .	—	34,20	7,20	58,60	0,32	65,80	5544	Смѣшанный, коксъ спекается . . . . .	”
Должна Ригины . . . . .	—	38,80	13,80	67,40	3,15	81,20	6160	Мягкій, коксъ неспекается . . . . .	”
” . . . . .	—	32,50	13,20	54,30	0,91	67,50	5802	Черный, коксъ неспекается . . . . .	”
” . . . . .	—	9,40	16,30	74,30	3,63	90,60	6545	” . . . . .	”
” . . . . .	—	12,60	12,70	74,70	2,08	87,40	7007	” . . . . .	”
Должна Говеной . . . . .	—	42,10	11,90	46,00	0,69	57,90	4620	Мягкій коксъ спекается . . . . .	”
” . . . . .	—	36,90	6,60	56,50	0,64	63,10	6237	” коксъ неспекается . . . . .	”

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.

Мѣсторожденіе угля	Водн.	Легучихъ веществъ въ водѣ	Зола.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Температура по Бергю.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Земля войска Донскаго.</b>									
Долина Говеной . . . . .	—	34,20	11,20	54,60	1,55	65,80	5159	Мягкій, коксъ неспекается . . . . .	Маленко.
” ” . . . . .	—	39,30	17,90	42,80	2,24	60,70	4004	” ” ” . . . . .	”
” ” ” . . . . .	—	27,60	6,40	66,00	0,64	72,40	5544	” ” ” . . . . .	”
X. Нижне-Говейный . . . . .	—	8,20	2,60	89,20	—	91,80	7620	Черный антрац., хрупк., гор. б. плам. к. неспек.	Г. Ж. 1843, II, 312.
X. Богданова (л. бер. Донца).	—	18,00	2,80	79,20	—	82,00	6735	” ” ” хрупк., содерж. S.	Г. Ж. 1843, II, 312.
C. Зуевки . . . . .	—	8,44	1,40	90,16	—	91,56	7594	” ” ” хрупк., содерж. S.	Г. Ж. 1843, II, 312.
C. Хрустальное . . . . .	—	5,70	2,90	91,40	4,38	94,27	—	Антрацитъ У. в. 1,46. . . . .	} Оминеральныхъ богатствахъ восточной части донецкаго каменноугольнаго края. Слѣб. 1870 <sup>г</sup> . Гл-пограф. Демакона.
C. Мало-Покровское . . . . .	—	12,75	2,00	85,25	1,20	87,25	—	” ” 1,60. . . . .	
C. Мало-Крѣпинское . . . . .	—	6,61	4,46	88,93	0,98	93,39	—	” ” 1,65. . . . .	
C. Новопавловка . . . . .	—	6,87	5,71	87,42	5,49	93,13	—	” ” 1,57. . . . .	
C. Скелеватое . . . . .	—	8,49	1,91	89,60	3,84	91,51	—	” ” 1,62. . . . .	
C. Ровенки . . . . .	—	8,64	3,33	88,03	4,27	91,36	—	” ” 1,70. . . . .	
” ” . . . . .	—	7,06	3,33	89,61	7,50	92,91	—	” ” 1,71. . . . .	
” ” . . . . .	—	5,42	4,19	90,39	1,09	94,58	—	” ” 1,60. . . . .	
C. Должинское . . . . .	—	10,23	0,98	88,79	1,56	89,77	—	” ” 1,70. . . . .	
Ср. для Ново-Павл. Ров. котл.	—	21,99	7,16	70,85	78,01	2,21	6014	1,62	
		(32)	(32)	(27)	(23)			(9)	

Мѣсторожденіе угля.	Водм.	Лучшихъ вѣществъ въѣсть съ водою.	Золм.	Угли.	Сѣрм.	Кокса.	Температура водитѣльности по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
Земля войска Донскаго. Грушевская котловина. (Черкасскій округъ).									
Д. Поповская . . . . .	—	9,10	2,40	88,50	0,16	90,90	7161	Весьма твердый антрацитъ . . . . .	Маленко.
„ . . . . .	—	9,70	2,00	88,30	0,91	90,30	7084	„ „ „ . . . . .	„
„ . . . . .	—	7,70	2,30	90,00	0,69	92,30	7238	„ „ „ . . . . .	„
„ . . . . .	—	17,40	10,30	72,30	1,12	82,60	6491	„ „ „ . . . . .	„
Неизвѣстно изъ какого мѣста.	—	3,80	5,00	91,20	0,01	96,20	—	У. в. 1,555. Антрацитъ . . . . .	Г. Ж. 1844, I, 299.
„ . . . . .	—	6,62	2,61	90,77	—	93,38	7705	„ „ . . . . .	Г. Ж. 1851, II, 217.
„ . . . . .	—	7,22	1,98	90,80	0,82	92,78	7646	„ „ . . . . .	Г. Ж. 1839, III, 347.
На берг. Больш. Несвитой.	—	9,60	3,60	86,80	0,43	90,40	7007	„ „ . . . . .	Маленко.
Грушевка . . . . .	—	5,54	3,12	91,34	3,09	94,46	—	Антрацитъ. У. в. 1,660.	„О мнирал. богатствъ восточн. части донецк. каменно-угольн. кража, Спб. 1870“.
„ . . . . .	—	4,75	3,07	92,18	2,57	95,25	—	„ „ 1,627.	Kern (1875).
Х. Власова . . . . .	—	8,69	2,96	88,35	2,37	91,31	—	„ „ 1,121.	
На б. р. Крѣпичной . . . . .	—	6,30	4,80	88,90	1,42	93,73	—	„ „ 1,660.	
Грушевка . . . . .	—	7,22	1,98	90,80	—	92,78	7640	Антрацитъ. . . . .	
Ср. для Грушевской котлов.	—	7,97	3,55	88,48	1,24	92,03	7247	1,525	
			(13)		(11)	(13)	(8)	(5)	



Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ вмѣстѣ съ водою.	Золн.	Углн.	Сѣрн.	Кокса.	Температуро-водичность по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Земля войска Донскаго.</b>									
<i>Екатерииненская котлов.</i>									
(На Донцѣ и притокаѣ его Внстрой).									
Д. Усть-Дубовская . . . . .	—	29,40	9,90	60,70	1,01	70,60	6083	Черный, коксъ неспекается . . . . .	Маленво.
„ . . . . .	—	27,70	7,20	65,10	0,64	72,30	6006	„ . . . . .	„
Х. Себрякова . . . . .	—	7,40	4,00	88,60	2,08	92,60	7392	Твердый антрацитъ . . . . .	Г. Ж. 1851, II, 218.
Б. Екатерииненской станц.	—	8,11	4,84	87,05	—	91,89	7613	Черный, чрезвычайно твердый антрацитъ . . . . .	Г. Ж. 1844, II, 441.
„ . . . . .	—	8,64	6,84	84,52	2,91	91,36	7522	„ . . . . .	Маленво.
Дѣд. оврагъ (напр. ст. Донца).	—	9,00	4,10	86,90	0,53	91,00	7238	Твердый антрацитъ . . . . .	„
С. Рубежное . . . . .	—	18,30	23,50	58,20	0,96	81,70	5544	Уголь плотный и твердый. Коксъ неспекается.	„
Х. Нижне-Себрякова . . . . .	—	8,75	6,50	84,75	2,19	91,25	—	Антрацитъ . . . . .	„Оминеральн. богат. и т. д. Спб. 1870“.
Х. Рубежнаго . . . . .	—	10,28	3,50	86,22	1,11	89,72	—	„ . . . . .	„
Среди. для Екатериин. котл.	—	14,18	7,82	78,00	1,43	85,82	6771		
			(9)		(8)	(9)	(7)		

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.





Мѣсторожденіе угли.	В о д н.	Метричь не- щестъ, вѣсть съ водою.	З о л н.	У г л я.	С ѣ р н.	К о к с а.	Теплопрони- водительность по Бергис.	С в о й с т в а у г л я.	Имя изслѣдователя.
<b>Восточный бассейнъ.</b>									
<i>Пермская губернія.</i>									
<i>Соликамскій уѣздъ.</i>									
Александровское мѣсторожд.	5,24	37,46	6,68	55,86	0,51	62,54	7921	Слоистъ, коксъ спекается . . . . .	Г. Ж. 1855, № 12
" "	8,96	36,70	5,70	57,60	0,76	63,30	7045	Плотный предъидущаго, коксъ спекается . .	Г. Ж. " 1857, III, 223.
" "	—	34,50	17,00	48,50	—	65,50	—	Твердый, горитъ пламенемъ, коксъ спекается.	Г. Ж. " 1855, III, 510.
" "	—	46,89	10,40	42,71	—	53,11	—	" " " "	Г. Ж. " 1858, III, 110.
" "	—	24,30	7,40	68,30	—	75,70	6958	" " " "	Г. Ж. " 1855, IV, 513.
" "	—	23,30	23,30	53,40	—	76,70	5000	Коксъ неспекается, (угольн. мелочь) . . . . .	Г. Ж. " 1858, III, 110.
" "	2,00	34,30	2,90	62,80	—	65,70	—	Коксъ пузырчатый, спекающійся . . . . .	Г. Ж. " 1855, IV, 513.
Крестовоздвиженское . . . . .	1,40	34,00	1,80	64,20	—	66,00	—	" " " "	Г. Ж. " 1858, III 110.
Изъ верхняго слоя . . . . .	6,98	43,00	8,80	48,20	0,20	57,00	5898	Даетъ сильное пламя и спекается . . . . .	Kern (1875).
Изъ нижняго слоя . . . . .	6,34	42,00	5,30	52,70	0,23	58,00	7007	" " " "	Г. Ж. 1855, IV, 513.
Вашкурское мѣсторожд. . . . .	43,70	7,00	49,30	—	56,30	—	—	" " " "	Г. Ж. 1855, IV, 513.
" "	7,12	19,42	2,72	77,86	—	80,58	—	" " " "	Г. Ж. 1871, I, 159.
Архангелопанійское . . . . .	—	40,00	7,70	52,30	0,27	60,00	4807	Коксъ неспекается. . . . .	Г. Ж. 1855, IV, 513.
" "	2,43	47,26	6,62	46,12	—	52,74	5950	Коксъ полуспекающійся. . . . .	Г. Ж. 1871, I, 159.
Гороблагодатскій округъ.	—	—	—	—	—	—	—	Коксъ полуспекающійся. . . . .	Г. Ж. 1871, I, 159.
Верхнегуринскій заводъ . . . . .	—	50,00	5,00	45,00	—	50,00	—	Плотный, древесн. сложен; черн.; коксъ неспек.	Г. Ж. 1855, № 4.
Екатеринбургскій округъ.	—	—	—	—	—	—	—	Плотный, древесн. сложен; черн.; коксъ неспек.	Г. Ж. 1855, № 4.
Каменскій заводъ . . . . .	—	26,50	20,30	53,20	—	73,40	—	Аптрацитовый уголь, коксъ неспекается . .	Г. Ж. 1859, I, 602.
" "	—	12,01	5,76	82,23	1,14	87,99	8060	" " " "	Г. Ж. 1859, I, 602.
" "	—	7,79	24,00	68,21	—	91,04	—	" " " "	Г. Ж. 1863, III, 408.
" "	—	8,96	11,50	79,54	—	92,21	—	" " " "	Г. Ж. 1863, III, 408.
" "	0,68	15,25	21,68	63,07	0,28	84,75	5004	Цѣпь черный, изломъ раковистый, блескъ	Даниловъ (1866).
" "	0,70	15,52	22,42	62,06	—	81,48	—	смолистый; коксъ неспекается . . . . .	" "
" "	0,70	19,47	48,17	32,36	0,07	80,53	3906	" " " "	" "
" "	0,51	25,31	37,50	37,19	0,08	74,69	4608	" " " "	" "
" "	0,38	19,03	31,61	49,86	0,20	80,97	5196	Цѣпь темносѣрый, изломъ землистый; блескъ	" "
" "	0,37	20,33	39,21	40,46	0,11	79,67	4266	мерцающій; коксъ слабо спекающійся . .	" "
" "	—	—	—	—	—	—	—	" " " "	" "

КАМЕННЫЙ УГОЛЬ.



Мѣсторожденіе угля.	Вод. м.	Лучшихъ веществъ въ долом.	Золы.	Угля.	Сѣры.	Кокса.	Температура водителности по Бергье.	Свойства угля	Имя наследователя.
<i>Оренбургская губернія.</i>									
Отъ Илецкой защиты въ 26 вер. съ рѣки Усть-Сююкъ съ глубины 15 арш., высушен. . . . .	—	51,80	5,44	42,76	—	48,20	5093	Бурый, горитъ съ пламен., коксъ неспекается.	Г. Ж. 1855, III, 510.
Тамъ-же съ глуб. 16 арш.	—	41,00	22,60	36,40	—	59,00	4623	" " "	" "
Тамъ-же съ глуб. 22 арш.	—	36,79	29,88	33,33	—	63,21	4370	" " "	" "
Дачи Оренбург. каз. войска.	9,60	33,20	8,40	58,40	1,46	66,80	4982	Черный, плотн., изломъ раковистый, блестящій.	} Г. Ж. 1862, II, 292.
" " "	9,80	34,20	20,80	45,00	—	65,80	3982	Слонское сложен., черн. цѣпч., смол. блескъ .	
Уголь слоя 3. . . . .	—	53,04	2,76	44,20	—	46,96	—	Спекается . . . . .	} Г. Ж. 1871, I, 147.
" 4. (№ 1). . . . .	—	42,25	24,25	33,50	—	57,45	—	Неспекается . . . . .	
" 4. (№ 2) . . . . .	—	53,56	1,24	45,20	—	46,44	—	Спекается . . . . .	" "
" Сакаиты . . . . .	—	45,36	1,32	53,32	—	51,64	—	Спекается . . . . .	" "
" Терекля . . . . .	—	31,69	20,98	47,33	—	68,31	—	Неспекается . . . . .	" "
" Бреденской станицы.	—	6,68	2,32	91,00	—	93,32	—	Неспекается . . . . .	" "
Ср. для углей Оренбург. губ.	9,70 (2)	39,05	12,73	48,22	1,46 (1)	60,92 (11)	4610 (5)		

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Лучшихъ ве- ществъ вѣсъ съ водою.	Золн.	Угл.	Сѣры.	Кокса.	Температу- ра издѣльности по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<i>Кавказъ.</i>									
Хмуръ (дол. р. Кубани) .	—	43,08	5,56	51,36	—	56,92	5674	Черн., тверд., смол., съ прост. гинса коксъ несп.	Г. Ж. (1848).
„ „	—	36,95	4,16	58,89	—	63,05	6902	„ „ „	Г. Ж. (1851).
„ „	—	37,99	3,16	58,85	—	62,01	7000	„ „ „	Kern (1875).
Гора Элія Урганъ (окрестн. Эльбруса.	—	26,13	30,80	43,07	—	73,87	4478	Черн., блестящ., слоист., сѣры несод.; коксъ неспек.	Г. Ж. (1852).
Изъ ущел. подлѣ Эльбруса.	—	34,45	3,21	62,34	—	65,55	5814	„ „ „	„ „
Тиквибулъ (30 вер. отъ Ку- таиса, кутанская губ.) .	—	41,50	5,00	53,50	3 23	58,50	5696	Мелко зернистый, коксъ спекается . . . . .	Г. Ж. 1859, I, 603.
„ „	—	42,53	1,99	55,48	—	57,47	5935	Крупно кристаллическій (?) . . . . .	„ „
„ „	—	42,97	9,69	47,34	—	57,03	—	Уголь луч. качества, жирн. блестящ., черн. цвѣтъ.	Гильемень (1859).
„ „	—	43,60	10,74	45,66	—	56,40	—	Менѣе блестящ., слоистое строеніе . . . . .	„ „
„ „	—	37,90	22,97	39,13	—	62,10	—	Худшій, тусклый и вытегъ землистый видъ .	„ „
Гелата (7 в. отъ Кутанса).	—	31,10	16,70	32,20	0,80	68,90	—	Коксъ неспекается . . . . .	Struve (1875).
„ „	—	37,27	25,89	36,84		62,73	—	Коксъ неспекается . . . . .	„ „
Средн. для углей Кавказа.	„	37,96	13,31	48,72	1,61	62,04	5925		
			(1)		(3)	(12)	(7)		

Мѣсторожденіе угля.	Воды.	Легучихъ веществъ вмѣстѣ съ водою.	Золы.	Угля.	Сѣры.	Кокса.	Температура воздѣтельности по Бергю.	Свойства угля.	Имя исследователя.
<i>Киргизскія степи.</i>									
Сарыкулъскій пласть . . .	—	37,50	25,00	37,50	—	62,50	—	Землистый, коксъ неспекается . . . . .	Г. Ж. 1859, I, 604.
Маукабетскій пласть . . .	—	25,00	20,00	55,00	—	75,00	—	Черный, слойстый, тусклый, коксъ неспекается.	Г. Ж. „ „
Въ 100 в. отъ Орской крѣп.	—	49,06	3,08	47,86	—	50,94	5540	Бурый, горитъ пламенемъ, коксъ неспекается .	Г. Ж. 1855, III, 511.
Дача Поновыхъ, (Каракалинскій округъ) . . . . .	—	41,94	9,40	48,66	—	58,06	4833	—	„ „
„ „	—	20,08	52,42	27,50	—	79,92	2559	—	„ „
„ „	—	41,12	12,94	45,94	—	58,88	4500	—	„ „
„ „	—	21,10	27,06	51,84	—	78,90	4664	—	„ „
„ „	—	42,24	4,16	53,60	—	57,76	5351	—	„ „
„ „	—	42,06	13,66	44,28	—	57,94	4648	Темно-бурый, слойстый, коксъ неспекается .	Г. Ж. 1859, IV, 109.
„ „	—	22,10	26,70	51,20	—	77,90	5870	„ „	„ „
„ „	—	9,70	22,90	67,40	—	90,30	3700	„ „	„ „
„ „	—	10,90	30,74	58,36	—	89,10	4000	„ „	„ „
Спаскій мѣдно-плав. заводъ.	2,23	20,65	39,21	40,14	0,12	79,35	—	Слойстое слоѣ, черн. дѣтъ, коксъ спекается.	Г. Ж. 1868, III, 83.
Уг. доставл. Перинцовымъ.	3,00	12,00	39,23	48,77	—	88,00	—	Антрацитъ (?) . . . . .	Г. Ж. 1868, III, 84.
Уг. доставл. Шаплевскимъ.	—	24,50	5,73	69,77	0,22	75,50	7092	Черный, слойстое слоѣ, приближ. въ жири. углю.	Г. Ж. 1869, II, 76.
„ „	—	22,70	17,30	60,00	0,25	77,30	5648	„ „	„ „



Мѣсторожденіе угля.	Воды.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Зола.	Угль.	Сѣра.	Кокса.	Температура влажности по Бергю.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<b>Сибирь.</b>									
<i>Томская губернія.</i>									
<i>Кузнецкій бассейнъ.</i>									
Р. Березовка . . . . .	—	15,63	14,37	70,00	—	84,37	5537	Горитъ небольш. пламен., коксъ неспекается.	Г. Ж. 1858 I, 1.
” ” . . . . .	—	28,13	13,75	58,12	—	71,87	4780	—	” ”
” ” . . . . .	—	21,88	2,50	75,62	—	78,12	6807	—	” ”
” ” . . . . .	—	20,27	18,75	60,98	—	79,73	5062	—	” ”
Р. Козловка . . . . .	—	23,13	11,87	65,00	—	76,87	6068	—	” ”
” ” . . . . .	—	31,25	1,87	66,88	—	68,75	5152	—	” ”
Капдаленскій пласть . . . . .	—	26,88	8,12	65,00	—	73,12	5580	—	” ”
Кирчаковское озеро . . . . .	—	23,75	3,75	72,50	—	76,25	5764	—	” ”
Кинеркинский пласть . . . . .	—	15,63	7,50	76,87	—	84,37	6479	—	” ”
Туштуленскій пласть . . . . .	—	14,38	7,50	78,12	—	85,62	6398	—	” ”
Д. Афонина . . . . .	—	19,44	4,40	76,16	—	80,56	6083	Плотный и тусклый, коксъ неспекается. . .	Г. Ж. 1842, II, 1852, III.
” ” . . . . .	—	22,09	5,60	72,31	—	77,91	5775	Плотный съ прожилками слож., коксъ неспе.	” ”
” ” . . . . .	—	23,49	8,00	68,51	—	76,51	5167	Плотный, (доскавый), коксъ неспекается . . .	” ”
” ” . . . . .	—	27,67	2,00	70,33	—	72,33	5698	Слоистый, коксъ неспекается . . . . .	” ”
” ” . . . . .	—	17,75	1,80	80,45	—	82,25	6160	Листоватый, коксъ неспекается. . . . .	” ”
” ” . . . . .	—	25,83	2,40	71,77	—	74,17	5802	Брусковый, коксъ спекается . . . . .	” ”
” ” . . . . .	—	20,91	5,40	73,69	—	79,09	5002	Смолистый, коксъ спекается. . . . .	” ”

Мѣсторожденіе угля.	Водн.	Легучихъ веществъ въ водѣ.	Зола.	Угль.	Сѣрн.	Кокса.	Температура водичности по Бергье.	Свойства угля.	Имя исследователя.
<b>Сибирь.</b>									
<i>Томская губернія.</i>									
<i>Кузнецкій бассейнъ.</i>									
Изъ всячаго бока пласта.	—	25,20	1,20	73,60	—	74,80	—	—	Г. Ж. 1812, II, 1852, III
"	—	17,50	9,80	72,70	—	82,50	—	—	" "
Изъ середины пласта . .	—	26,60	5,60	87,80	—	73,40	—	—	" "
"	—	19,70	5,90	74,40	—	80,30	—	—	" "
Изъ лежачаго бока пласта.	—	21,90	5,00	73,10	—	78,10	—	—	" "
Вл. г. Кузнецова. . . . .	15,48	37,60	4,50	57,90	—	62,40	—	Коксъ неспекается . . . . .	Г. Ж. 1871, II, 100.
Багатская п. у. копь . .	0,65	22,08	3,75	74,17	—	77,92	—	Жирный, гор. больш. плам., коксъ хорошо спек.	Г. Ж. 1864, I, 265.
"	0,54	21,44	3,80	74,76	—	78,56	—	Полужирн., горить небольш. пламен. коксъ спек.	" "
"	0,54	21,33	4,21	74,46	—	78,67	—	Тошій, горить слаб. пламенемъ, коксъ неспек.	" "
"	0,63	21,78	3,75	74,47	—	78,22	—	Жирный, горить больш. плам., коксъ спекается.	" "
Ср. для угл. кузн. бассейна.	3,75 (5)	22,71	6,19	71,10	—	77,29	5742 (17)		
<i>Енисейская губернія.</i>									
В. Таймура . . . . .	—	49,06	5,67	45,27	—	50,94	—	—	Г. Ж. 1859, I, 606.
<i>Якутская область.</i>									
Б.р. Алдана (ср. изъ 5 образц.)	—	45,33	5,42	49,25	—	54,67	5818	Черн., тверд., гор. больш. плам. коксъ спекается.	Г. Ж. 1851, II, 216.
Аляскій портъ . . . . .	—	33,97	27,73	33,30	—	66,03	5117	—	Г. Ж. 1853, IV, 99.
Невзискская губ . . . . .	—	60,36	13,14	26,50	—	39,64	—	Черн., плотный, горить пламен., коксъ неспек.	Г. Ж. 1859, I, 606.
"	—	63,99	13,14	23,87	—	36,01	—	—	" "
<i>Амурскій край.</i>									
Б. Бурей, впад. въ Амуръ.	—	32,13	8,63	59,24	—	67,87	6199	Черный, коксъ неспекается . . . . .	Г. Ж. 1857, II 331.



Мѣсторожденіе угля.	Водм.	Лучшихъ ве- ществъ вмѣстѣ съ водою.	Зола.	Угль.	Сѣра	Кокса.	Температу- ра подтѣльности по Бергье.	Свойства угля.	Имя изслѣдователя.
<i>О. Сахалинъ.</i>									
" "	—	4,40	6,10	89,50	—	95,60	7200	Уголь черный, коксъ спекается . . . . .	Г. Ж. 1859, I, 606.
" "	—	37,10	4,80	58,10	—	62,90	8450	—	" "
" "	—	4,40	6,10	89,50	—	95,60	7200	Антрацитъ. . . . .	" "
" "	—	38,10	1,00	60,60	—	61,60	—	Смолистый уг., содерж. просл. жел. колч. в. несл.	Г. Ж. 1859, IV, 112.
" "	—	37,20	2,90	59,90	—	62,80	—	—	" "
" "	—	35,90	10,60	53,50	—	64,10	—	—	" "
" "	3,50	30,00	2,80	66,70	0,02	69,50	—	Уголь спекается въ возрѣватый коксъ.. . . .	Г. Ж. 1860, III, 42.
" "	2,50	30,00	2,00	68,00	0,01	70,00	—	—	" "
" "	—	29,86	16,22	53,92	—	70,14	—	Коксъ спекается. . . . .	Г. Ж. 1863, IV, 216.
" "	—	30,34	12,42	57,24	—	69,66	—	—	" "
" "	—	29,90	6,79	63,31	—	70,10	—	—	" "
" "	—	30,86	10,25	58,89	—	69,14	—	—	" "
" "	—	25,30	4,04	69,66	—	73,70	—	—	" "
" "	—	40,88	5,67	53,45	—	46,55	—	—	Struve (1861)."
" "	—	29,86	16,22	53,92	—	70,14	—	—	" "
" "	—	30,34	12,42	57,24	—	69,66	—	—	" "
" "	—	29,90	6,79	63,31	—	70,10	—	—	" "
" "	—	46,91	6,67	48,42	—	53,09	—	—	" "
" "	—	30,86	10,25	58,89	—	69,14	—	—	" "
Среднее для о. Сахалина.	3,00	30,21	7,47	62,32	0,02	69,13	7617		
	(2)	(19)			(2)	(19)	(3)		
Ср. для всей Росс. (у. и антр.).	6,87	30,47	9,43	60,10	1,97	69,50	5705	1,482.	
	(61)	(390)			(209)	(390)	(236)	(57)	
Ср. для русскихъ антрац.	9,85	9,59	4,79	85,62	2,62	90,61	7328	1,580.	
	(2)	(50)			(38)	(50)	(17)	(28)	
Средн. для русскихъ углей.	6,77	33,54	10,11	56,35	1,83	66,39	5579	1,387.	
	(59)	(240)			(171)	(340)	(219)	(29)	

Важкіиші осередъ золы каменнаго углей представляють въ нижеслѣдующихъ колонкахъ.

	SiO <sub>2</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.	K <sub>2</sub> O.	Na <sub>2</sub> O.	Ph <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	SO <sub>3</sub> .	S.	Cl.	FeS.	Кол-ч. не- опредѣл- веществъ.	Сумма.	Общее кол- чество золы въ %.
<b>Австрійскія угли.</b>															
Budweis <sup>1)</sup> . . . . .	37,88	3,2		36,91	4,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,9
<b>Американскія угли <sup>1)</sup>.</b>															
1.	58,75	35,30	2,09	1,20	0,68	—	1,08	0,13	0,24	0,41	слѣд.	—	—	99,88	5,15
2.	55,10	27,10	13,33	1,85	0,27	—	1,0	0,41	0,58	0,22	слѣд.	—	—	99,86	7,94
3.	49,10	38,60	3,68	4,53	0,16	—	1,10	2,23	0,07	0,14	слѣд.	—	—	99,61	3,34
4.	44,60	41,10	7,40	3,61	1,28	—	1,82	0,29	0,58	0,03	—	—	—	100,71	2,37
5.	37,40	40,77	9,73	6,27	1,60	—	1,29	0,51	1,99	0,08	—	—	—	99,64	7,67
<b>Англійскія угли.</b>															
Dowlais <sup>2)</sup> . . . . . 1.	35,73	41,11	11,15	2,75	2,65	—	—	0,99	4,45	—	—	—	—	98,83	1,20
2.	24,18	20,82	26,00	9,38	9,74	—	—	0,21	8,37	—	—	0,38	—	99,08	2,00
3.	37,61	38,48	14,78	2,53	2,71	—	—	2,00	0,29	—	—	—	—	98,40	3,32
4.	39,64	39,20	11,84	1,81	2,58	—	—	3,01	слѣд.	—	—	—	—	98,08	7,18
<b>Wales <sup>3)</sup>. Pontypool . . . . .</b>															
	40,00	44,78		12,00	слѣд.	—	—	0,75	2,22	—	—	—	—	99,75	5,52
Bedwas . . . . .	26,87	56,95		5,10	1,19	—	—	0,74	7,23	—	—	—	—	98,09	6,94
Porthmawr . . . . .	34,21	52,00		6,20	0,66	—	—	0,63	4,12	—	—	—	—	97,82	2,91
Ebbw-Vale . . . . .	53,00	35,01		3,94	2,20	—	—	0,88	4,89	—	—	—	—	99,92	14,72
Colestill . . . . .	59,27	29,09		6,02	1,35	—	—	0,40	3,84	—	—	—	—	99,97	10,70
<b>Шотландія <sup>3)</sup> Fife . . . . .</b>															
	37,60	52,00		3,73	1,10	—	—	0,88	4,14	—	—	—	—	99,45	1,50
Elgin . . . . .	61,66	24,42		2,62	1,73	—	—	1,18	8,38	—	—	—	—	99,99	4,0
<b>Sugar loaf C<sup>o</sup>, антрацитъ <sup>4)</sup>.</b>															
	53,60	36,69	5,59	2,86	1,08	—	—	—	—	—	—	—	0,18	100,00	4,48
" " " <sup>4)</sup> .	45,10	37,00	13,00	1,38	2,43	—	—	—	—	—	—	—	1,09	100,00	8,73
" " " <sup>4)</sup> .	43,68	39,34	8,22	5,76	3,00	—	—	—	—	—	—	—	—	100,00	2,24
<b>Buck Mountain, антрацитъ <sup>4)</sup>.</b>															
	45,60	42,75	9,43	1,41	0,33	—	—	—	—	—	—	—	0,48	100,00	3,03
<b>Summit Coal C<sup>o</sup>, антрацитъ <sup>4)</sup>.</b>															
	54,50	34,45	7,50	2,25	1,30	—	—	—	—	—	—	—	—	100,00	5,01
" " " <sup>4)</sup> .	50,25	38,90	8,75	0,85	1,25	—	—	—	—	—	—	—	—	100,00	4,00
<b>Stephenson Bluff, антрацитъ <sup>4)</sup>.</b>															
	50,05	39,04	8,75	1,56	1,30	—	—	—	—	—	—	—	—	100,00	3,71
<b>Salemvein, антрацитъ <sup>4)</sup>.</b>															
	50,00	38,90	8,00	2,10	0,90	—	—	—	—	—	—	—	—	100,00	6,75
<b>Quins Run, к. уголь <sup>4)</sup>.</b>															
	76,00	21,00	2,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,40	100,00	6,80

<sup>1)</sup> Strasky (1856). <sup>2)</sup> Справ. Ding. J. 1873, 208, 66. <sup>3)</sup> Philipps (1848) <sup>4)</sup> Johnston (Muspratt's Chemie, 3 Aufl. III, 1082).

	SiO <sub>2</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.	K <sub>2</sub> O.	Na <sub>2</sub> O.	Pb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	SO <sub>3</sub> .	S.	Cl.	FeS.	Колич. не- определен. веществъ.	Сумма.	Общее коли- чество золы въ %.
<b>Германскіе угли 1).</b>															
Zwikan, смол. уголь . . . . .	15,48	5,28	74,02	2,26	0,26	0,53	—	—	2,17	—	—	—	—	100,00	1,99
” ” . . . . .	45,13	22,47	25,83	2,80	0,52	0,60	0,28	—	2,37	—	—	—	—	100,00	1,89
” „сажа“ . . . . .	60,23	31,63	6,36	1,08	0,35	0,11	—	—	0,24	—	—	—	—	100,00	1,74
Waldenburg . . . . .	31,30	8,31	54,47	3,44	1,60	0,07	0,29	—	0,52	—	—	—	—	100,00	11,18
Inde . . . . .	1,70	2,12	60,79	19,22	5,03	0,35	0,08	—	10,71	—	—	—	—	100,00	3,06
<b>Русскіе угли.</b>															
Домброва 2) . . . . . 1.	34,67	31,05	24,19	5,93	—	—	—	—	2,46	1,43	—	—	—	99,73	2,50
” . . . . . 2.	35,14	32,04	23,76	6,10	—	—	—	—	2,70	—	—	—	—	99,74	2,18
Имеретія 3) . . . . .	57,60	23,50	8,30	1,60	—	—	—	—	3,80	—	—	—	—	99,80	25,89
Каменск. заводъ, Пермск. губ. 4) 1.	52,70	25,30	9,19	7,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	94,29	48,17
” . . . . . 2.	29,43	9,18	18,18	22,89	1,05	—	—	—	—	—	—	—	—	80,73	37,50
” . . . . . 3.	34,47	5,16	23,28	13,04	1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	77,35	31,61
” . . . . . 4.	42,00	4,35	13,21	19,28	2,14	—	—	—	—	—	—	—	—	81,48	29,21
Лисичанскъ 5) . . . . . 1.	41,96	16,91	43,84	4,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	107,69	8,25
” . . . . . 2.	56,40	1,65	33,60	2,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	93,71	8,30
” . . . . . 3.	24,71	16,36	53,00	1,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95,70	5,26
” . . . . . 4.	32,20	21,40	37,20	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92,40	6,30
” . . . . . 5.	27,41	26,53	38,13	4,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96,31	6,05
” . . . . . 6.	14,12	0,87	80,93	0,61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	96,53	7,61
Николаевск. рудн., (аптрац.) 6).	20,36	10,36	20,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50,72	2,80
Оренбург. каз. войско 7) . . . .	—	7,08	50,77	15,58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	73,43	3,47
” ” . . . . .	—	2,88	5,77	7,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,35	20,80

1) Kremers (1851). 2) Хорошевскій (1869). 3) Struve (1875). 4) Даниловъ (1862). 5) Ивановъ (1868). 6) Ивановъ (1865). 7) Даниловъ (1862).

		SiO <sub>2</sub> .	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .	CaO.	MgO.	K <sub>2</sub> O.	Na <sub>2</sub> O.	Ph <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	SO <sub>3</sub> .	S.	Cl.	FeS.	Колч. по- опредѣлен. вещества.	Сумма.	Общее коли- чество золы въ %.	
<b>Русскіе угли.</b>																	
Сырѣ-Дарій <sup>1)</sup> .	1.	55,20	36,00	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92,00	10,0	
	2.	53,33	34,07	0,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	89,25	13,5	
Тульскій <sup>2)</sup> .	1.	44,96	32,70	18,52	2,01	0,09	—	—	—	1,09	—	—	—	—	100,00	—	
	2.	51,17	40,23	4,92	1,22	0,11	—	—	—	—	—	—	—	2,35	100,00	—	
<b>Французскіе угли <sup>3)</sup>.</b>																	
	1.	47,30	27,30	10,00	6,30	0,90	—	—	1,00	1,10	—	—	—	6,10	100,00	2,90	
	2.	48,85	44,90	1,40	0,70	—	—	—	0,20	0,95	—	—	—	3,00	100,00	4,91	
	3.	47,10	43,35	1,15	0,80	—	—	—	0,75	1,15	—	—	—	6,20	100,00	11,91	
	4.	73,10	—	2,20	12,90	1,37	—	—	1,35	—	1,93	—	—	7,15	100,00	5,30	
	5.	81,10	—	3,90	7,70	0,90	—	—	1,12	—	2,30	—	—	2,98	100,00	6,17	
	6.	91,80	—	2,40	2,20	1,26	—	—	0,74	—	0,73	—	—	0,87	100,00	13,27	
	7.	64,40	—	8,30	14,30	0,95	—	—	1,50	—	2,55	—	—	8,00	100,00	9,71	
	8.	81,10	—	3,60	7,90	1,44	—	—	1,28	—	1,64	—	—	3,04	100,00	5,80	

<sup>1)</sup> Иванъ (1871). <sup>2)</sup> Klatzo (1870). <sup>3)</sup> Lechatelier u Durand-Claye (1873).

Совершенно исключительный составъ представляетъ зола угля, употребляемаго въ Kelso въ Шотландіи, и по всей вѣроятности добываемаго въ Berwick. По анализамъ Richardson'a (1847—48), зола этого каменнаго угля содержитъ:

Титановой кислоты . . . . .	7,01.
Кремневой кислоты . . . . .	1,84.
Сѣрной . . . . .	21,20.
Хлора . . . . .	9,57.
Окиси кадмія . . . . .	1,42.
Окиси желѣза . . . . .	26,99.
Окиси никкеля . . . . .	1,38.
Окиси цинка . . . . .	2,03.
Окиси магнія . . . . .	1,01.
Окиси калия . . . . .	18,34.
Окиси натрія . . . . .	6,87.
	<hr/>
	97,66.

Выше приведенныя таблицы показываютъ, что на изслѣдованіе каменныхъ углей было потрачено не мало времени и труда, тѣмъ не менѣе изслѣдованія эти мало содѣйствовали къ разъясненію природы угля, а также къ опредѣленію зависимости между элементарнымъ составомъ угля и другими его свойствами. Причина тому, какъ мнѣ кажется, та, что большая часть изслѣдованій были предприняты съ чисто практическими цѣлями и имѣли въ виду не изученіе природы каменныхъ углей, а опредѣленіе ихъ техническихъ достоинствъ. При опредѣленіи удѣльнаго вѣса, гигроскопичности, элементарнаго состава и т. д. углей не заботились о томъ, чтобы выбрать образчикъ по возможности чистый или освободить его отъ примѣси постороннихъ веществъ и тѣмъ опредѣлить свойства самаго умеродистаго вещества, а старались приготовить смѣсь, составъ которой соотвѣтствовалъ бы по возможности составу даннаго каменугольного пласта. Понятно, что подобныя изслѣдованія, важныя въ практическомъ отношеніи, не имѣютъ серьезнаго научнаго значенія, и никакъ не могутъ послужить къ разъясненію химической природы каменныхъ углей и выяснитъ зависимость между различными свойствами угля, напр. между ихъ элементарнымъ составомъ и спекаемостью и т. д.

Въ виду столь разнообразныхъ свойствъ каменныхъ углей, было сдѣлано много попытокъ распредѣлить ихъ въ отдѣльныя группы, *классифицировать* ихъ, принимая во вниманіе ихъ химическій составъ и другія свойства. Всѣ эти попытки до сихъ поръ не увѣнчались успѣхомъ и, въ виду отсутствія строго научной классификаціи, всего удобнѣе подраздѣлять каменные угли, по ихъ отношенію къ нагрѣванію и по нѣкоторымъ свойствамъ, на слѣдующія пять группъ:

1) *Антрацитъ*—это каменный уголь самаго древняго образованія; при сухой перегонкѣ даетъ очень мало летучихъ продуктовъ, такъ-какъ органическая его часть состоитъ почти исключительно изъ углерода (сред. числомъ 94<sup>0</sup>/о); онъ не спекается во время нагрѣванія. Удѣльный вѣсъ его 1,52.

2) *Тоцій антрацитовый уголь* составляетъ переходъ къ слѣдующему виду угля и при нагрѣваніи въ закрытомъ сосудѣ даетъ коксъ неспекающійся.

3) *Жирный каменный уголь* даетъ даже въ порошокъ сплавленный, пузырчатый коксъ; онъ сѣрваго-чернаго цвѣта съ неровнымъ изломомъ и жирнымъ блескомъ. Сильная спекаемость этого вида угля дѣлаетъ его не всегда пригоднымъ для очаговъ, такъ-какъ она мѣшаетъ доступу воздуха. Особенно пригоденъ этотъ уголь для кузнечныхъ горновъ и для приготовления газа.

4) *Полужирный уголь* обладаетъ большимъ блескомъ, чѣмъ предыдущій; при накаливаніи не вздувается и куски кокса не сплавляются одни съ другими, а только спекаются, какъ бы склеиваются. Къ этому сорту можно причислить газовый уголь, который даетъ много газа, но мало спекается; плотное видоизмѣненіе его называется свѣчнымъ углемъ (*cannel-coal*).

5) *Тощій пламенный уголь* горитъ длиннымъ пламенемъ и даетъ коксъ, который вовсе не спекается; это переходъ къ лигнитамъ.

Число предложенныхъ *классификацій* для каменныхъ углей довольно значительно и онъ основанъ отчасти на свойствахъ кокса, даваемого углемъ, отчасти на элементарномъ составѣ самыхъ углей <sup>1)</sup>.

Первая классификація этого рода была предложена *Рембо* (1837), который дѣлитъ каменные угли на слѣдующія 5 группъ:

1) Угли антрацитовые и тощіе, дающіе . . . . .	90%	кокса и	содерж.	4%	кислорода.
2) Угли полужирные, горящіе съ коротк. пламенемъ и дающіе . . . . .	76%	„	„	5%	„
3) Угли жирные, спекающіеся ( <i>maréchaux</i> ) . . . . .	69%	„	„	7%	„
4) Угли жирные, горящіе съ длиннымъ пламенемъ и дающіе . . . . .	65—67%	„	„	10%	„
5) Угли сухіе, горящ. съ длин. пламенемъ . . . . .	57%	„	„	17%	„

Другая классификація была принята *Scheerer*'омъ въ его курсѣ *Металлургіи* (1846—53), онъ раздѣляетъ всѣ угли на слѣдующія четыре группы:

1) Антрацитъ—содержитъ . . . . .	. 95%	С.	3%	Н.	2%	О.
2) Коксовый уголь . . . . .	. 87%	„	5%	„	8%	„
3) Тоже, полужирный . . . . .	. 83%	„	5%	„	12%	„
4) Сухой, газовый или тощій уголь съ длиннымъ пламенемъ . . . . .	. 77%	„	5%	„	18%	„

Затѣмъ въ 1866 г. *Флекъ* (*Fleck*) предложилъ классификацію, основанную исключительно на элементарномъ составѣ угля. Онъ раздѣляетъ все количество водорода, содержащееся въ органической массѣ угля, на двѣ части: на *водородъ соединенный* и *водородъ свободный*, и называетъ первымъ все то количество водорода, которое причитается на кислородъ (и азотъ) угля, предполагая, что элементы эти соединены въ видѣ воды, остальное затѣмъ количество водорода онъ называетъ свободнымъ (*disponible*). *Флекъ* полагаетъ, что свойства каменныхъ углей зависятъ отъ относительнаго количества свободного и соединеннаго водорода, содержаніе которыхъ, разсчитанное на 1000 ч. углерода, колеблется въ раз-

<sup>1)</sup> *Лисенко*. Матеріалы для классификаціи кам. углей изъ русскихъ мѣсторожденій. Горн. ж. 1874, III, 202; 1876, II, 229.—*Оль-же*. О классификаціи каменныхъ углей и ихъ теплопроизводительной способности. Зап. Русс. Техн. Общ. 1876. Отд. II, 66.

личных углей, какъ показываютъ анализы, отъ 20—55 ч. для свободнаго водорода и отъ 5—30 ч. для соединеннаго.

На 1000 частей углерода приходится, по *Флеку*, въ

	Сосдин. водорода.		Свободнаго водорода.	
	отъ—до		отъ—до	
1) Антрацитахъ и песнек. углей . . .	5—20		20—40	
2) Жирныхъ, коксов. углей . . . . .	5—20		40—55	
3) Тощихъ газовыхъ углей . . . . .	20—30		20—40	
4) Жирныхъ газовыхъ углей . . . . .	20—30		40—45.	

Классификація *Флека*, хотя и основанная на составѣ углей, который подлежитъ точному опредѣленію, имѣетъ чисто эмпирической характеръ, такъ-какъ предѣльныя величины для свободнаго и связаннаго водорода, принятыя *Флекомъ* для различныхъ видовъ углей, не могутъ быть объяснены какими нибудь теоретическими соображеніями и, слѣдовательно, могли-бы приобрести нѣкоторое значеніе только въ томъ случаѣ, если-бы онѣ оправдались для всѣхъ известныхъ углей. Въ дѣйствительности же оказывается, что классификація *Флека* приводитъ иногда къ выводамъ, несогласнымъ съ фактами, даже болѣе, изъ сравненія состава нѣсколькихъ сортовъ Аахенскаго угля, *Muck* (1873 <sup>1)</sup> приходитъ къ заключенію, что степень спекаемости кокса возрастаетъ съ количествомъ соединеннаго водорода, а не свободнаго, какъ это принимаетъ *Флекъ*.

Въ виду такихъ противорѣчій, классификація *Флека* не имѣетъ значенія, но не подлежитъ сомнѣнію, что недостатки ея, на которые такъ часто указываютъ въ послѣднее время, присущи и классификаціи *Шерера* и другимъ. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ эти классификаціи основаны на предположеніи, что свойства каменныхъ углей, по которымъ ихъ классифицируютъ, какъ-то: спекаемость или неспекаемость кокса, его количество, степень его твердости, а равно пористое или порошокатое сложеніе, наконецъ количество и свойство выдѣляемыхъ при коксованіи газовъ, находятся въ зависимости отъ элементарнаго состава углей. Зависимость эта не доказана до сихъ поръ несть факты, приводящіе къ тому выводу, что угли одинаковаго элементарнаго состава могутъ относиться при коксованіи различнымъ образомъ.

Въ виду этого *Hilt* (1873) предложилъ классификацію углей, основанную исключительно на относительномъ количествѣ кокса и летучихъ веществъ, даваемыхъ углемъ при накаливаніи въ закрытомъ сосудѣ, и на основаніи этого признака раздѣляетъ камен. угли на 6 группъ:

1) Антрациты даютъ . . . . .	отъ 5—10%	летучихъ вѣщ.	95—90%	кокса.
2) Полужирные (кардифь) . . . . .	„ 10—15,5	„	90—85,5	„
3) Жирные, коксовые угли . . . . .	„ 15,5—33,3	„	85,5—66,5	„
4) Жирные газовые . . . . .	„ 33,3—40	„	66,5—60	„
5) Полужирн. газовые . . . . .	„ 40—44,4	„	60—56,5	„
6) Тощие газовые . . . . .	„ 44,4—48	„	56,5—52,5	„

Угли группы I пригодны для употребленія въ шахтовыхъ печахъ, для выжига кирпича и извести, и въ домашнемъ обиходѣ; угли группы II пригодны для той же цѣли, но употребляются преимущественно для топки паровыхъ котловъ. Угли III группы подраздѣляются на двѣ подгруппы, изъ коихъ первая, угли, дающіе отъ 15,5 до 20% летучихъ веществъ, употребляются преимущественно на выдѣлку кокса, вторая, угли, дающіе отъ 20 до 33,3%

<sup>1)</sup> *Muck*, Chemische Aphorismen über Steinkohlen, Bochum, 1873.

летучихъ веществъ, пригодны для коксованія, но употребляются въ отражательныхъ печахъ. Уголь группы IV есть лучший газовый уголь, какъ по количеству, такъ и по качеству газа, даваемого имъ при сухой перегонкѣ. Угли V и VI группы употребляются въ отражательныхъ печахъ; при тонкѣ же паровыхъ котловъ даютъ слишкомъ большое количество дыма.

*Schondorff* (1875) пошелъ еще дальше *Hilt'a* и предложилъ для углей бассейна *Saar* классификацію, основанную только на наружномъ видѣ даваемого ими кокса.

Очевидно, что классификаціи эти имѣютъ крайне мало значенія, такъ-какъ лишены всякой научной подкладки, и, кромѣ того, имѣютъ тотъ существенный недостатокъ, что на опредѣленіе количества летучихъ веществъ и кокса влияют очень многія обстоятельства, какъ то быстрота нагрѣванія, степень крупности кусковъ угля, степень его влажности и т. д. Для одного и того же угля можно получить разницу въ коксѣ на 8%, нагрѣвая, напр. куски его весьма быстро въ предварительно подогрѣтой ретортѣ и нагрѣвая медленно порошокъ его. Нельзя не порадоваться поэтому, что чисто практическая классификація углей, предложенная *Гилттомъ*, не была принята особенно сочувственно, и что одновременно съ *Гилттомъ*, *Грунеръ* (1873) предложилъ классификацію, въ которой принять не одинъ какой нибудь признакъ, а нѣсколько, и притомъ такихъ, которые влияют на тѣ или другія свойства каменнаго угля. Исходя изъ того положенія, что всѣ виды ископаемаго топлива, за исключеніемъ быть можетъ нефти и графита, образовались изъ клетчатки растений черезъ постепенное удаленіе изъ ней O и H, съ одновременнымъ увеличеніемъ процентнаго содержанія углерода, *Грунеръ* принимаетъ за исходную точку своей классификаціи ископаемаго топлива количество даваемого имъ кокса и отношеніе между количествомъ кислорода (и азота) и водорода въ немъ содержащихся.

Названіе топлива	Отношеніе	количество получ. угля или кокса
	$\frac{O+H}{N}$	
Клетчатка . . . . .	8 . . . . .	28—30
Дерево . . . . .	7 . . . . .	30—35
Торфъ . . . . .	6—5 . . . . .	35—40
Бурый уголь . . . . .	5 . . . . .	40—50
Каменный уголь . . . . .	4—1 . . . . .	50—90
Антрацитъ . . . . .	1—0,75. . . . .	90—92.

Что касается каменныхъ углей, имѣющихъ самое большое распространеніе и примѣненіе, то *Грунеръ*, подраздѣляетъ ихъ на пять группъ, принимая во вниманіе: 1) элементарный составъ углей и отношеніе между водородомъ и кислородомъ, 2) плотность и степень вязкости угля, 3) свойства и количество кокса, 4) относительное количество смолы, воды и газа, получаемыхъ при перегонкѣ и наконецъ 5) теплопроизводительную и нагрѣвательную способность углей.

1) *Сухіе пламенные угли*. Они не спекаются, влѣдствіе слишкомъ значительнаго содержанія въ нихъ кислорода. Они имѣютъ рѣдко чисто-черный цвѣтъ; порошокъ ихъ болѣе или менѣе бурый, коксъ получается порошковидный или легко спекающійся. Изломъ ихъ неровный до раковистаго или болѣе или менѣе заозпзетый. Они вообще тверды и трудно истираются, хотя имѣютъ незначительный удѣльный вѣсъ, а именно 1,25. Одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ 700 Kilogr.

Средній элементарный составъ органической части этихъ углей по *Грунеру*:

Углерода . . . . .	75—80
Водорода . . . . .	5,5—4,5
Кислор. и азота . . . . .	19,5—15,5.



Отношеніе  $\frac{O+N}{H}$  колеблется между 4 и 3.

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса . . . . .	50—60	} 50—40.
Аммиачной воды . . . . .	12—5	
Смолястыхъ веществъ . . . . .	18—15	
Газовъ . . . . .	20—30	

Сухіе угли всего болѣе пригодны для отражательныхъ печей. Коксованіе идетъ дурно. Болѣе всего употребляются они для нагрѣванія паровыхъ котловъ, причемъ даютъ равно-мѣрный жаръ; но съ другой стороны сильно дымятъ. Большею частью они хорошо выдержи-ваютъ перевозку на далекія разстоянія не рассыпаясь, что составляетъ большое до-стоинство углѣ.

2) *Жирные пламенные угли* (газовый уголь). Они, какъ и угли первой группы, даютъ длинное конящее пламя. При коксованіи куски этихъ углей теряютъ свою форму и сплав-ляются, а при коксованіи порошка, частицы его соединяются въ одну болѣе или менѣе по-ристую массу. Угли этой группы вообще тверды и удобны для перевозки хотя не въ такой степенн, какъ угли первой группы. Изломъ ихъ скорѣе листоватый, чѣмъ занозистый; цвѣтъ болѣе черныи, а блескъ болѣе сильный чѣмъ у сухихъ углей. Удельный вѣсъ отъ 1,28—1,30. Одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ отъ 700—750 кило. Элементарный составъ орга-нической части углей слѣдующій:

Углерода . . . . .	80—85
Водорода . . . . .	5,8—5,0
Кислорода и азота . . . . .	14,2—10.

Отношеніе  $\frac{O+N}{H}$  отъ 3 до 2.

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса . . . . .	60—68	} 40—32.
Аммиач. воды . . . . .	5—3	
Смол. веществъ . . . . .	15—12	
Газовъ . . . . .	20—17	

Жирные угли даютъ слѣдовательно менѣе газа чѣмъ сухіе, но газъ, даваемый ими обладаетъ лучшими качествами. Они главнымъ образомъ употребляются для полученія свѣ-тлнпаго газа и удобны для отражательныхъ печей. Для полученія кокса, для металлур-гическихкихъ цѣлей ихъ рѣдко употребляютъ, такъ-какъ они даютъ менѣе кокса, чѣмъ слѣд. два класса углей и кромѣ того доставляемый ими коксъ всегда легокъ, ломокъ и порозень.

3) *Жирные кузнечные угли*. Угли эти имѣютъ краснѣи черныи цвѣтъ, сильный жирный блескъ, болѣе или менѣе листоватое сложеніе и даютъ порошокъ бурого цвѣта. Они горятъ длиннымъ блестящимъ пламенемъ; въ жару размягчаются и даже плавятся и вмѣстѣ съ тѣмъ сильно вспучиваются; частицы ихъ, соединясь въ одну плотную массу, образуютъ сводъ надъ вещью, накаливаемую въ горну; отсюда и происходитъ предпочте-ніе, которое имъ оказываютъ для кузнечнаго дѣла. Ихъ средний удѣльный вѣсъ=1,30; одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ 750—800 килограмм.

Элементарный составъ органической ихъ части слѣдующій:

C . . . . .	84—89
H . . . . .	5,5—5
O и N . . . . .	11—5,5.

Отношеніе  $\frac{O+N}{H}$  колеблется между 2 и 1.

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса . . . . .	68—74	} 32—26.
Амміачной воды . . . . .	3—1	
Смолы . . . . .	13—10	
Газовъ . . . . .	16—15	

Этотъ уголь преимущественно пригоденъ для кузнечнаго дѣла и коксованія, но применимъ почти во всѣхъ родахъ промышленности.

4) *Жирные угли съ короткимъ пламенемъ или коксовые угли.* Имѣютъ сложеніе, похожее на сложеніе углей предыдущей группы; но менѣе сильный блескъ. Ихъ плотность колеблется между 1,30—1,35; одинъ куб. метръ вѣситъ 800 килограммъ. Угли эти почти всѣ ломки и легко растриваются въ порошокъ. При нагреваніи они выдѣляютъ мало летучихъ продуктовъ, воспламеняются трудно и горятъ короткимъ, свѣтлымъ пламенемъ, давая мало дыма. При сухой перегонкѣ куски спекаются и даже вспучиваются, тѣмъ не менѣе коксъ получается плотный и твердый. Разновидности этой группы, переходящія къ тощему углю, обладаютъ и болѣе слабую спекаемость. При лежаніи на воздухѣ слабо жирные угли теряютъ также способность спекаться при нагреваніи, поэтому этого рода угли слѣдуетъ коксовать въ свѣжомъ состояніи такъ, какъ они получаютъ изъ кони. При этомъ условіи они даютъ прекрасный, плотный и твердый коксъ и притомъ въ большомъ количествѣ.

Элементарный составъ коксоваго угля слѣдующій:

С . . . . .	88 -91
Н . . . . .	5,5—4,5
О и N . . . . .	6,5—4,5.

Отношеніе  $\frac{O+N}{H}$  приближается къ 1.

При сухой перегонкѣ угли этой группы даютъ:

Кокса . . . . .	74—82	} 26—18.
Амміачной воды . . . . .	1—1	
Смолы . . . . .	10—5	
Газовъ . . . . .	15—12	

5) *Тощие или антрацитовые угли.* Они представляютъ переходъ къ антрацитамъ; они черны и обыкновенно испещрены матовыми полосами; связь въ нихъ слабая, но увеличивается тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе эти угли приближаются къ твердымъ антрацитамъ. Ихъ уд. вѣсъ лежитъ между 1,35 и 1,40; вѣсъ кубическаго метра угля въ кускахъ доходитъ до 850. Эти угли загораются трудно и горятъ небольшимъ пламенемъ почти безъ дыма; часто они, подобно антрацитамъ растрескиваются въ огнѣ, что затрудняетъ ихъ употребленіе. При прокалываніи даютъ коксъ едва спекающійся или порошокатый.

Составъ органической ихъ части слѣдующій:

Углерода . . . . .	90—98
Водорода . . . . .	4,5—4
Кислорода и азота . . . . .	5,5—3

Отношеніе  $\frac{O+N}{H}$  чаще бываетъ менѣе, чѣмъ болѣе 1.

При сухой перегонкѣ получается:

Кокса . . . . .	82—90	} 18—10.
Амміачной воды . . . . .	1—0	
Смолы . . . . .	5—2	
Газовъ . . . . .	12—18	

Этот уголь при горении требует сильной тяги воздуха и в особенности пригоден для шахтовых печей всех родов.

Для большей наглядности приводимъ ниже слѣдующую таблицу, въ которой сопоставлены важнѣйшія признаки, характеризующіе всѣ пять группъ каменныхъ углей.

	У. в.	С.	$\frac{O+N}{H}$	Кокса.	Свойства кокса.
Сухіе плам. угли.	1,25	75—80	4—3	50—60	Коксъ несп. и сохраняетъ форму угля.
Жири. плам. угли.	1,30	80—85	3—2	60—68	Слегка спек., сложеніе порошокатое.
Жири. кузи. угли.	1,30	84—89	2—1	68—74	Спек. въ видѣ мелочи въ плотную массу.
Коксовый уголь.	1,30—1,35	88—91	1,1—1,0	74—82	Спекается въ плотную массу.
Тощ. антрац. угли.	1,35—1,40	90—93	1	82—90	Едва спекается, часто порошокатый.

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что *Грунеръ* особенно настаиваетъ на необходимости установить разницу между углемъ *сухимъ* (*sec*) и *тощимъ* (*maigre*); обыкновенно эти названія примѣняютъ безразлично для обозначенія неспекающихся углей. Сухимъ углемъ *Грунеръ* называетъ такой, въ которомъ отсутствіе спекаемости происходитъ отъ значительнаго содержанія кислорода; такіе угли по составу и свойствамъ подходятъ къ бурнымъ углямъ. Тощіе же угли, по *Грунеру*, будутъ тѣ, въ которыхъ неспекаемость кокса происходитъ отъ значительнаго содержанія углерода и сравнительно малаго содержанія водорода; они по составу и свойствамъ своимъ подходятъ къ антрациту.

Отдавая полную справедливость попыткамъ *Грунера*, создать болѣе научную классификацію для каменныхъ углей, нельзя не замѣтить, что она не лишена тѣхъ же недостатковъ, какъ и прежде предложенная классификація: она основана также на вполне эмпирическихъ, даже, если угодно, произвольныхъ началахъ, исключаетъ изъ класса ископаемыхъ углей смолистые лигниты, шотландскій богхедъ, гагаты и нѣкоторыя разновидности каменельскаго угля и причисляетъ нѣкоторыя ископаемыя угли каменноугольной формаціи (напр. угли москов. бассейна) къ лигнитамъ (углямъ третичной формаціи), что, не предложивъ для этой послѣд. группы углей новаго названія, можетъ повлечь къ недоразумѣніямъ. Далѣе, пересматривая составъ и другія свойства ископаемыхъ углей, помѣщенные въ этомъ сочиненіи, легко видѣть, что многіе угли по однимъ признакамъ принадлежатъ къ одной, по другимъ къ другой группѣ углей классификаціи *Грунера*, что допускаетъ, слѣдовательно, значительный произволъ, смотря по личному взгляду изслѣдователя на важность того или другаго признака. Нельзя не замѣтить также, что и въ классификаціи *Грунера* преобладающимъ признакомъ для характеристики угля является количество и качество даваемого имъ кокса, для опредѣленія которыхъ у насъ нѣтъ сколько нибудь научныхъ и точныхъ способовъ.

Въ виду сказаннаго нужно заключать, что классификація *Грунера* еще далека отъ совершенства, хотя и содержитъ въ себѣ начала естественной классификаціи ископаемыхъ углей, которая станетъ возможной только тогда, когда чисто научныя изслѣдованія разъяснятъ намъ зависимость, существующую между отдѣльными свойствами углей и ихъ элементарнымъ и ближайшимъ составомъ. Починъ въ этомъ направленіи уже сдѣланъ *Иностранцевымъ* (1879) въ его интересномъ изслѣдованіи надъ такъ-называемымъ антрацитомъ Шунги, который показали, что ископаемое это, считавшееся антрацитомъ, есть обогащенный углеродомъ глинистый сланецъ и что уголь, въ немъ содержащійся, есть крайній членъ ряда аморфнаго углерода и стоитъ на рубикѣ между графитомъ и антрацитомъ и ближе къ послѣднему.

При продолжительномъ лежаніи на воздухѣ, каменный уголь, подобно бурому, часто измѣняетъ свой химическій составъ и свойства, *высытривается*. Въ немъ уменьшается процентное содержаніе углерода и увеличивается процентное содержаніе кислорода и золы, вслѣдствіе чего измѣняется его гигроскопичность, спекаемость и теплопроизводительная способность. Это вывѣтриваніе угля обусловливается дѣйствіемъ кислорода на уголь. При обыкновенной температурѣ 1 объемъ каменнаго угля поглощаетъ до 3 объемовъ кислорода, безъ одновременнаго выдѣленія углекислоты. При возвышеніи же температуры угля, вслѣдствіе поглощенія кислорода или другихъ причинъ, кислородъ отчасти окисляетъ углеродъ и водородъ угля въ углекислоту и воду, отчасти же входитъ въ составъ его, увеличивая его вѣсъ, иногда до 4%. Въ другихъ же случаяхъ потеря въ вѣсѣ отъ выдѣленія углекислоты и воды бываетъ больше вѣса кислорода, присоединившагося къ углю, и въ этомъ случаѣ вывѣтриваніе сопровождается уменьшеніемъ (на 0,4—2%) вѣса угля.

Это поглощеніе кислорода и послѣдующее затѣмъ окисленіе угля можетъ повлечь за собою *самовозгораніе* угля, нерѣдко необладаемое. И дѣйствительно уже *Соссюръ* замѣтилъ, что вслѣдствіе сгущенія кислорода воздуха въ свѣже-приготовленномъ древесномъ углѣ, онъ сильно нагрѣвается; такъ-напр. буковый уголь, поглощая 9,25 об. кислорода, загорается и слѣдовательно нагрѣвается примѣрно до 500°. Если примемъ поглощающую способность каменнаго угля даже въ 6 разъ менѣе, то нагрѣваніе его будетъ приблизительно  $\frac{500}{6} = 83^\circ$ . Но разъ каменный уголь достигъ этой температуры, окисленіе его на счетъ кислорода воздуха идетъ быстро и сопровождается выдѣленіемъ углекислоты и воды. Это окисленіе въ свою очередь является источникомъ столь значительнаго выдѣленія тепла, что, по вычисленію *Риттера*, оно могло бы нагрѣть уголь до 1100°. Хотя это вычисленіе едва ли вполне вѣрно и вообще преувеличено, тѣмъ не менѣе оно даетъ нѣкоторое понятіе о томъ значеніи, которое могутъ имѣть указанныя выше причины на самовозгараніе угля и во всякомъ случаѣ показываетъ, что при сохраненіи угля, съ цѣлью предохранить его отъ измѣненія, необходимо избѣгать всѣхъ условій, способствующихъ поглощенію кислорода углемъ и его нагрѣванію.

Явленіе вывѣтриванія каменныхъ углей представляетъ большой практической интересъ и было въ первый разъ доказано *Marsilly* (1858), и подробнѣе изслѣдовано *Грундманн*омъ (1863 и 1867). Опредѣляя составъ силезскаго угля только-что вынутаго изъ шахты и пролежавшаго 9-мѣсяцевъ въ кучѣ, *Грундманнъ* нашелъ что удѣльный вѣсъ и содержаніе воды въ углѣ измѣнились только незначительно, содержаніе же золы въ нѣкоторыхъ изъ нихъ, въ особенности смолистыхъ, увеличилось съ 4,5 на 10,8%. Принимая, что абсолютное количество золы въ углѣ осталось неизмѣненнымъ, *Грундманнъ* заключилъ изъ относительнаго увеличенія золы о соответственномъ уменьшеніи въ углѣ сгораемыхъ веществъ и вычислилъ, что это уменьшеніе равно въ указанномъ случаѣ 58,21%.

т. е. что изъ 100 пудовъ угля послѣ девяти мѣсячнаго лежанія остается всего 41,8 пуда. Подобное заключеніе казалось тѣмъ болѣе вѣроятнымъ, что непосредственныя элементарныя анализы, произведенныя Грундманномъ, а затѣмъ Fleck'омъ <sup>1)</sup>, показали, что уголь, пролежавшій болѣе или менѣе долгое время на воздухѣ, значительно измѣнилъ свой составъ, а именно въ немъ увеличилось процентное содержаніе золы и уменьшилось значительно процентное содержаніе углерода и водорода. Вотъ самыя числа:

	Тл. вѣсн.	Пироксоп.	Въ 100 ч. сухаго угля со-держится.						Въ 100 ч. угля безъ золы содержится.				Имя исследо-вателя.		
			С	Н	О	S	Зола	C	H	N	O				
<i>Камен. угл. северней Силезій.</i>													Grundmann.		
I. Свѣжій, въ началѣ августа 1861.	1,284	5,131	79,14	4,75	0,82	10,15	0,64	4,52	83,44	5,00	0,86	10,70		"	
Вывѣтрившійся въ концѣ сент. 1861.	1,283	5,942	76,90	4,67	0,83	10,74	0,66	6,19	82,57	5,01	0,90	11,63			
" въ концѣ декабря 1861.	1,282	3,01	71,75	4,46	0,87	11,30	0,75	10,87	81,23	5,00	0,99	12,78			
" съ поверхн. кучи . . .	1,288	3,18	72,32	4,39	0,81	11,82	0,73	9,92	80,95	4,92	0,90	13,23			
" съ серединн кучи . . .	1,289	3,76	71,80	4,40	0,87	11,39	0,75	10,79	81,17	4,97	0,98	12,88			
" въ концѣ апрѣля 1862.	1,289	4,31	71,49	4,34	0,86	11,77	0,74	10,81	80,82	4,91	0,98	13,30			
II. Свѣжій, въ концѣ сентября 1861.	1,301	4,88	78,85	4,86	0,84	10,35	0,69	4,42	83,09	5,13	0,88	10,90			"
Вывѣтрившійся въ концѣ дек. 1861.	1,307	3,86	78,66	4,84	0,90	10,38	0,69	4,52	82,99	5,11	0,95	10,95			
" большае куски . . .	1,296	4,20	78,72	4,80	0,98	10,20	0,66	4,64	83,22	4,97	1,04	10,77			
" измелъчен. куски . . .	1,312	3,36	76,71	4,84	0,82	12,22	0,68	4,73	81,09	5,12	0,84	12,92			
" въ концѣ апрѣля 1862.	1,297	3,46	78,74	4,76	0,95	10,17	0,67	4,71	83,22	5,03	1,00	10,75			
" большае куски . . .													Fleck.		
" измелъчен. куски . . .															
Камен. уголь Саксоній.															
Zaukeroda 1856.			67,17	4,63	11,46			16,74	80,77	5,57		12,97			
" 1865.			47,22	2,81	14,98			34,99	72,63	4,40		22,97			
Oppelt 1856.			26,54	1,90	7,32			64,23	74,23	5,33		20,44			
" 1865.			32,78	1,76	11,13			53,33	70,24	3,76		26,00			
Niederwürschnitz 1856.			81,57	4,48	9,47			4,48	85,40	4,69		9,92			
" 1865.			80,30	4,65	8,57			1,48	81,51	4,72		13,77			
Glücksberg 1856.			87,83	2,66	4,67			4,84	82,80	2,80		4,91			
" 1865.			86,22	2,65	5,16			5,97	81,43	2,82		5,74			
Oberhohndorf 1856.			80,96	5,52	12,08			1,50	83,11	5,60		12,29			
" 1865.			73,47	4,65	19,73			2,16	75,97	4,76		19,28			
Zwiskau 1856.			75,75	4,88	15,57			3,80	73,74	5,07		16,19			
" 1865.			76,36	4,17	16,55			2,92	78,66	4,27		17,07			

<sup>1)</sup> Steinkohlen Deutschland's etc II, 2, 21 (München, 1865).

Кромѣ того опыты *Warrentwapp'a* (1865) показали, что при дѣйствіи воздуха на влажный каменный уголь, при температурахъ отъ 0° до 180°, выдѣляется углекислота, при чемъ количество ея увеличивается съ возвышеніемъ температуры и что температура угля возвышается съ наступленіемъ быстрого образованія углекислоты.—Если окисленіе продолжалось въ теченіе 100 дней, при темпер. 150—160°, то  $\frac{1}{3}$  углерода, содержащагося въ углѣ, превращалась въ углекислоту.

Факты эти, а въ особенности заключеніе *Грундманна*, не могли не обратить на себя вниманіе углепромышленниковъ и потребителей каменнаго угля. И дѣйствительно, немедленно послѣ обнаруженія изслѣдованій *Грундманна*, правленіе ганноверской желѣзной дороги предприняло повѣрочные опыты, произведенные главнымъ образомъ директоромъ этой дороги *Редеромъ* (1866). Опыты эти далеко не подтвердили выводовъ *Грундманна*: они показали, что нѣкоторые изъ изслѣдованныхъ углей при двѣнадцатимѣсячномъ лежаніи на воздухѣ почти совершенно не измѣнили своихъ свойствъ, другіе при лежаніи потеряли въ своемъ вѣсѣ, во всего на 1,4%, третьи, наконецъ, не только не уменьшились, но напротивъ увеличились въ вѣсѣ (на 2—3%) причемъ, однако, уменьшилась ихъ теплопроизводительная способность и спекаемость. Опыты *Редера* показали, слѣдовательно, что числа, вычисленныя *Грундманномъ* для потери, претерпѣваемой углемъ при лежаніи на воздухѣ, преувеличены, но не способствовали усненію самаго явленія выветриванія. Только изслѣдованія *Richters'a* (1868—70) пролили нѣкоторый свѣтъ на это явленіе и дали возможность примѣнить разворѣчивыя мнѣнія.

Опыты *Рихтерса* показали прежде всего, что каменные угли, какъ въ сухомъ, такъ и въ влажномъ состояніи, поглощаютъ довольно значительное количество кислорода, безъ одновременнаго выдѣленія углекислоты. Пять изслѣдованныхъ имъ образчиковъ свѣжихъ каменныхъ углей поглотили въ 24 часа отъ 18,2 до 50,1 куб. сант. кислорода на 25 грам. угля. Принималъ, что объемъ, занимаемый 20 грам. каменнаго угля, лишеннаго воздуха, равенъ 15 куб. сантим., окажется, что угли въ состояніи поглотить отъ  $1\frac{1}{4}$ —3 своего об. кислорода. Подобно влажному, сухой уголь также поглощаетъ кислородъ при лежаніи на воздухѣ <sup>1)</sup>. При обыкновенной температурѣ кислородъ, поглощенный углемъ, не оказываетъ замѣтнаго вліянія на составъ и свойства каменныхъ углей. Покрайней мѣрѣ угли, изслѣдованные *Рихтерсомъ*, не измѣняли замѣтно ни своего удѣльнаго вѣса, ни спекаемости, ни даже химическаго состава при девятимѣсячномъ лежаніи на воздухѣ, если были предохранены отъ всякаго нагрѣванія. Если же уголь, вслѣдствіе быстрого поглощенія кислорода или другихъ причинъ, значительно нагрѣется, въ такомъ случаѣ наступаетъ измѣненіе свойствъ и состава угля, онъ *выветривается*. Нагрѣвая измельченный уголь, высушенный подъ колоколомъ воздушнаго насоса, при температурѣ 180°—200°, *Рихтерсъ* нашелъ, что при этихъ условіяхъ выдѣляется изъ угля углекислота и вода, и что свойства угля измѣняются, а именно увеличивается его удѣльный вѣсъ и гигроскопичность (съ 1,3—1,8 на 3,3—4,8), уменьшается его спекаемость; кромѣ того увеличивается въ немъ содержаніе кислорода:

<sup>1)</sup> Присутствіе желѣзнаго колчедана въ углѣ не могло оказывать вліянія на это поглощеніе кислорода, такъ-какъ изслѣдованныя угли содержали очень мало колчедана, да кромѣ того въ сухомъ состояніи желѣзный колчеданъ не измѣняется на воздухѣ.

Уголь.	Химический составъ высушеннаго угля.				Химический составъ нагрѣтаго угля.				Колѣч. кокса изъ нагр. угля.	Химический составъ кокса.				У. вѣсъ высу- шеннаго угля.	У. в. нагрѣ- таго угля.
	С	Н	О и N	Зола.	С	Н	О и N	Зола.		С	Н	О и N	Зола.		
а	84,69	3,97	5,38	6,01	78,44	2,62	13,50	5,44	77,4	88,23	1,25	3,52	7,00	1,327	1,495
б	84,03	3,57	7,10	5,30	78,14	2,72	13,62	5,52	77,5	88,04	1,23	3,60	7,13	1,319	1,496
в	86,99	4,26	4,97	3,78	77,98	2,55	14,23	5,19	78,1	90,67	1,15	3,64	4,54	1,280	1,479
д	81,52	4,34	10,44	3,70	72,66	2,39	21,93	3,02	67,5	89,10	0,65	5,72	4,53	1,288	1,469
е	82,12	4,64	10,88	2,36	74,32	2,82	20,75	2,11	68,5	91,77	0,83	4,40	3,00	1,275	1,453
ф	79,59	4,74	10,75	4,92	70,84	2,63	21,50	5,03	67,6	87,03	0,90	5,46	6,61	1,299	1,471

Угли а, б, в послѣ 12 часоваго нагрѣванія увеличились въ вѣсѣ на 4,24; 4,45; 4,07%.

Угли д, е, ф послѣ 20 часов. нагрѣванія увеличились въ вѣсѣ на 4,62; 3,92; 3,24%.

Угли д, е, ф послѣ новаго 5 часов. нагрѣв. увеличились въ вѣсѣ на 0,67; 0,63, 0,77%.

Даже самыя спекающіеся угли послѣ нагрѣванія, становились столь же мало спекающимися, какъ тощіе угли.

Подобное же измѣненіе, какъ при нагрѣваніи въ воздухѣ, угли претерѣваютъ и при дѣйствіи на нихъ слабыхъ окислительныхъ средствъ напр. раствор. солей желѣза, слабой азотной кислоты и т. д.

Такимъ образомъ можно принять, что при нагрѣваніи кислородъ, поглощенный углемъ, отчасти окисляетъ углеродъ и водородъ угля въ угольную кислоту и воду, отчасти же входитъ въ составъ самого угля, увеличивая въ немъ процентное содержаніе кислорода. Во всѣхъ случаяхъ, изслѣдованныхъ *Ризтерсомъ*, потеря, происходящая отъ выдѣленія углекислоты и воды изъ угля, была меньше увеличенія вѣса угля отъ присоединенія къ нему кислорода, а потому вѣсъ угля при нагрѣваніи увеличивался, причѣмъ это увеличеніе доходило въ нѣкоторыхъ случаяхъ до четырехъ слишкомъ процентовъ послѣ 12—20 часоваго нагрѣванія. Подобное же увеличеніе въ вѣсѣ угля при продолжительномъ его нагрѣваніи было замѣчено *Heinrichs'омъ* (1869), *Линко-вичемъ* (1875), *Гаулоуомъ* (1879) и друг. Тѣмъ не менѣе можно себя представить, что при нагрѣваніи высушеннаго угля въ воздухѣ можетъ происходить также и уменьшеніе его вѣса, а именно въ томъ случаѣ, если потеря, происходящая отъ выдѣленія углекислоты и воды, будетъ больше, чѣмъ увеличеніе въ вѣсѣ отъ присоединенія кислорода къ самому углю. И дѣйствительно, кромѣ *Грундманна*, *Thompson* (1856), *Kolb* (1873), *Кулаковъ* (1875) и *Britton* (1877), равно какъ и другіе изслѣдователи <sup>1)</sup> нашли, что нѣкоторыя угли теряютъ при лежаніи на воздухѣ отъ 0,4—2,0 даже до 15% въ своемъ вѣсѣ. Слѣдуетъ замѣтить однако, что при этихъ опытахъ не было, повидимому, принято во вниманіе содержаніе гигроскопической воды въ изслѣдованныхъ угляхъ, потому опыты эти имѣютъ мало значенія.

Какъ бы тамъ ни было, но на основаніи существующихъ наблюденій можно принять, что такъ называемое вывѣтриваніе обуславливается окисленіемъ угля. Но для того, чтобы это окисленіе имѣло мѣсто или же происходило достаточно сильно, необходимо, чтобы температура угля возвысилась. На практикѣ нерѣдко случается, что уголь, сложенный въ кучи, не только сильно нагрѣвается, но даже воспламеняется (*самовозгораніе каменнаго угля*). Спрашивается поэтому чѣмъ обуславливается это нагрѣваніе угля?

Вообще принято считать, что нагрѣваніе угля и его самовозгораніе обуславливается

<sup>1)</sup> Wagner's Jahresb. 1874, 1024.

присутствіемъ въ немъ желѣзнаго колчедана, который, окисляясь подѣ вліяніемъ влаги и кислорода, выдѣляетъ опредѣленное количество тепла. Не отрицая, что этотъ факторъ можетъ оказывать свое вліяніе на нагреваніе угля, слѣдуетъ думать, что ему не принадлежитъ первенствующая роль въ указанномъ процессѣ, такъ-какъ, во первыхъ, угли, богатые желѣзнымъ колчеданомъ, далеко не всегда тѣ, которые всего легче подвергаются самовозгоранію, и такъ-какъ, во вторыхъ, количество колчедана, содержащееся обыкновенно въ каменныхъ угляхъ далеко недостаточно, чтобъ объяснить сильное возвышеніе температуры угля при лежаніи его въ кучахъ. Кромѣ того опыты *Sossюра* и, въ новѣйшее время, *Hargreaves'a* (1874) показали, что свѣже приготовленный древесный уголь, вовсе не содержащій колчедана, воспламеняется вслѣдствіе поглощенія кислорода. По изслѣдованіямъ *Haedicke* (1880), древесный уголь, пропитанный двусѣринистымъ желѣзомъ, не воспламеняется въ струѣ воздуха при 260—300°; воспламенение такого угля происходитъ при указан. температурѣ только въ струѣ кислорода.

Въ виду всего сказаннаго гораздо правильнѣе принять, вмѣстѣ съ *Рихтерсомъ*, что нагреваніе каменнаго угля при лежаніи въ кучахъ обусловливается поглощеніемъ имъ кислорода, и затѣмъ окисленіемъ угля. Поэтому всѣ условія, благоприятствующія быстрому поглощенію кислорода углемъ, равно какъ и препятствующія потери тепла должны способствовать нагреванію и окисленію, а слѣдовательно и вывѣтриванію угля.—И дѣйствительно, на нагреваніе, самовозгораніе и вывѣтриваніе угля оказываютъ вліяніе:

1) Поглощительная способность угля. Чѣмъ больше она, тѣмъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, быстрѣе происходитъ нагреваніе угля; если же поглощительная способность угля очень незначительна, то можетъ случиться, что количество тепла, выдѣляемое вслѣдствіе поглощенія кислорода углемъ, будетъ равно количеству теплоты теряемому углемъ вслѣдствіе охлажденія извѣи и уголь не будетъ нагреваться.

2) Всѣ условія, ускоряющія поглощеніе кислорода углемъ, а именно болѣе или менѣе значительное измельченіе угля и его строеніе. Понятно, что уголь въ видѣ порошка будетъ поглощать кислородъ быстрѣе, чѣмъ уголь въ видѣ кусковъ, равнымъ образомъ мягкой, слоистой уголь будетъ поглощать кислородъ быстрѣе, чѣмъ плотный, смолистый.

3) Количество угля, сложенного въ одну кучу: чѣмъ оно будетъ больше, тѣмъ менѣе уголь будетъ терять теплоты вслѣдствіе охлажденія извѣи и тѣмъ значительнѣе будетъ возвышеніе температуры внутри кучи, а слѣдовательно тѣмъ сильнѣе будетъ окисленіе угля.

4) Влага не оказываетъ вліянія на нагреваніе угля при нормальныхъ условіяхъ, такъ-какъ поглощительная способность влажнаго угля даже менѣе сухаго, тѣмъ не менѣе въ нѣкоторыхъ случаяхъ влага можетъ способствовать нагреванію угля, а именно тогда, когда уголь содержитъ значительное количество желѣзнаго колчедана, который окисляется въ присутствіи воды.

Приведенныя данныя, добытыя главнымъ образомъ трудами *Рихтерса*, имѣютъ важное практическое значеніе, такъ-какъ они указываютъ намъ условія, при которыхъ слѣдуетъ сохранять уголь, чтобъ предохранить его отъ вывѣтриванія и самовозгоранія. Для этой цѣли необходимо заботиться о томъ, чтобы уголь приходилъ въ возможно меньшее прикосновеніе съ воздухомъ и чтобы способствовать возможному охлажденію угля извѣи, а именно или складывать уголь въ небольшія кучи или охлаждать уголь въ кучахъ, пропуская черезъ него токъ воздуха по трубамъ, образующимъ замкнутую сѣть и не пропускающимъ воздуха внутрь самой кучи. Къ подобнымъ же заключеніямъ, вполнѣ согласнымъ съ изслѣдованіями *Рихтерса*, пришла и англійская коммиссія, назначенная (1878) для изслѣдованія самовозгоранія каменныхъ углей на корабляхъ <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Chem. Centralblatt, 1878, 521, 542.



## НЕФТЬ.

### Л и т е р а т у р а.

*Гумишамбаровъ.* Нефтиное отопленіе пароходовъ и паровозовъ. Слб. 1880. (Извлечено изъ Горн. Ж. № 4—6 за 1880 г.).

Къ топливамъ, доставляемымъ намъ непосредственно природою, слѣдуетъ отнести еще *нефть*, которая, какъ горючій матеріалъ, получила нѣкоторое примѣненіе въ Америкѣ и у насъ въ Россіи на Каспійскомъ морѣ, гдѣ нефть встрѣчается въ изобиліи и обходится дешево.

Съ теоретической точки зрѣнія—нефть представляетъ прекрасное топливо: во первыхъ, теплопроизводительная ея способность 1,5—2 разъ болѣе теплопроизводительной способности каменнаго угля, во 2-хъ, при сжиганіи она не даетъ почти вовсе золы и дыма и продуктами горѣнія при подобныхъ условіяхъ являются только углекислота и водяной паръ, сгущая который можно воспользоваться скрытою теплотою его и получить почти совершенно чистую воду, что очень важно на пароходахъ; въ 3-хъ, притокъ нефти къ топкѣ производится автоматически и можетъ быть правильно регулированъ, что влечетъ за собою правильное сжиганіе топлива и болѣе полную утилизацію тепла; въ 4-хъ, при отопленіи нефтью паровиковъ можно достигнуть необходимаго давленія пара гораздо скорѣе, чѣмъ при каменномъ углѣ и, наконецъ, въ 5-хъ, въ равныхъ объемахъ, нефть содержитъ болѣе горючаго матеріала, чѣмъ каменный уголь, что имѣетъ большое значеніе для пароходовъ, въ виду сбереженія пространства, необходимаго для сохраненія запасовъ топлива.

Что касается до экономической стороны вопроса, то она всецѣло опредѣляется цѣною нефти сравнительно съ цѣною другихъ горючихъ матеріаловъ въ данномъ мѣстѣ, такъ-какъ вопросъ о надлежащемъ устройствѣ топокъ для сжиганія нефти и ей подобныхъ жидкихъ продуктовъ въ настоящее время разрѣшенъ удовлетворительно изобрѣтеніемъ топокъ, къ которымъ нефть доставляется пульверизаціею струею водянаго пара. Некасаясь здѣсь ни мѣстонахожденія нефти, ни ближайшихъ ея составныхъ частей, о чемъ будетъ сказано въ химической технологіи освѣщенія, я сообщу только, что сырая нефть представляетъ болѣе или менѣе густую жидкость желтоватаго до бураго даже чернаго цвѣта съ удѣльнымъ вѣсомъ отъ 0,778—0,927 и что въ круглыхъ числахъ процентный составъ нефти слѣдующій:

С . . . .	85,0.
Н . . . .	13,0.
О . . . .	2,0.
	<hr/>
	100,0.

Самыя обширныя изслѣдованія надъ элементарнымъ составомъ, удѣльнымъ вѣсомъ и другими физическими свойствами нефти были произведены *Sainte-Claire Deville* омъ (1868—70) по порученію и на счетъ Наполеона III. Ниже приведены числа, полученные Девиллею, для элементарнаго состава и удѣльнаго вѣса нефти.

Происхождение и свойства нефти.	Въ 100 ч. нефти содержится.			Удѣльн. вѣс.
	С	Н	О	
Тяжелая нефть изъ восточной Виргиніи . . . . .	83,5	13,3	3,2	0,873
Легкая нефть изъ восточной Виргиніи . . . . .	84,3	14,1	1,6	0,841
Легкая нефть изъ Пенсильваніи . . . . .	82,0	14,8	3,2	0,816
Тяжелая нефть изъ Огайо . . . . .	84,2	13,1	2,7	0,887
Тяжелая нефть изъ Пенсильваніи . . . . .	84,9	13,7	1,4	0,886
Нефть изъ Лвы . . . . .	87,1	12,0	0,9	0,923
Тоже . . . . .	83,6	14,0	2,4	0,827
Нефть изъ Вешельбронна . . . . .	86,9	11,8	1,3	0,912
Тоже . . . . .	85,6	9,6	4,8	0,968
Тоже . . . . .	85,7	12,0	2,3	0,892
Нефть изъ Швабвиллера . . . . .	86,2	13,3	0,5	0,861
Тоже . . . . .	79,5	13,6	6,9	0,829
Нефть изъ Габю департамента Эро . . . . .	86,1	12,7	1,2	0,894
Нефть изъ Ганновера . . . . .	80,4	12,7	6,9	0,892
Тоже . . . . .	86,2	11,4	2,4	0,955
Тоже . . . . .	84,4	11,5	4,1	0,944
Нефть изъ Западной Галиціи . . . . .	82,2	12,1	5,7	0,870
Сырая балаханская нефть . . . . .	87,4	12,5	0,1	0,882
Легкая балаханская нефть . . . . .	86,3	13,6	0,1	0,884
Тяжелая балаханская нефть . . . . .	86,6	12,3	1,1	0,938
Среднее	84,65	12,71	2,64	0,8837

Кромѣ нефти для отопленія могутъ служить *минеральныя масла*, получаемыя при сухой перегонкѣ торфа, ископаемыхъ углей, сланцевъ и т. д., равно какъ и продукты, получаемыя изъ нефти, такъ называемыя *нефтяныя остатки* (высококипящая часть нефти) и даже *керосинъ* (часть нефти кипящая между 150—270°). Нефтяные остатки, благодаря своей дешевизнѣ, употреблялись до сихъ поръ почти исключительно для отопленія каспійскихъ пароходовъ; что же касается керосина, то вслѣдствіе своей стоимости, онъ употребляется только въ домашнемъ обиходѣ, какъ суррогатъ спирта, для нагреванія воды, варки кушанья и т. д.

Элементарный составъ минеральныхъ маселъ, нефтяныхъ остатковъ и керосина довольно близокъ къ элементарному составу нефти.

Вотъ числа, полученные Девиллею:

Минеральныя масла.	Въ 100 ч. со- держится.			Удѣльн. вѣс.	
	С	Н	О		
Шиферное масло изъ Vanas (Ardèche) . . . . .	80,3	11,5	8,2 <sup>1)</sup>	0,911	Девилль.
Сырое шиферн. масло изъ Autun . . . . .	79,7	11,8	8,6 <sup>1)</sup>	0,870	"
Тяжелое сосновое масло . . . . .	87,1	10,4	2,5	0,985	"
Каменноугольное масло Париж. газов. завода . . . . .	82,0	7,6	10,4 <sup>2)</sup>	1,044	"
Керосинъ американскій, продающійся въ Парижѣ . . . . .	83,4	14,7	1,9	0,820	"

<sup>1)</sup> Кислорода и азота. <sup>2)</sup> Кислорода, серы и азота.

## ИСКУССТВЕННЫЕ УГЛИ.

### Л и т е р а т у р а.

*Динкль.* Сухая перегонка. Сиб. 1864 (8°, 347).

Почти все виды топлива, встречающіеся готовыми въ природѣ (дерево, торфъ, ископ. уголь), даже въ полнѣ высушенномъ состояніи, содержатъ, какъ мы видѣли выше, большее или меньшее количество элементовъ воды, т. е. водорода и кислорода. При горѣніи топлива элементы эти выдѣляются въ видѣ воды, для нагрѣванія и испаренія которой идетъ известная часть теплоты, чѣмъ значительно понижается температура горѣнія или такъ называемое пирометрическое дѣйствіе топлива. Въ виду этого, въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ произвести возможно высокую температуру (напр. для металлургическихъ цѣлей), возвышаютъ искусственно пирометрическій эффектъ топлива, высушивая послѣднее предварительно, а затѣмъ удаляя изъ него элементы воды. Этой цѣли достигаютъ подвергая естественное топливо дѣйствію высокой температуры безъ доступа или при слабомъ доступѣ воздуха (сухая перегонка, обугливаніе), причемъ изъ него выдѣляется вся влажность, а затѣмъ, при возвышеніи температуры, связь между элементами нарушается, они группируются въ болѣе простые соединенія и получается вода и цѣлый рядъ другихъ летучихъ продуктовъ, а въ остаткѣ—вещество богатое углеродомъ и бѣдное кислородомъ и водородомъ (древ. уголь, коксъ). Летучія вещества, образующіяся при сухой перегонкѣ различныхъ видовъ топлива, очень разнообразны и по наружному виду они могутъ быть раздѣлены на:

1) *Газообразные*, состоящіе изъ углекислоты, окиси углерода, водорода, цѣлаго ряда углеродистыхъ водородовъ и сѣрнистаго водорода, если сырой матеріалъ содержалъ сѣрнистыя соединенія.

2) *Водянистые продукты*, состоящіе изъ воды, въ которой растворены очень разнообраз. соединенія, смотря по природѣ перегоняемаго матеріала. Такъ, при перегонкѣ дерева въ растворѣ содержится глав. образ. уксусная кислота и метиловый спиртъ и ихъ производныя съ примѣсью незнач. колич. другихъ жирныхъ кислотъ, амміака и органич. щелочей (метиламинъ). При перегонкѣ-же каменнаго угля воднистая жидкость со-

держитъ главнымъ образомъ углекислый амміакъ съ примѣсью сѣрнистаго, хлористаго, ціанистаго и роуанистаго аммонія.

3) *Маслообразные продукты*, извѣстные подъ общимъ именемъ *дестя* или *смолы*, и состоящіе изъ цѣлаго ряда жидкихъ и твердыхъ углеродистыхъ водородовъ и кислородныхъ соединений (феноль, крезолъ и т. д.) съ примѣсью органическихъ щелочей (каменный уголь).

Количество этихъ отдѣльныхъ продуктовъ очень различно, смотря по природѣ перегоняемаго вещества, температурѣ, давленію и другимъ условіямъ, при которыхъ ведется перегонка. Вообще говоря, чѣмъ быстрѣе производится нагрѣваніе и чѣмъ выше температура, при которой производится сухая перегонка, тѣмъ больше получается газообразныхъ продуктовъ и тѣмъ меньше получается твердаго углистаго остатка и на оборотъ, чѣмъ медленнѣе ведутъ нагрѣваніе тѣмъ болѣе получаютъ угля и жидкихъ и твердыхъ продуктовъ сухой перегонки и тѣмъ менѣе получается газа.

Въ виду этого техникъ долженъ вести сухую перегонку дерева, торфа и ископаемыхъ углей различно, смотря потому желаетъ ли онъ получить изъ даннаго матеріала возможно большое количество угля или кокса, или возможно большое количество газообразныхъ продуктовъ сухой перегонки. Здѣсь будутъ изложены только тѣ случаи сухой перегонки, когда главную цѣль ея составляетъ полученіе возможно большаго количества доброкачественнаго искусственнаго угля.

---

## Д р е в е с н ы й у г о л ь .

### Л и т е р а т у р а .

*Berg, H. E.* Anleitung zum Verkohlen des Holzes. 2 Aufl. Darmstadt, 1860 (8°, 278).

Едва ли не самое обстоятельное практическое руководство къ обугливанію дерева въ кучахъ или кострахъ. Въ сочиненіи указана какъ книжная, такъ и журнальная литература предмета съ 1680 по 1858 г. Въ 1880 г. вышелъ новый неизмѣненный оттискъ этого сочиненія.

*Dromart.* Traité de la carbonisation des bois en forêts. Paris, 1880 (18°, XV+172).

Авторъ даетъ общее понятіе объ обугливаніи дерева по различнымъ способамъ (1—98 стр.), а затѣмъ подробно на 70 страницахъ описываетъ получение древеснаго угля въ нѣмъ придуманныхъ (1867) и нынѣ улучшенныхъ костровыхъ переносныхъ печахъ.

*Gillot, A.* Carbonisation du bois et emploi du combustible dans la métallurgie du fer. Paris.

Авторъ рядомъ чиселъ и опытовъ доказываетъ преимущество полученія древеснаго угля въ закрытыхъ цилиндрахъ передъ получениемъ его въ кострахъ.

*Поповъ, Н.* Лѣсная технология. Спб. 1871, стр. 161—297.

*Asmuss, E.* Die trockene Destillation des Holzes. Berlin, 1867.

*Vincent.* Carbonisation des bois en vases clos. Paris, 1873, (8°, IV+156).

Оба послѣднія сочиненія касаются почти исключительно полученія, переработки и примѣненія летучихъ продуктовъ сухой перегонки дерева.

Какъ было сказано выше при сухой перегонкѣ дерева, кромѣ угля образуется еще цѣлый рядъ летучихъ продуктовъ, количество которыхъ измѣняется смотря по условіямъ, при которыхъ происходитъ самая перегонка. Понятно что съ увеличеніемъ количества этихъ продуктовъ уменьшается выходъ угля и на оборотъ. Въ виду этого уже съ начала настоящаго столѣтія старались опредѣлить вліяніе способа обугливанія, равно какъ и свойство древесной породы на выходъ и качество угля и тѣмъ выработать научныя основанія для рациональнаго приготовленія древеснаго угля.

*Proust* (1802), *Rumford* (1812), *Bull* (1827), опредѣляли количество и свойства угля, получаемого изъ различныхъ породъ дерева, а *Stoltze* (1820) и *Weekes* (1829), кромѣ того количество летучихъ продуктовъ. *Chevrouse* (1825), *Giobert* (1828), *Karsten* (1831), *Sauvages* (1838), опредѣляли вліяніе быстроты нагреванія на количество получаемого угля и наконецъ *Violette* (1848—54) рядомъ обстоятельныхъ опытовъ, помѣщенныхъ во всей ихъ совокупности въ *Annales de Chimie et de Physique* (3-me Sér. T. 32, p. 304; T. 39, p. 291) разъяснилъ зависимость между способомъ обугливанія и свойствами, составомъ и выходомъ угля изъ одной и той-же и различныхъ древесныхъ породъ.

На основаніи существующихъ изслѣдованій, а въ особенности на основаніи обширныхъ изслѣдованій *Вюлетта*, нужно принять слѣдующее:

1) Обугливаніе дерева начинается при температурѣ около 200° и количество получаемого угля уменьшается съ возвышеніемъ температуры;

такъ изъ 100 частей крушины, высушенной при 150°, получается при 200°—50, при 400°—20, при 1500°—всего 17 частей угля. Качество этого угля, однако, очень различно: уголь, полученный при 280° очень ломокъ, гигроскопиченъ, имѣеть краснобурый цвѣтъ и незначительный удѣльный вѣсъ; выше 280° цвѣтъ угля темнѣеть и становится чернымъ при 350°, при температурахъ, лежащихъ между 1000—1500° и выше, уголь принимаетъ совершенно черный цвѣтъ, очень плотенъ, крѣпокъ, трудно воспламеняется и мало гигроскопиченъ; при температурѣ плавленія платины получается уголь, приближающійся по своимъ качествамъ къ антрациту. Содержаніе углерода въ древесномъ углѣ увеличивается съ возвышеніемъ температуры обугливанія, хотя даже при очень высокихъ температурахъ не удается удалить изъ угля всего кислорода и водорода въ немъ содержащихся.

Для того, чтобы опредѣлять выше указанную зависимость между количествомъ и качествомъ получаемого угля и температурою обугливанія, Виолеттъ подвергалъ обугливанію крушину (*Rhamnus frangula*), высушенную при 150°, при постоянно возрастающихъ температурахъ. До температуры 350° крушина была подвергнута обугливанію въ видѣ небольшихъ цилиндрическихъ палочекъ (длина 0м, 06, діам. 0м, 01) въ особенномъ аппаратѣ, нагреваемомъ паромъ, что давало возможность по произволу повышать температуру и имѣть ее постоянною въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. При этихъ опытахъ Виолеттъ опредѣлялъ количество и качество получаемого угля при каждомъ возвышеніи температуры на 10°. Для обугливанія при высокихъ температурахъ дерево было употребляемо въ видѣ небольшихъ кружковъ (толщ. и діам. 0м, 01) и накаливалось въ тигляхъ плотно закрытыхъ крышкою, причемъ температура опредѣлялась плавленіемъ сурьмы (432°), серебра (1032°), мѣди (1100°), золота (1250°), стали (1300°), желѣза (1500°) и платины, помещаемыхъ въ тигель. Результаты, полученные Виолеттомъ изъ этого ряда опытовъ приведены въ сокращенномъ видѣ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

№ опыта.	Температура обугливанія.	Изъ 100 ч. сухаго дерева получ.		100 частей угля содержатъ.				Уд. вѣсъ угля.	Теплопроводность, принята Гс=100.	100 ч. угля поглотитъ воды.	Свойства углей.
		Легучихъ про-дуктовъ.	Угля.	Углерода.	Водорода.	Кислорода и азота.	Золы.				
—	—	—	—	47,51	6,12	46,29	0,08	1,507	—	20,86	Дерево высуш. при 150°.
1	160°	2,00	98,00	47,60	6,06	46,26	0,08	1,498	59,5	18,22	
5	200°	22,90	77,11	51,81	3,99	43,97	0,23	1,464	60,1	10,02	Болѣе или менѣе измѣненное дерево.
10	250	51,33	49,67	65,59	4,81	28,97	0,63	1,413	60,1	7,41	
13	280	63,84	36,16	72,64	4,70	22,09	0,57	1,404	—	7,88	Бурый уголь.
15	300	66,39	33,61	73,23	4,25	21,95	0,57	1,414	61,6	7,61	
19	340	68,47	31,53	75,20	4,1	19,92	0,47	1,464	—	5,90	Черный уголь.
20	350	70,34	29,66	76,65	4,15	18,59	0,61	1,500	—	5,89	
21	432	81,13	18,87	81,64	1,96	15,24	1,16	1,719	—	4,70	4,65
22	1023	81,25	18,75	81,97	2,30	14,13	1,60	1,841	64,2	4,65	
23	1100	81,60	18,40	83,29	1,70	13,79	1,22	—	—	4,44	Очень черные и твердые угли.
24	1250	82,06	17,94	83,14	1,41	9,25	1,20	1,862	65,2	4,76	
25	1300	82,54	17,46	90,81	1,58	6,46	1,15	—	—	2,22	
26	1500	82,69	17,31	94,56	0,74	3,84	0,66	1,869	66,3	2,20	
27	плат.	85,00	15,00	96,51	0,62	0,93	1,94	2,002	—	—	

2) При медленном обугливаніи одной и той же породы дерева получается почти въ двое болѣе угля, чѣмъ при быстромъ обугливаніи.

Такъ, помѣщая небольшіе кружки крушины, высушенные при 150°, въ тигель, закрытый крышккой, снабженной небольшимъ отверстиемъ, и нагревая тигель медленно до 432°, *Виллетъ* получилъ 18,87% угля, вбрасывая же тонкія палочки такой же крушины въ тигель, нагрѣтый предварительно до темпер. 432°, онъ получилъ всего 8,96% угля, при чемъ составъ углей былъ слѣдующій:

	С	Н	ON	зола
Медленное обугливаніе . . . . .	82,11	2,19	14,85	0,95
Быстрое обугливаніе . . . . .	79,59	2,17	15,74	2,51.

По *Карстену* (1831) при быстромъ обугливаніи одинадцати различныхъ породъ дерева получилось почти въ два раза менѣе угля, чѣмъ при медленномъ. Изъ 100 ч. дерева, высушеннаго на воздухѣ, *Карстенъ* получилъ частей угля:

	minimum	сред.	maximum
Быстрое обугливаніе . . . . .	12,2	14,4	16,5
Медленное обугливаніе . . . . .	24,6	25,6	27,7.

Къ такимъ же результатамъ пришли и другіе изслѣдователи.

3) При обугливаніи въ совершенно закрытыхъ сосудахъ (въ запаянныхъ трубкахъ) получается угля гораздо болѣе, чѣмъ при обыкновенномъ способѣ обугливанія, когда летучіе продукты могутъ выдѣляться изъ сосуда и самое обугливаніе происходитъ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Выбѣтъ съ тѣмъ при обугливаніи въ полнѣ закрытыхъ сосудахъ подѣ усиленнымъ давленіемъ уже при болѣе низкой температурѣ (300°) происходитъ въ деревѣ сильное измѣненіе, чрезвычайно сходное съ тѣмъ, какое происходитъ при образованіи каменнаго угля (сравн. стр. 79—81).

Слѣдующая таблица представляетъ среднія числа изъ результатовъ, полученныхъ *Виллетомъ* при обугливаніи небольшихъ цилиндриковъ крушины, запаянныхъ въ стекляныя трубки и нагреваемыхъ перегрѣтымъ паромъ до различныхъ температуръ.

Температура обугливанія.	Изъ 100 ч. дерева получено.			100 ч. угля со-держали.				Примѣчанія.
	Угль.	Жидкихъ продукт.	Газовъ.	С	Н	ON	Зола.	
160°	97,7	1,3	1,0	49,02	5,30	45,53	0,15	Дерево побурѣло.
180	93,1	1,9	5,0	56,52	6,19	37,09	0,20	
200	87,5	2,5	10,0	61,04	5,25	33,43	0,29	Уголь черный, сходный съ обыкновеннымъ, мараетъ бумагу.
220	85,4	2,1	12,5	66,42	4,98	28,01	0,59	
240	82,7	2,3	15,0	67,13	5,17	25,93	1,77	Черный уголь едва чертитъ бумагу.
260	82,7	2,3	15,0	67,62	5,10	25,25	2,03	
280	83,2	1,8	15,0	64,60	5,43	26,77	3,20	Черный, очень твердый, не дающій черты.
300	78,5	3,5	18,0	67,57	4,55	27,30	0,58	
320	78,7	1,3	20,0	65,62	4,76	25,55	4,07	Черный блестящій, вполне сплавленный.
340	78,8	1,2	20,0	77,10	4,80	14,25	3,85	

Сравнивая эту таблицу съ предыдущей (стр. 208) видно, что при обугливаніи въ закрытыхъ сосудахъ уже при 180° получается бурый уголь, тогда какъ при обыкновенномъ способѣ обугливанія бурый уголь получается только при 280° и что выходъ угля почти вътрое большій. Составъ того и другого угля, однако, не одинаковъ. Замѣтимъ, что большое содержаніе золы въ угляхъ, полученныхъ при нагрѣваніи дерева въ запаленныхъ трубкахъ, происходитъ изъ стекла, которое при этихъ опытахъ, подъ влияніемъ сильно сжатой углекислоты, разлагается и кромѣ того самый уголь (при 300° и выше) сильно пристаётъ и сплавляется со стекломъ.

4) Различныя породы дерева даютъ при нагрѣваніи ихъ до 300° (при обыкновен. давленіи) различное количество бурога угля и требуютъ различныхъ температуръ для обугливанія. Такъ эбеновое дерево, высушенное при 150°, даетъ 54% угля, дикій каштанъ, высушенный при той же температурѣ, всего 30%: это крайніе предѣлы. Для нашихъ лѣсныхъ породъ, количество угля, получаемого при тѣхъ же условіяхъ колеблется между 47 (дубъ) и 33 (ясень) процентами. Среднимъ числомъ (для 19 породъ) 36%. При нагрѣваніи до 300° большая часть древесныхъ породъ и злаковъ даютъ бурый уголь болѣе или менѣе темнаго цвѣта; пробковое дерево при этихъ условіяхъ почти не измѣняется и требуетъ для своего обугливанія температуру 350°. Не удивительно, что и элементарный составъ углей, полученныхъ при нагрѣваніи различныхъ древесныхъ породъ при 300° различенъ, и что процентное содержаніе углерода въ этихъ угляхъ колеблется на 15%.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведенныя числа, полученныя *Вюлеттомъ* при обугливаніи различныхъ породъ деревьевъ, кустарниковъ и злаковъ. При этихъ опытахъ обугливаемые вещества были высушены при 150° и затѣмъ обугливались въ видѣ небольшихъ цилиндриковъ въ струѣ перегрѣтаго пара при 300°.

Номера по порядку.	Названіе растенія.	Возрастъ дерева въ годахъ.	100 ч. дерева высуш. при 150° даютъ при 300° частей угля.	100 частей угля содержатъ.				
				C	H	O и N	Золы.	
1	Акація . . . . .	10—12	33,42	70,60	5,23	22,77	1,40	
2	Вакаутъ . . . . .	—	41,86	61,17	4,33	31,01	0,49	
3	Барбарисъ . . . . .	10	34,28	69,50	4,90	25,30	0,30	
4	Береза . . . . .	10—12	34,17	70,60	5,23	22,77	1,40	
5	Бояришникъ . . . . .	8—10	34,70	70,79	4,44	23,42	1,35	
6	Бирючина . . . . .	8—10	32,05	69,32	3,01	24,58	3,09	
7	Богорожникъ . . . . .	8—10	40,35	72,48	4,61	22,29	0,62	
8	Бузина . . . . .	8—10	37,31	69,94	4,84	24,52	0,70	
9	Бумага хлонтчатая . . . . .	—	37,41	68,85	5,21	24,69	1,25	
10*	Буль-де-нежь . . . . .	6—8	32,03	70,99	2,35	20,66	0,53	
11	Верекледъ . . . . .	8—10	36,60	69,14	4,76	25,38	0,72	
12	Верескъ . . . . .	8—10	43,07	71,43	5,07	23,32	0,18	
13	Вишня . . . . .	15—20	35,53	70,03	3,93	25,28	0,76	
14*	Вишня дикая . . . . .	4—5	32,70	69,87	4,31	25,19	0,42	
15	Вязъ . . . . .	—	34,59	66,86	4,67	28,18	0,29	
16	Грабъ . . . . .	15—20	31,44	68,84	4,14	26,38	0,64	
17	Груша . . . . .	7—8	31,88	65,93	5,31	28,24	0,52	



Номера по порядку.	Название растенія.	Возрастъ дерева въ годахъ.	100 ч. дерева высуш. при 150° дають при 300° частей угля.	100 частей угля содержать.			
				C	H	O и N	Зола.
18	Губка листовничная . . . . .	3—5	40,64	67,63	3,50	20,64	8,23
19	Дерево айлантовое . . . . .	5—6	37,27	71,46	4,21	23,51	0,81
20	Дерево желѣзное (осколокъ отъ стрѣлы).	—	43,75	72,56	4,53	22,51	0,40
21	Дерево изъ Геркулана . . . . .	—	43,75	—	—	—	—
22	Дерево? (Bois de lettre) . . . . .	—	44,25	71,85	4,40	22,30	1,45
23	Дерево кытавое . . . . .	8—16	33,28	68,18	4,07	27,05	0,70
24	Дерево кокосовое . . . . .	—	37,93	68,27	4,05	23,98	3,70
25	Дерево красное . . . . .	—	41,89	66,82	4,62	27,38	1,18
26	Дерево пробковое . . . . .	—	62,80	72,36	8,53	19,11	0,00
27	Дерево пузырное (Bagnaudier) . . . . .	5—6	34,85	74,20	4,38	20,60	0,82
28	Дерево чашковое (Neflier) . . . . .	8—10	35,57	69,21	4,64	25,26	0,89
29	Деренъ . . . . .	4—5	33,36	69,03	3,84	26,50	0,63
30	Дрокъ . . . . .	3—5	33,33	71,62	4,58	22,72	1,08
31*	Дубъ . . . . .	—	46,09	67,42	4,10	28,48	0,20
32	Жимолость . . . . .	4—5	36,96	69,29	4,60	25,12	0,99
33	Ива . . . . .	8—10	33,74	68,91	5,13	24,63	1,33
34	Ива (гнилая) . . . . .	—	52,17	—	—	—	—
35	Калтанъ . . . . .	20—30	30,86	69,20	5,36	24,37	1,07
36	Калтанъ дикій . . . . .	10—15	36,06	69,13	4,33	26,12	0,12
37	Кленъ . . . . .	7—10	33,75	70,07	4,61	24,89	0,43
38	Копонля . . . . .	—	39,22	62,13	4,97	31,50	1,40
39	Крушина . . . . .	3—4	33,61	73,23	4,25	21,96	0,56
40	Крыжовникъ . . . . .	3—4	35,66	68,00	5,11	25,70	1,19
41	Липа . . . . .	—	31,85	69,33	5,45	23,02	1,70
42	Листвяница . . . . .	10—12	40,31	69,89	5,09	24,55	0,47
43*	Лоза виноградная . . . . .	10—12	36,53	68,20	4,98	26,08	0,28
44*	Ломоносъ . . . . .	4—5	38,83	69,60	4,82	24,40	1,13
45	Ольха . . . . .	8—10	34,40	—	—	—	—
46	Орѣшникъ . . . . .	4—5	32,79	69,31	4,82	24,97	0,90
47	Осина . . . . .	—	34,97	68,17	5,51	25,73	0,59
48	Остролистъ . . . . .	8—10	32,21	68,52	4,74	25,89	0,85
49	Пальма . . . . .	—	39,49	70,72	4,55	23,50	1,23
50	Платанъ . . . . .	10	34,69	68,88	4,80	25,57	0,75
51	Плющъ . . . . .	15—20	34,75	71,20	4,24	24,20	0,36
52	Пшеница (солома) . . . . .	—	46,99	61,09	4,37	33,78	0,76
53	Рябтеникъ . . . . .	15—20	36,01	70,43	4,71	24,25	0,61
54	Самшитъ (буксъ). . . . .	—	40,44	70,50	3,74	25,12	0,64
55	Сатинъ (Satiney). . . . .	—	52,00	68,71	4,83	25,76	0,70
56	Сирень . . . . .	8—10	31,84	69,44	4,63	24,81	1,12

ТОПЛИВО И ОТОПЛЕНИЕ.

Номера по порядку.	Название растенія.	Возрастъ дерева въ годахъ.	100 ч. дерева высуш. при 150° дають при 300° частей угля.	100 частей угля содержатъ.			
				C	H	O и N	Зола.
57*	Смаковница . . . . .	12—15	33,76	69,23	4,40	25,08	1,24
58	Слива . . . . .	7—8	34,06	66,11	5,76	27,53	0,60
59	Сосна обыкновенная . . . . .	10	40,75	71,20	4,20	24,20	0,40
60*	Сосна приморская (pin maritime) . . . . .	10	41,48	71,00	5,01	22,94	0,54
61	Тернъ дикій . . . . .	3—5	34,24	76,63	4,10	17,98	1,29
62	Тисъ . . . . .	—	46,06	69,60	5,90	24,20	0,30
63	Тополь (стволь) . . . . .	5	31,12	68,74	4,87	25,54	0,85
64	„ (корень) . . . . .	5	40,90	67,02	5,22	26,67	1,09
65	„ (листья) . . . . .	5	40,95	52,51	4,82	41,28	1,39
66	Тростникъ . . . . .	—	38,46	64,28	4,74	30,60	0,38
67	Туя канадская . . . . .	12—13	39,44	69,71	5,41	24,30	0,58
68	Шиповникъ . . . . .	10	37,21	68,99	5,12	25,39	0,50
69	Эбеновое дерево . . . . .	—	54,30	68,05	3,87	27,88	0,20
70	Яблонь . . . . .	7—8	34,69	67,40	5,15	27,07	0,38
71	Ясень . . . . .	30—40	33,26	70,40	4,54	24,37	0,69
72	Ясминъ индѣйскій . . . . .	8—10	31,33	69,95	4,80	24,35	0,90
Общее среднее <sup>1)</sup> . . . . .		—	36,86	68,96	4,68	25,36	1,00
Среднее для нашихъ лѣсныхъ породъ:			(65)	(61)			
	Лиственныхъ . . . . .	—	35,62	69,52	4,88	24,76	0,84
	Хвойныхъ . . . . .	—	(16) 39,34	(14) 70,13	(14) 4,63	(14) 24,62	(14) 0,62
	Для обоихъ породъ . . . . .	—	(9) 36,25	(9) 69,62	(9) 4,84	(9) 24,73	(9) 0,81
			(19)	(17)			

На основаніи выше приведенныхъ данныхъ слѣдуетъ заключить, что для полученія изъ дерева возможно большаго количества доброкачественнаго угля необходимо производить повышение температуры при обугливаніи по возможности медленно и что самая выгодная температура обугливанія есть температура около 350—400°. При этой температурѣ получается черный и достаточно плотный уголь. Дальнѣйшее повышение температуры значительно уменьшаетъ выходъ угля, не увеличивая соответственно его доброкачественность. При обугливаніи дерева при болѣе низкой температурѣ получается большій выходъ угля, но уголь получается бурога цвѣта, онъ

<sup>1)</sup> За исключеніемъ пробковаго дерева и анализовъ, въ которыхъ сумма составныхъ частей не равна 100. Эти анализы обозначены \*.

кромѣ того ломокъ и гигроскопиченъ и пригоденъ только для нѣкоторыхъ цѣлей, напр. для приготовления охотничьяго пороха. Усиленное давленіе (обугливаніе въ вполнѣ закрытыхъ сосудахъ) значительно увеличиваетъ выходъ угля и понижаетъ температуру обугливанія, но къ сожалѣнію практика не можетъ воспользоваться этимъ способомъ обугливанія, такъ-какъ употребленіе вполнѣ закрытыхъ сосудовъ для накалыванія большихъ массъ дерева представляло-бы едва преодолимые затрудненія.

Послѣ этихъ общихъ соображеній разсмотримъ теперь *способы, употребляемые въ практикѣ для добыванія древеснаго угля*. Способы эти крайне разнообразны, но всѣ они могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы, а именно на такія, при которыхъ переугливаемый матеріалъ отдѣленъ отъ атмосфернаго воздуха *подвижной и временной крышкой* (ямы, костры) и на такія, при которыхъ переугливаемый матеріалъ отдѣленъ отъ атмосфернаго воздуха *неподвижной и постоянной крышкой* (обугливаніе въ печахъ).

Самый древній способъ обугливанія перваго рода есть обугливаніе *въ ямахъ*. Способъ этотъ, рѣдко нынѣ употребляемый при добываніи угля какъ главнаго продукта, состоитъ въ томъ, что въ плотномъ сухомъ грунтѣ выкапываютъ яму отъ 4 до 6' глубины и около сажени въ верхнемъ діаметрѣ. Въ нее набрасываютъ связки хворосту и другаго желкаго лѣса. Матеріалъ этотъ разжигаютъ, и когда дымъ, обыкновенно сопровождающій пламя густыми клубами, начинаетъ уменьшаться, набрасываютъ новыя связки хвороста и ударяютъ по немъ палками, чтобы они осѣли и предохраняли, такимъ образомъ, полученныя угли отъ доступа воздуха. Набрасываніе новаго матеріала и околачиваніе продолжается до тѣхъ поръ, пока яма не наполнится угольями. Бросивъ послѣднія связки хвороста, яму покрываютъ дерномъ и землею, чтобы окончательно прекратить притокъ воздуха. Черезъ сутки снимаютъ крышку и уголь выгребаютъ изъ ямы. Полученныя угли мелки, легки и мягки, и потребляются въ домашнемъ хозяйствѣ, въ сельскихъ кузницахъ и, прежде, въ пороховомъ дѣлѣ. Къ числу недостатковъ ямнаго способа должно отнести и то, что уголь, получаемый изъ одной и той же ямы, бываетъ весьма различнаго качества, такъ на днѣ ямы онъ бываетъ перегорѣлый, въ серединѣ—лучшаго качества, а на верху ямы часто остаются полуобугленные головешки. Это происходитъ оттого, что дрова подвергаются въ ямѣ слишкомъ неравномѣрному дѣйствію огня.

Въ настоящее время всего чаще обугливаніе дерева производятъ въ такъ называемыхъ *кучкахъ* или *кострахъ*, издавно употребляющихся для этой цѣли.

*Костромъ* называется куча дровъ, сложенныхъ въ известномъ порядкѣ и прикрытыхъ *подвижною* покрывкою, изъ хвороста, дерна и земли. По способу складки дровъ различаютъ три вида костровъ: костеръ *стоячій*, въ которомъ дрова устанавливаются вертикально; *лежачій* съ горизонтально уложенными дровами и *средній*, въ которомъ дрова располагаются частью вертикально и частью горизонтально. Кроме того стоячій костеръ представляетъ нѣсколько видоизмѣненій, такъ отличаютъ германскій, тирольскій, уральскій и т. п. костры. Каждый изъ этихъ видовъ костровъ имѣетъ свои условныя преимущества, но отдѣльное описаніе ихъ повлекло бы за собою излишнія повторенія, а потому здѣсь будутъ описаны подробнѣе только одинъ изъ стоячихъ костровъ, именно германскій, и лежачій. При описаніи же прочихъ костровъ будетъ указано только на ихъ отличие отъ перваго.

*Стоячіе германскіе костры.* При выборѣ мѣста, такъ называемаго *тока*, для постройки костра заботятся о томъ, чтобы выбранное мѣсто было близко отъ рубки, и чтобы почва его не была бы слишкомъ сырая, ни слишкомъ сухая, при чемъ лучшею почвою подъ токъ считается глубокій рыхлый суглинокъ съ нѣкоторою примѣсью наеза. Выбранное подъ костры мѣсто перекапываютъ очищаютъ отъ дерна, корней и камней и выравниваютъ. Если почва очень дурная, то навозятъ лучшей и во всякомъ случаѣ стараются исправить недостатки мѣста: если почва слишкомъ плотна или сыра, то мѣсто не выравниваютъ горизонтально, а дѣлаютъ его возвышеннымъ къ центру, если же почва слишкомъ песчана или хрящевата, то напротивъ того дѣлаютъ мѣсто совершенно плоскимъ, безъ всякаго возвышенія къ центру и т. д. Мѣсто это защищаютъ отъ воды и вѣтра. Для отвлеченія воды проводятъ канавки, а для защиты отъ вѣтра токъ устраиваютъ вблизи отъ лѣса или же окружаютъ его изгородью изъ жердей, тростника, прутьевъ или тонкихъ досокъ.

На подготовленномъ такимъ образомъ мѣстѣ приступаютъ къ строительству костра. Дрова, служащіе для этой цѣли употребляютъ обыкновенно годовалыя въ видѣ полѣньевъ опредѣленной величины: слишкомъ большія полѣнья затрудняютъ плотную укладку кучъ, что влечетъ за собою уменьшеніе выхода угля, слишкомъ мелкія полѣнья увеличиваютъ расходы по разколкѣ дровъ и по устройству кучъ. Всего выгоднѣе употреблять полѣнья, толщина которыхъ не превышаетъ 0,18—0,28 м., а длина для твердаго дерева до 1,5 м., а для мягкаго дерева до 1,8 м. При выборѣ дерева для обугливанія слѣдуетъ обращать вниманіе и на то, чтобы для устройства кучи было употреблено дерево однородное, такъ-какъ только при этомъ условіи можетъ получаться однородный уголь. Такъ напр. нельзя обугливать вмѣстѣ твердое и мягкое дерево, сухое и мокрое и т. д.

Вмѣстѣ могутъ быть обугливаемы:

- a) Букъ, дубъ, грабъ, ильмъ, вязъ;
- b) Береза, ольха, клещъ;
- c) Осина, тополь, ива, липа;
- d) Ель и пихта, сосна и лиственница.

Если приходится обугливать вмѣстѣ хвойныя породы съ лиственными, то ель и пихту смѣшиваютъ съ тополями и ивами, а сосну и лиственницу съ березой и ольхой; дубъ, грабъ и прочія твердыя породы для этого не годятся.

Постройка костра начинается съ того, что въ центрѣ тока ставятъ чурбанъ и описываютъ помощью кола, привязаннаго къ веревкѣ опредѣленной длины, окружность, — чтобы при складкѣ костра не отступать отъ правильной формы, способствующей правильному сжиганію костра и успѣшному ходу переугливанія. Затѣмъ устраиваютъ зажигательный каналъ, — различно, смотря потому намѣрены ли начать обугливаніе сверху или снизу. При зажиганіи костра снизу (какъ это всего чаще дѣлается въ Германіи) вокругъ центрального кола втыкаютъ въ землю три или четыре жерди, равныя высотѣ костра, такъ чтобы онѣ ограничивали собою площадку около 0,09 м. Пространство между жердями, наполняютъ легко воспламеняющимся матеріаломъ (береста, лучина, головешки), и нижній конецъ кола сообщаютъ съ окружностью кучи при помощи горизонтальнаго канала, устраиваемаго при кладкѣ дровъ въ кучу. — При зажиганіи костра сверху также устраиваютъ три или четыре жерди, но соединяютъ ихъ для большей стойкости желѣзными обручами. Пространство между жердями оставляютъ пустымъ до самаго момента зажиганія. Горизонтальнаго канала не устраиваютъ. Такой способъ принятъ при тирольскомъ кострѣ.

Положивъ основаніе зажигательному каналу, строятъ какъ называемый *мостовичникъ* или *подмостки*, у тирольскихъ костровъ всегда, у германскихъ только на очень плотной или сырой почвѣ, съ цѣлью увеличить тягу. Для этого раскладываютъ сначала толстыя полѣнья радіально, и поперекъ ихъ кладутъ другія полѣнья, но не плотно, чтобы воздухъ могъ свободно проходить черезъ промежутки. (Фиг. 14, табл. V). На эти подмостки или прямо на землю складываютъ затѣмъ дрова стойма около зажигательнаго канала въ одинъ, два или 3 яруса причемъ заботятся о возможно плотной кладкѣ дровъ. — Въ верхнихъ ярусахъ и ближе къ окружности костра ставятъ полѣнья болѣе наклонно, въ самомъ верхнемъ (чепцѣ) кладутъ ихъ даже горизонтально, чтобы покрывка костра могла удобнѣе держаться и всему костру придають форму параболоида (Фиг. 15, табл. V).

Когда дрова сложены въ кучу, стараются заполнить всѣ промежутки между ними мелкими полѣньями и прутьями, также угольнымъ отбросомъ (Bull, 1827), и приступаютъ затѣмъ къ производству *покрывки*, которая препятствовала бы притоку воздуха къ обугливаемому дереву. Для этой

дѣли костеръ покрываютъ сначала хворостомъ (*хворостіе*), а потомъ дерномъ (*дернение*), который обрабаютъ землистою частью къ верху, а травую къ дровамъ; иногда вмѣсто дерна употребляютъ мохъ, листья и т. п. матеріалъ. Покрышка изъ дерна не достигаеетъ до самаго основанія костра, но поддерживается кольями или другимъ какимъ нибудь образомъ въ разстояніи 4—8 вершковъ (18—36 с. м.) отъ земли, такъ-что покрышка снизу состоитъ только изъ одного хвороста. Поверхъ дерновой обкладки осыпаютъ кучу пескомъ или глинистой землей или, всего лучше, смѣсью земли съ угольной пылью, смоченною водою (*осыпка, чернение*). Землистая обкладка имѣетъ толщину въ нѣсколько дюймовъ и дѣлается тоньше въ верху кучи, чѣмъ въ низу, чтобы пары и газы, подымаясь вверхъ, могли найти себѣ проходъ. Размѣры такимъ образомъ устроенныхъ костровъ очень различны: въ нѣкоторыхъ мѣстахъ устраиваютъ костры, вмѣщающіе всего 17 куб. м. дровъ, въ другихъ костры, вмѣщающіе до 310 куб. м. Большіе костры берегаютъ мѣсто, время и издержки на сооруженіе ихъ, но за то затрудняютъ работу и даютъ менѣе прочный уголь, чѣмъ небольшіе костры. Въ виду этого всего выгоднѣе употреблять костры среднихъ размѣровъ, а именно такіе, которые вмѣщаютъ отъ 93—155 куб. метр.

Обугливаніе начинается *зажиганіемъ* костра, которое, какъ сказано выше, производится или сверху, или снизу. Въ первомъ случаѣ въ зажигательный каналъ вбрасываютъ зажженные угли или головешки, и наполняютъ ими равно какъ и незажженными углями, мелкими дровами и т. п. весь каналъ и затѣмъ, когда можно ожидать, что огонь уже не потухнетъ, тогда отверстіе закрываютъ кускомъ дерна и каналъ засыпаютъ угольной набойкой. При второмъ способѣ заживанія костра, огонь вводятъ въ центръ основанія костра черезъ горизонтальный зажигательный каналъ при помощи длинной жерди. Когда сложенный въ центрѣ костра горючій матеріалъ разгорѣлся, каналъ плотно закладываютъ мхомъ. При томъ и другомъ способѣ заживанія, ходъ обугливанія довольно сходенъ: при заживаніи снизу, огонь пробирается къ чепцу по центральному каналу, а затѣмъ отъ чепца медленно спускается къ основанію костра, при заживаніи сверху происходитъ тоже самое, но этотъ способъ разживанія костра требуетъ болѣе времени и костеръ чаще тухнетъ, чѣмъ при разживаніи снизу. Заживаніе костра производятъ обыкновенно рано утромъ и въ безвѣтренный день, потому-что въ первые 16 часовъ нуженъ особенно дѣятельный надзоръ за костромъ.

Первое дѣйствіе жара состоитъ въ удаленіи влажности изъ дерева, пары воды отдѣляются сильно черезъ нижнюю часть костра, непокрытую дерномъ, и кромѣ того отъ разложенія дерева, образуются внутри костра горючіе газы,

которые въ смѣси съ воздухомъ сгораютъ со взрывомъ, что можетъ повлечь за собою разрывъ покрышки и воспламененіе костра. Этотъ первый періодъ (*потънис*), требующій большаго вниманія со стороны работника, наступаетъ черезъ сутки послѣ зажитанія и продолжается смотря по величинѣ костра нѣсколько дней, недѣлю и болѣе. Выдѣляющіеся при этомъ пары очень тяжелы и имѣютъ желтовато-сѣрый цвѣтъ. Костеръ въ это время значительно осѣдаетъ и его нужно пополнить, иначе покрышка будетъ постоянно обрываться и костеръ можетъ вспыхнуть. Для пополненія костра снимаютъ сверху часть покрышки, осаживаютъ обгорѣвшіе дрова, забиваютъ среднее пространство новымъ количествомъ сухихъ дровъ и снова задѣлываютъ покрышку. Когда выдѣляющіеся снизу пары примутъ болѣе свѣтлый цвѣтъ и пригорѣло-кислый запахъ, покрываютъ плотно и нижнюю часть костра, убиваютъ и уравниваютъ также всю покрышку и оставляютъ костеръ въ покоѣ на 3—4 дня. Въ это время происходитъ собственно обугливаніе; часть дерева горитъ, а остальная только разлагается подъ вліяніемъ высокой температуры, развивающей отъ этого горѣнія и не можетъ горѣть, потому-что доступъ воздуха весьма ограниченъ; тѣмъ медленнѣе идетъ этотъ процессъ, тѣмъ лучше, тѣмъ больше получится угля. Въ этотъ періодъ обугливается наибольшая часть кучи, причемъ обуглившаяся часть, по изслѣдованіямъ Эбельмена (*Ebelmen*), имѣетъ видъ конуса, обращеннаго основаніемъ къверху (фиг. 16, табл. V.), такъ-что всего позднѣе загорается нижняя, ближайшая къ окружности часть. Чтобы обугливаніе достигло и этой части, внизу костра дѣлаютъ нѣсколько отверстій, а черезъ нѣсколько дней другой рядъ отверстій, на серединѣ высоты кучи или немного выше. Величина отверстій (*свищей*) и количество ихъ зависитъ отъ состоянія кучи: когда огонь въ ней силенъ, ихъ нужно меньше. Когда изъ верхнихъ отверстій покажется не густой, а слабый синеватый дымъ ихъ закрываютъ, дѣлая рядъ ниже, который закрывается тоже въ свою очередь; наконецъ закрываютъ и нижнія отверстія; иногда нужно дѣлать три ряда отверстій, если костеръ великъ. Если изъ отверстій покажется пламя, то значитъ, что притокъ воздуха слишкомъ силенъ и много дерева сгораетъ: тогда часть отверстій забиваютъ дерномъ. Вообще посредствомъ пробиванія отверстій въ томъ или другомъ мѣстѣ, работникъ можетъ усиливать обугливаніе въ кострѣ; а забивая отверстія, онъ останавливаетъ совершенно обугливаніе въ той части, гдѣ считаетъ нужнымъ. Отъ искусства веденія этой работы зависитъ успѣхъ обугливанія. Когда такимъ образомъ весь костеръ подвергся обугливанію и когда дымъ идетъ свѣтлый, синій, забиваютъ все отверстія, чтобы остановить горѣніе и даютъ костру охладиться. Охлажденіе кучи длится 24 часа; потомъ покрышку снимаютъ и вновь набрасываютъ ее на уголь въ видѣ порошка, чтобы за-

тушить огонь; опять даютъ стоять 12—24 часа и наконецъ кучу разбираютъ, забрасывая угли землю или забрызгивая водою, если нужно.

Время, приведенное здѣсь для пропеса обугливанія, только приближительное и точно опредѣлить его трудно. Оно зависитъ отъ породы, качества дровъ, величины костровъ, способа обугливанія, погоды и т. п. причинъ. Вообще можно сказать, что всѣ обстоятельства, усиливающимъ горѣніе сокращаютъ время, потребное на переугливаніе. Небольшіе костры объемомъ 16,8 куб. метр. обугливаются въ трое или четверо сутокъ; костеры 28,3 куб. метр. требуютъ почти вдвое болѣе времени; костры въ 113—141,5 куб. м. требуютъ отъ 15—20 дней. Лиственные породы обугливаются скорѣе, чѣмъ хвойныя. При зажиганіи сверху обугливаніе идетъ медленнѣе, чѣмъ при зажиганіи снизу.

Съ только-что описаннымъ германскимъ способомъ обугливанія имѣеть много сходства *обугливаніе по тирольскому способу*, при которомъ тоже употребляютъ стоячіе костры, какъ было сказано выше. Главнѣйшее отличіе тирольскаго способа отъ германскаго состоитъ въ слѣдующемъ:

1) По германскому способу необходимо взрыхлить почву подъ костромъ, чтобы произвести умѣренную тягу, подмости употребляются въ исключительныхъ случаяхъ; по тирольскому способу почва должна быть совершенно плотная и не пропускать воздуха и потому подмости составляютъ необходимую его принадлежность.

2) Германскіе костры отличаются небольшими размѣрами, объемъ ихъ обыкновенно простирается отъ 16,8 до 84 к. м.; тирольскіе заключаютъ въ себѣ отъ 250—420 куб. мет. дровъ.

3) Для германскихъ костровъ употребляются дрова 0,9—1,8 м. длиною и притомъ обыкновенно колотыя, когда толщина ихъ слишкомъ велика; для тирольскихъ идутъ круглыя полѣнья, длиною отъ 1,8—2,1 м.

4) При тирольскомъ способѣ не употребляется крышка изъ дерна и вѣтвей, а только одна земляная, но зато толщина ея равняется у подошвы 2 футамъ, а въ вершинѣ 9 дюймамъ.

Всѣ эти особенности вызваны мѣстными условіями и находятъ въ нихъ свое оправданіе.

Скалистая почва Тироля и Штири, гдѣ особенно распространенъ этотъ способъ, чрезвычайно затрудняетъ разрыхленіе мѣста для тока и потому требуетъ устройство подмостковъ. Гористое мѣстоположеніе съ удобными сплавленными путями, заставляетъ предпочесть постоянныя мѣста для углежженія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и устройство большихъ костровъ и не употребленіе крышки дерномъ, мхомъ и вѣтвями, такъ-какъ скопленіе этихъ матеріаловъ въ достаточномъ количествѣ въ одномъ мѣстѣ было бы затруднительно.



Употребленіе длинныхъ, семифутовыхъ полѣньевъ оправдывается тѣмъ, что породы, переугливаемыя въ Тироли, хвойныя, преимущественно ель, отличающіяся своею прямизной и потому легко могутъ быть уложены довольно плотно и въ видѣ длинныхъ полѣньевъ, чего нельзя было-бъ достигнуть при употребленіи листовенныхъ породъ, вслѣдствіе недостаточной ихъ прямизны. Что-же касается того, что дрова идутъ въ дѣло неколотыми, то это хоти и не выгодно для переугливанія вслѣдствіе трудности ихъ сушки, но дѣлается для уменьшенія расходовъ на распилку и для ускоренія работы при складкѣ костра. На чепецъ всегда идутъ короткія полѣнья, распиленные и отчасти колотыя.

Уральскіе костры всего болѣе сходны съ германскими, съ тирольскими-же они имѣютъ общее—подмости и неколотыя дрова, кора съ которыхъ впрочемъ снимается, чтобы уменьшить *стрѣляніе* костра. Величина уральскихъ костровъ отъ 5—6,000 куб. футовъ. Длина дровъ въ 1 арш. 13 верш. Покрышка очень тщательная и такая, какъ у германскихъ костровъ <sup>1)</sup>

Второй типъ костровъ представляютъ *лежащіе костры*, употребляющіеся только въ мѣстахъ богатыхъ еще дешевымъ лѣсомъ. Для *тока* подъ эти костры выбираютъ или готовятъ покатою мѣсто. На этомъ мѣстѣ укладываютъ костеръ придавая ему форму трапецоида, какъ показ. на фиг. 17—18, табл. VI. Костру даютъ ширину равную длинѣ обугливаемыхъ плахъ (колодъ) отъ 2—2,8 м., а длину въ 2, въ 2,5 и въ 3 раза большую. По сторонамъ костра вбиваютъ столбы и даютъ ему дерновую покрышку, прижимая ее къ костру досками, шелевками и т. п., заложеными между покрышкой и вбитыми кругомъ костра столбами. Одинъ конецъ костра (*подошва*, гнилой бокъ) имѣетъ меньшую высоту, чѣмъ другой (*парусъ*). Для болѣе правильнаго обугливанія съ колодъ снимаютъ кору и кладутъ ихъ не прямо на землю, но на подмости. Костеръ зажигаютъ съ подошвы, помѣщая горючій матеріалъ въ зажигательные каналы, устроенные параллельно дровамъ. Какъ только дрова разгорятся пробиваютъ два ряда свищей въ боковыхъ стѣнкахъ костра, одинъ выше другаго. Когда изъ этихъ отверстій покажется слабый синеватый дымъ, ихъ забиваютъ и пробиваютъ новыя нѣсколько далѣе и такъ доводятъ обугливаніе постепенно до паруса. Между тѣмъ изъ нижняго конца можно уже выбирать уголь, что производятъ до тѣхъ поръ пока костеръ получить почти кубическую форму; его тогда оставляютъ до полнаго обугливанія. Этотъ способъ углежженія даетъ большій выходъ угля (въ отнош. 5: 9), надзоръ при немъ легче, но

<sup>1)</sup> Объ уральскомъ способѣ углежженія см. *Челомовъ*. Лѣсн. Ж. 1876, вып. 428 и *Теплоуголовъ*, Труды Моск. Общ. Сельск. Хозяйства 1879, вып. 235.

зато онъ требуетъ дерева высокаго качества, такъ-какъ при употребленіи цѣльныхъ колодъ для образованія плотно сложенной кучи, необходимо употреблять прямыя колоды и одинаковой длины, т. е. такое дерево (глав. образ. хвойное), которое представляетъ цѣнный строительный матеріалъ. Въ виду этого обугливаніе въ длинныхъ или лежачихъ кучахъ употребляется только въ Штиріи, въ Швеціи и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Россіи, гдѣ даже доброкачественный лѣсъ представляетъ незначительную цѣнность. Замѣтимъ здѣсь, что лежачія кучи могутъ быть сложены также и изъ колотыхъ дровъ, какъ это представлено на фиг. 19, табл. VI.

Процессъ обугливанія въ кострахъ вообще объясняется очень просто горѣніемъ отдѣльнаго полѣна: если зажечь его на одномъ концѣ и этотъ конецъ опуститъ къ низу, то оно будетъ горѣть скоро, пламя будетъ направляться отъ сгорѣвшей къ негорѣвшей части, а уголь постоянно обнаженный будетъ совершенно сгорать; если повернемъ полѣно зажженнымъ концомъ къверху, такъ, чтобы токъ воздуха былъ въ направленіи отъ незажженной еще части къ горящему концу, то образовавшійся уголь, защищенный отъ воздуха поднимающейся вдоль его струею продуктовъ горѣнія, не будетъ сгорать; горѣніе въ этомъ случаѣ, когда огонь долженъ подыматься сверху внизъ, будетъ медленнѣе. Очевидно, что этотъ второй случай наиболѣе выгоденъ для полученія угля; прибавимъ только, что и продукты горѣнія (углекислота и вода) разлагаются раскаленнымъ углемъ, сжигаютъ его, а потому нужно стараться, чтобы и эта струя не проходила черезъ уголь. Эти условія выгоднаго обугливанія достигаются въ кучахъ: за исключеніемъ перваго періода, когда воздухъ вступая снизу, по окружности кучи, подступаетъ къ углю въ серединѣ кучи и отъ него къ дровамъ, въ остальное время онъ движется снизу, черезъ слои негорящаго дерева къ зажженной части, слѣдовательно не сжигаетъ угля; продукты горѣнія также не проходятъ черезъ уголь, а движутся по тому мѣсту, которое представляетъ раздѣлъ между готовымъ углемъ и дровами: здѣсь кладка болѣе рыхлая; ибо полуобугленное дерево уменьшилось въ объемѣ, но еще не обуглилось и не слеглось въ болѣе плотную массу, какъ готовый уже уголь, и такъ газы здѣсь движутся свободно отъ горящей части мимо готоваго угля, къ свищамъ. Поэтому и нужно послѣдніе пробивать всегда ниже (а въ лежачихъ кучахъ далѣе) горящаго слоя противъ еще незажженного дерева.

Изъ сказаннаго ясно, что условія выгодной работы выполнены въ кучахъ удачно, кромѣ только перваго періода. Въ виду этого и количество угля, получаемое по этому способу вообще удовлетворительно. Какъ мы видѣли выше при обугливаніи нашихъ лѣсныхъ породъ при 350° перегрѣтымъ паромъ получается изъ 100 ч. дерева, высушеннаго при 150°,

отъ 30—35% *буроа угля*, что для дерева, высушеннаго на воздухѣ и со- держащаго около 20% гигроскоп. воды, будетъ соответствовать 24—28% *буроа угля*. На практикѣ же при обугливаніи дерева въ кучахъ полу- чается при хорошей работѣ отъ 23—26% по вѣсу и 63,2% по объему чернаго угля.

Точно указать вырчку древеснаго угля весьма затруднительно, такъ-какъ въ практикѣ почти невозможно точно опредѣлить вѣсъ дерева, употребленнаго при обуглива- ній, и угля, при этомъ полученнаго. И дѣйствительно, дерево всегда содержитъ большее или меньшее количество воды, которое трудно принять въ расчетъ при вычисленіи выхода угля, и кромѣ того количество дровъ опредѣляется по объему, а затѣмъ уже переносится на вѣсъ, пользуясь числами для вѣса складочной мѣры дровъ, которыя, какъ извѣстно, не имѣютъ желанной точности. Что же касается угля, то онъ очень жадно притягиваетъ воду и газы, вслѣдствіе чего вѣсъ его при охлажденіи быстро измѣняется. Кромѣ того вырчка угля и его составъ тѣсно связаны съ температурою обугливанія угля. Въ виду этого числа для вырчки „угля“, найденныя различными изслѣдователями, подвержены зна- чительнымъ колебаніямъ, и въ большей части случаевъ не отличаются точностью.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены данныя, полученныя *Berg*'омъ <sup>1)</sup> *Juncker*'омъ <sup>2)</sup>, *af Uhl*'омъ (1811—1812), *Beschoren*'омъ (1810), *Hartig*'омъ <sup>3)</sup>, и *Meyer*'омъ <sup>3)</sup> и *Чехо- мовымъ* (1876).

Д р е в . п о р о д а .	Изъ 100 ч. де- рева, высуш. на возд.,получ. частей угля.	Изъ 100 объем. дерева, высуш. на возд.,получ. объем. угля.	Имя изслѣдователя.
<i>Стояція костры.</i>			
Букъ и дубъ (стволь). . . . .	20—22,0	52—56,5	Berg.
Береза (стволь) . . . . .	20—21	65—68	„
Сосна (стволь) . . . . .	22—25	60—64	„
Шхта (стволь). . . . .	23—26	65—74,5	„
(пиль) . . . . .	21—25	50—65	„
(кругляки) . . . . .	20—24	41—50	„
Вѣтви . . . . .	19—22	38—48	„
Букъ (стволь) . . . . .	21,5—19,0	—	Hartig <sup>4)</sup> .
(жерди) . . . . .	16—14	—	„
Сосна (стволь) . . . . .	16,0—14,4	—	„
(жерди) . . . . .	17,7—15,5	—	„
Дубъ. . . . .	21,3—23,4	71,8—74,3	Beschoren.
Букъ, красный . . . . .	22,7	73,0	„
Береза . . . . .	20,9	68,5	„
Грабъ . . . . .	20,6	57,2	„

1) Anleitung zum Verkohlen des Holzes, 2 Aufl. p. 184.

2) Сообщено Berthier (1835).

3) Knapp. Lehrb. d. chem. Technolog. I, 232.

4) Числа, получ. Hartig'омъ слишкомъ низки.

Д р е в . п о р о д а .	Изъ 100 ч. де- рева, высуш. на возд., получ. частей угля.	Изъ 100 объем. дерева, высуш. на возд., получ. объем. угля.	Имя изслѣдователя.
Сосна . . . . .	25,0	63,6	Beschorn.
По способу, употребляем. на Гарцѣ.	20,8—27,5	50—70	Meyer.
Букъ и дубъ, двухлѣтній . . . . .	24,2	—	Juncker.
” ” 8 мѣсячный . . . . .	23,8	—	”
Дубъ, двухлѣтній, безъ коры . . . . .	25,9	—	”
” 3-хъ мѣсячный, съ корой . . . . .	22,6	—	”
” 8-ми мѣсячн. безъ коры . . . . .	21,9	—	”
” ” ” съ корой . . . . .	19,5	—	”
” свѣже срубленный съ корой . . . . .	13,8	—	”
Букъ, 3-хъ мѣсячный, съ корой . . . . .	20,1	—	”
” ” ” безъ коры . . . . .	24,3	—	”
” свѣже срубленный, съ корой . . . . .	13,1	—	”
По опытамъ въ Fugudahl въ Швеции:			
Костеръ № 1. )	25,1	minimum	af Uhr.
2. ) Порода дерева не	20,7	50,5	”
3. ) указана.	26,4	Среди.	”
4. )	20,0	62,8	”
1. Пихта . . . . .	28,0	maximum	”
		75,1	”
По способу, употр. на Катавскихъ заводахъ:			
Ель . . . . .	33,95	—	Чехомовъ (1876).
Смѣш. дрова . . . . .	29,74	—	”
Береза . . . . .	25,44	—	”
Лежачіе костры.			
Костеръ № 1. 1811 г. . . . .	28,0	minimum	af Uhr.
№ 2. ” . . . . .	27,0	59,3	”
№ 3. ” . . . . .	24,6	Среди.	”
№ 2. ” . . . . .	24,5	73,3	”
№ 5. ” . . . . .	28,6	maximum	”
№ 8. ” . . . . .	28,2	78,5	”

По Pfort'у (1838), въ Reinhardtswald'ѣ изъ буковаго дерева получается отъ 60,8—61,8 об. % угля. По Lampadius'у въ Саксоніи выручка угля равняется 75—87% по об. По свидѣтельству Roux (1870) въ департ. Landes изъ 100 ч. сосноваго дерева, высушеннаго на воздухѣ, получается 18 ч. угля.

Въ 1872 г. Strippelmann и Becker обнародовали очень обширное изслѣдованіе относительно зависимости между выходомъ угля, древесной породой (возрастъ, степень сухости и т. д.) и способомъ обугливанія. Опыты, предпринятые съ этой цѣлью въ Богеміи, показали: 1) что хорошо росшее сосновое дерево, высушенное на воздухѣ, даетъ уголь на 10% тяжелѣе словаго и пихты, по выходу его на 16% менѣе.

2) Сырое (не высушенное на воздухѣ) дерево пихты даетъ уголь на 10% тяжелѣе, чѣмъ высушенное на воздухѣ, при выручкѣ меньшей на 16%.

3) На легкой почвѣ выходъ на 8—10% менѣе, чѣмъ на тяжелой, каменистой.

4) На несовершенно сухихъ мѣстахъ уголь получился на 3—5% тяжелѣе, при сравнительно меньшемъ выходѣ, чѣмъ на сухой почвѣ.

5) При крутой кладкѣ кучь получились уголь на 9% легче, тѣмъ при болѣе плохой кладкѣ.

6) При употребленіи костровъ одинаковаго объема получаются наилучшіе результаты, если обугливаніе оканчивается на 8-й день. При сликомъ продолжительномъ обугливаніи удѣльный вѣсъ готоваго угля уменьшается, вслѣдствіе продолжительнаго дѣйствія на него жара; тоже самое происходитъ при сликомъ быстромъ обугливаніи.

7) Костры, содержащіе отъ 100--200 куб. м. дровь, дали самыя лучшіе и равномѣрные выходы; кучи емкостью 170 куб. м. дали на 4—5% менѣе угля и на 1—2% болѣе головни.

8) При обугливаніи костра въ 100 куб. м. въ продолженіи 7 дней и 13 часовъ получилось 59,3% по объему и 25,3% по вѣсу угля, при обугливаніи же въ теченіе 8 дней и 19 часовъ получилось 60,7% угля по объему и 25% по вѣсу.

Обугливаніе въ кучахъ хотя и даетъ, какъ мы видѣли выше, удовлетворительный выходъ угля и отличается простотой и дешевизной, тѣмъ не менѣе оно находится въ полной зависимости отъ искусства и бдительности рабочихъ и отъ почвы и погоды, да кромѣ того при этомъ способѣ обугливанія теряются всѣ летучіе продукты сухой перегонки, которые (не говоря уже о другихъ ихъ примѣненіяхъ), содержатъ значительное количество углерода, могли бы служить топливомъ. И дѣйствительно, если мы возьмемъ самый благоприятный случай для этого способа обугливанія а именно, что 100 ч. вполне высушенныхъ дровъ дадутъ 30% угля, который содержалъ бы 91% С, 3% Н и 6% О, то и тогда при обугливаніи произойдетъ слѣдующая потеря въ углеродѣ и водородѣ:

	С	Н	О	N
100 ч. дровь, вполне высуш. (безъ золы) содержатъ . . . . .	49,5	6,3	44,2	
30 ч. угля полученныхъ изъ этого колич. дровь содерж. (безъ золы).	27,3	0,9	1,8	
Въ летучихъ продуктахъ содержится слѣд. . . . .	22,2	5,4	42,4	

Этихъ 42,4 ч. кислорода даже едва достаточно, чтобы связать водородъ, а потому летучіе продукты сухой перегонки обладаютъ еще значительной теплопроизводительною способностью, соответствующей приблизительно 22% углерода. Только одна часть этого углерода идетъ на обугливаніе дерева, другая же пропадаетъ бесполезно, при переугливаніи дерева въ кострахъ.

По изслѣдованію *Gillot* при обугливаніи въ кучахъ изъ 100 частей углерода, содержащагося въ деревѣ:

37,5 частей получается въ видѣ угля,

25,0 частей идетъ на обугливаніе и теряется вслѣдствіе охлажденія извѣи и

37,5 частей уходятъ въ видѣ летучихъ продуктовъ.

100,0.

Для устраненія этихъ недостатковъ было предложено устраивать костры такъ, чтобы дать возможность улавливать хотя часть продуктовъ сухой перегонки, образующихся при переугливаніи дерева въ кострахъ. Такъ было предложено дѣлать токъ наклонно къ серединѣ и выкладывать

его кирпичемъ или убивать его глиною, а въ серединѣ дѣлать углубленіе отъ котораго проводятъ подземныя трубки къ дегтярному резервуару. При подобномъ устройствѣ необходимо, чтобы отводящая трубка паружнымъ концомъ была постоянно погружена въ жидкость, иначе воздухъ войдетъ черезъ него въ кучу и раздуетъ огонь. Подобный воронкообразный токъ, сложенный изъ кирпича, весьма пригоденъ въ тѣхъ случаяхъ, когда пѣтъ необходимости переносить мѣсто тока и лѣсной матеріалъ можетъ быть доставляемъ къ нему безъ особенныхъ издержекъ, напр. въ гористыхъ мѣстностяхъ скатываеиъ или сплавленіемъ и т. д. Этимъ путемъ, конечно, можно собрать только маслообразные продукты сухой перегонки (деготь, смола); уксусная же кислота, неговоря уже о метиловомъ спиртѣ, образующіеся при сухой перегонкѣ дерева, какъ вещества болѣе летучія, не собираются въ воронкообразной части тока, а улетучиваются въ воздухъ. Для улавливанія хотя части уксусной кислоты, было предложено дѣлать покрывку изъ гашеной извести или покрывать кучи рамами, сдѣланными изъ ивовыхъ вѣтвей и покрытыхъ глиною, и отводить парообразные продукты, выдѣляющіеся изъ костровъ при помощи трубъ въ холодильники (Foucaud въ первой четверти этого столѣтія). Эти приспособленія не получили, однако, примѣненія, такъ-какъ не достигали цѣли. Болѣе удачно приспособленіе, употребляемое на Рейнѣ въ Ragaz и описанное Фишбахомъ (Fischbach, 1856). Оно представлено на фиг. 20 и 21, табл. VII. У основанія костра (фиг. 20) въ четырехъ мѣстахъ приставляютъ къ дереву желѣзныя короткія воронки; воронки плотно обкладываются покрывкой, а въ узкій, выступающія наружу концы ихъ вставляются изогнутыя желѣзныя трубки, составленныя изъ 4 короткихъ колѣнъ; второе и третье колѣно соединяются подъ острымъ угломъ, вершина котораго направлена къ низу. Въ этомъ изгибѣ постоянно накапливается жидкость, испаряющаяся изъ кучи, и ее выпускаютъ въ подставленное ведро черезъ небольшое отверстіе, сдѣланное въ низу изгиба. Последнее колѣно трубъ вставляется въ боковую стѣнку ящика, въ которомъ происходитъ сгущеніе паровъ, не сгустившіяся же части вступаютъ, черезъ отверстіе въ крышкѣ ящика, въ укрѣпленный на 3 стойкахъ плотный холщевый мѣшокъ или рукавъ (діам. 0,3 м., высота отъ 4,5—7,5 м., фиг. 21, табл. VII). Этотъ мѣшокъ и составляетъ главную особенность снаряда: во всю высоту его, по серединѣ, идетъ стержень и на него насажено нѣсколько кружковъ, изъ которыхъ одни сплошныя, малые, другіе, большіе, окружностью своей растягивающіе мѣшокъ и имѣющіе вырѣзку по серединѣ. Тѣ и другіе кружки расположены попеременно и слѣдовательно заставляютъ пары идти волнообразной линіей, что и способствуетъ охлажденію ихъ. Сверху рукавъ закрыть крышкой, а подъ ней прорѣзано въ немъ 4 отверстія для выпуска не сгущен-

ныхъ паровъ и газовъ. Кучу зажигаютъ какъ обыкновенно, но не оставляютъ пенокрытого снизу поля; черезъ 12 часовъ открываютъ отдушины сверху; ихъ тоже закрываютъ, когда огонь дойдетъ до верху и, по панолпеніи кучи, приставляютъ аппараты, оставляя отдушины снизу и испѣлая свищей.

Изъ кубической сажени еловаго дерева получаютъ 56 пудовъ угля (около 30%) и 26 ведеръ древесной кислоты (2° Бека).

Совершенно сходное приспособленіе было предложено Gysser'омъ<sup>1)</sup>. Кроме того подобный же способъ собиранія газовъ былъ описанъ еще прежде *Ebelmen'*омъ и употребленъ въ теченіи долгаго времени въ Audincourt'ѣ. Стуженіе паровъ, выдѣляющихся при обугливаніи дерева въ кучахъ, производилось въ этомъ аппаратѣ однако, не въ холодильномъ рукавѣ, а въ холодильникѣ, сходнымъ съ лабораторными холодильниками. Пары изъ собираемыхъ воронокъ, приставленныхъ къ подошвѣ кучи, направляются въ горизонтальныя коническія трубки, помѣщенныя въ сосудѣ съ водою. Узкій конецъ трубокъ выходитъ внѣ сосуда и вышускаетъ жидкость въ подставленный сосудъ, а газъ въ воздухъ. При этомъ способѣ стуженія одна кубическая сажень сыѣанныхъ дровъ даетъ около 24 ведеръ неочищеннаго древеснаго уксуса (8—9%).

Стужители, описанные Фишбахомъ и Эбельменомъ, легко переносимые и примѣняются къ кучамъ стоячимъ и лежачимъ; но послѣдній требуетъ воды для стуженія.

Съ цѣлю облегчить веденіе обугливанія и улавливаніе летучихъ продуктовъ сухой перегонки дерева было предложено производить *обугливаніе въ печахъ*.

Число печей, придуманныхъ для этой цѣли, очень велико и онѣ могутъ быть подраздѣлены на двѣ главныя группы, а именно на такія, въ которыхъ на отапливаніе расходуется часть обугливаемого матеріала и на такія, въ которыхъ для этой цѣли употребляютъ особый матеріалъ, сожигаемый въ отдѣльной топкѣ.

Первая группа печей всего ближе подходитъ къ кострамъ и извѣстна подъ названіемъ *костровыхъ печей*. Существенное отличіе ихъ отъ костровъ заключается въ замѣнѣ временной, подвижной покрывки постоянною и неподвижною кирпичной стѣнкою. Роль отдушинъ играютъ въ нихъ отверстия, продѣланныя въ кирпичной стѣнѣ и открываемыя и закрываемыя по мѣрѣ надобности. Такія печи бываютъ и круглыя, и четырехугольныя; первыя соответствуютъ стоячимъ кострамъ, вторыя лежачимъ.

Въ кладкѣ дровъ тоже аналогія: въ круглыхъ печахъ дрова ставятъ вертикально, въ четырехугольныхъ кладутъ ихъ горизонтально.

Представителемъ этого рода печей можетъ служить печь *Соколовскаго*, придуманная въ началѣ этого столѣтія (1813 г.) и болѣе другихъ печей

<sup>1)</sup> Gysser, B. Die Gewinnung der Nebenprodukte bei der Kohlerei. Freiburg, 1877.

распространенная у насъ на Уралѣ <sup>1)</sup>. Она соотвѣтствуетъ лежащему костру и есть 4-хъ угольная печь со сводомъ, ёмкостью отъ 20 до 30 куб. м. (фиг. 22, табл. VII). Размѣры ея слѣдующіа: длина отъ 5—6,3 м.; ширина отъ 2,1—2,8 м.; высота 1,8—2,2 м. Сводъ начинается съ половины вышины и въ вертикальномъ и поперечномъ разрѣзѣ представляетъ правильный полукругъ. Печь имѣетъ два окна: верхнее (1), служащее для наполненія ея дровами и нижнее (4), для выгребанія угля; одно отверстіе (3) поменьше для введенія огня, два ряда отдушинъ (5), одинъ при основаніи печи, другой подъ началомъ свода и наконецъ еще одну отдушину вверху задней стѣны. Для большей прочности печь закрываютъ деревянною крышкою (6), а для облегченія разжиганія ея, выкапываютъ передъ зажигательнымъ отверстіемъ ровъ, въ которомъ могъ бы помѣститься человекъ (2). Дрова кладутся какъ въ кострахъ, на двѣ или три подкладки. Уложивши дрова ихъ разжигаютъ на что требуется около часу; потомъ отверстія закладываютъ кирпичами или лучше чугунными заслонками, замазывая ихъ глиною. Весь дальнѣйшій уходъ заключается въ томъ, что черезъ 36 часовъ закрываютъ верхнія отдушины и черезъ слѣдующія 36 часовъ—нижнія. Въ теченіе слѣдующихъ трехъ сутокъ печи даютъ охладиться и выгребаютъ уголь, причемъ рабочій долженъ входить въ печь, что представляетъ работу трудную и вредную, такъ-какъ печь наполнена удушливыми газами.

Къ тому же типу печей, какъ и печь *Сokolovskaja*, относятся:

1) *Американская печь*, подробно описанная *Guillemin*'омъ (1858) и представленная на фиг. 22, табл. VII. Она имѣетъ четырехугольную форму, (12 м. длины; 4,2 м. ширины и 5,4 м. высоты въ серединѣ), снабжена плоскимъ сводомъ и вмѣщаетъ въ себѣ около 105,000 кило дровъ. Стѣны ея тонкія (0,22 м.), кирпичныя и поддерживаются пиластрами и деревянными столбами (послед. сверху связаны болтами). Въ передней стѣнѣ находятся двери и большое отверстіе подъ самымъ сводомъ для закладки дровъ; въ сводѣ сдѣлано также отверстіе. Въ низу стѣнъ между каждою парой пиластровъ находится по 12 малыхъ отверстій, въ 4 ряда для управления огнемъ. Дрова кладутся плотно, горизонтально, большими полѣнками; только на серединѣ подъ верхнимъ отверстіемъ оставляютъ каналъ для зажиганія. Когда двери замазаны и печь зажжена, верхнее отверстіе тоже закрываютъ и замазываютъ и управляютъ ходомъ процесса посредствомъ нижнихъ отверстій, закрывая тѣ, изъ которыхъ показывается спій дымъ. Обугливаніе длится шесть дней, охлажденіе 8 дней, разгрузка 4 дня при 4-хъ рабочихъ. Выходъ угля около 22%. Жидкихъ продуктовъ не собираютъ, но легко приспособить печь къ этой цѣли.

2) *Печь Baillet* (1821), усовершенствованная *De la Chabeaussière*'омъ (1822), которая состоитъ (фиг. 23, а, b, таб. VIII) изъ конусообразной ямы (вверху 3,14 м.,

<sup>1)</sup> Устройство и работа этой печи были описаны въ нашихъ періодическихъ изданіяхъ *Мамлюкомъ* (Горн. Ж. 1861, IV, 218), *Чегомовымъ* (1876, Лѣсн. Ж. вып. 4, 28) и *Теплоуговымъ* (1879, Тр. Москов. Общ. Сельскаго Хозяйства, вып. 2, стр. 35).



внизу 2,8 м., глуб. 2,8 м.), выложенной камнем и сверху закрытой желѣзною крышкою съ 5 отверстіями (одно большое по серединѣ для разжиганія дровъ). Дрова укладываются стойма, необходимый для горѣнія воздухъ приводится каналами, идущими отъ поверхности земли къ дну ямы, а пары и газы вытягиваются однимъ каналомъ, нѣсколько выше крыши и прежде, чѣмъ наступать въ дымовую трубу, проходить черезъ холодильники. Огнемъ управляютъ посредствомъ воздушныхъ каналовъ и отдушинъ въ крышѣ. Обугливаніе продолжается 60—80 часовъ. По словамъ Дюма при помощи 8 такихъ печей можно въ годъ обуглить 5,000 куб. метровъ дровъ, причемъ изъ 100 частей получается 20 ч. угля и 18 ч. сырой уксусной кислоты.

3) *Полушарообразная немецкая печь*, соответствующая стоячимъ кострамъ. Она состоитъ изъ кирпичнаго свода, подъ которымъ находится рѣшетка, регулирующая притокъ воздуха (Фиг. 24, табл. VIII). Наполненіе печи производится сначала черезъ боковое отверстие А, а затѣмъ черезъ верхнее отверстие В. Продукты сухой перегонки отводятся изъ печи черезъ трубку С къ холодильникамъ. Притокъ воздуха регулируется дверцами Е. При наполненіи печи поступаютъ обыкновеннымъ образомъ, производя укладку отъ центра къ окружности и оставляя только одинъ каналъ отъ D къ А, черезъ который разжигаютъ дрова. При началѣ операціи открываютъ какъ дверцы Е, такъ и дверцы А и В, причемъ дверцы А закрываютъ тотчасъ послѣ разведенія огня. Жаръ распространяется быстро и коль скоро изъ отверстія В начнетъ выдѣляться кромѣ водяныхъ паровъ, смола и т. п. продукты, тогда закрываютъ и это отверстие В, вслѣдствіе чего продукты сухой перегонки направятся по трубкѣ С къ холодильникамъ. Когда стѣнки печи разогрѣлись надлежащимъ образомъ закрываютъ дверцы Е и предоставляютъ печь саму себѣ, причемъ оканчивается сухая перегонка и затѣмъ уголь охлаждается. Разгрузка печи производится черезъ дверцы А.

4) *Шашкообразная печь Scheffer'a* (1879), представленная на фиг. 25, табл. VIII. Нагрѣвательное пространство этой печи имѣетъ форму приплюсненной опрокинутой, 4-хъ сторонней пирамиды О и ограничено снизу ростомъ, а сверху плоскимъ сводомъ. Дерево вводится въ печь черезъ воронку Т, послѣ того какъ на ростѣ R разведенъ огонь. Теплота, развивающаяся при горѣніи нижняго слоя дерева достаточна для сухой перегонки среднихъ и верхнихъ слоевъ. Продукты сухой перегонки выходятъ изъ печи черезъ трубу А, проходятъ сгуститель и поступаютъ затѣмъ въ каналъ С, проложенный въ самой печи. Здѣсь газы нагрѣваются (чѣмъ усиливается тяга) и отводятся въ дымовую трубу S.

Печь Соколовскаго и ей подобныя печи устраняютъ вліяніе погоды на ходъ обугливанія дерева и позволяютъ собирать жидкіе продукты сухой перегонки, но снѣ представляютъ то неудобство, что складка дровъ и выборка угля затруднительны, нагрѣваніе стѣнъ печей требуетъ много тепла, образующагося на счетъ обугливаемого, цѣнаго матеріала, огнемъ управлять довольно трудно и, наконецъ, вслѣдствіе того, что покрывка печи неподвижна, а уголь осѣдаетъ, образуется въ печи много свободнаго пространства, въ которое можетъ проникать воздухъ, сжигающій бесполезно уголь. Кромѣ того выручка угля, получаемая въ этихъ печахъ, насколько можно судить по отрывочнымъ даннымъ, не превышаетъ выручки даваемой кострами, при надлежащемъ веденіи обугливанія въ этихъ послѣднихъ.

Для устраненія недостатковъ костровыхъ печей, были предложены

печи, въ которыхъ обугливаніе происходитъ при возможно меньшемъ доступѣ воздуха и на отапливаніе которыхъ расходуется особый малоцѣпный матеріалъ, сжигаемый въ отдѣльной топкѣ. Въ этихъ печахъ дымогарные газы нагреваютъ обугливаемый матеріалъ или непосредственно приходятъ съ нимъ въ соприкосновеніе или же отдѣляются отъ него стѣнками печи, желѣзныхъ цилиндровъ, трубъ и т. д.

Представителемъ перваго рода печей, отапливаемыхъ отдѣльною топкою, можетъ служить *шведская печь Шварца*, описанная въ 1836 г. и представленная на фиг. 26, табл. VIII. Печь эта состоитъ изъ 4-хъ угольной кирпичной камеры, покрытой готическимъ сводомъ. Она имѣетъ вверху 8,4 м. длины и 4,8 м. ширины и столько же высоты въ серединѣ; вместимость ея около 168 куб. метровъ (6,000 куб. футовъ). Посерединѣ длинныхъ стѣнъ камеръ, въ самыхъ стѣнахъ, устраниваются съ каждой стороны по одной или по двѣ топки, изъ которыхъ дымогарные газы проводятся въ камеры каналами с с. Продукты сухой перегонки отводятся изъ камеры вверху и посерединѣ короткихъ стѣнъ (дно дѣлается покатымъ къ этимъ стѣнамъ) двумя желѣзными трубами къ дегайрнымъ резервуарамъ (f) и холодильникамъ (h) и наконецъ неогущенные газы идутъ въ высокую трубу, производящую тягу изъ камеры. Въ новѣйшее время, по свидѣтельству *Грилла* (Grill), шведская печь измѣнена такъ, что топка помѣщается не съ боковъ камеры, а подъ подомъ этой послѣдней, чѣмъ достигается болѣе равномерное распредѣленіе дымогарныхъ газовъ, а слѣдовательно и теплоты по всей камерѣ. Для полученія надлежащихъ результатовъ при обугливаніи въ печи Шварца и ей подобныхъ необходимо заботиться, чтобы дымогарные газы, выпускаемые въ камеру содержали возможно меньшее количество свободного кислорода и углекислоты, которая также можетъ окислить раскаленный уголь. Такъ-какъ условія эти на практикѣ нелегко выполнимы, то отзывы объ этой печи различны. Тѣмъ не менѣе при хорошемъ веденіи работы шведская печь даетъ хорошіе результаты и она встрѣчается повсемѣстно въ болѣе или менѣе измѣненномъ видѣ. У насъ въ Россіи она была примѣнена на волазискомъ и александровскомъ заводахъ олонцакаго округа и дала тамъ вполне удовлетворительные результаты, въ особенности съ нѣкоторыми видоизмѣненіями, предложенными *Яковлевымъ* (1879).

По существующимъ опытамъ при помощи печи Шварца можно получить изъ 100 ч. дерева 29 ч. дров. угля.

Къ тому же типу печей относятся: печь *Aulier* (1861); пультовая печь *Gysser's* <sup>1)</sup>, переносная печь *Christian's* (1862), и складная печь *Dromant's* (1867).

<sup>1)</sup> Gysser, die Gewinnung der Nebenprodukte bei der Köhlerei. Freiburg, 1877.

*Печь Autier* состоитъ изъ 4-хъ угольной камеры, сложенной изъ кирпича или желѣзныхъ плитъ и нагреваемой горячими газами, выходящими изъ отдѣльной тонки, помещенной сбоку камеры. Камера раздѣлена на двѣ (верхнюю и нижнюю) неравныя части рядомъ вращающихся прутьевъ положенныхъ горизонтально и образующихъ рѣшетку, на которую накладываются обугливаемое дерево. По мѣрѣ образованія угля, онъ проваливается сквозь промежутки между желѣзными прутьями (для чего въ случаѣ необходимости вращаютъ прутья) и падаетъ въ нижнюю (меньшую) часть камеры, откуда онъ послѣ охлаждения удаляется изъ камеры черезъ дверцы. Для охлажденія угля и для сбереженія тепла, газы изъ нижней части камеры удаляютъ при помощи трубы, и нагреваютъ воздухъ, притекающій къ тонкѣ. Притокъ воздуха къ тонкѣ регулируется автоматически при помощи особеннаго приспособленія. При употребленіи этого аппарата на обугливаніе 1 куб. метра дровъ, по заявленію изобрѣтателя, идетъ всего 75 кило или  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  куб. метровъ дровъ, между тѣмъ въ другихъ аппаратахъ для той же цѣли требуется около 2 куб. метр. дровъ.

*Пулътовая печь Gysser'a* для обугливанія дерева представлена на фиг. 27 таб. IX и состоитъ изъ пулътовой тонки А, изъ желѣзнаго цилиндра В, вмѣщающаго въ себѣ около 500 куб. фут. дровъ, вентилятора, соединеннаго съ трубою D, и изъ холодильника, представляющаго холщевый рукавъ на подобіе описанныхъ выше (стр. 224). Цилиндръ В окруженъ кирпичною кладкою и притомъ такъ, что между кирпичною кладкою и желѣзными стѣнками цилиндра остается промежутокъ i, наполненный воздухомъ, который предохраняетъ цилиндръ отъ охлажденія во время обугливанія и содѣйствуетъ его охлажденію послѣ окончанія операціи, для чего сдѣланъ въ кирпичныхъ стѣнкахъ цѣлый рядъ отверстій k, которыя закрываются во время нагреванія цилиндра и открываются во время его охлажденія. Послѣ наполненія цилиндра дровами, (позіція ихъ на рѣшетки d, d), закрываютъ крышку E, разводятъ огонь въ тонкѣ А и приводятъ въ дѣйствіе вентиляторъ, который втягиваетъ горячіе газы изъ тонки въ трубу С, откуда газы по шести продырявленнымъ трубамъ е поступаютъ въ цилиндръ и затѣмъ вмѣстѣ съ продуктами сухой перегонки поступаютъ въ трубу D, а отсюда въ холодильникъ. Когда обугливаніе кончено замазываютъ отверстіе тонки, останавливаютъ дѣйствіе вентилятора, закрываютъ клапанъ х и открываютъ отверстія k, k, вслѣдствіе чего ускоряется охлажденіе цилиндра и уголь остываетъ безъ доступа воздуха. По увѣренію изобрѣтателя, неподкрѣпленному впрочемъ числовыми данными, этотъ способъ обугливанія даетъ прекрасныя выручки угля самаго высокаго качества.

*Печь Christian'a* (фиг. 28, таб. IX) состоитъ изъ цилиндрическаго горизонтально поставленнаго барабана (А), сдѣланнаго изъ листового желѣза и наполненнаго обугливаемымъ деревомъ. Барабанъ этотъ покрытъ кожухомъ, сдѣланнымъ изъ листового желѣза и внутри покрытымъ огнеупорнымъ кирпичемъ. Барабанъ имѣетъ дверцы с, черезъ которые его наполняютъ деревомъ и вынимаютъ уголь. Очагъ имѣетъ ростъ d. Газы изъ очага идутъ черезъ ходъ e въ верхнюю часть печи, и входятъ въ внутренній барабанъ по каналамъ f и f, равномерно распредѣляются по обугливаемому дереву и собираются въ главный отводный каналъ g черезъ каналы f' и f'. Печи эти могутъ быть легко перевозимы съ мѣста на мѣсто, причемъ для ускоренія работы можно установить очагъ на рельсахъ и подвозить его поочередно къ барабанамъ, установленнымъ въ рядъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ выгодно соединить барабаны между собою такъ, чтобы дымогарные газы, выходящіе изъ одного барабана переходили въ слѣдующій и высунували дерево, предназначенное для обугливанія.

Гораздо большаго вниманія, чѣмъ только что описанныя печи, заслуживаетъ *складная печь Дромаръ*, практически испытанная и примененная въ департаментѣ Landes.

*Печь Дромара*, представленная на фиг. 29 а, в табл. IX, имѣть форму конуса, діаметръ основанія котораго равенъ 5,25 метрамъ, а высота 4,5 м. На вершинѣ конуса пасажена труба S, имѣющая въ вышину 1 метръ, а въ діаметрѣ 0,70 м. Труба S снабжена тѣбусомъ J, въ которомъ во время обугливанія разводять огонь, чтобы усилить тягу. Остатки нечи образуютъ: 1) чугунное кольцо P, приращенное къ нижней части трубы S; 2) желѣзный ободъ, снабженный крючками или скобами, лежащій на топкѣ и образующій основаніе печи и 3) 16 желѣзныхъ подкосовъ или подпоръ N N, снабженныхъ крючками или скобами и соединяющихъ нижній ободъ съ верхнимъ кольцомъ P. Промежутки между подпорами N N герметически закрываются желѣзными листами, прикрѣпленными къ подпорамъ N N болтами. Для предохраненія аппарата отъ охлажденія во время дождя, верхняя часть его покрыта кожухомъ изъ тонкаго листового желѣза (V). На высоту двухъ метровъ печь имѣть покрывку изъ земли и дерна M, M. Входы къ дверямъ R, R, R, служащимъ для нагрузки и разгрузки печи, и къ отдушникамъ 1, 2, 3 . . . 13, служащимъ для регулированія тяги, выложены кругляками. Для нагрѣванія печи служитъ очагъ (F), сдѣланный изъ чугуна и обложенный огнеупорной глиною. Онъ помѣщается у подошвы кучи, имѣть длину 1,5 м. и снабженъ рѣшеткой. Этотъ очагъ соединенъ съ 10 трубками G, G, G, расходящимися на подобіе вѣера. Дымогарныя трубки эти имѣють четырехугольное сѣченіе и состоятъ изъ отдѣльных звѣньевъ, соединенныхъ другъ съ другомъ на подобіе звѣньевъ водопроводныхъ трубъ; звѣнья, примыкающія къ очагу сдѣланы изъ огнеупорной глины, другія же изъ чугуна. Вертикальныя боковыя стѣнки трубъ снабжены отверстіями, имѣющими діаметръ въ 4 с. м.; черезъ эти отверстія дымогарныя газы входятъ въ печь, обугливая дерево. Чтобы достигнуть болѣе равномернаго распредѣленія теплоты въ печи, облегчить равномерное обугливаніе и, наконецъ, уменьшить возможность воспламененія кучи и порчи печи, *Дромаръ* предложилъ въ повѣйшее время <sup>1)</sup> проводить газы изъ точки F въ сборникъ G, помѣщенный въ центрѣ печи, откуда они по 8 огнеупорнымъ трубамъ J направляются въ кольцеобразный каналъ V, выложенный изъ кирпича, а оттуда по вертикальнымъ трубамъ H отводятся наружу, такъ-что въ новыхъ печахъ Дромара дымогарныя газы не приходятъ въ соприкосновеніе съ деревомъ. Отверстія трубъ H могутъ быть по произволу открываемы и закрываемы, что облегчаетъ равномерный ходъ обугливанія. (Табл. X, фиг. 30, а и в). Печи подобнаго рода устраиваются *Дромаромъ* трехъ величинъ (отъ 20—50 куб. метровъ вместимости) и вѣсятъ отъ 2—4 тысячъ кило, причемъ однако каждая отдѣльная часть печи вѣситъ неболѣе 50 кило, чѣмъ облегчается разборка и перевозка печи. Очевидно, что газы, выдѣляющіеся изъ печи Дромара, могутъ быть направляемы въ холодильники и летучіе продукты сухой перегонки улавливаемы. При помощи этой печи изъ 100 ч. соснового дерева, высушеннаго на воздухѣ, получается отъ 25—26 ч. угля вполне годнаго для кузнечнаго дѣла.

При обугливаніи дерева на чугунно-плавильныхъ заводахъ въ печахъ Шварца и имъ подобныхъ съ выгодой можно употребить для отопленія этихъ печей горячіе газы, выходящіе изъ доменныхъ печей, какъ это было предложено *Fauveau-Déliars'омъ* (1836—37) и *Virlet* (1836).

Печи, отапливающіяся дымогарными газами, уменьшаютъ безъ всякаго сомнѣнія расходы на топливо, но онѣ не облегчаютъ веденія самаго обугливанія и собиранія продуктовъ сухой перегонки дерева сравнительно съ костровыми печами. Эти недостатки устраняютъ до извѣстной степени

<sup>1)</sup> *Dromart. Carbonisation des bois, p. 100.*

печи, въ которыхъ переугливаемое дерево защищено отъ непосредственнаго доступа нагрѣвающихъ газовъ.

Представителемъ такихъ печей можетъ служить печь *Рейхенбаха*, имѣющая квадратное основаніе (каждая сторона двѣ сажени), ограниченное двойными стѣнками (внутренняя изъ огнеупорнаго кирпича, наружная изъ каменной кладки съ слоемъ песку по серединѣ). Въ нѣкоторомъ разстояніи отъ пода расположены на желѣзныхъ поставахъ параллельно одна къ другой и перпендикулярно къ двумъ противолежащимъ стѣнкамъ печи двѣ чугунныя трубы (0,3—0,6 м. діам.), раздѣляя печь на 3 равныя части. Каждая труба проходитъ однимъ концомъ черезъ одну наружную стѣну, въ которую вмазывается потомъ и не доходитъ до противоположной стѣны, подымается короткимъ колѣномъ вертикально вверхъ, затѣмъ опять идетъ горизонтально, проходитъ черезъ ту же стѣну, отъ которой началась и оканчивается загнутымъ вверхъ концомъ. Эти трубы служатъ дымовыми ходами для двухъ топокъ, расположенныхъ у двухъ противолежащихъ стѣнъ печи, (или же топливо кладутъ въ самое устье трубъ) и раскаливаясь до красна, передаютъ жаръ наложенному въ камеру дереву. Когда дрова наложены въ камеру, ихъ сверху закрываютъ толстой дерновой покрывкой (или чугунными плитами и пескомъ). Газообразные продукты выходятъ изъ камеры двумя отверстиями въ днѣ и идутъ по двумъ трубамъ (подъ подомъ камеры) въ одну общую трубу (изъ кирпича на гидравлическомъ цементѣ); здѣсь остается деготь, а уксусная кислота стучается далѣе въ охладникъ, изъ котораго горючіе газы проводятся или въ печь для обжиганія кирпича и извести, или же въ устья трубъ угольной печи. Помощію этого прибора изъ 100 частей дерева можно получить отъ 72—73 частей угля по объему. Топливо (мелочь, хворостъ и прочее), сгоравшее въ чугунныхъ трубахъ, составляло около  $\frac{1}{10}$  количества дерева, взятаго для обугливанія.

Подобная печь, только прикрытая постояннымъ сводомъ, представлена на фиг. 31, табл. X. Она вмѣщаетъ въ себѣ около двухъ сажень дровъ и по свидѣтельству *Асмуса* (*Assmuss* <sup>1)</sup> весьма пригодна въ тѣхъ случаяхъ, когда при обугливаніи дерева вмѣстѣ съ углемъ желаютъ получить и летучіе продукты сухой перегонки.

Совершенно аналогическое устройство имѣетъ *складная печь Martin'a* (1879). Она представляетъ четырехугольную камеру, прикрытую крышкою о двухъ скатахъ и сложенную изъ желѣзныхъ листовъ, укрѣпленныхъ на желѣзныхъ столбахъ и стропилахъ, при томъ такъ, что печь легко раскладывается и можетъ быть перевозима съ одного мѣста на другое. Внутри камеры помѣщены двѣ цилиндрическія тонки, сдѣланныя изъ плотнаго листоваго желѣза и выложенныя внутри шамотомъ. Тонки снабжены ростомъ и соединены съ желѣз-

<sup>1)</sup> Die trockene Destillation des Holzes. Berlin, 1867, p. 33.

ными трубами, проложенными по камерѣ, въ которой помещается обугливаемое дерево. По этимъ трубамъ движутся горячіе газы и нагрѣваютъ дерево. Камера снабжена дверцами для наполненія ея дровами и отверстіемъ для отведенія летучихъ продуктовъ сухой перегонки къ холодильникамъ. По обнародованнымъ даннымъ при обугливаніи дерева въ этой печи получается отъ 37—40% продуктовъ сухой перегонки и отъ 25—27% древеснаго угля.

Къ тому же типу печей относится и *позая печь Дромара*. (Срав. стр. 230).

Нѣтъ сомнѣнія, что печь *Рейгенбага* и ей подобныя печи облегчаютъ собираніе продуктовъ сухой перегонки и веденіе самаго обугливанія, но тѣмъ не менѣе и онѣ не даютъ возможности вполне точно регулировать температуру обугливанія и распредѣлять равномерно теплоту по всей массѣ обугливаемого дерева. Въ виду этого въ тѣхъ случаяхъ когда главнымъ продуктомъ обугливанія являются летучіе продукты сухой перегонки дерева, или если желаютъ получить по возможности однородный уголь (напр. для приготовленія пороха), тогда обугливаніе производятъ или въ желѣзныхъ барабанахъ или въ желѣзныхъ (а также глиняныхъ) горизонтальныхъ ретортахъ, нагрѣваемыхъ или голымъ огнемъ (снаружи) или перегрѣтымъ паромъ (выпускаем. внутрь реторты), причемъ только въ этомъ послѣднемъ случаѣ получается вполне однородный уголь (Violette, 1851; Kahl, 1856; Welti, 1873).

Отблывая описаніе этихъ приборовъ до другаго мѣста, замѣчу здѣсь только, что при перегонкѣ дерева, высушеннаго на воздухѣ, въ ретортахъ получается отъ 21—28% чернаго угля, отъ 3—6% уксусной кислоты ( $C_2 H_4 O_2$ ), отъ 5—10% смолы и отъ 15—28% газообразныхъ продуктовъ, теплопроизводительная способность которыхъ по изслѣдованіямъ *Фишера* (Fischer, 1880), очень незначительная.

Изъ сказаннаго ясно, что всё до сихъ поръ придуманныя печи для обугливанія дерева не даютъ значительно большихъ выходовъ угля, чѣмъ костры при надлежащемъ веденіи процесса, но въ тоже самое время требуютъ значительной затраты капитала и увеличиваютъ расходы по доставкѣ дровъ. Въ виду этого обугливаніе дерева въ печахъ не получило значительнаго распространенія въ тѣхъ случаяхъ, когда главнымъ продуктомъ является уголь, и примѣненіе ихъ оказывается выгоднымъ только тамъ, гдѣ или доставка дровъ къ одному центральному мѣсту очень облегчена (сплавленіемъ, скатываніемъ въ гористыхъ мѣстахъ), или гдѣ летучіе продукты сухой перегонки дерева имѣютъ легкой и выгодный сбытъ.

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что для металлургическихъ цѣлей было предложено готовить изъ дерева не черный, а *бурый уголь* (charbon boux), который по своей теплопроизводительной способности почти что равенъ черному, но выручка котораго изъ дерева почти вдвое большая (60—70%). Предложеніе это не получило также никакого примѣненія

главнымъ образомъ вслѣдствіе трудности получать однородный продуктъ указанныхъ качествъ при обугливаніи въ кострахъ.

Употребленіе бурого угля для металлургическихъ цѣлей было въ первый разъ предложено *Berthé* и применено на практикѣ *Houzeau* (1836) и *Fauveau* (1837). Эти послѣдніе предложили производить полное обугливаніе дерева жаромъ, отдѣляющимся бесполезно изъ колошниковъ доменныхъ печей. Для этого надъ доменной печью помѣщали желѣзные ящики, въ которые накладывали дрова; пламя охватывало ящики съ боковъ и со дна. Этотъ способъ представляетъ то неудобство, что требуетъ подвозки дровъ къ заводу. Въ виду этого *Sauvages* (1838—41) <sup>1)</sup> предложилъ производить обугливаніе въ кострахъ, останавливая обугливаніе ранѣе обыкновеннаго. При этомъ, однако, получался очень неоднородный продуктъ: часть дерева превращалась въ черный уголь, другая оставалась необугленной. Техническому обществу въ Майнцѣ удалось, впрочемъ, усовершенствовать способъ получения бурого угля и получать однородный продуктъ, который, по изслѣдованіямъ *Fresenius's* (1868), имѣлъ уд. в. 0,54, былъ мало гигроскопиченъ, не ломокъ и содержалъ 52,66% С, 5,78% Н, 36,64% О и N, 0,43% зола и 4,49% гигроскоп. воды. Способъ полученія этого угля не былъ обнародованъ.

Въ новѣйшее время *Reichenbach* (1873) предложилъ готовить бурый уголь въ его печи (стр. 231), прекращая дальнѣйшее нагреваніе обугливаемого матеріала коль скоро изъ печи начнутъ выдѣляться смолистые продукты.

*Элементарный составъ* древеснаго угля крайне разнообразенъ смотря по природѣ дерева, изъ котораго онъ полученъ, и температурѣ, при которой было произведено обугливаніе, о чемъ было сказано уже выше. Среднимъ числомъ можно принять, что хорошо обожженный и сухой черный уголь содержитъ (за исключеніемъ золы) 90% углерода, 3% водорода и 7% кислорода. Количество золы въ древесномъ углѣ колеблется между— 1—3%, причемъ составъ ея сходенъ съ составомъ древесной золы.

П р и р о д а у г л я .	100 ч. угля содержитъ гигроскоп. воды.	100 ч. угля содержитъ въ сух. состоян. золы.	Въ 100 ч. высуш. угля безъ золы содержится:			Имя изслѣдователя.
			С	Н	О и N	
Бурый уголь (Charbon roux) . . . . .	4,49	0,45	55,38	6,08	38,54	Fresenius (1868).
Уголь, получ. перегрѣтымъ жаромъ при 350°, среднее изъ 65 опредѣленій .	—	1,00	69,65	4,73	25,62	Violette (1853).
Пороховой уголь, полученный перегрѣт. жаромъ, средн. изъ 16 опредѣленій.	—	1,43	75,87	4,18	19,95	Сравн. изслѣдованія Violette'a (1851), Kahl'a (1856) и Welti (1873).
Пороховой уголь, полученный въ кострахъ, среднее изъ 22 опредѣленій.	—	1,78	77,34	3,74	18,92	
Пороховой уголь, получен. въ ретортахъ, среднее изъ 18 опредѣленій . . . . .	—	1,35	77,85	4,16	17,99	

<sup>1)</sup> Сравн. Gruner (1841), Gueymard (1841).

Природа угля.	100 ч. угля содержит гидроскоп. воды.	100 ч. угля содержит въ сух. состоян. золы.	Въ 100 ч. высуш. угля безъ золы содержится.			Имя изслѣдователя.
			С	Н	О и N	
Пороховой уголь, полученный перегрѣтымъ паромъ и одновр. пагрѣваніемъ реторты голымъ огнемъ, среди изъ двухъ опредѣлений . . . . .	—	1,89	90,48	2,63	6,94	Violette, Kahl и Welti.
Черный уголь, полученный въ кострахъ,						
изъ тополи . . . . .	5,20	0,86	87,98	3,22	8,80	Ebelmen.
изъ дуба . . . . .	6,00	3,06	90,46	2,91	6,63	„
изъ бука . . . . .	7,28	3,30	95,60	2,70	1,70	Faisst (1855).
Среднее для черного угля . . . . .	6,14	2,91	91,35	2,94	5,71	„

Удельный вѣсъ древеснаго угля зависитъ главнымъ образомъ отъ температуры, при которой онъ полученъ, и не зависитъ повидимому отъ породы дерева. Такъ, по изслѣдованіямъ *Вioletta*, удѣльный вѣсъ угля, полученнаго при различныхъ температурахъ изъ одного и того же дерева, (крушины), колеблется между 1,490 и 2,000, между тѣмъ какъ по изслѣд. *Вертера* удѣльный вѣсъ угли, полученнаго изъ различныхъ породъ дерева, но при одной и той же температурѣ, колеблется всего между 1,45—1,53. Вотъ числа, полученныя *Werther*'омъ (1854).

Порода дерева, изъ которой получаютъ уголь.	100 ч. угли, высушеннаго при 120—130° содержатъ:			Удѣлн. вѣсъ угля.
	Золы.	С	Н	
Виноградная лоза . . . . .	4,12	87,6	3,05	1,45
Крушина . . . . .	1,56	90,98	3,08	1,53
Ива . . . . .	1,66	89,87	2,94	1,55
Тополь . . . . .	2,06	87,48	2,92	1,45
Липа . . . . .	3,50	87,3	2,68	1,46
Ольха . . . . .	1,62	90,96	2,60	1,49
Дубъ . . . . .	1,60	88,20	2,88	1,53

*Кажущійся удельный вѣсъ* древеснаго угля (т. е. удѣльный вѣсъ угля вмѣстѣ съ газами, содержащимися въ его порахъ) былъ предметомъ многочисленныхъ, хотя и недостаточно точныхъ изслѣдованій. На основаніи существующихъ данныхъ нужно принять, что кажущійся удѣльный вѣсъ угля, получаемаго изъ различныхъ древесныхъ породъ колеблется между



0,106—0,252, причемъ, повидимому, нѣтъ опредѣленной зависимости между кажущимся удѣльнымъ вѣсомъ дерева и угля, изъ него полученнаго.

Кажущійся удѣльный вѣсъ древеснаго угля былъ опредѣленъ *Scopoli* (1771), *Hjeltn* (1784), *Kirwan*, *Hassenfratz*, *Griffith* (1824), причемъ этотъ послѣдній опредѣлялъ удѣльный вѣсъ угля и безъ поръ. Вотъ числа, полученныя *Hassenfratz*'омъ и *Griffith*'омъ.

Порода дерева, изъ которой получ. уголь.	Кажущійся уд. вѣсъ.	Порода дерева, изъ которой получ. уголь.	Уд. вѣсъ съ порами.	Уд. вѣсъ безъ поръ.
<i>Hassenfratz.</i>		<i>Griffith.</i>		
Уголь изъ Ольхи . . . . .	0,134	Уголь изъ Гуляковаго дерева .	0,94	1,84
„ „ Березы . . . . .	0,203	„ „ Кокосоваго „ .	0,86	1,36
„ „ Граба . . . . .	0,183	„ „ Эбеноваго „ .	0,93	1,40
„ „ Дуба . . . . .	0,155	„ „ Бразильскаго „ .	0,60	0,84
„ „ Бука . . . . .	0,187	„ „ Atlasholz „ .	0,55	1,26
„ „ Сосны . . . . .	0,176	„ „ Тюльпаннаго „ .	0,76	1,17
„ „ Лины . . . . .	0,106	„ „ Королевскаго „ .	0,70	1,04
„ „ Болришика . . . . .	0,196	„ „ Paraportholz „ .	0,57	1,12
„ „ Клена . . . . .	0,164	Среднее. .	0,74	1,25
„ „ Ясени . . . . .	0,200			
„ „ вяза . . . . .	0,180			
„ „ Груши . . . . .	0,252			
Среднее. .	0,178			

*Гигроскопичность угля* довольно значительна и уменьшается съ возвышеніемъ температуры обугливанія. Такъ по опытамъ *Violitta* бурый древесный уголь, полученный изъ крушины при 280—300°, поглощаетъ около 8% воды, а уголь, полученный изъ того же дерева при болѣе высокой температурѣ всего около 2%. Кромѣ того гигроскопичность угля зависитъ повидимому отъ породы и части дерева, изъ которой онъ полученъ, какъ показываютъ изслѣдованія *Berga*. Въ черномъ углѣ, пролежавшемъ на воздухѣ, принимаютъ обыкновенно около 14% влаги.

Увеличеніе вѣса древеснаго угля при лежаніи его на воздухѣ опредѣляли *Allen* и *Pepys* <sup>1)</sup>, *Wortisch* <sup>2)</sup>, и всего обстоятельнѣе *Nau* <sup>3)</sup> и *Berg* <sup>4)</sup>.

По *Nau*, угли, полученные изъ различныхъ породъ дерева, поглощаютъ при лежаніи на воздухѣ слѣдующія количества воды (и газовъ?):

<sup>1)</sup> Knapp, Lehrbuch I, 231.

<sup>2)</sup> Knapp, Lehrbuch I, 231.

<sup>3)</sup> Karsten, Metallurgie III, 42.

<sup>4)</sup> Berg, Verkohlung des Holzes, p. 61.

Порода дерева, изъ которой получ. уголь.	Поглощеніе въ %.	Порода дерева, изъ которой получ. уголь.	Поглощеніе въ %.
Acer campestre . . . . .	5,50	Prunus avium. . . . .	8,00
„ pseudo-platanus . . . . .	4,80	Populus italica . . . . .	8,50
„ platanoides . . . . .	3,79	„ nigra . . . . .	16,30
Aesculus hippocastanum . . . . .	6,06	Platanus orientalis . . . . .	16,30
Betula alba. . . . .	4,40	Pinus picea . . . . .	5,14
„ alnus . . . . .	7,93	„ sylvestris . . . . .	8,20
Carpinus Betulus. . . . .	0,80	„ abies . . . . .	8,90
Crataegus oxyacantha . . . . .	3,00	„ larix. . . . .	4,50
Corylus avellana . . . . .	5,26	„ strobus. . . . .	5,16
Cornus mascula . . . . .	1,60	Quercus robur. . . . .	4,28
Evonymus europaeus . . . . .	10,20	Rhamnus frangula . . . . .	3,57
Fagus castanea . . . . .	1,70	Robinia pseudo-acacia . . . . .	8,20
„ sylvatica . . . . .	5,30	Spiraea opulifolium . . . . .	4,20
Fraxinus excelsior . . . . .	4,06	Syringa vulgaris . . . . .	10,40
Gleditschia triacanthos . . . . .	10,20	Salix alba . . . . .	8,20
Hedera helix . . . . .	2,20	Sambucus nigra . . . . .	6,50
Juglans regia . . . . .	0,90	Taxus boeocata . . . . .	10,20
Juniperus communis . . . . .	1,80	Ulmus campestris . . . . .	6,60
Ligustrum vulgare . . . . .	8,30	Viburnum opulus . . . . .	6,38
Morus alba . . . . .	7,00	Среднее . . . . .	6,28

*Беръ* изслѣдовалъ этотъ вопросъ болѣе обстоятельно, опредѣливъ гигроскопичность угля не только для различныхъ породъ дерева, но и для одной и той же породы, въ зависимости отъ мѣста произрастанія, возраста и части дерева, изъ которой былъ полученъ уголь. Для опыта уголь приготовлялся въ ретортахъ и взвѣшивался тотчасъ послѣ обугливанія, а затѣмъ послѣ болѣе или менѣе продолжительнаго лежанія на воздухѣ.

Вотъ числа, полученныя *Бертолемъ*.

Дерево, служив. для получ. угля.	Возрастъ де- рева въ го- дахъ.	Высота мѣста надъ уровнемъ нѣмецк. моря въ париж. фу- тахъ.	Увеличеніе вѣса угля при лежаніи на воздухѣ въ теченіи	
			24 часовъ	3 недѣль въ процентахъ.
<i>I. Сивъссрубленое дерево.</i>				
Пихта. Корень . . . . .	85	730	3,43	7,38
„ Стволъ . . . . .	—	—	9,38	11,13
„ Верхушка . . . . .	—	—	6,21	12,09
„ Корень . . . . .	40	—	4,81	9,85
„ Стволъ . . . . .	—	—	4,79	11,52
„ Верхушка . . . . .	—	—	5,06	12,13
„ Корень . . . . .	126	3000	6,49	9,99

Дерево, служив. для получ. угля.	Возрастъ де- рева въ го- дахъ.	Высота мѣста надъ уровнемъ измѣнч. моря въ париж. фу- тахъ.	Увеличеніе веса угля при лежаніи на воздухѣ въ теченіи	
			24 часовъ	3 недѣль въ процентахъ.
<i>I. Сибирскія деревья.</i>				
<i>(Продолженіе).</i>				
Пихта, стволъ . . . . .	—	—	2,84	4,71
„ стволъ . . . . .	—	2800	6,21	11,49
Листьяница, корень . . . . .	78	750	1,09	8,17
„ стволъ . . . . .	—	—	4,82	7,23
„ „ . . . . .	—	—	3,74	10,16
„ верхушка . . . . .	—	—	2,84	10,22
Букъ, стволъ . . . . .	60	1100	5,13	11,43
„ корень . . . . .	—	—	4,25	12,55
„ верхушка . . . . .	—	—	5,90	9,99
Ольха, корень . . . . .	65	800	3,38	10,46
„ стволъ . . . . .	—	—	2,59	8,55
„ верхушка . . . . .	—	—	7,00	10,58
<i>II. Дерево, высушенное въ печи.</i>				
Пихта, корень . . . . .	85	750	3,76	9,77
„ стволъ . . . . .	—	—	5,65	10,03
„ верхушка . . . . .	85	—	3,94	11,64
„ „ . . . . .	40	—	6,26	12,39
Листьяница, корень . . . . .	78	750	3,59	13,47
„ стволъ . . . . .	—	—	3,79	—
„ верхушка . . . . .	—	—	4,93	7,71
Ольха, корень . . . . .	65	800	3,90	11,08
„ стволъ . . . . .	—	—	7,50	—
„ верхушка . . . . .	—	—	6,93	10,64
Пихта, стволъ . . . . .	126	3000	6,23	10,67
„ корень . . . . .	—	—	5,25	10,50
„ верхушка . . . . .	—	—	5,86	10,35
„ корень . . . . .	58	1100	3,96	7,43
Пихта, верхушка . . . . .	—	—	4,46	10,40
„ кругляки . . . . .	25	2600	4,41	11,13
„ корень . . . . .	—	—	4,92	10,02
„ стволъ . . . . .	126	2800	4,63	10,33
„ „ . . . . .	120	3500	8,93	10,68
„ „ . . . . .	—	—	7,02	12,57
Букъ, стволъ . . . . .	100	2800	5,69	9,72
„ корень . . . . .	110	—	4,26	10,32
„ верхушка . . . . .	—	—	4,76	8,69
„ стволъ . . . . .	55	1100	3,29	7,78
„ корень . . . . .	60	—	3,72	8,60
„ „ . . . . .	—	—	3,64	8,47
„ верхушка . . . . .	—	—	6,84	12,53
Ольха, стволъ . . . . .	27	1400	7,38	10,04
„ корень . . . . .	—	—	5,89	8,60
„ верхушка . . . . .	—	—	7,64	12,89

Поглощеніе древесными углями воды, при погруженіи ихъ въ эту послѣднюю, было изслѣдовано *Klein*'омъ (*Verkohlung des Holzes*, 1836). Погружалъ различ. виды угля въ воду на 5—8 минутъ, очъ нашелъ, что 100 ч. сухаго угля поглощаютъ:

Порода дерева, изъ которой былъ полученъ уголь.	Уголь изъ	
	свѣжаго	сухаго
	дерева.	
	Проц.	Проц.
Липовица . . . . .	24,45	25,26
Сосна . . . . .	19,29	25,63
Пихта . . . . .	30,61	27,85
” . . . . .	25,26	23,83
Ольха . . . . .	28,26	30,91
Тополь . . . . .	37,92	46,51
Осица . . . . .	20,05	37,74
Букъ . . . . .	34,27	32,71
Береза . . . . .	24,71	21,16
Кленъ . . . . .	28,69	24,95
Средн. . . . .	27,02	28,83

Опыты эти были затѣмъ дополнены въ лабораторіи *Berg*'а <sup>1)</sup>, причемъ угли погружались въ воду на определенное время, обознач. въ таблицѣ. Употребляемые угли были старые, сохранявшіеся въ сухомъ помѣщеніи и полученные облущиваніемъ дерева въ ручахъ.

Порода дерева, изъ котораго полученъ уголь.	100 ч. угля поглотили воды				Угли въ теченіи 192 час. поглот. воды.	Изъ колич. поглот. воды, угли потеряли слѣд. колич. воды въ граммахъ при лежаніи въ неотапл. помѣщеніи въ теченіи			
	въ процентахъ послѣ					Грамм.	8 дней.	16 дн.	24 дн. (Зимой).
	16 м.	14 час.	40 час.	19 ч.					
Груша . . . . .	8,32	20,39	33,98	65,84	7,75	5,67	7,58	7,74	
Сосна . . . . .	10,93	18,69	30,87	58,47	36,53	26,25	33,32	35,23	
Пихта . . . . .	12,21	25,22	35,18	60,67	23,45	12,10	18,87	20,86	
Ольха . . . . .	14,06	40,02	56,34	89,77	35,10	17,80	32,66	34,66	
” . . . . .	15,92	25,11	30,15	48,79	37,71	27,41	34,75	36,72	
Береза . . . . .	23,55	51,93	81,22	136,66	37,42	20,65	33,03	36,03	
Осица . . . . .	27,99	70,35	84,69	108,91	45,33	27,18	42,59	45,04	
Ель . . . . .	33,64	48,44	65,77	120,11	77,36	36,75	57,19	65,45	

Увеличеніе вѣса древеснаго угля при лежаніи его на воздухѣ обусловливается не исключительно поглощеніемъ воды, но и с о б ѣ н н о с т ь ю у г л я с л у ж а т ь н а с в о е й п о в е р х н о с т и г а з о о б р а з н ы м т ѣ л а м . Количество газомъ,

<sup>1)</sup> Berg, *Verkohlung des Holzes*, 60.

поглощаемых углемъ, очень различно и зависитъ отъ свойствъ угля, температуры, давленія и свойствъ самаго газа. Чѣмъ поры угля мельче, чѣмъ онъ суше, чѣмъ выше давленіе и чѣмъ ниже температура, тѣмъ большее количество газа въ состояніи поглотить уголь. Поглощеніе также очень различно для различныхъ газовъ, такъ по изслѣдованіямъ *Saussure* 1 об. буксового угля поглощаетъ 90 об. амміака, 35 об. углекислоты, 9,25 кислорода, 7,5 азота и всего 2 об. водорода. Газы, разъ поглощенные углемъ, не выделяются вполне изъ угля въ разрѣженномъ пространствѣ (*Jamin* и *Bertrand*, 1853), а при нагреваніи выделяется смѣсь газовъ отличная отъ первоначально поглощенной газовой смѣси.

Поглощеніе газовъ древеснымъ углемъ и другими порозными тѣлами было всего тщательнѣе изслѣдовано *Saussure*'омъ (1814) и, въ новѣйшее время, *Hunter*'омъ (1865—1872), который кромѣ того опредѣлялъ поглощающую способность древеснаго угля для паровъ различныхъ жидкостей. По изслѣдованіямъ *Saussure*'а одинъ объемъ буксового угля при темпер. 11—13° и давленіи 724 м.м. поглощаетъ:

Амміака . . . . .	90,00 об.	Углекислоты . . . . .	35,00 об.
Хлористаго водорода . . . . .	85,00 „	Окиси углерода . . . . .	9,40 „
Сѣрнистой кислоты (SO <sub>2</sub> ) . . . . .	65,00 „	Кислорода . . . . .	9,25 „
Сѣрнистаго водорода . . . . .	55,00 „	Азота . . . . .	7,50 „
Зависн азота . . . . .	40,00 „	Водорода . . . . .	1,75 „
		Этилена . . . . .	35,00 „

По изслѣдованіямъ *Hunter*'а одинъ объемъ коксового угля поглощаетъ при обыкновенной температурѣ слѣд. число объемовъ газовъ (при 0° и 760 м.м.):

Амміакъ . . . . .	171,7	Зависн азота . . . . .	70,50
Цианъ . . . . .	107,5	Фосфорист. водородъ . . . . .	69,1
Окись азота . . . . .	80,3	Углекислота . . . . .	67,7
Хлористый метилъ . . . . .	76,4	Окись углерода . . . . .	21,2
Метил. эопръ . . . . .	76,2	Кислородъ . . . . .	17,9.
Маслородный газъ . . . . .	74,7.		

Присутствіе кислорода въ углѣ увеличиваетъ поглощеніе водорода, а присутствіе этого послѣдняго—поглощеніе азота. Въ большей-же части случаевъ, уголь, равно какъ и другія порозныя тѣла, поглощаютъ изъ газовой смѣси меньшее количество отдѣльныхъ составныхъ частей, чѣмъ при помѣщеніи угля въ соответственные газы отдѣльно взятые, при томъ же давленіи и температурѣ.

По изслѣдованіямъ *Smith*'а (1863), уголь поглощаетъ изъ воздуха не только болѣе кислорода, чѣмъ азота, но въ теченіи нѣкотораго времени онъ поглощаетъ только одинъ кислородъ, безъ одновременнаго поглощенія азота. Точно также изъ смѣси кислорода и водорода, уголь поглощаетъ сначала только одинъ кислородъ. Уголь, насыщенный кислородомъ, при помѣщеніи его въ атмосферу азота обмѣнивается, однако, часть кислорода на азотъ; уголь, насыщенный азотомъ, помѣщенный въ другіе газы, отдаетъ имъ часть своего азота, вслѣдствіе чего первоначальный объемъ газовъ увеличивается.

Кромѣ того по мнѣнію *Smith*'а (1879), существуетъ извѣстная зависимость между коэффициентомъ поглощенія газовъ углемъ и ихъ удѣльнымъ вѣсомъ и вѣсомъ молекулы.

Какъ было сказано выше, поглощающая способность угля влѣивается съ влажностью угля и съ температурой и давленіемъ, при которыхъ происходитъ поглощеніе.

По изслѣдованіямъ *Saussure'a* 1 объемъ бурсоваго угля поглощаетъ

	Въ сухомъ		Въ влажномъ
	состояніи.		
Углекислота . . . . .	33,00 об.		17,00 об.
Азота . . . . .	7,50 "		6,50 "
Кислорода . . . . .	9,25 "		3,25 "

Вліяніе давленія и температуры на поглощеніе газомъ углемъ было опредѣлено *Hunter'омъ* и представлено въ нижеслѣдующихъ таблицахъ.

Вліяніе давленія на поглощеніе кокосовымъ углемъ газомъ.

Аммиакъ.		Углекислота.		Цианъ.	
Объемъ.	Давленіе.	Объемъ.	Давленіе.	Объемъ.	Давленіе.
	м. м.				
170,7	760,0	73,2	760,0	107,5	760,0
174,3	1104,3	84,0	927,9	107,7	1169,6
176,0	1178,0	85,5	1014,6	110,3	1291,2
178,2	1269,2	87,3	1100,2	112,0	1628,8
180,8	1369,5	91,6	1412,8	115,4	1873,4
183,5	1486,5	95,5	1625,6	121,0	2201,7
188,7	1795,1	100,4	1912,9	124,9	2678,2
197,7	2002,6	108,0	2324,1	—	—
209,8	2608,5	113,0	2960,2	—	—
—	—	132,4	3793,2	—	—

Вліяніе температуры на поглощеніе кокосовымъ углемъ газомъ.

Температура.	Аммиакъ.	Цианъ.	Температура.	Аммиакъ.	Цианъ.
0	175,7	113,7	50	69,0	96,2
10	163,8	109,6	60	88,1	92,1
20	148,6	107,0	70	82,6	88,2
30	131,9	103,7	75	—	86,7
40	114,1	99,2			

Газы, разъ поглощенные углемъ, неизмѣнъ выдѣляются вновь при нагреваніи, и поглощающаяся при этомъ смѣсь газомъ имѣетъ другой составъ, чѣмъ первоначально поглощенная. Такъ, по изслѣдованіямъ *Bluntritt'a*, произведеннымъ подъ руководствомъ *Reichardt'a* (1866), древесные угли, долго пролежавшіе на воздухѣ, выдѣляютъ при нагреваніи ихъ до 140° слѣдующія количества газомъ:

	Кол-во газомъ.		100 об. газомой смѣси содержани.			
	Изъ 100 грам. угля въ куб. с.	Изъ 100 об. угля въ об.	N	O	CO <sup>2</sup>	CO
Сосновыи уголь . . . . .	164,21	—	100,00	0	0	0
Уголь изъ <i>Populus pyramidalis</i> . . . . .	466,95	195,4	83,60	0	16,50	0
„ „ <i>Fraxinus excelsior</i> . . . . .	437,00	159,0	76,03	14,87	9,10	0
„ „ <i>Alnus glutinosa</i> . . . . .	287,07	109,9	88,27	0	5,42	6,31

По исследованиям *Skey* (1867) раскаленный уголь не лишается всех газов, а выделяет при погружении под воду  $3\frac{1}{2}$  объема азота.

Древесный уголь поглощает пары жидкостей быстро, чем газы и самое поглощение заканчивается обыкновенно уже послѣ часа. Вотъ некоторые числа изъ большого числа опредѣлений, произведенныхъ *Hunter*'омъ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ V обозначаетъ объемъ паровъ жидкостей, поглощенныхъ 1 объемомъ коксового угля, T температура, а P давленіе, при которыхъ происходило поглощеніе.

	V.	T.	P.		V.	T.	P.
Вода . . . . .	43,8	127,5	629,1	Этиловый спиртъ . .	110,8	126,5	664,6
„ . . . . .	23,7	158,8	692,3	„ . . . . .	141,1	100,0	653,8
Двуэфир. углеродъ .	91,2	157,8	658,1	„ . . . . .	145,8	89,5	707,2
„ . . . . .	117,2	100,0	671,0	Бензолъ . . . . .	58,7	129,0	660,6
Древесн. спиртъ . .	60,5	158,8	685,0	Эфиръ . . . . .	54,3	159,0	686,6
„ . . . . .	126,6	127,7	681,3	„ . . . . .	68,3	127,8	664,4
„ . . . . .	150,7	100,0	663,5	„ . . . . .	87,0	100,0	618,1
„ . . . . .	153,4	90,6	707,6	Хлороформъ . . . .	20,8	158,6	657,5
Амилловый спиртъ .	27,8	159,1	688,9	„ . . . . .	29,5	100,00	646,7
Этиловый спиртъ . .	81,4	158,7	665,2	Уксусная кислота .	83,1	158,7	684,4

Благодаря способности древеснаго угля сгущать въ своихъ порахъ газы и пары жидкостей, онъ содержитъ довольно значительное количество газовъ даже немедленно послѣ своего приготовленія. Этимъ же свойствомъ угля слѣдуетъ объяснять его самовозгораніе, которое неоднократно было наблюдаемо на пороховыхъ заводахъ, при сохраненіи мелко истолченнаго древеснаго угля или въ кучахъ, или въ бочкахъ неплотно закупоренныхъ. Самовозгораніе угля происходитъ вслѣдствіе того, что измельченный уголь быстро поглощаетъ кислородъ воздуха, причемъ выделяется значительное количество тепла, могущее возвысить температуру угля до воспламененія. Явленіе это происходитъ чаще при измельченіи свѣжеприготовленнаго угля, чѣмъ угля нѣкоторое время пролежавшаго на воздухѣ.

*Aubert* (1831) и *Hadfield* (1833), первые рядомъ опытовъ доказали нагрѣваніе и воспламененіе древеснаго угля, причемъ *Aubert* доказалъ, что это возвышеніе температуры обусловливается поглощеніемъ кислорода. Это мнѣніе было подтверждено *Hargreaves*'омъ (1874), который показалъ кромѣ того, что измельчая древесный уголь черезъ 24 часа послѣ его полученія и помѣщая его затѣмъ для охлажденія въ открытые сосуды, температура его постепенно возвышается и спустя 36 часовъ уголь воспламеняется. Измельчая же уголь 3 дня послѣ его приготовленія; повышеніе температуры не происходитъ.

*Dacies* (1833), приписываетъ способность свѣжеприготовленнаго угля поглощать кислородъ и самопроизвольно воспламеняться присутствію въ углѣ металлическаго калія (вслѣд. восстановленія углекислой соли, содержащейся въ золаѣ дерева), что едвали вѣроятно.

При нагрѣваніи древеснаго угля въ струѣ воздуха при температурѣ 105°, онъ, подобно каменному, окисляется увеличиваясь въ вѣсѣ на 29%.

Подобное же окисление древеснаго угля происходит при дѣйствіи на него слабыхъ окислителей, напр. солей окиси желѣза (Richters, 1869).

При болѣе сильномъ нагреваніи на воздухѣ древесный уголь воспламеняется, причемъ температура воспламененія, судя по опытамъ *Violetta*, колеблется между 360—1250° и зависитъ отъ температуры обугливанія; чѣмъ эта температура была выше, тѣмъ выше и температура воспламененія.

*Violette* (1853) далъ слѣдующія числа для температуръ воспламененія древеснаго угля:

Температура обугливанія.	Температура воспламененія.
300°	350—380°
260—280°	340—360°
290—350°	360—370°
432°	400°
1000—1500°	600—800°
Температ. плава. платины.	1250°.

При нагреваніи угля въ закрытыхъ сосудахъ безъ доступа воздуха онъ выдѣляетъ смѣсь газообразныхъ продуктовъ, состоящихъ изъ углекислоты, окиси углерода, водорода и углеродистыхъ водородовъ.

По *Bunsen*'у и *Playfair*'у (1846) составъ газовъ, образующихся при прокалываніи древеснаго угля безъ доступа воздуха, слѣдующій:

Названіе угля.	100 об. газа содержатъ.			
	CO <sub>2</sub>	CO	H	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Хорошо обожженный букочный уголь.	23,65	15,96	43,39	11,00
„ „ сосновыи уголь.	15,96	13,62	50,10	20,32
„ „ дубовый уголь.	19,58	20,57	39,10	20,75
Неполно обожженный букочный уголь.	35,36	14,41	29,45	14,41

Эти данныя даютъ намъ право заключить, что древесный уголь, подобно каменному, состоитъ изъ смѣси органическихъ соединений богатыхъ углеродомъ и бѣдныхъ водородомъ и кислородомъ, хотя ближайшій составъ части древеснаго угля совершенно еще неизслѣдованы.

По *Millon*'у (1860) древесный уголь, полученный при 320°, превращается подъ вліяніемъ щелочей и воздуха въ тѣло, имѣющее свойство кислоты и принадлежащее къ группѣ гуминовыхъ соединений.

Древесный уголь, кромѣ какъ топливо въ металлургіи, употребляется для приготовления пороха, факель и т. д. и, благодаря своей способности поглощать различныя газообразныя, жидкія и твердыя тѣла (изъ растворовъ), для дезинфекціи (*Stenhouse*, 1854—55), обезцвѣчиванія, обезивушиванія спирта, для очищенія воды, для стущенія газовъ (*Melsens*, 1873), для извлеченія изъ растворовъ жирныхъ веществъ и органическихъ щелочей (при анализѣ молока и пива), для окисленія нѣкоторыхъ органическихъ веществъ



(напр. спирта въ уксусную кислоту, Calvert, 1867; Pfund, 1874) и т. д. Объ этихъ разнообразныхъ примѣненіяхъ угля будетъ сказано въ своемъ мѣстѣ.

При употребленіи древеснаго угля для металлургическихъ цѣлей его иногда передъ употребленіемъ *высушиваютъ*. Такъ на заводахъ Делакарліи (Швеція) сырой древесный уголь высушиваютъ въ камерахъ въ 90 м. длинной, въ 3 м. вышиною и въ 2,1 м. шириной, помощью воздуха, вгоняемаго съ одной стороны вентиляторомъ въ 1,2 м. въ діаметрѣ и высасываемаго съ другой вентиляторомъ въ 1,3 м. Число оборотовъ того и другого 800 въ минуту. Воздухъ поступаетъ въ камеру нѣсколько нагрѣтый, такъ-какъ онъ проходитъ отъ верхняго вентилятора въ нижній по каналамъ, расположеннымъ надъ ретортами для отливки чугуна и надъ остывающими шлаками (Горн. Ж. 1876).

Для уменьшенія потери угля (въ видѣ мелочи и угольной пыли) при перевозкѣ и при измѣреніи его, Wittgenstein (1823) предлагаетъ связывать (при помощи палочекъ и проволоки) уголь въ пакеты объемомъ въ 1 куб. ф. (0,03 м.) и продавать уголь по вѣсу, а не по объему. Предложеніе это не получило прагматическаго примѣненія.

## Торфяной уголь.

### Л и т е р а т у р а.

Въ сочиненіяхъ Vogel'a, Hausding'a, Bosc'a, Birnbau'n'a, указанныхъ на стр. 30, торфяному углю посвящены отдѣльныя главы.

Первыя попытки обугливать торфъ, относятся къ началу шестнадцатаго столѣтія и уже въ 1735 г., по показанію Фогеля, на Гарцѣ обугливаніе торфа производилось въ большихъ размѣрахъ съ цѣлью примѣнить торфяной уголь въ металлургіи. При тогдашнихъ скудныхъ свѣдѣніяхъ о природѣ торфа и несовершенныхъ способахъ его обработки, получаемый торфяной уголь былъ, однако, мало пригоденъ для металлургическихъ операцій, отчасти вслѣдствіе рыхлости и ломкости, отчасти вслѣдствіе большаго содержанія золы. Когда же было познано, что для полученія доброкачественнаго торфянаго угля слѣдуетъ употреблять торфъ, содержащій возможно меньшее количество золы и когда были выработаны удобные способы для полученія однороднаго и плотнаго торфа (машинный торфъ), тогда стало возможнымъ получать торфяной уголь, пригодный для металлургическихъ цѣлей.

Способы, предложенные для полученія торфянаго угля, очень разнообразны и они въ общихъ чертахъ сходны съ способами, предложенными для обугливанія дерева.

Самый старый и простой способ обугливания торфа, есть обугливание *въ кострахъ*. При обугливаніи торфа въ кострахъ общій ходъ работы сходенъ съ обугливаніемъ дерева, только костры дѣлають обыкновенно меньшихъ размѣровъ и при постройкѣ ихъ оставляють каналы въ кострѣ для тяги, потому-что плитки торфа, имѣя правильную форму, дѣлають костеръ слишкомъ плотнымъ.

Въ большей части случаевъ костеръ строятъ на самомъ торфяникѣ, и для этой цѣли уравнивають токъ и окапываютъ его канавой для отвода воды. Въ серединѣ этого мѣста вбивають или колы, или устраивають зажигательный каналъ и поверхности тока даютъ слабый наклонъ къ окружности, чтобы облегчить стеканіе стужившейся воды и другихъ продуктовъ сухой перегонки. Если нѣтъ возможности вполне осушить токъ, то покрываютъ его кругляками въ 10 с. м. толщины, располагая ихъ одни возлѣ другихъ радіально отъ окружности къ центру, покрываютъ кругляки слоемъ угольного мусора или песка и образуютъ такимъ образомъ для костра прочныя и сухія подмости, которыя выдерживають нѣсколько обугливаній. Основаніе канала окружають прежде всего достаточнымъ количествомъ легко воспламеняемаго матеріала, какъ-то дерева, соломы, стружекъ и т. п. и затѣмъ приступають къ укладкѣ торфяныхъ кирпичей, образуя у подошвы кучи нѣсколько воздушныхъ каналовъ, идущихъ отъ центра къ окружности въ видѣ радіусовъ. Когда куча сложена, ее покрываютъ хворостомъ, кустаринками или дерномъ, образуя покрывку, имѣющую внизу толщину въ 30, а въ верху въ 15 с. м. Костеръ зажигають снизу черезъ воздушные каналы и когда огонь достаточно разгорѣлся, тогда закрываютъ воздушные каналы равно какъ и верхнюю до того непокрытую часть (чепецъ) и оставляють костеръ въ этомъ положеніи въ теченіи нѣсколькихъ часовъ, чтобы содержимое его могло бы равномерно нагрѣться (потеніе костра). Костеръ въ этотъ промежутокъ времени сильно осѣдаетъ и его поодняютъ, снимая часть покрывки, наполняя пустоту новымъ количествомъ торфа и возобновляя снова покрывку. Затѣмъ, пробивая отверстія (свищи) въ покрывкѣ, направляють огонь съ середины къ окружности костра, начиная съ подошвы къ вершинѣ. Когда обугливаніе кончено закрываютъ всѣ отверстія и даютъ костру остыть, при чемъ для ускоренія остыванія приходится покрывать его слоемъ влажной глины въ 15—20 с. м., постоянно замазывая образующіяся щели. Тушеніе торфянаго угля водою, какъ это дѣлають при полученіи древеснаго угля, въ большей части случаевъ невозможно, такъ-какъ и безъ того рыхлый торфяной уголь при этихъ условіяхъ разсыпается. Костры имѣють обыкновенно объемъ равный 80 куб. метрамъ и обугливаніе и остываніе костра продолжается отъ 10—14 дней.

Кромѣ въ круглыхъ кострахъ, обугливаніе торфа можно производить

въ 4-хъ угольныхъ, напоминающихъ лежаніе костры для обугливанія дерева. Кострамъ этимъ даютъ обыкновенно ширину около 2 м. и длину 15--20 м.

Въ Швеции и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ сѣверной Германіи обугливаніе торфа производятъ въ ямы, выложенныхъ кирпичемъ, поступаая при этомъ совершенно такъ, какъ при обугливаніи дерева. На днѣ ямы разводятъ огонь, зажигая дерево, затѣмъ постепенно бросываютъ въ яму торфяныя плитки до тѣхъ поръ, пока вся яма наполнится углемъ, который затѣмъ покрываютъ крышкой изъ земли, чтобы потушить огонь.

При обугливаніи торфа въ кострахъ получаютъ обыкновенно отъ 28—30% угля, а при употребленіи машиннаго торфа выручка можетъ быть доведена до 40%. Тѣмъ не менѣе обугливаніе торфа въ кострахъ очень затруднительно, а потому обугливаніе торфа предпочитаютъ производить въ печи, при употребленіи которыхъ хотя не увеличивается выручка угля, но значительно облегчается производство обугливанія. Кромѣ того доставка торфа къ центральной печи не требуетъ тѣхъ расходовъ, которые требуетъ доставка дровъ, такъ какъ торфъ встрѣчается въ видѣ залежей, содержащихъ на относительно небольшомъ пространствѣ, значительное количество торфа.

Число печей, предложенныхъ для обугливанія торфа, очень значительно, и онѣ по своему устройству вполнѣ сходны съ печами, предложенными для обугливанія дерева.

*Костровыя печи, отопляемая сожиганіемъ части обугливаемого материала*, были предложены для обугливанія торфа уже въ прошломъ столѣтіи (Lange, 1745) и извѣстны въ различныхъ видоизмѣненіяхъ.

Одна изъ самыхъ практическихъ печей этого рода есть *оберндорфская печь* въ Вюртембергѣ, представленная на фиг. 32, табл. XI. Она состоитъ изъ вертикальной цилиндрической камеры, сложенной изъ кирпича и покрытой сводомъ. Высота печи 2,823 м., діаметръ 1,726 м. (въ просвѣтѣ), а вмѣстимость 4000 куб. торфа. Въ верхней части свода находится отверстіе *i*, служащее для наполненія печи торфомъ и для регулированія тяги. Кирпичныя стѣнки печи двойныя и промежутки между стѣнками (*c*, *c*) выполнены дурными проводниками, чтобы предохранить печь отъ охлажденія. Въ нижней части печи находится второе отверстіе, служащее для нагрузки, зажигания и разгрузки печи; оно плотно закрывается желѣзною плитою *f* и пространство между *f* и *e* засыпается пескомъ, чтобы воспрепятствовать прониканію воздуха въ печь. Воздухъ впускается въ печь тремя рядами желѣзныхъ трубокъ *n*, *n*, которыя расположены въ соответственныхъ промежуткахъ по окружности печи и могутъ быть по произволу закрываемы и открываемы. При нагрузкѣ печи вводятъ первыя порціи торфа черезъ нижнее отверстіе *f*, укладывая торфъ старательно и оставляя въ немъ каналы

для надлежащаго притока воздуха. Нагрузку печи оканчиваютъ черезъ верхнее отверстіе *i*. Затѣмъ разводятъ огонь въ топкѣ *g* и когда торфъ загорится въ печи закрываютъ отверстіе *f* и трубки *n n* по мѣрѣ того какъ жаръ подымается къ верху. Когда изъ отверстія *i* перестанетъ выдѣляться дымъ, закрываютъ и это отверстіе и оставляютъ печь въ покоѣ. Обугливаніе оканчивается обыкновенно въ 48 часовъ, охлажденіе печи требуетъ 6—8 дней. Чтобы избѣжать этой остановки въ работѣ и увеличить производительность печи, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ устраиваютъ подъ печью кирпичный приѣмникъ, въ который отправляютъ раскаленный уголь послѣ обжиганія, открывая въ печи заслонку, закрытую во время обугливанія.

Къ той же системѣ печей относится печь *Lange* (1745), состоящая изъ высокаго желѣзнаго цилиндра; *Gottesgabe*'нская печь (1767) въ Богеміи, представляющая невысокую кирпичную шахтовую печь; печь *Chabeaussière*'а, (срав. стр. 226), предложенная *Albert*'омъ (1842), съ нѣкоторыми видоизмѣненіями для обугливанія торфа; печь *Bellfort*'а <sup>1)</sup> и наконецъ печь *Roger*'а, примененная въ *Dergymullen* въ Ирландіи и описанная *Gurlt*'омъ (1854). По системѣ *Roger*'а обугливаніе торфа производится въ маленькихъ передвижныхъ желѣзныхъ печахъ, выжигающихъ около 300 вло торфа, причѣмъ газы, выдѣляющіеся изъ этихъ печей, двигаясь по желѣзнымъ трубамъ, служатъ для предварительной сушки обугливаемого торфа. Выручка торф. угля достигаетъ 23—25%, торфяной уголь получается рыхлый и употребляется въ *Dergymullen* не какъ топливо, а какъ удобреніе послѣ предварительнаго измельченія въ порошокъ.

Печь Оберндорфская и ей подобныя доставляютъ довольно неоднородный продуктъ и значительное количество угольного муссора, такъ-какъ нижніе, уже обугленные слои торфа подвергаются довольно сильному давленію верхнележащихъ слоевъ торфа еще необугленного. Для устраненія этого недостатка были предложены костровыя печи, въ которыхъ зажатіе торфа происходитъ сверху, такъ-что нижніе слои обугливаются всего позже и подвергаются слѣдовательно незначительному давленію слоя торфа уже обугленного. Изъ печей подобнаго устройства большаго вниманія заслуживаетъ печь *Вагенманна* (*Wagenmann*), представленная на фиг. 33, табл. XI. Она состоитъ изъ шахты *A* въ 6 м. высоты, имѣющей форму опрокинутого и притупленного конуса. Степень суженія шахты зависитъ отъ обугливаемого матеріала; чѣмъ больше онъ уменьшается въ объемѣ при обугливаніи, тѣмъ суженіе должно быть значительнѣе и наоборотъ. Для торфа съ среднею осадкою избираютъ отношеніе какъ 5 къ 4. Внизу шахты находится ростъ *S* и немного выше его боковое отверстіе *K*, плотно закрывающееся и служащее для разгрузки печи. Подъ ростомъ находится пространство *B*, также конусообразно суженное и имѣющее въ высоту около 1,5 м. Внизу этого пространства помѣщена труба *R* для отвода изъ печи газовъ и смоль. Верхнее отверстіе печи закрыто подыравленной плитой *P*, отверстія ко-

<sup>1)</sup> Birnbaum, Torfindustrie, 1880, p. 221.

торой могутъ быть по произволу открываемы и закрываемы. Если желаютъ привести въ дѣйствиѣ такую печь, то шахту А наполняютъ торфомъ, поднимаемымъ при помощи подъемной машины О. Нижнее отверстіе печи К плотно закрываютъ и накладываютъ на торфъ сверху раскаленные угли. При помощи вентилятора, соединеннаго съ трубою R, протягиваютъ черезъ печь воздухъ, входящій въ печь черезъ продыравленную плиту Р и выходящій черезъ трубы R вмѣстѣ съ продуктами сухой перегонки. Горячіе газы готовятъ къ обугливанію нижніе слои торфа, которыя постепенно раскаляются. При такомъ ходѣ обугливанія и формѣ печи осадка обугливаемого матеріала происходитъ равномерно и образующійся торфяной уголь неподвергается ни сильному тренію и давленію, вслѣдствіе чего уменьшается и количество угольной мелочи и пыли. Коль скоро огонь достигнетъ нижней части печи, всѣ отверстія въ ней плотно закрываются и, когда огонь потухнетъ, печь разгружаютъ. Уголь получается въ большихъ кускахъ и выработка его доходитъ до 40%.

Къ печамъ того же типа относится печь *Hahnemann's*, известная уже въ концѣ прошлаго столѣтія и совершенно ей подобная желѣзная печь *Morcan père et fils*, представленная на парижскую выставку 1855.

Въ печи *Вагенманна* на обугливаніе идетъ цѣнный обугливаемый матеріалъ, который въ верхнихъ частяхъ печи сгораетъ почти вполне, вслѣдствіе значительнаго притока воздуха. Чтобы устранить это неудобство *Шенкъ* <sup>1)</sup> предложилъ примѣнить къ обугливанію торфа способъ, предложенный *Шварцомъ* для обугливанія дерева (см. стр. 228), а именно сжигать при недостаточномъ притока воздуха какой нибудь малоцѣнный матеріалъ въ газовомъ генераторѣ и протягивать образующіеся при этомъ продукты съ соответственнымъ количествомъ воздуха черезъ шахтовую печь. Печь эта имѣетъ тоже устройство, какъ и печь *Вагенманна*, только продыравленная плита Р замѣнена крышкою, черезъ которую проходитъ труба отъ генератора. При такомъ способѣ обугливанія легко избѣжать избытка воздуха въ печи и такимъ образомъ увеличить выходъ угля.

На томъ же началѣ устроены:

1) Печь *Crane*, состоящая изъ двухъ шахтовыхъ печей, изъ которыхъ въ одной торфъ сжигается воздухомъ, вдвваемымъ въ печь, въ другой происходитъ обугливаніе торфа газамъ, образующимся въ первой печи.

2) Печь *Maffei* и *Weber's* на стальтагскомъ торфяникѣ въ Баваріи. По описанію *Vogel's* (1859), печь эта (фиг. 34, табл. XI) состоитъ изъ цилиндра, сдѣланнаго изъ тонкаго листового желѣза и имѣющаго діаметръ 4,5 м., высоту 1,3 м. и вместимость 20 куб. м. Дно цилиндра сдѣлано изъ металлической сѣтки, покоющейся на желѣзныхъ прутьяхъ и кирпичныхъ устояхъ. Верхнее отверстіе цилиндра закрыто крышкою, которая подымается въ верхъ при помощи механическаго приспособленія. Боковыя стѣнки цилиндра окружены

<sup>1)</sup> *Schenck*. Die rationelle Torfwerverthung, Braunsch., 1862.

кожухомъ изъ кирпича. Стѣнки этого кожуха идутъ ниже дна цилиндра и образуютъ подъ нимъ цилиндрическую камеру въ 0,3 м. глубины. Рядомъ съ цилиндромъ помещается небольшой генераторъ (F), газы изъ котораго идутъ въ верхнюю часть цилиндра, наполненнаго обугливаемымъ торфомъ. Наблюденіе за ходомъ обугливанія и регулированіе типа производятъ открывая и закрывая отверстія s, находящіеся въ верхней части вертикальныхъ стѣнокъ цилиндра и имѣющихъ въ діаметрѣ 15 с. м. Продукты сухой перегонки направляются черезъ сѣчатое дно цилиндра въ нижнюю камеру, а оттуда они выкачиваются эксгаузеромъ черезъ трубу R. Огонь въ топкѣ поддерживаютъ 24 часа, послѣ чего обугливаніе окончено и печи даютъ охладиться. Наполненіе печи производятъ два человѣка въ теченіи дня, разгрузка требуетъ полъ дня. Выручка угля 50% по вѣсу и 76% по объему. Торфяной уголь, въ Стальтагѣ очень крѣпкій и плотный (у. в. 0,24—0,38), такъ-какъ получается изъ прессованнаго торфа.

3) Печь *Hall'a и Bainbridge'a* (1875) состоитъ изъ вертикальнаго желѣзнаго цилиндра, черезъ который дымогарные газы пропускаются сверху внизъ. Дымогарные газы образуются въ особенной печи и идутъ сначала въ вертикально стоящую (распределительную) трубу, а затѣмъ въ печь, наполненную торфомъ. Вокругъ вертикальной трубы помещено по 4 печи, изъ которыхъ каждая можетъ работать самостоятельно, и при помощи вентилей и задвижекъ уединена отъ центральной трубы. Продукты сухой перегонки торфа уходятъ выѣсть съ избыткомъ воздуха около пода печи въ дымовую трубу. Каждая печь вмѣщаетъ 6 тоннъ торфа и даетъ въ 12 часовъ 1 тону угля.

4) *Beta* (1874) предлагаетъ обугливать торфъ въ циркулярныхъ печахъ Гофманна, нагревая ихъ газамъ, образующимися въ сосѣднихъ печахъ. Выручка отъ 41 до 42%.

Чтобы увеличить количество и качество угля и облегчить собираніе летучихъ продуктовъ сухой перегонки, было предложено производить обугливаніе торфа въ закрытыхъ желѣзныхъ или кирпичныхъ камерахъ или ретортахъ, нагреваемыхъ извнѣ. Попытки этого рода, производящіяся уже съ прошлаго столѣтія, не увѣчались, однако, успѣхомъ. Только при исключительныхъ условіяхъ, а именно при высокихъ цѣнахъ на древесный уголь и коксъ, этотъ способъ обугливанія можетъ имѣть примѣненіе, такъ-какъ расходы по приготовленію ретортнаго угля, а въ особенности расходы на топливо (33% обугливаемого количества) очень велики и масло и парафинъ, извлекаемые изъ продуктовъ сухой перегонки торфа, только съ трудомъ могутъ выдерживать конкуренцію тѣхъ же продуктовъ, получаемыхъ изъ нефти и буроугольнаго дегтя.

Лучшими представителями такого рода печей могутъ служить печи *Юнгста, Лоттманна и Теніуса*.

Печь *Юнгста* (*Jüngst*), описанная *Рюльманномъ* (*Rühlmann*, 1865), примѣнена въ Лингенѣ въ Ганноверѣ и представлена на фиг. 35, табл. XII. Пространство для обугливанія (реторта) A имѣетъ высоту 5 м., ширину внизу 3 м., а вверху 1,5 м. въ просвѣтѣ. Отверстія для топокъ a и роста имѣютъ около 52 с. м. ширины и 60 с. м. высоты, причемъ поверхность роста равна 0,1 кв. м. Отверстія для разгрузки печи b имѣютъ ширину 0,6 м. и высоту 0,9 м. Пространство между кожухомъ печи и ретортою

имѣеть ширину 0,5 м. Стѣнки кожуха сложены въ  $1\frac{1}{2}$ , а стѣнки реторты въ  $\frac{1}{2}$  кирпича. Газы изъ топокъ обходятъ реторты и выходятъ изъ печи черезъ отверстія с. Въ конусообразномъ днѣ реторты находится отверстие і для отвода продуктовъ сухой перегонки. Двѣнадцать подобныхъ ретортъ устанавливаютъ въ рядъ, причемъ каждыя 3 отдѣлены отъ остальныхъ стѣнкою d. При нагрузкѣ ретортъ дѣлаютъ надъ отверстиемъ і рядъ свода изъ торфяныхъ плитокъ и затѣмъ наполняютъ всю реторту торфомъ сверху, закрываютъ плотно верхнее отверстие и отверстія для разгрузки b и разводятъ въ топкѣ огонь, сначала (въ теченіе 24 ч.) слабый, а затѣмъ, въ теченіи 60 часовъ, сильный. Во время нагреванія наблюдаютъ за продуктами сухой перегонки, выделяющимися изъ отверстия і. Пока продукты эти состоятъ главнымъ образомъ изъ воды, продолжаютъ нагреваніе, когда же продукты сухой перегонки принимаютъ смолистый запахъ закладываютъ отверстия топокъ и всѣ отдушины. Спустя 48—50 часовъ можно приступить къ разгрузкѣ печи. Каждая печь вмѣщаетъ въ себѣ отъ 2800—3000 торфяныхъ плитокъ и даетъ около 1150 кило угля, при расходѣ топлива отъ 25 до 30% съ обугливаемого количества торфа и при вырुकѣ угля для легкаго торфа 40%, а для тяжелаго 60% по вѣсу.

*Печь Лоттманна (Lottmann, 1873),* примѣленная на чугуно-плавильномъ заводѣ въ Jozephsthal'ѣ (Богемія), представлена на фиг. 36, табл. XII. Она состоитъ изъ камеры, имѣющей яйцевидное сѣченіе и покрытой сводомъ. Поперечникъ болѣе широкой части равенъ 2,8 м., а болѣе узкой 2,3 м. Настоящая реторта образуется стѣнкою h, которая въ верхней своей части сливается съ кожухомъ. Нагреваніе печи производится какъ при помощи средней топки с, такъ и двухъ боковыхъ і і. Газы изъ топки с не прямо идутъ по каналу d въ трубу, но проходятъ сначала по трубамъ p p, отдавая свою теплоту обугливаемому торфу. Газы изъ боковыхъ топокъ і і обхватываютъ тонкія стѣнки реторты, проходя по каналу n, и уходятъ въ трубу черезъ отверстія k k. Нагрузка печи, вмѣщающей около 20 куб. м. торфа, происходитъ черезъ дверцы t и отверстія о о. Коль скоро нагрузка кончена, приступаютъ къ постепенному нагреванію реторты, причемъ продукты сухой перегонки отводятся черезъ двѣ трубы w (діаметръ 20 с. м.) къ холодильнику. Послѣ 6—8 часоваго нагреванія въ камеру вбрасываютъ новое количество торфа, повторяя эту операцію нѣсколько разъ, причемъ въ печь вводятъ еще 5 куб. м. торфа, такъ-что все количество торфа, обугливаемого въ одинъ приемъ будетъ около 25 куб. метр. Нагреваніе продолжаютъ 50—60 часовъ, послѣ чего открываютъ отдушники въ кожухѣ печи и охлаждають ее токомъ воздуха, направляющемся между стѣнками реторты и кожуха въ дымовую трубу. Охлажденіе печи продолжается около 3 дней.

Выручка угля равна 30—40%; на отопление идет около 45% обугливаемого торфа.


Къ тому же типу печей относятся:

- 1) *Шведская кожуховая печь*, представляющая прототипъ печи *Jüngstâ*.
- 2) *Ostfriesland'sкая печь*, имѣющая большое сходство съ печью *Lottmann'a*.
- 3) *Французская печь*, описанная *Angerstein'омъ* (1855), состоящая изъ 4-хъ муфель-образныхъ камеръ (длина 2,51 м., ширина и высота 1,26 м.), изъ которыхъ каждая дѣлится нагрѣвается одною тонкою, причемъ обѣ тонки имѣютъ общую трубу, помещенную въ центрѣ печи. Продукты сухой перегонки отводятся изъ камеръ при помощи желѣзныхъ трубъ къ тонкамъ, гдѣ и сжигаются.

4) *Печь въ Crony-sur l'Ouercq* около *Meaux*, описанная въ 1829 г. Она состоитъ изъ вертикальной реторты, сложенной изъ кирпича и окруженной дымовыми ходами, по которымъ циркулируютъ газы, образующіеся при сжиганіи топлива (торфа же) въ отдѣльной топкѣ. Выручка угля 30—35%; на обугливаніе 100 ч. торфа употребляютъ 28 ч. торфа же, какъ топлива.

*Печь Тениуса (Thenius, 1863)*. Въ этой печи, примѣненной въ Ламбрехтсгаузенѣ (около Зальцбурга), обугливаніе торфа производятъ въ горизонтальныхъ желѣзныхъ ретортахъ, нагрѣваемыхъ снаружи. Торфъ передъ обугливаніемъ высушивается струею нагрѣтаго воздуха въ особенной камерѣ, и затѣмъ поступаетъ въ помещеніе, въ которомъ установлено въ два ряда 12 печей изъ которыхъ въ каждой помещено отъ 3—5 ретортъ. Реторты эти, сдѣланы изъ кованаго желѣза и имѣютъ форму, представленную на фиг. 37, табл. XII. Онѣ имѣютъ въ длину 2,2 м., въ ширину 0,93, а въ высоту 0,3 м. Реторты вмазываютъ въ печь горизонтально и такимъ образомъ, что онѣ обхватываются по всей длинѣ дымогарными газами. Передняя часть ретортъ закрывается плотно желѣзною крышкою *D*, задняя — снабжена вертикально стоящею трубою *R*, служащею для отвода продуктовъ сухой перегонки. Въ этой трубѣ находится заслонка *S* для прегражденія доступа воздуха въ реторту при ея разгрузкѣ. Внутри реторты помещена продырявленная перегородка *E*, чтобы воспрепятствовать засоренію трубы *R*. Въ реторту помещаютъ за разъ 75 кило торфа, содержащаго не болѣе 15% гигроскопической воды. Послѣ окончанія обугливанія закрываютъ заслонку *S*, открываютъ крышку *D*, зажигаютъ газы, находящіеся въ ретортѣ, выгребаютъ уголь въ желѣзные цилиндры, снабженные крышками, и наполняютъ вновь реторту. При краснокалильномъ жарѣ, нагрѣваніе продолжается около 3 часовъ и на отапливаніе печи идетъ приблизительно  $\frac{1}{3}$  количества переугливаемого торфа. Выручка угля—40%.

Къ тому же роду печей относятся:

- 1) *Печь Green'a* (1849)—обыкновенная ретортная печь; форма ретортъ имѣетъ видъ . Обугливаемый торфъ предварительно высушивается нагрѣтымъ воздухомъ.
- 2) *Печь Dreyon, Desbordès и Boudon* (1838). Вертикально стоящія реторты, нижняя часть которыхъ сдѣлана изъ желѣза, верхняя изъ кирпича. Реторты эти помещены въ



железную печь и отапливаются отдельною топкою. Торфъ помѣщается въ реторты сверху и постепенно вынимается снизу.

3) *Wolfensberg'sкая печь въ Цюрихѣ* <sup>1)</sup>. Въ нагревательномъ пространствѣ пламенной печи помѣщена наклонно чугунная плита, на которой укладываютъ лежа 12 цилиндровъ, сдѣланныхъ изъ железныхъ листовъ и наполненныхъ торфомъ. Крышки цилиндровъ снабжены отверстіями для выхода летучихъ продуктовъ сухой перегонки въ нагревательное пространство. Газы изъ отдельной топки нагреваютъ сначала нижнюю поверхность железной плиты, на которой помѣщены реторты, а затѣмъ направляются надъ поверхностью этихъ послѣднихъ и идутъ въ дымовую трубу. Цилиндры, наполненные торфомъ, помѣщаются въ печь со стороны противоположной топкѣ и, скатываясь по чугунной плитѣ къ мѣсту нахождения топки, вынимаются изъ печи. Такимъ образомъ достигается постепенность въ нагреваніи цилиндровъ, такъ-какъ тѣ изъ нихъ, которые лежатъ далѣе отъ топки, нагреваются слабѣе тѣхъ, которые лежатъ ближе къ топкѣ.

4) *Печь Williams'a* (1863) представляетъ длинную пламенную печь, нагревательное пространство которой раздѣлено горизонтальною чугунною плитой на двѣ несообщающіяся между собою части—верхнюю и нижнюю. Въ верхней части движутся дымогарные газы и нагреваютъ верхнюю поверхность железной плиты. Въ нижней части нагревательнаго пространства подъ самую чугунную плиту движутся железные ящики, наполненные обугливаемымъ матеріаломъ по направленію отъ трубы печи къ топкѣ ея, и затѣмъ идутъ въ особенную камеру для охлажденія. Ящики, въ которыхъ помѣщается торфъ, снабжены отверстіями и летучіе продукты сухой перегонки выходятъ изъ ящиковъ въ нижнюю часть нагревательнаго пространства печи и оттуда отводятся къ холодильникамъ. Печь эта повидному нигдѣ не примѣнена.

Наконецъ *обугливаніе торфа*, какъ и обугливаніе дерева, было предложено производить *перегрѣтымъ паромъ* (240—250°); выпуская этотъ послѣдній въ вертикальныя реторты, наполненные торфомъ предварительно высушеннымъ. (*Vignoles* <sup>2)</sup>). Способъ этотъ нигдѣ не былъ примѣненъ, такъ-какъ требуетъ значительныхъ расходовъ на аппараты и топливо.

Изъ выше приведеннаго очерка легко заключить, что самый выгодный способъ обугливанія торфа, съ цѣлью полученія угля—это обугливаніе въ костровыхъ печахъ, нагреваемыхъ или сожиганіемъ части самаго обугливаемого матеріала (*Оберндорфская печь и ей подоб.*), или дымогарными газами, образующимися сожиганіемъ въ отдельной топкѣ малоцѣннаго матеріала и выпускаемыми непосредственно въ массу обугливаемого торфа (печь *Шенка* и ей подобныя).

Во всѣхъ случаяхъ для полученія плотнаго, однороднаго и доброкачественнаго торфинаго угля, необходимо употреблять по возможности однородный и плотный (всего лучше машинный) торфъ, содержащій, кромѣ того возможно меньшее количество золы. Это послѣднее условіе очень важное, такъ-какъ изъ 100 ч. торфа получаютъ обыкновенно отъ 30—40%

<sup>1)</sup> Vogel, der Torf., p. 127.

<sup>2)</sup> Vogel, der Torf., p. 130.

торфянаго угля, въ которомъ содержатся всѣ минеральныя вещества, со-  
державшіяся въ торфѣ, а потому получаемый уголь будетъ содержать  
 $3\frac{1}{3}$ — $2\frac{1}{2}$  раза болѣе золы, чѣмъ равный вѣсъ торфа, изъ котораго онъ  
полученъ. По *Gausdinger*, торфъ, содержащій болѣе 8% золы, не пригоденъ  
для полученія доброкачественнаго угля. Слѣдуетъ также замѣтить, что пе-  
редъ обугливаніемъ выгодно удалить изъ торфа гигроскопическую воду ис-  
кусственнымъ высушиваніемъ (см. стр. 60), такъ-какъ удаленіе этой воды  
въ печахъ для обугливанія сопровождается съ большимъ расходомъ на топливо  
и влечетъ за собою также потерю въ углеродѣ: пары воды, приходя въ со-  
прикосновеніе съ раскаленнымъ углемъ, окисляютъ его углеродъ, образуя  
окись углерода.

При производствѣ самаго обугливанія нужно имѣть въ виду, что выручка  
и качество угля до значительной степени зависятъ отъ продолжительности  
и температуры нагрѣванія. Можно сказать вообще, что 1) чѣмъ продолжи-  
тельнѣе было нагрѣваніе и чѣмъ выше температура, тѣмъ менѣе въ углѣ  
будетъ содержаться кислорода, 2) съ возвышеніемъ температуры обуглива-  
нія уменьшается выручка угля и увеличивается процентное въ немъ со-  
держаніе углерода, 3) время нагрѣванія (при равенствѣ температуръ) про-  
порціонально выручкѣ угля, или, другими словами, чѣмъ медленнѣе и по-  
степеннѣе было ведено нагрѣваніе, тѣмъ большая будетъ выручка угля и  
наоборотъ.

Выручка торфянаго угля, какъ мы видѣли выше, колеблется между  
30—40%. Числа эти имѣютъ впрочемъ мало значенія, такъ-какъ въ большей  
части случаевъ не указаны ни составъ торфа, служившаго для полученія  
угля, ни составъ полученнаго угля.

По изслѣдованіямъ *Kane и Sullivan'a* (1845), различныя виды торфа при обуглива-  
ніи въ желѣзныхъ ретортахъ, употребляемыхъ при полученіи свѣтлignaго газа, дали слѣ-  
дующія количества угля и другихъ продуктовъ:

Мѣстонахожденіе и свойства торфа.	Вода.	Смола.	Уголь.	Газъ.
Торфъ изъ Lucas Bog (около Philipstown'a), смѣсь лег- каго и плотнаго торфа . . . . .	23,600	2,000	37,500	36,900
Торфъ изъ Wood of Allen, легкій . . . . .	32,273	3,577	39,132	25,018
” ” ” ” ” , тяжелый . . . . .	38,102	2,767	32,642	26,489
Торфъ изъ Ticknevin'a, верхній слой . . . . .	38,628	2,916	31,110	32,346
” ” ” ” ” ” . . . . .	32,098	2,344	23,437	42,121
Торфъ изъ Schannon'a, верхній слой . . . . .	38,127	4,417	21,873	35,693
Плотный торфъ . . . . .	21,189	1,462	18,973	57,746
Среднее . . . . .	31,378	2,787	29,222	36,616

При обугливаніи торфа на чугунно-плавильномъ заводѣ въ Josephthal'ѣ (въ Богеміи)  
въ печи *Lottmann'a* получены слѣдующіе результаты:

Свойства торфа и продукты перегонки.	Легкий волокнистый торфь.	Тяжелый волокнистый торфь.	Смолистый торфь.
Содержание воды (въ торфѣ) . . . . .	18,00	26,00	20,00
Уголь . . . . .	30,00	33,43	30,34
Смола . . . . .	6,00	4,68	6,96
Газовая вода (Theerwasser) . . . . .	33,00	42,50	37,50
Газы . . . . .	31,00	19,29	25,20
Содержание золы въ торфѣ . . . . .	1,24	1,35	1,87
"    "    въ углѣ . . . . .	3,33	2,99	4,93
Удельный вѣсъ торфа . . . . .	0,260	0,520	0,480
"    "    угля . . . . .	0,230	0,208	0,355

Рѣзанный и высушѣнный сухой торфъ изъ Bührmoos'a даетъ при обугливаніи въ ретортахъ Thénius'a среднимъ числомъ:

Смолы . . . . .	4,7
Аммиачной воды . . . . .	36,4
Угля . . . . .	40,0
Газовъ и потери . . . . .	18,9
	<u>100,0</u>

*Свойства и химическій составъ торфянаго угля очень мало изслѣдованы. Вообще говоря, торфяной уголь представляетъ болѣе или менѣе легкую порозную массу чернаго цвѣта. Хорошій торфяной уголь содержитъ углероду 86%, воды 10% и золы 4%.*

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены не многочисленныя данныя, имѣющіяся относительно элементарнаго состава торфянаго угля.

Торфяной уголь:	Гигроскопич. вода.	Зола.	Въ 100 ч. сухаго угля (безъ золы) содерж.				Имя изслѣдователя.
			C	H	O	N	
Торф. уголь, получ. перегр. паромъ.	5,28	2,80	80,68	4,12	15,20	Baer (1850).	
Торфян. уголь № 1 . . . . .	4,90	6,82	76,22	4,96	18,82	Faisst (1855).	
"    "    № 2 . . . . .	6,94	11,10	74,21	4,86	20,93	"	
"    "    № 3 . . . . .	6,18	10,05	84,38	4,56	11,06	"	
Торф. уголь изъ Bog of Allen . . . . .	—	11,61	89,61	2,50	7,25	0,64 Phillips (1849).	
Торф. уг. изъ верхн. Франконія.	—	4,20	93,84	1,78	4,38	Fikentscher 1).	
Среднее . . . . .	5,825	7,76	83,16	3,79	13,05		
	(4)			(6)			

1) Hausding, Indust. Torfgewinnung, p. 265.

По изслѣдованію *Streng'a* (1857) прессованный торфъ (а) и полученный изъ него уголь (б) имѣли слѣд. составъ:

	а	б
Зола . . . . .	2,41	3,18
Сѣра . . . . .	0,09	0,09
Сѣра въ золѣ . . . . .	3,98	2,99
Фосфоръ . . . . .	—	0,42
Удѣльн. вѣсъ . . . . .	—	1,42—1,49.

*Удельный вѣсъ* торфянаго угля больше воды, *кажущійся удельный вѣсъ* обыкновенно меньше удѣльнаго вѣса торфа, служившаго для его приготовления, и колеблется между 0,2—0,4.

По наблюденіямъ *Lottmann'a* (1873) *кажущійся удельный вѣсъ* торфа относится къ кажущемуся удѣльному вѣсу торфянаго угля:

Для легкаго волокнистаго торфа . . . . .	какъ 0,26 къ 0,23
Для плотнаго волокнистаго торфа . . . . .	„ 0,52 „ 0,208
Для смолистаго торфа . . . . .	„ 0,48 „ 0,355.

По *Vogel'ю* (1859) стальтахскій торфъ имѣетъ удѣльный вѣсъ 0,23—0,24. При помощи механической подготовки и сушки, изъ этого торфа можно получить прессованный торфъ съ уд. в. 0,64, который при обугливаніи даетъ торфъ съ удѣльнымъ вѣсомъ 0,24—0,38. Изъ этого слѣдуетъ заключить, что изъ хорошаго машиннаго торфа, удѣльный вѣсъ котораго можетъ быть доведенъ до 1,22, можно получить уголь, удѣльный вѣсъ котораго будетъ близокъ къ уд. вѣсу древеснаго угля и кокса.

Торфяной уголь, подобно древесному, въ состояніи *поглощать* значительное количество воды и газовъ, хотя свойства эти для торфянаго угля неопредѣленны съ точностью.

По изслѣдованію *Stenhouse'a* <sup>1)</sup> 1 объемъ угля поглощаетъ слѣд. число объемовъ газовъ:

Названіе газовъ.	Древесный уголь.	Торфяной уголь.
Амміакъ . . . . .	98,5	96,0
Хлористый водородъ . . . . .	45,0	60,0
Сѣрнистый водородъ . . . . .	30,0	28,5
Углекислота . . . . .	14,0	10,0
Кислородъ . . . . .	0,8	0,6
Сѣрнистая кислота . . . . .	32,5	27,5

Торфяной уголь *употребляется* главнымъ образомъ для отопленія въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно произвести высокую температуру, напр. въ металлургіи. И дѣйствительно въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, въ которыхъ древесный и каменный угли обходятся дорого, торфяной уголь употребляется съ выгодой не только въ камильныхъ и сварочныхъ печахъ, но, въ

<sup>1)</sup> Hausding, Indust. Torfgewinnung, p. 269. Источникъ не указанъ.

настоящее время, даже въ доменныхъ печахъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ торфяной уголь употребляется или одинъ, или же въ смѣси съ древеснымъ углемъ. Присутствіе въ торфяномъ углѣ относительно большаго количества золы, не оказываетъ особенно вреднаго вліянія на примѣненіе его въ металлургіи, такъ-какъ составъ этой золы очень благоприятный: зола торфянаго угля содержитъ обыкновенно мало фосфатовъ и сѣрнистыхъ соединений и способствуетъ образованію легкоплавкихъ шлаковъ.

*Thenius* (1863) сообщаетъ цѣлый рядъ опытовъ, произведенныхъ съ торфянымъ углемъ изъ *Wührmoos'a*. При помощи этого угля удалось нагрѣть желѣзо до температуры сварки въ болѣе короткое время и съ меньшимъ расходомъ на топливо, чѣмъ при помощи древеснаго угля или англ. маркаго угля.

*Karmarsch* (1855) обпародовалъ, что въ *Langenmoor'ѣ W. Meyer* приготовляютъ торфяной уголь, который употребляется для нагрѣванія плавильныхъ и кузнечныхъ горновъ, для закалыванія стали и т. д.

По *Gurll'у* (1854), торфяной уголь изъ *Bog of Allen* часто употребляется для металлургическихъ цѣлей.

По сообщенію *Lottmann'a* (1873) доменная печь въ *Josephsthal'ѣ* работала смѣсью изъ  $\frac{2}{3}$  торфянаго и  $\frac{1}{3}$  древеснаго угля, причемъ достигались очень хорошіе результаты.

По *Hausding'у* (1878) на *Schwarzenberg'скомъ* чугуноплавильномъ заводѣ въ Австріи для доменнаго производства употребляютъ смѣсь торфянаго угля (получаемаго изъ шаровиднаго торфа) и древеснаго угля.

Съ 1872 г. на свинцово-плавильныхъ заводахъ *London-Lead-Company* употребляется значительное количество торфянаго угля, получаемаго по способу *Hall* и *Bainbridge'a* (стр. 248).

Въ *Horwich'ѣ* (1866) торфяной уголь изъ прессованнаго торфа употребляется для отопленія доменныхъ, сварочныхъ и пудлинговальныхъ печей.

Кромѣ для нагрѣванія, торфяной уголь, благодаря своей порозности и поглотительной способности, былъ предложенъ, какъ суррогатъ древеснаго угля, для дезинфекціи, для обезцвѣчиванія, обезсивушиванія спирта, и даже для приготовленія пороха (*Vogel*, 1859). Пыль и мелочь торфянаго угля можетъ служить какъ удобреніе.

## К о к с ъ.

### Л и т е р а т у р а:

Спеціального сочиненія по коксованію угля миѣ неизвѣстно. Предметъ этотъ изложенъ очень основательно въ трудѣ *Geinitz, Fleck* и *Hartig* „Die Steinkohlen Deutschland's und anderer Länder Europas“ (München, 1865, Band. II, p. 331—401). Кромѣ того слѣдующія журнальн. статьи касаются коксованія вообще или отдѣльныхъ частей его.

*Филитгаръ*. Вліяніе промывки каменнаго угля на качество получ. кокса (Горн. Ж. 1869, III, 1).

*Кумбинъ*. О промывкѣ каменнаго угля. (Горн. Ж. 1871, II, 349—395).

\* *Дорошенко*. Машинны—орудія для обработки каменнаго угля. (Горн. Ж. 1872, I, 213).

\* *Дорошенко*. Механическое обогащеніе каменнаго угля. (Горн. Ж. 1876, I, 1—44).

\* *Marsilly*. Ueber die Koksbereitung in Belgien und nördlichen Frankreich. (Ding. J. 1851, 119, 264, 329; Ann. des mines, 1850, 17, 189).

*Pieczonka*. Ueber die Steinkohle und deren Verkohlung. (Ding. J. 1857, 143, 195).

\* *Barré*. Sur la fabrication du coke recueillis pendant un voyage en Belgique et en Prussen en 1861. Ann. d. Mines. Ser. 6, T. IV, p. 1, (1863).

Авторъ даетъ классификацію и очень подробное описаніе коксовальныхъ печей, употребляющихся въ Бельгін и Пруссін, а именно описываетъ печи: Frommont, Coppée, Gendebain'a, Smith'a, Общества Espérnace, Dulais, Eaton'a, Talabot, François, Fabry, de la Louvière, Smet'a, Appolt'a, Knab'a.

*Balling*. Классификація коксовальныхъ печей. (Wag. J. 1871, 916. Berg-und Hütten-Zeitung. 1871, 390).

*Gillon*. Die neueren Koksöfen mit Beziehung auf die belgischen Koksbereitungsanstalten. (Wag. J. 1874, 1025; Горн. Ж. 1875, I, 141; Berg und Hütten-Zeitung, 1874, 242, 271).

Описаніе печей: Smet'a, Dulait, Coppée, Appolt'a.

\* *Лебедевъ*. Коксованіе каменныхъ углей. (Горн. Ж. 1874, IV, 1—65). Составлено по *Флеку* и *Гильону*.

*Rheingruber*. Ueber Construction von Koksöfen. (Pol. Centralb. 1875, 1400).

Общія замѣчанія о коксованіи и описаніе печей Appolt'a, Rexroth-François, Smet'a, François, Coppée.

*Durra*. Bemerkungen über die Construction und den Bau der neueren Verkokungsapparate (Berg-und Hütten-Z. 1879, № 23, p. 287).

---

*Eck*. Ueber den Betrieb der Koksöfen in Belgien. (Pol. Centralb. 1850, 1392, 1450, 1494).

*Влукте*. Ueber einige neuere belgische Verkokungsöfen. (Ding. J. 1855, 137, 419—430).

Описаніе печей: Fabry, Smet'a, Frommont, Dulait, Talabot и Powels'a.

*Габель*. Статистическія свѣдѣнія о производствѣ и коммерческомъ движеніи кокса въ Бельгін (Горн. Ж. 1875, I, 159).

---

Verbesserte Koksbereitung in Frankreich. (Ding. J. 1850, 116, 241).

Rittler. Verkokung der Steinkohle im Saarbecken. (Pol. Centralb. 1871, 203. Горн. Ж. 1871, I, 448).

Свойства Саарскаго угли, общія замѣчанія о промывкѣ и коксованіи; классификація коксовыхъ печей и описаніе печей François, Haldy, Smet'a и Appolt'a.

Herold. Коксованіе въ Англіи. (Ding. J. 1855, 137, 430).

Хорошевскій. О свойствахъ каменнаго угли изъ Домбровскаго мѣсторожденія и о при-  
мѣненіи къ нему различныхъ способовъ коксованія. (Горн. Ж. 1869, I, 169).

Статьи, обозначенныя звездочкой, заслуживаютъ особеннаго вниманія.

Цѣль обугливанія ископаемыхъ углей—*коксованія*—таже, какъ и обугливанія дерева или торфа, съ тѣмъ различіемъ однако, что при коксованіи имѣютъ въ виду не только возвысить пирометрической эффектъ топлива, но и увеличить его чистоту, а именно уменьшить въ немъ количество золы и сѣры.

Коксованіе можно считать столь же древнимъ, какъ и самое знакомство съ каменнымъ углемъ. Впервые коксованіе началось въ большихъ размѣрахъ въ Англіи, гдѣ уже въ 1740 г. стали употреблять коксъ въ металлургіи вмѣсто древеснаго угли. Изъ Англіи коксованіе перешло въ Германію (1796 г.) и въ Бельгію (1821 г.), но получило на континентѣ Европы широкое развитіе только въ средній настоящаго столѣтія.

Далеко не всѣ ископаемые угли одинаково пригодны для полученія хорошаго кокса. Уже прежде было сказано (стр. 116), что одни угли даютъ порошкообразный, другіе полу—или вполне сплавленный коксъ. Только угли этой послѣдней категоріи, а въ особенности жирные каменные угли, горящіе короткимъ пламенемъ, вполне пригодны для коксованія. Тѣмъ не менѣе съ увеличеніемъ потребности въ коксѣ стали въ настоящее время коксовать полужирные и тощіе каменные угли, даже лигниты и антрациты, смѣшивая ихъ съ жирными углями или дегтемъ и подвергая сильному нагрѣванію <sup>1)</sup>.

Было сдѣлано не мало попытокъ объяснить различное отношеніе ископаемыхъ углей къ нагрѣванію ихъ элементарнымъ составомъ. На основаніи изслѣдованія *Regnault* можно было повидимому принять, что сжигаемость углей увеличивается съ уменьшеніемъ въ нихъ относительнаго количества водорода, а въ особенности кислорода. Такъ *Реньо* нашелъ:

<sup>1)</sup> Коксованіе тощихъ углей: Budd (1851), Souquièrre (1860), Vèriot и Till-Appolt (1870).—Коксованіе антрацитовъ: Hackney (1875), Archereau (1876).—Коксованіе бурыхъ углей: Voccasini (1862), Ilgen (1872).

Свойство кокса.	Число анализов.	Процентный составъ угля безъ золы.			На 1000 эквивалентовъ углерода приходится эквивалентовъ.	
		С	Н	О	Н	О
Порошкообразный . . . . .	1	78,32	5,38	16,30	69	156
Слабоснекающейейся . . . . .	1	78,26	5,35	16,39	68	157
Снекающейейся . . . . .	6	81,44	5,54	13,02	68	120
Поздреватый . . . . .	9	87,22	5,42	7,36	62	63
Сильно вспученный . . . . .	4	89,42	5,08	5,50	57	46

Позднѣйшія изслѣдованія показали однако, что подобное заключеніе не вѣрно, такъ какъ часто угли, очень близкіе по своему элементарному составу, относятся очень различно къ нагрѣванію. Столь же не вѣрно оказалось предположеніе, высказанное *Нлекъ* о мѣ, что снекаемость углей возрастаетъ съ увеличеніемъ въ нихъ количества „свободнаго водорода“ (срав. стр. 192). Въ виду этого, причину снекаемости углей нужно искать не въ элементарномъ составѣ, а въ группировкѣ элементовъ (въ строеніи) органической части ископаемыхъ углей. Въ пользу этого мнѣнія говоритъ до известной степени зависимость, замѣченная *Вреденомъ* (стр. 111), между снекаемостью и гигроскопичностью углей, равно какъ и фактъ, наблюденный *Marsilly* (1862) и другимъ, что нѣкоторые угли теряютъ способность снекаться при лежаніи на воздухѣ, а въ особенности при нагрѣваніи до 300° и выше.

Снекаемость угля зависитъ также отъ способа нагрѣванія. Нѣкоторые угли при обыкновенныхъ условіяхъ коксованія не снекаются, нагрѣтые же быстро до температуры краснаго каленія въ закрытыхъ сосудахъ они даютъ плотный и хорошій коксъ. На снекаемость углей оказываетъ нѣкоторое вліяніе содержаніе въ нихъ воды, равно какъ и золы. Чѣмъ этой послѣдней больше, тѣмъ въ большей части случаевъ снекаемость угля меньше; легкоплавкая зола увеличиваетъ однако иногда снекаемость угля.

*Обогащеніе или промывка каменныхъ углей.* Каменные угли, какъ было сказано выше, содержать иногда значительное количество минеральныхъ примѣсей, которыя, оставаясь въ коксѣ, вредили бы его достоинству. Въ виду этого, каменный уголь, а въ особенности каменноугольную мелочь, идущую въ настоящее время главнымъ образомъ на приготовленіе кокса, передъ коксованіемъ очищаютъ—*обогащаютъ мокрымъ путемъ.*

Мокрое обогащеніе, примѣненное къ очищенію к. угля въ первой половинѣ этого столѣтія, состоитъ въ отдѣленіи частицъ угля отъ частицъ примѣсей въ водѣ по удѣльному вѣсу. Удѣльный вѣсъ угля колеблется между 1,0—1,3, удѣльный же вѣсъ кварца, известковаго шпата, сланца и т. д. лежитъ между 2,0—2,7, а удѣльный вѣсъ пирита между 3,1—4,0. Изъ этого ясно, что струею воды эти послѣднія тѣла будутъ уноситься на меньшее разстояніе и будутъ осаждаться скорѣе, чѣмъ уголь. Съ другой стороны, если ихъ вбросить въ сосудъ, наполненный водою, они достигнутъ дна сосуда скорѣе, чѣмъ уголь. Такимъ образомъ, пользуясь различіемъ въ удѣльномъ вѣсѣ и дѣйствіемъ воды, можно произвести механическое очищеніе угля. Для того, однако, чтобы это очищеніе было бы по возможности



полно необходимо, чтобы частицы угля и примѣсей имѣли бы опредѣленную и равную между собою величину. Поэтому обогащаемый уголь предварительно подвергаютъ сортировкѣ, при помощи коническихъ барабановъ или системъ рѣшетъ, а затѣмъ уже промываютъ. Крупные куски угля, если ихъ также хотятъ подвергнуть промывкѣ предварительно измельчаютъ и затѣмъ сортируютъ по величинѣ. Послѣ промывки всѣ сорта слѣдуетъ тщательно перемишивать, для полученія однороднаго кокса.

Само собою разумѣется, что промывкой нельзя удалить изъ угля всѣ минеральныя примѣси, въ немъ содержащіяся. Не только тѣ примѣси, которыя составляли золу растительныхъ веществъ, образовавшихъ уголь, не могутъ быть отмыты отъ него, но также и тѣ землистыя части, которыя образовали однородную смѣсь съ растительной массой. Промывка можетъ выдѣлать только тѣ вещества, которые осѣли въ промежуткахъ между слоями и въ трещинахъ каменнаго угля и попали въ каменноугольную мелочь изъ почвы или кровли пласта во время выработки его. Къ этимъ тѣламъ относятся главнымъ образомъ сланцы въ видѣ прожилокъ и тонкихъ пластинокъ, глина и землистыя части, распускающіяся въ водѣ, углекислая известь, гипсъ и наконецъ пириты, въ видѣ кристалловъ, желваковъ и весьма тонкихъ пластинокъ. Въ общемъ среднемъ промывка уменьшаетъ содержаніе золы въ коксѣ на половину.

Какъ ни проста кажется операція обогащенія угля, тѣмъ не менѣе во избѣжаніе потерь угля и для полученія его въ возможно большей чистотѣ, приходится употреблять довольно сложные приборы.

Первая операція, которой подвергается обогащаемый уголь по доставкѣ его изъ шахты, есть *сортировка*. Для этой цѣли уголь пропускаютъ черезъ систему рѣшетокъ и вращающихся коническихъ барабановъ и раздѣляютъ уголь на большее или меньшее число сортовъ, смотря по различнымъ требованіямъ торговли, а также смотря по свойствамъ углей. Болѣе крупные сорта углей обыкновенно не обогащаются и идутъ непосредственно въ продажу, а болѣе мелкіе идутъ на промывку, такъ-какъ они обыкновенно (хотя не всегда) содержатъ болѣе минеральныхъ примѣсей, чѣмъ крупные.

Каменноугольная мелочь изъ Ньюкестеля и Сентъ-Этьена, будучи раздѣлена на 3 сорта, даетъ напр. слѣдующіе результаты:

*Ньюкестель.*

		Содержится сланцевъ.
1 сортъ, состоящій изъ кусковъ	отъ 30—14 м. м.	8%
2 " " " "	" 14—6 м. м.	12%
3 " " " "	менѣе 6 м. м.	22%
Среди.		14%.

## Сентъ-Этьенъ.

	Содержится сланцевъ.
1 сортъ, состоящій изъ кусковъ отъ 30—10 м. м. . . . .	15%
2 " " " " " " " 10—3 м. м. . . . .	8%
3 " " " " " " " менѣе 3 м. м. . . . .	4%
	Среди. . . . . 9%.

Въ большей части случаевъ однако болѣе мелкій уголь болѣе не чистъ, иногда даже количество посторон. примѣсей пропорціонально крупности кусковъ угля, какъ показываеь слѣдующая таблица:

	Содержится сланцевъ и прочихъ примѣсей въ процентахъ.			
	1 сортъ	2 сортъ	3 сортъ	4 сортъ
Шахта Henri-Guillaume . . . . .	2,30	2,80	6,30	10,10
Шахта Collard . . . . .	2,40	3,50	5,25	10,95
Шахта Reunis . . . . .	—	4,30	4,50	12,00
" " . . . . .	—	2,85	3,55	14,00
" " . . . . .	—	3,90	5,50	18,75

Нельзя дать правило, точно опредѣляющее какой величины куски каменнаго угля должны идти на промывку, такъ-какъ это зависитъ отъ количества угля и мѣстныхъ условий. Во Франціи и Бельгіи на промывку идетъ обыкновенно уголь, провалившійся черезъ рѣшетки, разстояніе между колосниками которыхъ равно 10—15 м. м.; въ Германіи черезъ отверстія въ 60 м. м.; въ Англійи черезъ отверстія въ 2 м. м. *Перноле* весьма основательно замѣчаетъ, что промыванію слѣдуетъ подвергать тотъ сортъ угля, который въ данномъ мѣстѣ болѣе не покупаютъ.

Въ рудникахъ общества Кокериль, въ Бельгіи, уголь раздѣляютъ рѣшетомъ на четыре сорта: 1 сортъ (*les grosses houilles*) отъ 10—15 с. м.; 2 сортъ (*les gailletes*) 5 с. м.; 3 сортъ (*le gailleterie*) болѣе 2½ с. м.; 4 сортъ (*le menu*) менѣе 2,5 с. м. Последній сортъ, мелочь, раздѣляется еще въ коническомъ барабанѣ въ 7 м. м.; не провалившійся черезъ эти отверстія уголь идетъ на промывку, а провалившійся не промывается и, будучи смѣшанъ съ промятымъ, идетъ на коксованіе <sup>1)</sup>.

Послѣ сортировки не только крупный, но даже почти всегда и мелкій уголь, идущій на промывку, подвергается *дробленію*, чтобы, во первыхъ, отдѣлить по возможности частицы угля отъ частицъ сланца и прочихъ примѣсей, а во вторыхъ, чтобы уменьшить въ углѣ число зеренъ пластинчатой формы и придать зернамъ по возможности равную величину.

Самый простой способъ измельченія представляютъ чугуныя сѣсты, насаженные на деревянныя рукоядки, которыми рабочіе разбиваютъ уголь на чугунныхъ плитахъ; но такой первобытный способъ рѣдко гдѣ еще употребляется и для дробленія угля служатъ главнымъ образомъ мельницы,

<sup>1)</sup> Сравни. *Флиттаръ*. Горн. Ж. 1869, III, 1.

валки, машина Дежардена и съ 1867 г. дезинтеграторъ Карра, который слѣдуетъ считать самымъ совершеннымъ дробильнымъ аппаратомъ, такъ-какъ онъ въ полномъ смыслѣ слова раздробляетъ, а не плющитъ или растираетъ обрабатываемый матеріалъ.

1. *Мельницы*, представителемъ которыхъ служитъ *Форбахская мельница*, напоминаютъ по своему устройству обыкновенныя кофейныя мельницы и состоятъ изъ чугунаго конуса, вращающагося на вертикальной оси внутри другаго конуса, укрѣпленнаго неподвижно и концентрисчески окружающаго первый. Наружная поверхность вращающагося, такъ и внутренняя поверхность неподвижнаго конусовъ, усажены зубьями. Куски угля, попадая между зубьями конусовъ раздробляются и выходятъ измельченными черезъ нижнее отверстіе неподвижнаго конуса. Для захватыванія угля зубцы вращающагося конуса составляютъ съ его направляющей уголь  $13^\circ$ , тогда какъ зубцы неподвижнаго конуса въ томъ же направленіи составляютъ уголь  $7^\circ$  и образуютъ рѣжущій уголь въ  $6^\circ$ , открытый въ сторону движенія. Величина зубцовъ на конусахъ уменьшается къ низу мельницы, а число ихъ увеличивается, вслѣдствіи чего промежутки между зубцами уменьшаются къ низу. Уголь, выходящій изъ мельницы, долженъ быть мелкій, но въ кускахъ, если же онъ обращается въ пыль, что въ особенности случается, когда мельница изотрется, то это влечетъ значительную потерю угля при промывкѣ. При нагрузкѣ угля должно наблюдать, чтобы въ мельницу не попадали твердые камни и т. п.; могущіе испортить механизмъ.

2. *Дробильныя валки* представляютъ бороздчатые чугуныя цилиндры, имѣющіе вращательное движеніе на подобіе прокатныхъ валковъ. Передача движенія производится посредствомъ шестерни или, лучше, при посредствѣ шкифовъ. Нажиманіе валковъ одного къ другому производится или помощью противовѣсовъ или посредствомъ пружинъ, которые удерживаютъ подшипники въ опредѣленномъ мѣстѣ; но если между валками попадетъ кусокъ твердой породы, тогда пружины дадутъ возможность валу отойти и тѣмъ предохранить его отъ поломки. Цилиндрамъ даютъ діаметръ отъ 0,40—0,60 м., а разстояніе между ними дѣлается обыкновенно 0,01 м. При валкахъ діаметромъ въ 0,5 м. и длинной 0,9 м., удаленныхъ другъ отъ друга на 0,01 м. и при скорости вращенія 60 оборотовъ въ минуту можно измельчить 11,5 куб. метр. угля въ часъ.

3. *Дезинтеграторъ Карра* (Carra, 1871), изобрѣтенный въ концѣ 60-хъ годовъ, состоитъ изъ 4-хъ вставленныхъ одинъ въ другой барабановъ, стѣнки которыхъ образованы изъ большаго числа стальныхъ брусковъ. Барабаны эти поставлены горизонтально, покрыты кожухомъ и приводятся въ быстрое вращеніе причеиъ первый и третій вращаются въ одну сторону, а второй и четвертый въ обратную. Уголь, при помощи во-

ронки, забрасываютъ въ первый внутренній барабанъ, въ которомъ онъ съ силою ударяясь о бруски, раздробляется и попадаетъ далѣе во второй барабанъ, вращающійся въ обратную сторону, вслѣдствіе чего онъ опять раздробляется о бруски втораго барабана; далѣе уголь переходитъ въ третій барабанъ, вращающійся въ ту же сторону какъ и первый, откуда вываливается уже въ измельченномъ видѣ. Обыкновенно строятъ эти приборы съ діаметромъ наружнаго барабана 0,90—1,90 м. съ числомъ оборотовъ отъ 350—650, смотря по крупности требуемаго зерна. Производительность этихъ приборовъ значительная, хотя и меньше валковъ. Приборы съ діаметромъ наружнаго барабана 1,2 м. и съ числомъ оборотовъ 350—400 въ минуту раздробляютъ въ часъ 10 тоннъ угля.

Кромѣ того *Ramsy* (1862) предложилъ измельчать каменный уголь между горизонтальными медничными жерновами, причемъ, по его мнѣнію, получается мало пыли, что сомнительно.

Измельченный уголь вновь сортируютъ, а затѣмъ подвергаютъ *мойку* (*отмучиванію*).

Число приборовъ, придуманныхъ для этой цѣли, очень велико, но все они могутъ быть подраздѣлены на двѣ группы. Въ однихъ обогащаемый уголь подвергается дѣйствию непрерывной струи воды, которая подымаетъ и увлекаетъ съ собою зерна угля; въ другихъ обогащаемый уголь подвергается перемежающейся струѣ воды, которая приподымаетъ зерна угля и позволяетъ имъ вновь осадиться соответственно ихъ удѣльному вѣсу.

Представителемъ первой группы приборовъ могутъ служить нѣмецкіе ящики, представителемъ вторыхъ—отсадочныя рѣшета.

*Нѣмецкіе ящики.* Промывные приборы этого рода въ главномъ основаніи представляютъ ящики, по которымъ протекаетъ вода, осаждающая тяжелыя части въ верхнемъ отдѣленіи прибора и сносящая болѣе чистый уголь далѣе, откуда онъ и вычерпывается (Фиг. 38, табл. XIII). Длина ящиковъ *A D* равна отъ 7—10 м., глубина ихъ отъ 0,4—0,7 м. Они помѣщены наклонно, чтобы сообщать водѣ, притекающей изъ *R S* по приводамъ *T T*, извѣстную скорость теченія. Промывку производятъ открывая вешнякъ (затворъ) шлюза и вбрасывая въ верхнюю часть ящиковъ уголь при помощи лопатокъ, по мѣрѣ того, какъ онъ уносится струею воды. Уголь осаждается при этомъ въ опредѣленномъ порядкѣ и чтобы обезпечить еще болѣе правильную сортировку раздѣляютъ ящики на нѣсколько отдѣленій, помѣщая въ нихъ, перпендикулярно длинѣ, перегородки, высота которыхъ меньше уровня воды. Въ первомъ отдѣленіи ящика осаждаются тяжелые сланцы и самые крупные куски угля. Куски болѣе легкіе осядутъ во второмъ отдѣленіи ящика, а наконецъ чистый уголь въ третьемъ, причемъ вода уноситъ съ собою пыль. Рабочіе помогаютъ этой сортировкѣ,

перебрасывая уголь въ первомъ отдѣленіи и перебрасывая куски изъ второго отдѣленія въ первое. Вода, вытекающая изъ ящичковъ, пропускается черезъ рѣшетку, а затѣмъ спускается въ бассейнъ для осажденія угольной пыли, которая послѣ сушки можетъ быть употребляема какъ топливо. Изъ устройства прибора и способа работы видно, что онъ можетъ быть съ пользою употребляемъ при промывкѣ углей не хрупкихъ, представляющихъ твердое зернистое сложеніе. При промывкѣ угля, дающаго много порошка, значительное количество мелкихъ частицъ чистаго угля уносится водою, что влечетъ за собою значительную потерю въ углѣ. Это обстоятельство въ связи съ большимъ расходомъ воды и дѣлаютъ описанный способъ промывки углей мало выгоднымъ, такъ-что въ настоящее время предпочтительно употребляютъ отсадочныя рѣшета, которыя кромѣ того требуютъ меньшаго вниманія отъ рабочихъ и тщательнаго за ними надзора.

Къ тому же типу приборовъ, какъ и пѣмецкіе ящики, относятся: Мойки *Lombarda* <sup>1)</sup> *Fröhlich's* (1854), *Макуорта* (1858—59), мойка *Дора* (1869), предложенная для пересѣтки угольныхъ пламовъ, и центробѣжная мойка *Cadiat* (1863). Въ мойкахъ *Макуорта* и *Дора* очищаемый уголь подвергается водной струѣ, направленной вверхъ на встрѣчу падающему углю. Всѣ эти приборы не получили значительнаго примѣненія.

*Отсадочныя рѣшета.* Слѣдуетъ отличать два главныхъ типа въ отсадочныхъ рѣшетахъ: въ однихъ рѣшето, на которое помѣщается очищаемый матеріалъ, движется въ водѣ, — въ другихъ оно остается неподвижнымъ и движется вода. Отсадочныя рѣшета перваго типа нынѣ почти совершенно оставлены и замѣнены рѣшетами втораго типа, простѣйшимъ представителемъ которыхъ можетъ служить мойка *Лакретель* въ Монсѣ <sup>2)</sup>. Мойка эта состоитъ изъ прямоугольнаго деревяннаго ящика, (длина 1,70 м., ширина 1,10 и высота 1,08 м.), раздѣленнаго вертикально перегородкой на два неравныя отдѣленія. (Фиг. 39, табл. XIII). Перегородка не доходитъ до дна ящика, такъ что оба отдѣленія имѣютъ внизу сообщеніе. Въ большомъ отдѣленіи на глубинѣ 28—38 с. м. отъ верхняго края ящика на закраинахъ помѣщена рѣшетка, на которую забрасывается уголь. Эта рѣшетка дѣлается изъ прутьевъ, или проволоки, или всего лучше изъ мѣдныхъ продыравленныхъ листовъ; діаметръ отверстій рѣшетокъ = 0,001 м. Сверху этой рѣшетки, на разстояніи отъ 10—15 сантиметровъ, помѣщается другая рѣшетка обыкновенно изъ прутьевъ или желѣзныхъ полосъ съ промежуткомъ въ 0,1 м. для облегченія сгребанія угля. Въ меньшемъ отдѣленіи находится поршень, представляющій собою пустой деревянный ящикъ, приводимый въ поперебѣнное движеніе или руками, или же механ.

<sup>1)</sup> Die Steinkohlen Deutschlands etc. II, 288.

<sup>2)</sup> Она описана Marsilly. (D. J. 118, 265, 1850).

силой. Приборъ наполняется водою и на нижнюю рѣшетку забрасывается уголь (въ колич. одного гектолитра), затѣмъ поршень приводится въ движеніе. Опускаясь, онъ заставляетъ воду подниматься въ другомъ отдѣленіи и приподымаетъ уголь и сланцы; когда же поршень начнетъ подыматься то въ другомъ отдѣленіи вода опускается, а выѣтъ съ нею опускаются и приподнятые ею уголь и сланцы со скоростью пропорціональной ихъ относительному вѣсу и объему и т. об. наибольшая часть сланцевъ скопляется на нижней рѣшеткѣ, тогда какъ болѣе чистый уголь занимаетъ верхній слой. Послѣ нѣсколькихъ ударовъ поршня, обыкновенно отъ 15—20, слой, лежащій надъ верхнею рѣшеткой, сгребается и представляетъ болѣе или менѣе чистый уголь. Послѣ того дѣлается новая нагрузка и такъ далѣе, пока надъ верхнею рѣшеткой не начнутъ показываться сланцы и тогда ее снимаютъ и выгребаютъ лопатою нечистоты, лежащія на нижней рѣшеткѣ.

Тонкій илъ (шламъ), содержащій въ себѣ болѣе или менѣе значительное количество угольного порошка, проходитъ черезъ нижнюю рѣшетку и загрязняетъ воду. Если уголь содержитъ много мелкихъ частей, то вода должна быть переѣнена два раза въ день, и кромѣ того со дна ящика, по окончаніи дневной работы, долженъ быть удаленъ осѣвшій илъ. То и другое производится черезъ особенное отверстіе, находящееся въ нижней части ящика и закрываемое во время дѣйствія прибора.

Разсматривая дѣйствіе только-что описаннаго аппарата легко замѣтить, что раздѣленіе частицъ угля отъ частицъ сланца происходитъ здѣсь 1) въ восходящей струѣ воды (при опусканіи поршня), 2) въ спокойной водѣ и 3) въ нисходящей струѣ воды (при поднятіи поршня). Восходящая струя воды, встрѣчая на рѣшетѣ зерна угля и сланца, ударяетъ въ нихъ и, если скорость велика, увлекаетъ ихъ кверху т. е. зерна будутъ всплывать. Масса воды, ударяющая на зерна угля и сланца при восхожденіи, относительно велика и, слѣдовательно, при большой скорости произойдетъ ударъ, который, такъ сказать, *встряхнетъ* смѣсь, находящуюся на рѣшетѣ, развединитъ частицы этой смѣси и подыметъ ее всю, что, понятно весьма важно для успѣшнаго раздѣленія. Чтобы этотъ толчекъ имѣлъ бы мѣсто, придаютъ такой ходъ поршню, чтобы при началѣ поднятія горизонтъ воды былъ ниже рѣшета; вслѣдствіе этого вода встрѣтитъ зерна на рѣшетѣ съ нѣкоторою приобрѣтенною живою силой. Это пониженіе горизонта воды, конечно, должно имѣть свой предѣлъ, далѣе котораго идти не слѣдуетъ, такъ-какъ придется терять много въ ходѣ поршня и наконецъ ударъ получится слишкомъ значительный. При дальнѣйшемъ движеніи поршня, скорость восходящей струи воды должна постепенно уменьшаться и при этомъ нѣкоторые зерна начнутъ уже падать, другія же еще будутъ подни-

маться. Затѣмъ наступитъ періодъ покоя воды, во время перехода движенія поршня снизу вверхъ, и далѣе вода станетъ опускаться; слѣдовательно зерна угля и сланца падаютъ въ стоячей водѣ и затѣмъ въ нисходящей струѣ. Переходъ отъ восходящей струи воды къ нисходящей выгоденъ для осадки, а потому его можно сдѣлать продолжительнымъ. Нисходящая струя воды вообще не особенно благоприятна для осадки, и чтобы относительное положеніе зеренъ неизмѣнилось, необходимо, чтобы эта скорость была малою, съ цѣлью дать возможность зернамъ спокойно лечь на рѣшето и правильно расположиться. Слѣдовательно относительно движенія воды въ приборѣ, механизмъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобы

- 1) Скорость восходящей струи была значительна.
- 2) Скорость нисходящей струи воды была бы мала.
- 3) Періодъ перехода отъ восходящей струи къ нисходящей былъ продолжителенъ.

Все новѣйшіе приборы для мойки угля стремятся по возможности удовлетворить этимъ условіямъ, имѣя въ виду кромѣ того замѣнить ручную работу механическою и періодическое дѣйствіе прибора непрерывнымъ.

Число придуманныхъ приборовъ этого рода очень велико, причемъ въ однихъ приборахъ очищаемый уголь подвергается дѣйствію восходящей и нисходящей струи воды, въ другихъ же только восходящей и осадка угля происходитъ въ стоячей водѣ.

Къ первому типу приборовъ принадлежатъ мойки: *Bérard'a* (1848<sup>1)</sup>, *Сиверса*<sup>2)</sup>, *Вестфальская*<sup>3)</sup>, старая мойка *Эрарда* (1867<sup>4)</sup> и *Recroth'a*<sup>5)</sup>, представляющая переходъ ко второму типу моекъ.

Ко второму типу приборовъ относятся мойки: *Revollier*, *Meynier* (1852), *Stutz'a* (1878), въ которыхъ восходящая струя воды производится движеніемъ поршня внизъ, а нисходящая струя воды устраняется тѣмъ, что отверстие, соединяющее отдѣленіе, въ которомъ движется поршень, съ отдѣленіемъ, въ которомъ помѣщены рѣшета, закрыто соответствующимъ клапаномъ; мойка *Francy* и *Jarlot*, въ которой восходящая струя воды производится опусканіемъ въ цилиндръ, наполненный водою, продырявленнаго поршня, на поверхности котораго помѣщенъ очищаемый уголь; и наконецъ новая мойка *Эрарда*<sup>6)</sup>, въ которой восходящая струя воды, подымающая уголь, производится не движеніемъ поршня, но давленіемъ на поверхность воды пара, выпускаемаго съ постоянными, быстро одинъ за другимъ слѣдующими, перерывами.

Чтобы дать понятіе объ этихъ болѣе совершенныхъ мойкахъ, я опишу

1) Dingl. J. 1859 151, 19.

2) Дорошенко I. с. 33.

3) Кулибниъ I. с. 390.

4) Кулибниъ I. с. 387.

5) Дорошенко, I. с. 31.

6) Горн. Ж. 1875, II, 312.

здѣсь мойку *Берара* и мойку *Рекрота*, какъ болѣе распространенныя, а также мойку *Зерарда*, по своему устройству довольно рѣзко отличающуюся отъ другихъ приборовъ подобнаго рода.

*Мойка Берара.* Эта мойка известна уже съ 1848. Съ того времени механизмъ получилъ значительное упрощеніе и улучшеніе вообще. Теперь этотъ приборъ надо считать однимъ изъ лучшихъ: онъ отличается большою производительностью. Уголь, предварительно раздробленный на валкахъ, поступаетъ на сортировку, которая въ машинахъ Берара часто дѣлается рѣшетками. Зерна проваливаются черезъ отверстия грохота въ 2 с. м., поступаютъ въ осадочный приборъ (фиг. 40, табл. XIII), въ задней его части А находится мѣдное сито В, укрѣпленное на чугунной рѣшѣткѣ. Восходящее и нисходящее движеніе воды надъ ситомъ производится пустотѣлымъ чугуннымъ поршнемъ С, приводящимся въ переменнo возвратное движеніе передаточнымъ механизмомъ, замедл. быстроту восходящаго движенія поршня. Раздѣленіе происходитъ такимъ образомъ, что сланецъ, занявъ нижній горизонтъ, идетъ черезъ порогъ D въ отдѣленіе р, скатывается по наклонной плоскости S въ отдѣленіе F и подымается норіей g въ вагоны. Порогъ D при посредствѣ гайки с съ винтомъ, можетъ быть легко установленъ выше или ниже. Зерна каменнаго угля, занявъ верхній слой, идутъ черезъ порогъ D въ отдѣленіе H, изъ котораго подымаются норіей къ перемишывающему аппарату. Черпаки норій продырявлены, слѣдовательно служатъ въ тоже время и для осушенія промытаго угля. Нижняя часть е порога D, можетъ быть также приподнята или опущена, какъ наимыгоднѣйше покажетъ опытъ. Рѣшетка В имѣетъ малый уклонъ къ порогу, 3 на 100. Отверстіе М служитъ для очистки ящичка. Вода наполняетъ приборъ изъ бака черезъ отверстіе съ клапанами b; лопатки k служатъ для подвиганія угля къ порогу и способствуютъ меньшимъ частицамъ угля скорѣе погружаться въ воду. Весь механизмъ приводится въ движеніе ремнемъ R отъ главнаго вала и затѣмъ движеніе передается безконечнымъ ремнемъ всѣмъ другимъ частямъ механизма. Приборъ только что описаннаго устройства перерабатываетъ въ часъ 10,000 кило угля.

*Мойка Рекрота.* Мойка эта представлена на фиг. 41, табл. XIV. Все устройство состоитъ изъ деревяннаго ящичка А. Въ этомъ ящичкѣ отдѣленіе а есть резервуаръ для питательной воды; b поршень съ клапанами, e—рѣшета. Промываемый матеріалъ падаетъ на рѣшето с и, вслѣдствіе движенія поршня, а слѣдовательно и воды, находящейся подъ рѣшетомъ, матеріалъ поднимается, вслѣдствіе чего зерна угля и сланца, падая, раздѣляются по уд. вѣсамъ, причемъ уголь преимущественно занимаетъ верхній слой. При поднятіи воды, верхній слой угля переходитъ вмѣстѣ съ струею воды черезъ порогъ n на наклонную рѣшѣтку d,



приготовленную из листового желѣза съ отверстиями въ 1 до 2<sup>м</sup> и лежащую на желѣзныхъ колосникахъ, причѣмъ вода проходитъ сквозь эту рѣшетку и поступаетъ въ нижележащій бакъ, а уголь, при посредствѣ гребковъ *z*, вращающихся на оси, дѣлающей 30 оборотовъ, переваливается въ жолобъ *f*, по которому, при помощи безконечнаго винта *e*, дѣлающаго 24 оборота, передвигается въ пережѣшивающіе аппараты. Винтъ *e* общій для трехъ приборовъ. Вода изъ резервуара *a* проходитъ подъ поршень черезъ клапанъ *g*. Зерна сланца, отдѣленные отъ угля, будутъ, понятно, образовывать нижній слой на рѣшеткѣ *e*; открывая заслонку *m*, отмытый сланецъ будетъ падать въ жолобъ *n'*, въ которомъ вращается винтъ, дѣлающій 30 оборотовъ и передвигающій этотъ отмытый сланецъ къ безконечной цѣпи. Отсадочное рѣшето *e* имѣетъ уклонъ къ порогу въ 10° (иногда уклонъ 166 м. м. на 1 м. длины). Ширина рѣшета 1 м., длина 1,5 м. Отношеніе площади поршня и площади рѣшета 1:3. Число ударовъ поршня отъ 30—35 въ минуту. Въ днищѣ ящика *A* имѣется отверстіе съ задвижкой *u*, при посредствѣ которой можно отъ времени до времени выпускать воду изъ ящика, которая и будетъ уносить съ собою въ общій резервуаръ части угля и пустой породы, проскакившія черезъ сито *s* и осѣвшія на днищѣ ящика.

*Мойка Эврира* <sup>1)</sup>. Существенныя части этой мойки представлены на фиг. 42 (табл. XIV). *A* — цилиндрическое отсадочное рѣшето, вмѣщающее около 2,000 килло каменнаго угля. Дно этого рѣшета представляетъ собою сѣтчатый кругъ *B*, движущійся на поршевомъ штокѣ гидравлическаго цилиндра *C*. Книзу рѣшето продолжается трубою *D*. *E* — гребокъ для сниманія слоевъ промытаго угля и пустой породы. *H* — концентрической чанъ, въ верхнюю кольцевидную часть котораго пускается паръ, дѣйствующій своею упругостью непосредственно на поверхность воды, наполняющей чанъ. *O* — распределительная рѣшетка, служащая для уменьшенія силы удара падающихъ массъ угля и болѣе равномернаго его распределенія въ рѣшетѣ, а также для устраненія большихъ кусковъ угля. При промывкѣ угля, промывальщикъ, поднявъ вагонъ съ мелочью до уровня распределительной рѣшетки, прежде всего выпускаетъ нѣкоторое количество пара въ концентрической сосудъ *H* и этимъ заставляетъ воду подняться въ рѣшетѣ выше подвижнаго дна; приблизительно на 50 с. м. Въ это время выгружалщикъ принимаетъ вагонъ у распределительной рѣшетки и опрокидываетъ его въ рѣшето. Слишкомъ крупныя куски остаются на рѣшетѣ, вся же мелочь проваливается въ аппаратъ, причѣмъ уже падаетъ не на относительно слабое подвижное дно, а въ воду, ослабляющую скорость ея паденія, тщательно смѣ-

<sup>1)</sup> Сравни. Урбановичъ. Горн. Ж. 1875, II, 312.

ливаясь съ послѣдней. Затѣмъ слѣдуетъ процессъ собственно промывки. Промывальщикъ, дѣйствуя паровымъ золотникомъ, вводитъ въ концентрической чашъ паръ (черезъ трубу е) съ постоянными быстро оди́нъ за другимъ слѣдующими перерывами. Отъ этихъ періодическихъ ударовъ пара на верхнюю поверхность жидкости въ чашѣ, вода въ отсадочномъ рѣшетѣ, постоянно приостанавливаясь, порывисто поднимается кверху, пробѣгая при каждомъ толчкѣ путь 1—20 сантиметровъ, смотря по меньшей или большей крупности и однородности зернъ промываемаго угля. По истеченіи одной приблизительно минуты, мутная вода приподымается до верхняго края рѣшета, и тогда собственно промывка считается конченной. Послѣ этого слѣдуютъ двѣ минуты покоя, въ продолженіи которыхъ большая часть муты осаждается на дно рѣшета. Затѣмъ слѣдуетъ періодъ выгрузки. Открывая соотвѣтствующую задвижку гидравлической коробки (непредставлен. на рисункѣ), промывальщикъ вводитъ воду (черезъ трубу с) въ цилиндръ С и заставляетъ такимъ образомъ подняться кверху подвижное дно рѣшета и, вмѣстѣ съ нимъ, цилиндрической столбъ уже промытой мелочи, расположенной въ немъ горизонтальными слоями, чистота которыхъ уменьшается съ глубиною ихъ залеганія. Вытекающая при этомъ подъемѣ мелочи мутная вода стекаетъ въ отдѣльный бакъ. Уголь съ подвижнаго дна сыпается въ вагоны, помощью гребка Е. Отъ промывальщика зависитъ подраздѣленіе на сорты промытой мелочи: для этого слѣдуетъ ему только подвижное дно рѣшета подымать въ нѣсколько пріемовъ, до опредѣленной высоты и каждый разъ уголь, выдвинутый выше краевъ отсадочнаго рѣшета, снимать гребкомъ въ отдѣльные вагоны. При діаметрѣ рѣшета въ 1,6 м. и его высотѣ въ 3 метра, оно вмѣщаетъ въ себѣ около 2,000 килограммъ мелочи; при благоприятныхъ обстоятельствахъ время каждой промывки не превышаетъ 5—6 минутъ, такимъ образомъ аппаратъ можетъ промыть въ часъ около 20,000 кило угля. При работѣ заняты 4 человека и при каждой отдѣльной промывкѣ расходуется 15 куб. метр. пара въ 1,5 атмосфер.

Нижеслѣдующая таблица даетъ возможность судить объ относительныхъ достоинствахъ той или другой изъ описанныхъ системъ, хотя только до нѣкоторой степени, такъ-какъ въ примѣрахъ, приведенныхъ въ таблицѣ, приборы дѣйствовали, конечно, при различныхъ условіяхъ. Для точнаго заключенія, какая система наилучшая, потребовались бы сравнительные опыты и значительныя издержки.

	Система Берара.	Система Рекс-рота.	Система Эв-рарда.
Колпч. промытаго угля въ часъ . . . . .	10,000 к.	до 7,000 к.	20,000 к.
Даетъ промытаго угля. . . . .	—	78,4—87,4%	—
Даетъ отмытаго сланца и проч. . . . .	—	15,0—20,00%	—
Содержаніе золя въ непром. углѣ. . . . .	17,7%	18—23%	17%
Содержаніе золя въ промытомъ углѣ . . . .	5,4%	4—6%	7,4—10%
Содерж. золя въ отмытомъ сланцѣ и проч. .	69,75	62,6—68%	68,6%

На основаніи этой таблицы можно признать систему Рексрота наилучшею въ качественномъ отношеніи, по количеству-же получаемаго продукта, лучшею является система Эвварда, которая пока получила еще небольшое распространеніе вслѣдствіе своей высокой цѣны и сложности. Система Берара, по количеству получаемаго продукта и по качеству его, занимаетъ среднее мѣсто между двумя названными системами, и если устроить при ней рациональную сортировку, то нѣтъ сомнѣній, что она оказалась бы лучшею во всѣхъ отношеніяхъ.

Въ заключеніе замѣтимъ, что для обогащенія каменнаго угля *Bessemer* въ Лондонѣ (1859) предложилъ вбрасывать уголь въ сосудъ, наполненный воднымъ растворомъ малоцѣнной соли (хлористаго кальція), удѣльный вѣсъ котораго болѣе удѣльнаго вѣса угля и меньше удѣльнаго вѣса примѣшанныхъ къ нему постороннихъ веществъ. При этихъ условіяхъ всѣ частицы угля независимо отъ ихъ объема должны всплыть на поверхность жидкости, а частицы постороннихъ веществъ опустятся на дно сосуда, чѣмъ достигается, по свидѣтельству изобрѣтателя, очень совершенное очищеніе угля. Способъ этотъ повидимому не получалъ примѣненія, хотя въ повѣйшее время былъ вновь предложенъ *Tellier* (1880).

Послѣ промывки и отдѣленія отъ воды, каменный уголь необходимо долженъ подвергнуться перемѣшиванію и вторичному дробленію, съ цѣлью получить возможно однородную массу, что имѣетъ весьма важное вліяніе на доброкачественность получаемаго кокса. Перемѣшиваніе также имѣетъ особенное значеніе тамъ, гдѣ самый мелкій сортъ угля (пыль) не промывается, а смѣшивается съ промытыми сортами, уменьшая этимъ процентное содержаніе воды, такъ-какъ практика показала, что присутствіе болѣе 5% воды вредно вліяетъ на коксованіе. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ къ промытому углю прибавляютъ нѣкоторое количество неспекающагося, тогда перемѣшиваніе и дробленіе получаетъ еще большее значеніе. Это перемѣшиваніе производятъ обыкновенно въ барабанахъ, а измельченіе помощью дробильныхъ валковъ. Въ послѣднее время эти приборы начали замѣнять дезинтеграторомъ Карра, который для перемѣшиванія и дробленія превосходитъ всѣ другіе аппараты, хотя и требуетъ значительно больше (до 2½ разъ) силы.

Для сушки промытаго угля были предложены въ послѣднее время спеціальныя аппараты

*Richt, Meinicke* и *Wolf* (1878) предложили сушилку, состоящую из ряда рѣшетъ, по которымъ, помощью ултки, движется слой угля, черезъ который продавливается воздухъ то сверху внизъ, то снизу вверхъ.

*Dickmann* (1879) предлагаетъ помѣщать мокрый уголь въ длинный открытый ящикъ (родъ корыта), въ которомъ помѣщена ултка (для передвиженія и перемѣшиванія угля) и стѣнки котораго окружены двойнымъ чехломъ, по которому движется паръ или нагрѣтый воздухъ.

Уголь послѣ надлежащей осушки, перемѣшиванія и измельченія подвергается *коксованію*.

Первоначально коксованіе производилось *въ кучахъ* (круглыхъ или продолжныхъ), складывая ихъ подобно тому, какъ и кучи при обугливаніи дерева и торфа. На ровномъ мѣстѣ складывали кучу, помѣщая въ ней крупныя куски угля внизу, а мелкія сверху, и покрывали всю кучу каменноугольною мелочью. При коксованіи одной к. у. мелочи ее смачивали водою и затѣмъ формали изъ получ. смѣси кучу, оставляя въ ней соответственные каналы для притока воздуха. Въ настоящее время коксованіе въ кучахъ почти оставлено и сохранилось только въ нѣкоторыхъ мѣстахъ Англій для коксованія тощихъ углей и у насъ въ Россіи <sup>1)</sup> для коксованія крупнаго угля. Въ Англій для этой цѣли (по предложенію *Wilkinson'a*) устраиваютъ кучи, въ серединѣ которыхъ помѣщена труба изъ огнеупорной глины (фиг. 43, табл. XIV), служащая для регулированія притока воздуха. Въ серединѣ разровненнаго мѣста складываютъ изъ огнеупорнаго кирпича трубу, около 1,2 м. высоты; въ стѣнкахъ ея оставляется много отверстій для притока воздуха; а верхнее отверстіе ея можетъ быть закрыто крышкой. Каменный уголь раскладывается круглою кучею вокругъ трубы; около ея и внизу кучи помѣщаютъ наиболѣе крупныя куски. Кучѣ даютъ высоту около 1 метра и ее покрываютъ сверху слоемъ смоченной каменноугольной мелочи или оставляютъ безъ покрывки, которая накидывается только послѣ, чтобъ затушить кучу, когда коксъ готовъ. Промежутки между кусками угля забрасываются мелочью, а чтобъ былъ притокъ воздуха, дѣлаютъ въ основаніи кучи, отъ трубы къ окружности, 6—8 каналовъ, обкладываемыхъ крупными кусками угля или кирпичами. Внутри трубы разводять огонь; онъ поддерживается притокомъ воздуха черезъ боковыя отверстія трубы, а жаръ отъ нея распространяется во всѣ стороны и передается каменному углю. Когда, въ кучахъ съ крышкой, изъ трубы перестаетъ видѣяться дымъ (черезъ 2—2½ дня), трубу закрываютъ, равно какъ и устья нижнихъ каналовъ, и, спустя 3—4 дня, черезъ отверстія, сдѣланныя въ верхней части кучи, вливаютъ въ нее воды, чтобы погасить раскаленный

<sup>1)</sup> Хоросевскій (1869).

коксъ и чтобы отчасти превратить содержащееся въ коксѣ сѣрнистое желѣзо въ окись желѣза. Если куча не имѣетъ покрывки, то ее зажигаютъ тоже черезъ трубу, которую тотчасъ закрываютъ, и газы должны проходить черезъ кучу. По мѣрѣ того какъ выдѣленіе ихъ уменьшается, сначала близь трубы, потомъ далѣе книзу, кучу покрываютъ мусоромъ; черезъ 18—24 часовъ послѣ заженія вся куча закрыта, и тогда вскрываютъ покрывку вокругъ трубы на 24 часа, чтобъ кончить обугливаніе, затѣмъ всѣ отверстія закрываютъ и поступаютъ какъ было указ. выше при кучахъ съ покрывкой. — Кучамъ даютъ діаметръ отъ 5,4—6,0 м.; вышину около 1 метра. Въ нѣкоторыхъ каменноугольныхъ округахъ устраиваютъ кучи значительно большихъ размѣровъ съ 3 или нѣсколькими трубами, расположенными на разстояніи 3 м. другъ отъ друга. Выходъ кокса въ подобныхъ кучахъ измѣняется по качеству угля отъ 60—80%.

Для собранія продуктовъ сухой перегонки при коксованіи угля въ кучахъ, *Blackwell* (1861) предложилъ соединить помощью желѣзной трубы основаніе центральной трубы кучи съ конденсаторомъ и заводскою трубою. При такомъ устройствѣ, воздухъ проникаетъ въ кучу черезъ покрывку, а продукты сухой перегонки втягиваются дымовою трубою въ центральную трубу кучи и конденсаторъ. Подобное приспособленіе употреблялось въ *Dudley's* и было описано *Wedding'омъ* (1861).

Въ настоящее время коксованіе производятъ обыкновенно въ печахъ, употребляя уголь въ видѣ мелочи.

Какъ переходъ къ этому способу обугливанія можно разсматривать обугливаніе по *Шаумбургскому способу*, оказавшееся весьма пригоднымъ для коксованія мелочи слабо вспучивающихся углей съ цѣлью полученія возможно плотнаго кокса.

Способъ этотъ былъ описанъ въ 1845 *Hesinger'омъ* (1846) и затѣмъ *Brand'омъ* (1851) и получилъ примѣненіе, кромѣ Шаумбурга и его окрестностей, также въ Силезіи и въ Англій.

Сущность Шаумбургскаго способа состоитъ въ томъ, что въ 4-хъ угольную продолговатую съ верху открытую камеру, образованную изъ толстыхъ кирпичныхъ стѣнокъ, помѣщаютъ угольную мелочь, утробовываютъ ее и сверху покрываютъ слоемъ мелочи и глины. Притокъ воздуха къ мелочи регулируется отверстиями, сдѣланными въ стѣнкахъ, и каналами, образованными въ мелочи, при помощи шестовъ, вставленныхъ въ камеру и затѣмъ вынутыхъ. Печь подобнаго рода имѣетъ длину около 12 м., ширину 2,4, высоту 1,5 м. и вмѣщаетъ около 40—60 куб. метр. угля. Одна операція продлжается 12 дней.

Аналогическое устройство печи было предложено *Smith'омъ* и *Swimerton'омъ* (1863) для коксованія углей богатыхъ сѣрой.

Гораздо большее распространеніе имѣютъ въ настоящее время закрытыя коксовальныя печи, извѣстныя въ Англій съ конца 18 столѣтія.

Число этих печей очень велико, но до сих пор они не подвергнуты подлежащей научно-практической оценке и премии, назначенная в 1873 г. Пруссимъ Обществомъ для содѣйствія промышленности за трудъ подобнаго рода, осталась не выданною.

Самыя древнія коксовальныя печи имѣли то же устройство, какъ и костровыя печи, о которыхъ было упомянуто при обугливаніи дерева и торфа. Образчикъ такой печи представленъ на фиг. 44, табл. XIV. Коксовальное пространство имѣетъ около 3,3 м. высоты и ширины, около 4 м. длины. Труба четырехъ-угольная въ 1,25 м. высоту и въ 3 дециметра шириною; подъ имѣетъ наклонъ въ 1,5 дециметр. Дверное отверстіе въ 1 м. высоты и ширины, запирается желѣзною заслонкою, въ верхней части которой имѣются 4 отдушины, расположенныя въ рядъ и имѣющія въ поперечникъ 7,5 сантиметр. Съ каждой стороны двернаго отверстія въ наружныя стѣны печи вдѣланы 2 крючка е, служащіе для поддержки желѣзной поперечины, въ которую рабочій упираетъ инструментъ при выгрузкѣ кокса. Въ этой печи коксуются 50 центнеровъ неплавкаго угля въ 24 и 36 центр. спекающагося угля въ 48 ч. Нагрузка производится черезъ трубу в.

Эта и ей подобныя костровыя печи съ высокимъ сводомъ всего болѣе пригодны для коксованія вспучивающагося угля, для коксованія же тощаго и спекающагося угля предпочтительнѣе печи съ низкимъ сводомъ, представителемъ которыхъ можетъ служить печь, изображенная на фиг. 45, табл. XIV, и употреблявшаяся въ Саарбрюкенѣ и на многихъ франц. желѣзныхъ заводахъ. Длина пода этой печи 3 м., а ширина 2 м., наибольшая высота печнаго пространства 1 м. Труба в, служащая въ то же время для засыпки угля, имѣетъ 0,6 м. высоты и 0,22 м. въ поперечникѣ. Для облегченія регулированія притока воздуха, во внутр. стѣнкахъ печи на высотѣ 0,45 м. отъ пода, устроенъ подковообразный каналъ, окружающій печное пространство и открывающійся въ о' о' по бокамъ двери. Воздухъ, вступающій въ отверстія о' о', направляется въ 9 поперечныхъ каналовъ о... и течетъ по нимъ въ верхнюю часть печи, гдѣ сжигаетъ выдѣляющіеся при коксованіи газы. Всякая дверь т запираетъ выгрузное отверстіе почти совершенно, такъ-что черезъ нее поступаетъ въ печь весьма небольшое количество воздуха. Сводъ и внутр. стѣны печи сложены изъ песчаника. Пространство между сводомъ и этими стѣнками заполнено глиною и шлаками. Величина насадки простирается отъ 40—50 куб. ф., процессъ коксованія длится отъ 20—24 часовъ. По нагрузкѣ печи сѣжимъ углемъ двери запираются, такъ-что притекающій воздухъ можетъ соприкасаться только съ выдѣляющимися газами, а не съ коксуемымъ углемъ. По окончаніи операціи коксъ оставляютъ еще на нѣкоторое время въ печи, причемъ онъ отъ сильнаго нагреванія становится тверже и нѣсколько сжимается.

Къ тому же типу печей относится *англійская коксовальная печь*, представленная на ф. 46 а, в, табл. XV. Для сохраненія теплоты ихъ строятъ обыкновенно нѣсколько въ рядѣ. Каждая отдѣльная печь состоитъ изъ 4-хъ угольной камеры, покрытой сводомъ. Подъ камеры имѣеть ширину 3,77 м. глубину 3,14, а высота камеры колеблется между 0,94—3,14 м. Въ сводѣ печи находится отверстіе а, черезъ которое удаляются летучіе продукты коксованія. Притокъ воздуха происходитъ черезъ дверцы в, снабженныя отверстіями. Угли помѣщаются въ печь, предварительно растопленную, отчасти черезъ дверцы в, отчасти черезъ отверстіе а. Послѣ 12 часового нагрѣванія, еще раскаленный коксъ выгребається изъ печи въ желѣзныя телѣжки и отвозится въ особенное помѣщеніе, гдѣ его тушатъ водою и складываютъ въ сараи до употребленія. Немедленно послѣ выгрузки кокса, печь, еще сильно раскаленная, вновь нагружается свѣжимъ углемъ. Коксъ выходитъ тѣмъ лучшихъ качествъ, чѣмъ равномернѣе нагрѣта печь, въ виду этого первыя порціи кокса получаютъ менѣе хорошихъ качествъ, чѣмъ послѣдующія.

Трудность полученія большихъ кусковъ кокса и невозможность устранить образованіе коксовой мелочи при разгрузкѣ выше описанныхъ коксовальныхъ печей, а также значительная потеря времени при постепенной ихъ разгрузкѣ, побудили устраивать *коксовальныя печи съ двумя дверцами*, такихъ размѣровъ, чтобы можно было разомъ извлекать всю массу кокса при помощи механическихъ приспособленій. Представителемъ такой печи можетъ служить печь, построенная прежде всего въ Сень-Этьенѣ и въ настоящее время часто употребляющаяся во Франціи. Она представлена на фиг. 47, табл. XV, и состоитъ изъ овальнаго очага, большій діаметръ котораго по линіи А А равенъ 7,22 м., а другой діаметръ, пересѣкающій первый перпендикулярно по срединѣ—3,45 м. Подъ печи сдѣланъ изъ огнеупорной глины безъ употребл. известковаго цемента. Очагъ покрытъ очень плоскимъ сводомъ, верхняя точка котораго не возвышается болѣе, чѣмъ на 1,26 м. надъ подомъ. На обоихъ концахъ печи находятся дверцы А А, которыя служатъ для загрузки, разгрузки и тяги. Продукты сухой перегонки удаляются черезъ отверстіе В, которое можетъ быть герметически закрыто при помощи желѣзной плиты. Обугливаніе производится, въ общихъ чертахъ, какъ въ англійской печи. Сначала нагрѣваютъ печь до надлежащей температуры, сожигая въ ней хворостъ, угольную мелочь и т. д. и затѣмъ нагружаютъ углемъ, раскладывая его равномерно по поду. Уголь быстро загорается; сначала закрываютъ дверцы, но открываютъ отверстіе В; скоро стануть выдѣляться темножелтые газы, которые, при открываніи дверецъ, сжигаются съ выдѣленіемъ густаго черного дыма. Постепеннымъ открываніемъ дверецъ мало по малу усиливаютъ жаръ, пока изъ трубы не будетъ выходить пламя безъ дыма. Послѣ этого закрываютъ дверцы и постепенно

верхнее отверстие печи и оставляютъ въ ней коксъ еще въ теченіе 12 часовъ. Вслѣдствіе нѣкотораго охлажденія спекшаяся масса растрескивается и ее легко выгрести изъ печи въ тележки. Вынутый коксъ тушатъ водою, а печь нагружаютъ свѣжимъ углемъ.

При только-что описанныхъ способахъ коксованія, газы, образующіеся при сухой перегонкѣ угля, выпускаютъ непосредственно въ воздухъ, что оказываетъ вредное вліяніе на жителей близъ завода лежащихъ мѣстностей, такъ какъ газы эти содержатъ значительное количество сѣрнистой кислоты, дыма и зловонныхъ веществъ. Чтобы уменьшить это зловерное вліяніе, коксовальныя печи указанныхъ системъ иногда располагаютъ такимъ образомъ, чтобы отверстія, служащія для выхода продуктовъ сухой перегонки, сообщались съ каналомъ, отводящимъ газы въ высокую трубу и затѣмъ уже въ воздухъ.

Гораздо цѣлесообразнѣе конечно закигать эти газы и воспользоваться теплотою при этомъ получаемой, тѣмъ болѣе что летучіе продукты сухой перегонки каменнаго угля содержатъ значительное количество горючихъ веществъ.

По изслѣдованію *Ebelmen*'а (1850) газы, выдѣлявшіеся изъ коксовальной печи въ *Seraing*'ѣ, содержали слѣдующія:

	2 ч.	7½ ч.	14 часовъ.	Среднее.
Послѣ начала коксованія.				
Углекислоты . . . . .	10,13	9,60	13,06	10,93
Окиси углерода . . . . .	4,17	3,91	2,19	3,42
Болотнаго газа . . . . .	1,44	1,66	0,40	1,17
Водорода . . . . .	6,28	3,67	1,10	3,68
Азота . . . . .	17,98	81,16	83,25	80,80.

*Rimsen* и *Pfayfair* получили при обугливаніи двухъ сортовъ англ. каменныхъ углей слѣд. результаты:

	Gasforth'скій уголь.		Alfreton'скій уголь.	
	а.	б.	а.	б.
Болотный газъ . . . . .	7,0	6,6	6,6	6,2
Окись углерода . . . . .	1,1	1,6	1,6	6,3
Углекислоты . . . . .	1,1	1,1	1,1	2,3
Маслороднаго газа . . . . .	0,7	0,5	0,5	1,6
Сѣрнистаго водорода . . . . .	0,5	0,2	0,2	0,2
Водородъ . . . . .	0,5	0,4	0,4	1,4
Амміакъ . . . . .	0,2	0,2	0,2	0,3
Азотъ . . . . .	0,03	—	—	—
Вода . . . . .	7,5	12,4	12,4	16,6
Смола . . . . .	12,23	9,7		
Коксъ . . . . .	68,92	67,2	65,1.	

Летучихъ частей отъ 30,8—32,7 съ 19,2—22,3 % горючихъ газовъ.

И дѣйствительно, начиная съ 40-хъ годовъ, было сдѣлано много попы-



тогда воспользоваться горючими газами, образующимися при коксовании углей, и притомъ въ двухъ различныхъ направленихъ, а именно: или для цѣлей, неимѣющихъ ничего общаго съ коксованіемъ, или же для самаго коксованія.

Къ попыткамъ перваго рода принадлежатъ предложенія воспользоваться газами коксовыхъ печей для отоплванія паровиковъ (Henrard, 1835 <sup>1)</sup>), для обжиганія рудъ и извести (Michaut, 1847) и для нагрѣванія выпарительныхъ котловъ (Maardt, 1873, Erichson и Haardt, 1873). Всѣ эти предложенія не получили значительнаго примѣненія, и тамъ, гдѣ они приняты въ настоящее время, газы изъ коксовыхъ печей, по предложенію *Wright-fault*, сначала употребляются для коксованія, а затѣмъ уже для другихъ цѣлей.

По свидѣтельству *Годена* и *Демонэ* (1869) нагрѣваніе котловъ теряющимся жаромъ коксовальныхъ печей даетъ большое сбереженіе тепла и не представляетъ неудобствъ, если при постройкѣ печей распределить ихъ такъ, чтобы въ случаѣ ихъ остановки не было недостатка въ парѣ, или въ случаѣ починки котловъ не было недостатка въ коксѣ, т. е. чтобы въ крайнемъ случаѣ обѣ системы могли дѣйствовать независимо другъ отъ друга. Такое устройство дало хорошіе результаты обществу *Leragon* въ *Seraing*'ѣ, гдѣ паровики помѣщаются рядомъ съ коксовальными печами системы *Smet*'а (см. ниже) и отапливаются отходящими газами изъ этихъ печей.

Прежде примѣненія коксовальныхъ газовъ для нагрѣванія паровыхъ котловъ, начались попытки нагрѣвать этими газами самыя коксовальныя печи, причемъ первоначально пользовались только теплотою газовъ, а затѣмъ исключительно теплотою, отдѣляющейся при ихъ сжиганіи, выпуская необходимый для этого воздухъ или въ коксовальное пространство, или, въ новѣйшее время, въ отдѣльные каналы, окружающіе коксовальныя камеры, представляющія реторты лежащія или (для болѣе удобной нагрузки и разгрузки печи) вертикальныя.

*Печь Jones* (1858) представляетъ переходъ къ печамъ указанной конструкціи. Подъ ея (ф. 48 а, в, с, табл. XV) имѣеть четырехъ-угольную форму и наклоненъ къ переднему концу отъ а къ в. Стѣны печнаго пространства вертикальныя, а сверху оно покрыто сводомъ. Спереди, въ в, находится покрытое сводомъ пространство, которое закладывается кирпичемъ. Въ сводѣ, покрывающемъ печное пространство, имѣется два отверстія, изъ нихъ одно круглое с помѣщается въ серединѣ, а другое узкое и продольное г у задняго конца. Во время коксованія отверстія эти запираются крышками и засыпаются пескомъ. Въ задней стѣнѣ находятся два покрытыя сводомъ отверстія с и d, отъ которыхъ идутъ внизъ, въ самой стѣнкѣ, вертикаль-

<sup>1)</sup> *Jeer* (1857) подробно разсмотрѣлъ вопросъ о нагрѣваніи паровиковъ газами изъ коксовыхъ печей.

ные каналы, открывающіеся въ горизонтальные каналы, лежащіе подь подомъ печи и идущіе къ передней стѣнѣ печи, какъ это показываютъ стрѣлки на фиг. 48, с. Впереди каналы эти соединяются съ каналомъ e и f, также расположенными подь печью и направляющимися къ задней стѣнѣ, гдѣ они, помощьюъ вертикальныхъ каналовъ g и h соединяются съ трубою i. Послѣдняя возвышается на 2,44 метра надъ печью и снабжена клапаномъ; верхнее отверстіе ея имѣетъ площадь въ 90 кв. сантим. Черезъ трубу i проходятъ двѣ желѣзныя трубы k и l, сообщающіяся съ наружнымъ воздухомъ и снабженныя крышками. Трубка k открывається въ заднюю часть камеры отверстіемъ m, трубка же l, при помощи каналовъ n и o, въ переднюю часть камеры въ p. Отверстія v v въ задней стѣнѣ печи даютъ возможность наблюдать за ходомъ операціи, во время которой каждое изъ нихъ закладывается кирпичемъ. Подь печи находится въ значительномъ разстояніи отъ основанія, и печныя стѣны скрѣплены чугунными плитами и желѣзными связями. Уголь закладывается въ печь черезъ отверстіе s и располагается ровнымъ слоемъ по поду. Затѣмъ отверстіе b забираютъ кирпичемъ, и заставляють желѣзною дверью, которая помощьюъ желѣзной поперечины закрѣпляется въ вертикальномъ положеніи. Промежутокъ между этой дверью и кирпичной стѣной закладывается мелкимъ коксомъ. Если печь находится постоянно въ ходу, то она удерживаетъ въ себѣ достаточно теплоты для того, чтобъ заброшенный въ нее при началѣ слѣдующей операціи уголь тотчасъ воспламенился. Необходимый для нагрѣванія воздухъ проходитъ по трубкамъ k и l, нагрѣтымъ до красна, и входитъ въ печное пространство въ нагрѣтомъ состояніи. Притокъ его управляютъ помощьюъ заслонокъ. Летучіе продукты разложенія уходятъ черезъ отверстія с и d, опускаются внизъ и, пройдя взадъ и впередъ подь подомъ, по каналамъ g и h отводятся въ трубу. Печь эта въ особенности пригодна для коксованія тощихъ углей.

Новѣйшія коксовальныя печи строятъ небольшихъ размѣровъ, причемъ не только подь, но и стѣнки ихъ нагрѣваются сожиганіемъ отходящихъ газовъ. Такія печи ставятъ обыкновенно въ одинъ рядъ и онѣ плотно прилегають другъ къ другу своими длинными боковыми стѣнками и окружаются однимъ общимъ кожухомъ; поэтому-то все пространство между тонкими внутренними стѣнками печей можно разсматривать какъ одно общее печное пространство.

Представителемъ такого рода печей можетъ служить печь *Смита* (Smet), имѣющая большое распространеніе въ Бельгійи и представленная на ф. 49, табл. XVI. Каждая печь состоитъ изъ камеры, ширина которой 0,69 м., высота 1,6 м., а длина 5,96 м. Газы выходятъ изъ камеры черезъ отверстія, находящіяся въ сводѣ, проходятъ по каналу o до противоположнаго конца

печи, откуда через пролетъ въ перегородкѣ проходятъ въ горизонтальный же каналъ *р* и, обогрѣвши боковую стѣнку камеры, направляются въ каналъ, лежащій подъ подомъ камеры, а затѣмъ въ трубу. Воздухъ, необходимый для сожиганія газовъ, протекаетъ черезъ небольшія отверстія въ печныхъ дверяхъ, и притокъ воздуха регулируется клапанами, помѣщенными надъ вытяжною трубою. Каждая отдѣльная печь указанныхъ размѣровъ обугливаетъ въ 24—36 часовъ 2000 кило угля, давая 70% кокса.

Въ настоящее время въ Бельгiи печи *Смита* стали замѣнять печами *Дюлаэ* (*Dulait*) и въ особенности печью *Коппе* (*Corpée*), представляющими видоизмѣненіе печи *Смита*.

*Печь Коппé*, въ послѣднемъ ея измѣненіи, представлена на фиг. 50, табл. XVI <sup>1)</sup>. Отдѣльныя печи *A* и *B* отдѣлены другъ отъ друга стѣнками изъ огнеупорнаго матеріала. Выдѣляющіеся газы вступаютъ черезъ 18 боковыхъ отверстій *D* въ горизонтальный дымовой ходъ *X* и идутъ по вертикальному ходу *с* въ каналъ *R*, а затѣмъ въ дымовую трубу. Вдоль печи проходитъ небольшой каналъ *L*, приводящій черезъ отверстіе *ш* въ каналъ *X* необходимый для сожиганія газовъ воздухъ. Въ галереяхъ подъ каменной кладкой циркулируетъ свѣжій воздухъ, который охлаждаетъ и сберегаетъ все устройство. Воздухъ этотъ входитъ черезъ боковое отверстіе *T*, спускается по каналу *J* въ четыре сводчатые хода *P*, подымается черезъ 8 отверстій *O* въ обѣ галереи *N*, распределяется по ходамъ *и* и затѣмъ, собравшись въ каналъ *G*, поступаетъ въ дымовую трубу. Если печи наполняются свѣжимъ углемъ каждые два дня, въ такомъ случаѣ печь *A* разгружаютъ 24 часами позже, чѣмъ связанную съ нею печь *B*, такъ-что пламя этой послѣдней нагрѣваетъ подъ и стѣнки печи *A* во время ея наполненія. Когда печь *A* наполнена углемъ, то выдѣляющіеся изъ нея газы черезъ отверстіе *D* направляются въ каналъ *X*, гдѣ смѣшиваются съ горячими газами печи *B* и съ воздухомъ, входящимъ черезъ отверстіе *ш*, вслѣдствіе чего сгораютъ. Пламя идетъ затѣмъ подъ подъ печи *A* въ пространство *R*, затѣмъ подъ подъ печи *B* и направляется къ трубѣ. При работѣ боковыхъ печей горячіе газы идутъ изъ ходовъ *R* сначала въ горизонтальный ходъ *z*, а затѣмъ въ трубу. Размѣры описанной печи не указаны. Въ печахъ прежней конструкціи камеры имѣли длину 9 м., среднюю ширину 0,5 м. Каждая печь давала 2000 кило кокса.

*Печь Ангольтч* <sup>2)</sup>, устроенная въ первый разъ ея изобрѣтателемъ въ 1854 г., представлена на фиг. 51, табл. XVI. Главный

<sup>1)</sup> Dingler's J. 1880, 237, 454.

<sup>2)</sup> Dingler's J. 139, 394 (1856); 141, 350 (1856); 151, 357, 397 (1859); 158, 233 (1860).

корпусъ печи сдѣланъ изъ обыкновенной кирпичной кладки, въ которой, смотря по размѣрамъ, дѣлается 12—15, 18—24 камеръ изъ огнеупорнаго матеріала. Камеры эти имѣютъ видъ вертикальныхъ усѣченныхъ пирамидъ, нижнее отверстіе которыхъ имѣетъ 1,24 м. въ одну сторону и 0,45 м. въ другую, верхнее 1,12 м. въ одну сторону и 0,33 м. въ другую; высота камеръ 4,0 м. Сверху камеры К, К завершаются сводообразною кладкою, устроенною такимъ образомъ, что верхнее отверстіе камеры имѣетъ форму квадрата (0,35 □ м.). Форма усѣченной пирамиды придана камерамъ, чтобы облегчить выниманіе изъ нихъ кокса. Стѣны каждой отдѣльной камеры не соприкасаются другъ съ другомъ, а, для приданія большей прочности всей печи, соединяются только желѣзными связями; это даетъ возможность отдѣляющимся изъ камеръ газамъ свободно двигаться по каналамъ, устроеннымъ между камерами по всей длинѣ печнаго корпуса. Камеры устраиваются на высотѣ 2,6 м. отъ поверхности почвы на кирпичныхъ столбахъ, притомъ такъ, что подъ длинныя стороны камеръ подкладываются чугунныя балки, а короткія лежатъ непосредственно на самыхъ столбахъ. Столбы эти размѣщаются правильными рядами, такъ что въ промежуткѣ между ними, подъ цѣлымъ рядомъ камеръ, проходитъ дорога, по которой двигаются вагоны, вмѣщающіе всю массу получаемаго кокса.—Верхнее отверстіе камеръ закрывается крышкою D, а нижнее—вращающимися на горизонтальномъ шарнирѣ чугунными дверцами T, которыя при нагрузкѣ печи покрываются слоемъ коксовой мелочи, чтобы устранить непосредственное соприкосновеніе съ ними раскаленнаго кокса.—Отверстія для отвода газовъ устраиваются въ камерахъ печей Ашполя въ самомъ низу ихъ, а именно на расстоянии 30—37,5 с. м. отъ ихъ основанія, вслѣдствіе этого газы должны пройти черезъ всю массу коксующагося угля, прежде чѣмъ они выйдутъ изъ камеры. Отверстія O, O располагаются въ числѣ 7—9 по длинной сторонѣ камеры и 2—3 по короткой; газы проходятъ черезъ нихъ въ окружающія камеры пространства V, V, затѣмъ проходятъ въ каналы S и S, а изъ нихъ въ общіе пролеты A и A, которые и отводятъ ихъ въ общую трубу. Каналы S и S устраиваются по длинной сторонѣ печи, и на каждыя 3 или 4 камеры, смотря по числу ихъ, дѣлаютъ по одному такому каналу вверху и внизу; такимъ образомъ печь, напримѣръ, въ 12 камеръ имѣетъ всего 12 такихъ каналовъ, а именно на каждой длинной сторонѣ печи по 3 внизу и по 3 вверху. Устья каналовъ S и S въ пролетахъ A, A снабжены заслонками для управленія тягой. Воздухъ, необходимый для сгоранія газовъ въ пространствахъ V, V, доставляется особыми каналами, сдѣланными на различной высотѣ въ самой печной кладкѣ. Каналы эти снаружи также снабжены заслонками и, слѣдовательно, могутъ быть открываемы по мѣрѣ надобности. Каналь L служитъ и для притока воздуха и для наблюденія. Предназначенный для коксованія уголь

предварительно промывается и затѣмъ посредствомъ черпаковъ подымается на верхнюю поверхность печи, гдѣ и сваливается въ запасную башню; затѣмъ имъ наполняютъ желѣзные вагоны, вмѣщающіе каждый полную засыпь камеры, и движущіеся по желѣзной дорогѣ, устроенной на верху по протяженію всей печи. На дно каждой камеры (т. е. на нижнія двери) насыпается, какъ было сказано выше, слой коксовой мелочи въ нѣсколько дюймовъ. Когда коксованіе въ одной изъ камеръ окончится, что узнаютъ по прекращенію выдѣленія газовъ изъ отверстій *OO*, то открываютъ посредствомъ ключа двери *T* и вся коксовая масса, вслѣдствіе собственной тяжести, вываливается изъ камеры и садится на подпорки *pp*; тогда ее разбиваютъ ломомъ на болѣе мелкіе куски, которые падаютъ въ подставленный снизу желѣзный, выложенный внутри огнеупорнымъ кирпичемъ откидной вагонъ, вмѣщающій весь коксъ изъ одной печи. Каждая камера вмѣщаетъ отъ 1100—1200 кило угля; коксованіе продолжается въ среднихъ камерахъ 24 часа, а въ крайнихъ (угловыхъ), вслѣдствіе не столь высокой температуры, отъ 30—34 часовъ.

Въ печахъ Аппольта воздухъ не имѣетъ вовсе доступа въ коксовальное пространство; поверхность прикосновенія угля со стѣнками печи имѣетъ возможно большіе размѣры; отводъ газовъ устроенъ весьма удобно, и газы сжигаются вполне, черезъ что достигается наивысшая температура; наконецъ, разгрузка и нагрузка печи производится удобно и скоро. Въ виду этого, печи Аппольта даютъ, во первыхъ, почти теоретическій выходъ кокса и, во вторыхъ, обладаютъ значительною производительностью. Не смотря на всѣ эти достоинства, печи Аппольта не получили большаго распространенія въ виду того, что стоимость устройства ихъ значительно больше, чѣмъ хорошихъ горизонтальныхъ печей, и притомъ непропорціонально выспимъ выходамъ кокса. Кромѣ того, постройка и ремонтъ печей Аппольта затруднительны и, по наблюденіямъ *Барре* (*Barre*), въ нихъ тощіе угли могутъ коксоваться только въ смѣси съ  $\frac{3}{4}$  жирныхъ.

Для болѣе совершенной утилизаціи летучихъ продуктовъ сухой перегонки были предложены (*Кнаб*, 1859) коксовальныя печи, въ которыхъ газы, до сжиганія ихъ, пропускаются черезъ рядъ конденсаторовъ для предварительнаго сгущенія амміачной воды и каменноугольнаго дегтя. Подобныя печи не получили до настоящаго времени значительнаго примѣненія, отчасти вслѣдствіе трудности получать коксъ надлежащихъ качествъ при одновременномъ улавливаніи летучихъ продуктовъ сухой перегонки, отчасти вслѣдствіе дороговизны устройства самыхъ печей, которая до значительной степени уменьшаетъ выгоды, доставляемыя добытыми продуктами сухой перегонки. Только въ томъ случаѣ, если газовое освѣщеніе будетъ вытѣснено электрическимъ, и явится недостатокъ въ каменноугольномъ дегтѣ, вышеуказанному предложенію можетъ предстоять будущность.

Коксъ вынутый изъ коксовыхъ печей тушатъ или водою, или покрываютъ его слоемъ воды. Первый способъ всего чаще употребляется, такъ какъ онъ требуетъ менѣе мѣста и времени, сообщаетъ коксу серебристый блескъ и удаляетъ изъ него нѣкоторое количество сѣры, содержащейся въ коксѣ въ видѣ сѣрнистаго желѣза ( $\text{FeS} + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO} + \text{H}_2\text{S}$ ). Недостатокъ этого способа тушенія кокса заключается въ томъ, что коксъ напитывается водою, количество которой можетъ быть умышленно увеличено въ ущербъ покупателю.

Кромѣ вышеописанныхъ коксовыхъ печей, предложено еще очень много другихъ, которыя для полноты указаны ниже, придерживаясь классификаціи, предложенной *Ballin-g'омъ* (1871).

Всѣ придуманныя коксовые печи могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы, а именно:

А) Печи, которыя не отапливаются летучими продуктами коксованія.

Здѣсь относится огромное число печей, сходныхъ по своему устройству съ костревыми (кожуховыми), а также съ хлебпекарными печами. Онѣ были придуманы ранѣе другихъ. Въ нѣкоторыхъ повѣвшихъ печахъ этой группы летучіе продукты коксованія служатъ, хотя отчасти, для нагреванія печей, и печи эти представляютъ переходъ ко второй группѣ. Таковы напр. С-нъ Этьенская печь, описанная выше, печи *Michaut* (1847), *Halford'a* и *Joseph'a* (1849), *Jones'a* (1858), *Aitken'a* (1877).

В) Печи, въ которыхъ летучіе продукты коксованія служатъ для нагреванія пода и боковыхъ стѣнокъ печи.

1) Печи съ одной дверью, въ которыхъ камеры для коксованія расположены:

а) Параллельно одна возлѣ другой: *Jarlot* (1860); *Smit'a*, <sup>1)</sup> *Dulait*, <sup>2)</sup> *Galloway* (1879); *Otto et C<sup>o</sup>* (1880).

б) Параллельно одна надъ другой: *Frommont*, <sup>3)</sup> *Bourg*, <sup>4)</sup> *Gendebain* <sup>5)</sup>.

в) Радіально одна возлѣ другой: *Eaton* <sup>6)</sup>, *Laumonier* <sup>7)</sup>.

г) Съ опрокидывающейся камерой: *Kunowski* (1880).

2) Печи съ двумя дверями.

а) Камеры лежатъ горизонтально одна возлѣ другой: *François* <sup>8)</sup>, *François-Rexroth* <sup>9)</sup>, *François-Gobieth* <sup>10)</sup>, *Coppée* <sup>11)</sup>, *Haldy* <sup>12)</sup>, *Fabry* <sup>13)</sup>, *Smet* <sup>14)</sup>, *Ringel* <sup>15)</sup>.

1) *Polytech. Centralblatt*, 1864, 1021.

2) Сравни. *Bluhme* (1855), *Barré* (1864), *Gillon* (1874).

3) Сравни. *Bluhme* (1855), *Barré* (1864).

4) *Berg-und Hüttenzeitung*, 1855, 233.

5) Сравни. *Barré* (1864).

6) Сравни. *Cochrane* (1862), *Barré* (1864).

7) *Wagner's Jahresber.* 1867, 775.

8) Сравни. *Barré* (1864), *Rittler* (1871), *Rheingruber* (1875).

9) Сравни. *Rheingruber* (1875).

10) *Berg-und Hüttenz.* 1862, 329.

11) Сравни. *Barré* (1864), *Gillon* (1874), *Rheingruber* (1875), *Stuckmann* (1870).

12) Сравни. *Rittler* (1871).

13) Сравни. *Bluhme* (1855), *Barré* (1864).

14) Сравни. *Bluhme* (1855), *Barré* (1864), *Rittler* (1871), *Gillon* (1874), *Rheingruber* (1875).

15) *Berg-und Hüttenzeitung*, 1872, 339.

b) Камеры для обугливания лежат наклонно: Rauwels и Dubochet (1850), Newton (1852), Dubochet (1856).

c) Камеры для обугливания помещены вертикально: Appolt (1854), Bauer (1872), Ringel (1876), Bauer и Gödecke (1879).

С) Печи, въ которыхъ летучіе продукты идутъ сначала въ конденсаторы для сущенія аммиака и дегтя, а затѣмъ служатъ для нагрѣванія коксовыхъ камеръ. Сюда относятся печи: Kuenzi (1858), Knab'a (1859<sup>1)</sup>), Pernolet (1870), Forbes и Abbot'a (1878), Ströhmer и Scholz'a (1879).

Кромѣ того Clavidge и Roger (1858) предложили печи, въ которыхъ камеры снабжены ложными дниами, причемъ въ промежутокъ между настоящими и ложнымъ дномъ выпускаются газы изъ доменныхъ печей и воздухъ, необходимый для ихъ сжиганія, а Wylam (1843) взялъ привилегію на аппаратъ, въ которомъ сухая перегонка угля производится при содѣйствіи перегрѣтаго пара.

Выборъ той или другой системы печи зависитъ отъ мѣстныхъ и экономическихъ условий, отъ свойствъ коксуемаго угля и отъ свойства кокса, который желаютъ получить.

Коксованіе жирныхъ углей, дающихъ при слабомъ, такъ и при сильномъ нагрѣваніи маловспучивающійся коксъ, можетъ быть производимо въ костровыхъ печахъ, уменьшая вспучиваніе угля медленнымъ и продолжительнымъ веденіемъ процесса или препятствуя поднятію массы механическимъ давленіемъ, помѣщая въ коксовую печь большое количество угля. При коксованіи же полужирныхъ сильно вспучивающихся углей или тощихъ трудно спекающихся углей употребляютъ печи, въ которыхъ можетъ быть произведена высокая температура, чтобы образующіеся углеродистые водороды, до выдѣленія ихъ изъ угля, разложились съ выдѣленіемъ углерода, связывающаго обугливаемую массу. Для коксованія углей подобнаго рода всего болѣе пригодны костровыя печи съ низкимъ сводомъ или еще лучше печи съ небольшими коксовальными камерами, нагрѣвающимися со всѣхъ сторонъ съ возможно полнымъ сжиганіемъ летучихъ продуктовъ коксованія (печь Дюлэ, Анпольта и др.).

Изъ выше сказаннаго понятно, что въ прежнее время, когда на коксованіе шель почти исключительно жирный уголь съ короткимъ пламенемъ и когда главная цѣль коксованія состояла въ удаленіи изъ угля возможно большаго количества сѣры, коксованіе производили преимущественно въ кожуховыхъ печахъ при относительно большомъ притокѣ воздуха. Въ настоящее же время, когда для полученія кокса стали употреблять полужирные и даже тощіе угли, и когда главною цѣлью коксованія стало полученіе возможно плотнаго кокса, стали употреблять печи, въ которыхъ коксованіе

<sup>1)</sup> Сравни Dinger's J. 1859, 154, 97 (описание печи); Wagner's J. В. 1863, 753 (Результаты примѣненія печи Knab'a въ Сентъ-Этьеннѣ); Dinger's J. 1880, 236, 57 (Результаты примѣненія той же печи въ Bessèges).

можетъ быть производимо при возможно высокой температурѣ и почти безъ всякаго доступа воздуха къ коксуемому углю. Конечно и въ настоящее время стараются при коксованіи удалить изъ угля возможное количество сѣры, но это не составляетъ болѣе главной задачи коксованія, такъ какъ вредное вліяніе сѣры на качество чугуна можетъ быть устранено прибавленіемъ руды, содержащихъ марганецъ. Съ постепеннымъ же увеличеніемъ размѣровъ доменныхъ печей сдѣлалось необходимымъ полученіе возможно плотнаго кокса, который могъ бы выдержать сильное давленіе, существующее въ заплечникѣ и горнѣ, въ противномъ случаѣ матеріалъ былъ бы раздавленъ и частицы его, вмѣсто того чтобы сгорать и содѣйствовать плавленію, уносились бы струею воздуха, вдуваемаго въ печь.

*Выручка кокса* зависитъ отъ свойства и состава угля и отъ способа обугливанія, такъ что даже изъ углей одной и той же шахты можно получить очень различныя количества кокса. При коксованіи въ закрытомъ тиглѣ небольшихъ количествъ кам. углей получаютъ, какъ сказано было выше, отъ 50—93% кокса (сред. числомъ 70%); при коксованіи большихъ количествъ угля въ кучахъ и печахъ выручка эта уменьшается на 5—10%, а иногда даже на 20%.

Угли донецкаго бассейна, при обугливаніи въ шаумбургскихъ печахъ, даютъ слѣдующій процентъ кокса:

	Содерж. золы въ процен.	Количество кокса въ процен.
Петровский рудникъ . . . . .	1,05	70,5
Макѣевскій . . . . .	1,80	68,0
Рутченковскій . . . . .	—	73,88
Толубовскій . . . . .	—	65,0
Орѣховскій . . . . .	—	65,0

*Свойства и составъ кокса* очень различны, смотря по природѣ угля и способу коксованія. Чѣмъ болѣе уголь размягчается при нагрѣваніи, чѣмъ болѣе его вспучиваютъ выделяющіеся газы, тѣмъ пузырчатѣе, легче и ломче получается коксъ; чѣмъ меньше уголь размягчается при нагрѣваніи, тѣмъ менѣе отдѣльныя частицы спекаются между собою для образованія большихъ кусковъ кокса. Тѣмъ не менѣе, однако, одинъ и тотъ-же уголь даетъ коксъ различной плотности, смотря по условіямъ, при которыхъ происходило коксованіе. При усиленномъ давленіи, высокой температурѣ и продолжительности нагрѣванія получается болѣе плотный, твердый и трудно-воспламеняющійся коксъ, чѣмъ при условіяхъ противоположныхъ. Въ виду указанныхъ причинъ, коксъ бываетъ то порозеный и легкій, то плотный и тяжелый, то мягкій и рыхлый, то твердый и крѣпкій. Цвѣтъ кокса бываетъ то темносѣрый, матовый, безъ блеска, то свѣтлосѣрый съ серебристымъ блескомъ, иногда съ радужными отливами. Удѣльный вѣсъ кокса колеблется между 1,2—1,9, а вѣсъ одного куб. метра кокса между 350—450 килогр.



Элементарный составъ кокса сходенъ съ элементарнымъ составомъ другихъ искусственныхъ углей, и кромѣ углерода и золы содержитъ всегда еще нѣкоторое количество водорода и кислорода. На основаніи имѣющихся, правда не многочисленныхъ, анализовъ можно принять, что органическая часть кокса содержитъ 94%С, 1%Н и 5%О.

Происхожденіе кокса.	Гигроскопич. вода въ %	Золы въ сухомъ остаткѣ въ %	Въ 100 ч. сухаго кокса безъ золы содержится			
			С	Н	О и N.	
Коксъ изъ Ньюкестельск. угля	—	5,09	98,02	0,29	1,69	Baer (1847/8).
„ „ Фаустъ-флеца . .	4,96	5,61	93,04	1,51	5,45	Baer (1850).
„ „ Гергардск. флеца . .	5,88	2,33	92,06	1,49	6,45	Baer (1850).
„ „ Аггарре (Mons) . . .	—	6,20	97,33	0,35	2,32	Marsilly (1858).
„ „ басс. Saar . . . . .	3,94	8,60	94,56	2,17	3,27	Faisst (1855).
„ „ басс. Ruhr . . . . .	3,81	9,66	95,44	1,09	3,47	„
„ „ „ „ . . . . .	—	6,40	90,87	0,92	8,21	Горнозаводск. лаборат. въ Bochum 1).
„ „ „ „ . . . . .	—	6,93	98,61	1,35	0,04	„
„ „ „ „ . . . . .	—	10,31	93,08	0,82	6,10	„
Коксъ неизвѣст. происход.	—	36,20	84,98	1,01	14,01	Stölzel (1857).
Коксъ изъ Ebbwvall . . . .	—	8,30	92,85	0,21	6,94	Parry (1872).
Среднее . . . . .	4,65	9,59	93,71	1,03	5,26	
	(4)		(11)			

Углеродистое вещество, входящее въ составъ кокса, не однородно; главная масса его образовалась черезъ непосредственное разложене органической части обугливаемого угля, другая же часть образовалась черезъ разложене летучихъ продуктовъ сухой перегонки вслѣдствіе прикосновенія этихъ послѣднихъ съ сильно нагрѣтымъ коксомъ и съ сильно накаленнымъ ретортами. Углеродистое вещество, образовавшееся послѣднимъ путемъ, имѣетъ видъ чернометаллическихъ нитей въ 1—1½ дюйма длины и представляетъ подъ микроскопомъ видъ массивныхъ цилиндровъ. Оно не содержитъ золы и по *Platz's* у 2) имѣетъ слѣдующій составъ:

Углеродъ	—	95,73
Водородъ	—	0,38
Кислородъ	—	3,89
		100,00

Содержа водородъ и кислородъ, коксъ, при сильномъ нагрѣваніи безъ доступа воздуха, даетъ нѣкоторое количество летучихъ веществъ, тѣмъ больше, чѣмъ слабѣе онъ обожженъ.

По анализамъ, произведеннымъ въ лабораторіи Горнаго Департамента 3), вслѣд, виды кокса дали слѣдующіе результаты:

1) Muck, Steinkohlen Chemie (Bonn, 1881) p. 152.

2) Muck l. c, p. 153.

3) Горн. Журналъ 1869, II, 72, 80; 1871, I, 145, 153.

К о к с ь.	Влаги.	Летучихъ веществъ.	Угль.	Зола.	Сѣры.
Англійскій коксѣ, употреб. въ Петербургѣ, лучший сор.	—	0,7	90,7	6,6	—
Тоже худшій сор.	—	4,8	88,3	6,9	—
Коксѣ, выжженный въ палочной печи изъ угль, добытаго въ пятиродскомъ мѣсторожденіи . . . . .	—	3,4	89,9	6,7	—
Коксѣ завода Домброва въ Польшѣ . . . . . 1	4,9	4,6	85,2	4,6	0,7
2	6,9	2,3	86,8	3,0	1,0
Коксѣ изъ Софійскаго кам. угль . . . . .	—	0,8	79,3	19,8	—

При самомъ сильномъ нагрѣваніи не удастся, однако, удалить изъ кокса всѣхъ летучихъ веществъ въ немъ содержащихся. Покрайней мѣрѣ коксѣ, прокаленный въ Зефстремской печи и затѣмъ помѣщенный въ стеклянную трубку, соединенную съ насосомъ Спренгеля, выдѣляетъ при нагрѣваніи значительное количество газовъ (72 об. на 1 об. кокса), состоящихъ главнымъ образомъ изъ водорода, окиси углерода и углекислоты съ примѣсью (въ началѣ нагрѣванія) метана.

Изъ 20 грам. кокса, прокаленного въ Зефстремской печи, *Parry* (1872), получилъ нижеуказанныя количества газовъ:

Время послѣдовательнаго нагрѣванія одного и того же образца кокса:	Общее колич. газ. въ куб. с.	Составъ получен. газовъ.					
		CO <sub>2</sub>	O	H	CO	CH <sub>4</sub>	N
2½ часа . . . . .	301,5	22,80	—	50,00	13,49	13,80	—
7 часовъ . . . . .	586,0	3,10	—	93,45	3,30	—	—
1½ часа . . . . .	65,6	5,72	—	89,13	5,15	—	—
1½ часа . . . . .	80,0	4,81	—	90,09	5,11	—	—
1 часъ . . . . .	62,5	9,65	—	89,65	0,70	—	—
1 часъ . . . . .	21,6	9,38	—	81,20	8,20	—	1,2

Такимъ образомъ 14½ часовое нагрѣваніе въ безвоздушномъ пространствѣ выдѣлило всего 1117,2 куб. с. газа, что составило 72,5 об. употреб. кокса. Газъ не былъ однако удаленъ изъ кокса вполне, такъ какъ опять долженъ былъ быть прекращенъ вслѣдствіе того, что трубка лопнула. Аналогичные результаты авторъ получилъ и въ другихъ своихъ опытахъ и полагаетъ, что водородъ и другіе газы, выдѣляющіеся изъ кокса при выше указанныхъ условіяхъ, заключаются въ немъ въ такомъ же видѣ, въ какомъ они содержатся въ блѣномъ чугунѣ.

*Количество зола*, содержащейся въ коксѣ, зависитъ, какъ легко понять, отъ количества зола, содержащейся въ углѣ, служившемъ для его приготовления. Въ хорошемъ коксѣ содержится обыкновенно отъ 3—8% зола. Коксѣ, содержащій болѣе 12%, считается дурнымъ.

Самыя обширныя изслѣдованія надъ количествомъ золы въ углѣ и коксѣ, изъ него полученномъ, принадлежать *Marsilly* (1851) и предприняты имъ съ цѣлью опредѣлить, какой изъ бельгійскихъ углей всего болѣе пригоденъ для полученія кокса. Ниже приведены пѣкаторы изъ полученныхъ данныхъ:

Наименованіе шахты и флетца.	Свойство угля.	Кол-во кокса въ %.	Содержаніе золы	
			въ углѣ.	въ коксѣ.
<i>Коль Agrappe.</i>				
1. Шахта № 2	Мелочь ( <i>Gaillotte</i> ) . . . . .	77,0	4,60	5,97
2. <i>Grande Séreuse</i>	„ „ . . . . .	79,6	3,40	4,27
3. „ „	„ „ . . . . .	77,2	2,20	2,84
4. „ „	„ „ . . . . .	80,4	1,60	1,99
5. „ „	„ „ . . . . .	77,0	5,20	6,75
6. „ „	„ „ . . . . .	77,4	13,00	16,79
7. „ „	Пыль ( <i>Staubkohle</i> ) . . . . .	78,0	8,00	10,25
8. „ „	Черн. части изъ мелочи . . . . .	89,5	5,00	5,58
9. Шахта № 3	Мелочь . . . . .	75,6	3,60	4,76
10. 1) <i>Grande-Séreuse</i>	„ . . . . .	77,0	5,00	6,49
11. „ „	„ . . . . .	75,2	2,80	3,73
12. „ „	Пыль . . . . .	76,8	8,40	10,93
13. 2) <i>Petit Jamin</i>	Мелочь . . . . .	78,2	2,60	3,32
14. „	„ . . . . .	77,6	6,20	6,98
15. „	„ . . . . .	77,0	2,00	2,59
16. „	„ . . . . .	78,0	0,80	1,01
17. Шахта № 5	„ . . . . .	77,0	1,20	1,55
18. <i>Chauffournoise</i>	„ . . . . .	76,8	1,20	1,54
19. „	„ . . . . .	76,6	2,60	3,39
20. „	„ . . . . .	77,8	12,00	11,70
<i>Коль Escouffiaux.</i>				
21. Шахта № 1 <i>Grands-Andrieux</i>	Мелочь . . . . .	68,8	3,00	6,00
<i>Коль Sars-Longchamps.</i>				
22. Шахта № 5 <i>Puit-Paumes</i>	Мелочь . . . . .	79,6	2,80	3,50
23. Шахта № 2 „ „	„ . . . . .	80,0	0,40	0,50
24. Шахта № 3 „ „	Черныя части изъ мелочи . . . . .	81,5	4,00	5,00
25. „ „	Крупный уголь безъ мелочи . . . . .	78,0	8,80	11,19

Кокс общества *Кокериль* въ Серенъ (Бельгія) содержитъ отъ 8—10% золы и около 0,5 сѣры. Онъ получается изъ угольной мелочи съ 10% золы, изъ которой передъ коксованіемъ удаляютъ промываніемъ отъ 3—4% золы.

Элементарный составъ золы кокса почти тотъ-же, какъ и элементарный составъ золы каменнаго угля, служившаго для его приготовленія. Главная разница заключается въ содержаніи сѣры, часть которой (около  $\frac{2}{3}$ ) удаляется изъ угля при коксованіи вслѣдствіе окисленія и разложенія сѣрни-

стаго желѣза. Сѣра содержится въ коксѣ въ видѣ сѣрнистаго желѣза, а при полученіи кокса изъ угля, содержащаго гипсъ, въ видѣ сѣрнистаго, а также сѣрнистокислаго и сѣрноватистокислаго кальція (Stölzel, 1857). Кромѣ того, (Bradbury, 1878), значительная часть сѣры содержится въ коксѣ въ соединеніи съ углеродомъ и не можетъ быть удалена изъ угля кипяченіемъ съ кислотами, а только сплавленіемъ съ селитрой. Во всякомъ случаѣ количество сѣры, содержащееся въ хорошемъ коксѣ, не превышаетъ 1%. Кромѣ сѣры въ нѣкоторыхъ коксахъ содержится небольшое (сотыи процента) количество фосфора.

Происхожденіе кокса.	100 ч. кокса содержать			
	зола.	S.	P.	
Коксъ изъ Karwin'a, Австр. Силезія . . . . .	7,03	0,84	0,02	Ding. J. 1877, 224, 225.
„ „ Ostrau, Моравія . . . . .	9,34	0,81	0,03	„ „
„ „ Нижн. Австрія . . . . .	20,05	2,4	0,02	Wag. J. B. 1878, 1219.
Голубовскій коксъ . . . . .	—	0,52	—	Горн. Ж. 1869, II, 72.
Александровскій коксъ . . . . .	—	0,37	—	„
Софьевскій коксъ . . . . .	—	2,45	—	„
Лисичавскій коксъ . . . . .	—	4,00	—	„
„ „ . . . . .	—	1,20	—	„
„ „ . . . . .	—	1,07	—	„
Коксъ изъ Мольгейма на Рейнѣ . . . . .	—	0,77	—	„

По *Alberts'y* (1877), коксъ содержитъ отъ 0,0025—0,05 фосфора; по *Patera* (1877) коксъ изъ Ostrau (Моравія) содержитъ отъ 0,052—0,024% фосфора.

Такъ какъ присутствіе сѣры въ коксѣ не желательно, то было сдѣлано много различныхъ предложеній для полнаго удаленія сѣры изъ кокса. Такъ было предложено впускать въ коксовальную камеру водяной паръ или обрабатывать имъ раскаленный коксъ немедленно послѣ выниманія изъ печи; тушить коксъ слабыми кислотами (хлористовородной), прибавлять къ коксуемому углю поваренной соли, и т. д. Всѣ эти предложенія не получили значительнаго примѣненія, и едва-ли могутъ удалить изъ кокса всю сѣру, такъ какъ водяной паръ, слабыя кислоты и т. д. могутъ дѣйствовать только съ поверхности, и такъ какъ, судя по изслѣдованіямъ *Bradbury*, значительная часть сѣры содержится въ коксѣ не въ видѣ сѣрнистаго желѣза, а въ видѣ сѣрнистаго органическаго соединенія. Кромѣ того обработка раскаленнаго кокса водянымъ паромъ должна влечь за собою окисленіе нѣкоторой части углерода. Въ виду этого уменьшенія сѣры въ коксѣ можно достигнуть только тщательнымъ промываніемъ угля и коксованіемъ въ влажномъ состояніи, причемъ вода, содержащаяся въ коксуемомъ углѣ, въ началѣ операціи служитъ для разложенія сѣрнистаго желѣза.

*Riegelmann* (1845) предложил обливать раскаленный кокс горячею водою; *Barthelmy* (1852) тушить его струею пара; *Claridge* и *Roper* (1858) предложили выпускать паръ черезъ продырявленный подъ коксовальной печи; *Jhne* (1861) выгружаетъ кокс въ желѣзныя тележки съ ложными продырявленными дномъ, черезъ отверстія котораго (снизу) выпускаютъ струю водянаго пара; для усиленія эффекта онъ совѣтуетъ также выпускать паръ въ самую коксовальную печь. Въ пятидесятыхъ годахъ *Scheerer* (1854) сдѣлалъ попытку опредѣлить вліяніе, оказываемое паромъ на удаленіе сѣры изъ кокса, и нашелъ, что вліяніе это очень незначительно: при продолжительномъ пропусканіи пара въ коксовальную печь, наполненную раскаленнымъ коксомъ, содержаніе сѣры въ этомъ послѣднемъ уменьшилось съ 0,71% на 0,28%. При дѣйствіи водянаго пара на раскаленный коксъ часть углерода этого послѣдняго превращается въ болотный газъ, углекислоту и окись углерода. *Frankland* нашелъ, что газы, образующіеся при выше указанныхъ условіяхъ, имѣютъ слѣдующ. составъ:

Водородъ и болотный газъ	56,9
Углекислота . . . . .	19,3
Окись углерода . . . . .	13,8
	100,00 (?)

Содержаніе сѣры въ газѣ не было опредѣлено.

*Calvert* и *Chenot* (1852) предложили прибавлять къ коксуемому углю поваренную соль для выдѣленія сѣры въ видѣ хлористой сѣры, а *Bleibtren* (1858) смѣшиваетъ коксуемую мелочь съ порошкомъ извести, чтобы въ плавильныхъ печахъ сѣра была бы переведена въ шлаки прибавленной извести. *Kopp* (1863) предложилъ тушить коксъ слабою соляною кислотою (для разложенія сѣристаго желѣза), вымывать изъ него растворимыя соли и затѣмъ просушить на воздухѣ или теплотою коксовальныхъ печей. *Hofmann* (1873), для той-же цѣли, употребляетъ кислые растворы хлористаго марганца, получающіеся какъ побочный продуктъ при добычаніи хлора. Наконецъ, *Grandidier* и *Rue* (1870), выпускаютъ въ коксовальную печь сжатый воздухъ при 250—300°, причемъ, по мнѣнію изобрѣтателей, все сѣристое желѣзо окисляется.

Коксъ мало гигроскопиченъ. Вообще сухой коксъ при лежаніи на воздухѣ поглощаетъ при обыкновенной температурѣ 1—2% воды, въ продажномъ же коксѣ, вслѣдствіе тушенія его водою, влажность достигаетъ иногда до 20%, что слѣдуетъ имѣть въ виду при покупкѣ кокса по вѣсу. При надлежащемъ тушеніи кокса водою влажность его доходитъ до 2—3, максимумъ до 5—6% (*Marsilly*). При продолжительномъ лежаніи подъ водою коксъ впитываетъ до 25% и болѣе воды, большую часть которой онъ довольно легко и быстро отдаетъ при лежаніи на воздухѣ.

*Muck* <sup>1)</sup> погружалъ куски кокса величиною въ кулакъ на 1/2 часа въ теплую воду, затѣмъ давалъ водѣ стечь и опредѣлялъ потерю воды, претерпѣваемую коксомъ при лежаніи на воздухѣ. Вотъ получ. результаты:

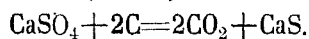
	Коксъ содержитъ % воды спустя:		
	1 часъ	12 часовъ	30 часовъ
Плотный коксъ . . . . .	13,10	9,53	7,64
Порошистый коксъ . . . . .	31,96	26,23	17,22

По *Reder'sy* (1866), коксъ, пробывшій подъ дождемъ въ теченіе 1—5 дней, увеличился въ вѣсѣ на 4,6—9,8%.

<sup>1)</sup> St-inkohlen-Chemie. Bonn, 1881, 151.

Коксъ употребляется почти исключительно для металлургических цѣлей. Еще недавно онъ употреблялся въ большихъ размѣрахъ для отопленія паровозовъ, вслѣдствіе существовавшаго мнѣнія, что каменный уголь не можетъ укладываться на рѣшеткѣ толстымъ слоемъ, а требуетъ большой площади для рѣшетки, крайне затрудняющей конструкцію паровозовъ. Въ настоящее время каменный уголь вошелъ во всеобщее употребленіе, и отапливаніе паровозовъ коксомъ, стоящимъ дороже каменнаго угля, прекратилось почти повсѣмѣстно. Только рыхлый коксъ, получающійся какъ побочный продуктъ при добываніи свѣтильнаго газа, идетъ на отопленіе ретортныхъ и другихъ печей.

Кромѣ того коксъ употребляется для полученія углекислоты или сжигая его въ струѣ воздуха, или нагревая его съ гипсомъ въ газовыхъ ретортахъ (Roussseau и Piedboeuf, 1869).



Рыхлый коксъ, добываемый изъ богхеда, былъ предложенъ какъ черная краска (Goffin, 1859), а также для дезинфекціи (Moride, 1859).

---

## Брикеты.

### Литература:

а) *Сочинения и статьи, обнимающія все брикетное производство.*

*Oppler Th.* Die Fabrikation der künstlichen Brennstoffe nach der Schrift von Franquoу. Berlin, 1864.

*Habets, A.* De l'agglomération des combustibles. Paris, 1871. Самое полное и основательное сочинение по приготовленію брикетовъ.

*Gurlt, A.* Die Bereitung der Steinkohlen-Briquettes. Braunschw. 1880.

Содержитъ сжатый, но тщательно составленный очеркъ фабрикаціи брикетовъ съ указаніемъ литературы, но безъ рисунковъ. Съ особенною подробностью авторъ описываетъ способъ полученія брикетовъ при помощи магнезiальнаго цемента, на который онъ взялъ привилегію.

*Домерж.* Приготовленіе брикетовъ изъ каменноугольной мелочи. Горн. Ж. 1876, II, 123—172.

Составлено главнымъ образомъ по сочиненію Habets.

*Исмаиловъ.* Промышленное значеніе каменноугольныхъ брикетовъ за границую. Горн. Ж. 1877, II, 125—168.

*Пьеррюж.* (Piergugue). Приготовленіе брикетовъ или аггломерация каменныхъ углей. Южно-Русск. Горн. Листокъ. 1881, № 7—9.

---

*Jordan.* Ueber künstliche Brennmaterialien. Polytech. Centralb. 1861, 1001.

Авторъ описываетъ приготовленіе брикетовъ по способамъ: Popelin—Ducarre, Вешнякова, Wylam'a Warlich'a и Bessemer'a.

*Gerondeau.* Критическій обзоръ способовъ, предложенныхъ для приготовленія брикетовъ. Revue universelle. V, 50.

*Henoch.* Ueber die Briquettesfabrikation. Ding. J. 1863, 170, 100.

Авторъ касается главнымъ образомъ зависимости между свойствами матеріала и связывающаго вещества, служащихъ для приготовленія брикетовъ.

*Kayser.* Herstellung von Briquettes mit Rücksicht auf schlesische Verhältnisse. Polytech. Centralb. 1868, 654.

---

б) *Общія статьи, касающіяся полученія каменноугольныхъ брикетовъ при помощи каменноугольнаго дегтя и его продуктовъ.*

*Rayen.* Подробное описаніе способа Marsais. Ding. J. 1851, 119, 420.

*Dehaunin* и *Ватюв*. Искусственное топливо и применение его для плавки рудъ. Ding. J. 1854, 133, 285.

*Busse*. Получение брикетовъ въ Swansea. Ding. J. 1859, 151, 107.

*Фабрикація* брикетовъ въ Бельгiи. Ding. J. 1860. 157, 105.

*Reder*. О получении брикетовъ. Ding. J. 1861, 159, 28.

*Фабрициусъ*. О приготовлении формованнаго каменнаго угля. Горн. Ж. 1862, II, 29.

*Фабрикація* брикетовъ въ Brandeisl'ы. Wag. J. B. 1863, 760.

*Hauser*. Приготовление брикетовъ въ Fünf-Kirchen'ы. Ding. J. 1865, 178, 464.

*Тучемскій*, В. Приготовление кирпичей изъ каменнаго угля при концъ Verbeur, въ Бельгiи. Горн. Ж. 1865, I, 42.

*Мельниковъ*. Нѣсколько словъ о фабрикаціи каменно-угольныхъ брикетовъ. Техн. сб. 1875, XX, 212. (Описание получения брикетовъ на заводѣ Русскаго Общества пароходства и торговли, въ Одессѣ).

*с) Общія статьи, касающіяся полученія брикетовъ изъ бурнаго угля.*

*Tasché*—пепытаніе различныхъ способовъ получения б. у. брикетовъ. Polytechn. Centralb. 1859, 1594.

*Шульцъ*. Приготовление брикетовъ изъ бурнаго угля. Горн. Журн. 1877, II, 105.

При выработкѣ и перевозкѣ ископаемыхъ углей, а также при получении искусственныхъ углей, значительная часть этого матеріала превращается въ муссоръ, который по своей мелкости не можетъ быть сжигаемъ съ выгодой въ обыкновенныхъ топкахъ. Кроме того при нѣкоторыхъ производствахъ остаются въ видѣ отброса горючіе матеріалы также въ мелкомъ видѣ, каковы старое дубло, древесные опилки и т. д. Въ виду этого издавна было предложено утилизировать эти матеріалы, смѣшивая ихъ съ различными вязкими тѣлами и формую изъ полученныхъ смѣсей плитки различной формы, которыя съ удобствомъ и съ выгодой могли бы быть сжигаемы въ обыкновенныхъ топкахъ. Такимъ образомъ приготовленное топливо носитъ названіе *искусственно-го топлива* или *брикетовъ*.

Изъ всѣхъ видовъ брикетовъ дѣйствительно широкое промышленное значеніе приобрѣли только *каменно-угольные брикеты* въ особенности съ тѣхъ поръ, когда къ отопленію паровозовъ былъ примененъ каменный уголь вмѣсто кокса, на приготовленіе котораго шла значительная часть каменно-угольной мелочи.

Издавна для приготовленія каменно-угольныхъ брикетовъ употребляли глину, смѣшивая ее съ каменно-угольнымъ муссоромъ и водою, и формую изъ полученнаго тѣста родъ шаровъ, которые, послѣ высушиванія на воздухѣ, употребляли какъ топливо.

Топливо подобнаго рода было въ первый разъ описано *Jars* (1776) и *Clère* (1813) подъ названіемъ Klütten, boulets и hochets.

Брикеты, приготовленные при помощи глины, содержа отъ 10—25% этого послѣдняго вещества, могутъ быть только пригодны для домашняго обихода, но не могутъ имѣть промышленнаго значенія вслѣдствіе недоста-



точной прочности и большого содержания золы, затрудняющих их перевозку и сжигание. Для устранения этих недостатков было предложено употреблять как связывающее вещество сначала каменно-угольную смолу (Sunderland, 1825, Ferrand et Marsais, 1832), а затѣмъ мягкую каменно-угольную смолу (Marsais, 1842), получаемую изъ каменноугольной смолы послѣ отгонки изъ нея, при  $200^{\circ}$ , 20% летучихъ продуктовъ. Эти предложенія дали возможность получать брикеты съ небольшимъ содержаніемъ золы, но брикеты мало прочны, легко склеивающіеся, размягчающіеся на солнцѣ и издающіе неприятный запахъ. Въ виду этого было предложено (Walkers, 1843) при приготовленіи брикетовъ съ каменноугольнымъ дегтемъ отгонять изъ полученныхъ брикетовъ летучія составныя части дегтя, подвергая брикеты „сушкѣ“ въ струѣ воздуха, а въ томъ же году было предложено (Wulam, 1843) употреблять вмѣсто каменно-угольнаго дегтя или мягкой каменно-угольной смолы, сухую каменно-угольную смолу (briai sec), получаемую изъ дегтя послѣ отгонки изъ него 35--40% летучихъ веществъ при  $280-300^{\circ}$ . Предложеніе это было примѣнено во Франціи и Бельгіи въ 50-хъ годахъ, и только съ тѣхъ поръ фабрикація каменно-угольныхъ брикетовъ получила дѣйствительное промышленное значеніе, такъ какъ изъ всѣхъ связывающихъ веществъ сухая каменно-угольная смола всего лучше удовлетворяетъ всѣмъ условіямъ, какимъ должны отвѣчать связывающія вещества для брикетнаго дѣла. А именно: употребленіе связывающаго вещества должно быть простое и легкое; приготовленные брикеты не должны рассыпаться на воздухѣ и размягчаться въ водѣ; не мягнуть и не терять первоначальной формы отъ солнца и атмосферныхъ вліяній; наконецъ связывающее вещество должно увеличивать доброкачественность продукта, его чистоту, горючесть и нагревательную способность.

Для приготовленія брикетовъ можетъ служить каменно-угольная мелочь всякихъ углей—антрацитовыхъ, тощихъ и жирныхъ, хотя всего болѣе пригодны для брикетнаго дѣла полужирные угли или смѣсь тощихъ съ жирными. На фабрикацію брикетовъ употребляютъ обыкновенно мелочь, которая проходитъ черезъ рѣшета съ отвѣрстіями отъ 0,04—0,05 м. Количество золы, которое допускается въ мелочи, пригодной для полученія доброкачественныхъ брикетовъ, не должно превышать 10%; въ большей части случаевъ употребляютъ мелочь съ 4—7% золы. Если мелочь не имѣетъ требуемыхъ качествъ, то ее сортируютъ, измельчаютъ и обогащаютъ при помощи тѣхъ же способовъ и приборовъ, которые были указаны въ главѣ о коксованіи. При употребленіи промыванія, уголь послѣ промывки просушиваютъ, такъ какъ мокрый уголь требуетъ для брикетированья больше цемента, чѣмъ сухой, и кромѣ того прессованіе его труднѣе. Эту просушку промытаго угля производятъ или на открытомъ воздухѣ, помѣщая уголь

на наклонныя плоскости, чтобы облегчить стеканіе воды, или въ спеціаль-ныхъ приборахъ, нагрѣваемыхъ голымъ огнемъ или перегрѣтымъ паромъ. Для ускоренія сушки пользуются иногда центробѣжною силою или выкачиваніемъ воздуха изъ цилиндровъ, въ которыхъ нагрѣвается уголь.

*Bouriez* (1856) помѣщаетъ просушиваемый уголь сначала на наклонныя плоскости въ теченіи 48 ч., а затѣмъ переводитъ его въ горизонтальный цилиндръ, имѣющій 40 м. въ длину, снабженный архимедовымъ винтомъ для передвиженія угля и нагрѣваемый снаружи двумя топками.

Способъ этотъ и ему подобныя для сушки угля нельзя считать целесообразными, такъ какъ уголь представляетъ дурной проводникъ тепла, а потому дѣятельная просушка его происходитъ только вблизи стѣнокъ цилиндра, что влечетъ за собою медленность работы, большой расходъ топлива, порчу цилиндровъ и измѣненіе самаго угля, вслѣдствіе прикосновенія его съ сильно нагрѣтыми стѣнками цилиндра. Для избѣжанія этихъ неудобствъ *Hanrez* <sup>1)</sup> предложилъ производить нагрѣваніе угля перегрѣтымъ паромъ (500°) въ разрыве-номъ пространствѣ. Приборъ его состоитъ изъ цилиндра 3, 6 м. длины, поставленнаго слегка наклонно и снабженнаго двойными стѣнками, въ промежутокъ между которыми выпускается перегрѣтый паръ. На оси цилиндра насаженъ архимедовъ винтъ, дѣлающій 6 оборотовъ въ минуту. Уголь входитъ въ низлежащій конецъ цилиндра и, подымаясь архимедовымъ винтомъ, выходитъ изъ противоположнаго конца. Выкачиваніе воздуха и водяныхъ паровъ изъ цилиндра производится при помощи насоса, при чемъ необходимо наблюдать, чтобы вмѣстѣ съ углемъ не входилъ бы въ цилиндръ наружный воздухъ. Это достигается тѣмъ, что входное и выходное отверстія для угля закрыты горизонтальными колесами, раздѣленными на нѣсколько отдѣлений и плотно прилегающими къ краямъ отверстій. Въ новѣйшее время (1868) *Hanrez*-же предложилъ сушильный аппаратъ болѣе совершенный, который былъ введенъ на нѣкоторыхъ брикетныхъ заводахъ въ Бельгій и Франціи <sup>2)</sup>. Аппаратъ этотъ представляетъ центрофугу, барабанъ который дѣлаетъ 300 оборотовъ въ минуту и стѣнки котораго двойныя: наружныя стѣнки желѣзныя съ отверстиями 0,010 м., а внутреннія латунныя съ отверстиями, имѣющими въ ширину 0,0005, и въ длину 0,005 м. Высота барабана 0,36 м., ширина 1,2 м. Внутри барабана движется, со скоростью 304 оборотовъ въ минуту, небольшой архимедовъ винтъ въ 1½ завитка и при томъ—по тому же направленію, по которому движется барабанъ. Уголь прямо изъ моекъ идетъ въ барабанъ центрофуги, гдѣ онъ освобождается отъ воды, и выходитъ затѣмъ сухимъ въ нижній резервуаръ. Аппаратъ подобнаго рода высушиваетъ въ часъ до 3 тоннъ угля, причемъ уголь не только высушивается, но даже подвергается первоначальному измелеченію, благодаря той силѣ, съ какой онъ ударяется о стѣнки барабана.

Въ сушильныхъ влажность угля доводятъ обыкновенно до 3—4%; смѣшеніе промытаго угля съ угольною пылью, которую обыкновенно не промываютъ, уменьшаетъ влажность смѣси до 2%. Это содержаніе воды въ углѣ считается необходимымъ для надлежащаго смѣшенія его съ цементомъ (въ особенности съ сухою каменноугольною смолою), такъ какъ вода будучи лучшимъ проводникомъ тепла, чѣмъ уголь, содѣйствуетъ болѣе равномерному нагрѣванію смѣси.

<sup>1)</sup> Habets, l. c. p. 40.

<sup>2)</sup> Habets, l. c. p. 41.

Уголь, послѣ надлежащей подготовки, смѣшиваютъ затѣмъ съ *цементомъ*, имѣющимъ цѣлью соединить отдѣльныя частицы угля въ компактную массу. Въ настоящее время, какъ было сказано выше, для приготовления добротейшихъ брикетовъ употребляютъ почти исключительно твердую каменноугольную смолу. Смола эта имѣетъ не вполне однородныя свойства. Удельный вѣсъ ея колеблется между 1,275—1,285. При обыкновенной температурѣ она тверда и хрупка и легко измельчается; при 60° она размягчается, а при 100—105° совершенно плавится. При прокаливаніи въ тигль она даетъ отъ 51—59% угля. Самая лучшая смола считается англійская.

Составъ твердой каменноугольной смолы различнаго происхожденія слѣдующій:

	Парижъ.	Лондонъ.	Глазговъ.
Легучихъ веществъ . . . . .	44,20	39,95	49,05
Зола . . . . .	0,40	1,05	0,05
Угли . . . . .	51,80	59,00	50,90

Элементарный составъ смолы съ у. вѣсомъ 1,28 былъ слѣдующій:

С	Н	О	зола.
75,32	8,19	16,06	0,43.

Качество и количество употребляемой смолы должны быть приравнены къ свойствамъ угля. Что касается качества смолы, то оно должно быть таково, чтобы составъ ея по возможности подходилъ къ составу каменноугольной мелочи, такъ-какъ при этомъ условіи получаютъ брикеты, представляющіе болѣе или менѣе однородную массу, не распадающуюся въ огнѣ вълѣдствіе выгоранія цемента. (Hensch, 1863).

Количество смолы, употребляемое при брикетированіи, колеблется обыкновенно между 6—10% по вѣсу к. у. мелочи и зависитъ:

1) Отъ величины частицъ угля, взятаго для аггломерации, такъ-какъ для надлежащей аггломерации тѣста необходимо, чтобы каждая частица угля была покрыта связывающимъ веществомъ. Отсюда ясно, что при углѣ кусковомъ, какого-бы качества онъ не былъ, потребуется меньше смолы, чѣмъ при углѣ мелкомъ, порошкообразномъ, такъ-какъ на единицу вѣса или объема угля придется покрыть въ первомъ случаѣ меньшую поверхность, чѣмъ во второмъ.

2) Отъ степени жидкости связывающаго вещества. Какъ выше сказано, для большей плотности брикетовъ каждая отдѣльная частица должна быть покрыта слоемъ смолы, слѣдовательно чѣмъ легче размягчается смола и чѣмъ она въ расплавленномъ состояніи жиже, тѣмъ тоньше будетъ слой ея.

3) Отъ прочности, которую желаютъ придать брикетамъ. Для брикетовъ, предназначенныхъ для употребленія на мѣстѣ и для перевозки на

небольшое разстояніе, можно употребить меньше смолы, чѣмъ для брикетовъ, назначенныхъ для дальней перевозки со многими перегрузками.

4) Отъ свойства углей. При угляхъ, выделяющихъ много копоти, должно употребить смолы возможно меньше, потому-что въ этомъ случаѣ смола увеличитъ еще этотъ недостатокъ главнаго матеріала. Напротивъ того, при угляхъ съ короткимъ пламенемъ, сухихъ антрацитовыхъ, слѣдуетъ увеличить количество смолы, не только въ видахъ самого приготовленія и плотности брикетовъ, сколько для того, чтобы устранить недостатки угля и получить брикеты съ большимъ пламенемъ чѣмъ взятый уголь.

5) Наконецъ, количество смолы измѣняется сообразно способу формовки и нагрѣванія и степени прессованія.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены, для примѣра, составъ каменноугольной мелочи и количество смолы, употребляемыхъ на нѣкоторыхъ брикетныхъ заводахъ, по даннымъ, обнаруженнымъ *Иславнымъ* (1877).

Названіе брикетнаго завода.	Въ 100 ч. угля со-держится:			Содержаніе золы въ промытомъ углѣ. %	Кол-ч. прибавл. смолы въ % угля.	Свойство смолы.	
	Золы.	Летуч. вец.	угля.				
C <sup>o</sup> Couillet, Бельгія . . . . .	7,60	36,20	56,20 <sup>1)</sup>	—	6—8	Англ. смола.	
Marchiennes-Elquelinnes, Бельгія.	—	10,0 <sup>2)</sup>	—	—	9	Англ. смола.	
" " " "	—	15—16 <sup>2)</sup>	—	—	7,25	Ливерпульск. смола.	
Stou и Geo, Swansea, Англія.	4—5	14—15 <sup>2)</sup>	—	—	8—9	Тоже.	
Carvin, близъ Douai, Франція.	12—15	10—16	—	6,0	8	Англ. и Герм. смола <sup>3)</sup> .	
Blanzy, Франція . . . . .	5—14	36,0	—	8,0	9	Ливерпульск. смола.	
Grand'Combe, Франція . . . . .	20—25	20,0	—	9—10	8	Англ. смола съ прибавле-ніемъ 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> в. у. легга.	
Décazeville, Франція . . . . .	13—14	36,2	—	7,75	8	Англ. смола.	
Somain, Франція . . . . .	10,0	11,5	78,5	6,0	7,5—8	Англ. смола.	
Одесскій заводъ Русскаго Общ. Пароходства и Торговли . . . . .	и	тра	ци	тъ	—	10	Англ. смола.

Послѣ того какъ количество смолы, потребное для приготовленія брикетовъ, опредѣлено изъ опыта, руководясь вышеуказанными соображеніями, приступаютъ къ смѣшенію въ должной пропорціи каменноугольной мелочи съ смолою, предварительно грубо измельченною. Это смѣшеніе производятъ

<sup>1)</sup> Въ промытомъ углѣ.

<sup>2)</sup> Въ не промытомъ углѣ.

<sup>3)</sup> Слишкомъ сухую смолу улучшаютъ, прибавляя къ ней парафина отъ  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ <sup>0</sup>/<sub>0</sub> по вѣсу смолы.

или ручнымъ способомъ, или при помощи машинъ, регулирующихъ автоматически пропорцію смѣшиваемыхъ веществъ. Изъ этихъ способовъ ручное смѣшиваніе предпочитается машинному на томъ основаніи, что пропорція составныхъ частей часто измѣняется даже впродолженіи сутокъ, смотря по влажности угля, температурѣ послѣдующаго нагреванія смѣси, качества угля и т. д. Всѣ подобныя измѣненія трудно и неудобно производить машиною.

Изъ машинъ, предложенныхъ для смѣшиванія каменноугольной мелочи съ смолою въ надлежащихъ пропорціяхъ, большого вниманія заслуживаютъ машина *Bouriez'a* и въ особенности *Zimmerman'a*, которую слѣдуетъ считать самою совершенною<sup>1)</sup>.

Машина *Bouriez'a* состоитъ изъ двухъ горизонтально и параллельно другъ къ другу поставленныхъ цилиндровъ, въ которыхъ движутся колеса, раздѣленные на пять отдѣленій. Каменно-угольная мелочь приводится въ одинъ (большій), а смола въ другой (меньшій) изъ цилиндровъ и эти материалы выбрасываются затѣмъ изъ цилиндровъ колесами въ пропорціи, соответствующей быстротѣ вращенія колесъ и объему ихъ отдѣленій.

Машина *Zimmerman'a* (ф. 52, табл. XVII) состоитъ также изъ двухъ неравныхъ по объему цилиндровъ, изъ которыхъ большій (А) служитъ для помѣщенія угля, меньшій (В) для помѣщенія смолы. Вместимость меньшаго цилиндра можетъ быть измѣняема передвиженіемъ муфты С. Въ цилиндрахъ этихъ, какъ и въ цилиндрахъ машины *Bouriez'a*, движутся съ одинаковою скоростью колеса, раздѣленные на отдѣленія и укрѣпленные на общей оси. При движеніи этихъ колесъ опредѣленное количество матеріаловъ, находящихся въ цилиндрахъ, выбрасывается въ противоположные концы горизонтально поставленнаго полуцилиндрическаго корыта, въ которомъ движется ось D, на которой укрѣплены двѣ улитки, приводящія смѣшиваемые матеріалы къ отверстию E, изъ котораго они поступаютъ къ дробителю. Относительное количество смѣшиваемыхъ веществъ опредѣляется въ этомъ приборѣ исключительно объемомъ цилиндровъ, быстрота же работы аппарата—числомъ оборотовъ, дѣлаемыхъ колесами съ отдѣленіями и улитками. Для измѣненія этого числа оборотовъ служитъ конусообразный блокъ (шпань) F, управляющій движеніемъ колесъ и улитокъ.

Послѣ смѣшенія матеріаловъ въ надлежащей пропорціи, полученная смѣсь поступаетъ въ дробильные приборы, чтобы увеличить однородность массы и придать частицамъ угля желаемую величину.

Въ Бельгійи для этой цѣли употребляютъ обыкновенно валки (см. стр. 261) и, въ новѣйшее время, дезинтеграторъ Карра (см. стр. 261), который въ особенности пригоденъ въ данномъ случаѣ, такъ-какъ въ немъ идетъ весьма усилленно раздробленіе даже влажнаго и нѣсколько пластичнаго матеріала—каковы составныя части брикетной смѣси. Машина Карра, употребляющаяся въ брикетномъ дѣлѣ, имѣетъ обыкновенно наружный барабанъ, съ діаметромъ 0,90—1,9 м., и производитъ отъ 350—650 оборотовъ въ минуту, смотря по крупности зерна, которое имѣютъ въ виду получить. Что касается до этой крупности зерна, то въ этомъ отношеніи на различныхъ заводахъ придерживаются различнаго мнѣнія. Во Франціи измель-

<sup>1)</sup> Habets, p. 44—48.

чаютъ матеріалъ обыкновенно гораздо тоньше, чѣмъ въ Бельгін, и хотя, дѣйствительно, французскіе брикеты лучшаго качества, прочнѣе и однороднѣе чѣмъ бельгійскіе, тѣмъ не менѣе они требуютъ для своего изготовленія большаго количества смолы (см. стр. 293). Вообще принимаютъ, что крупность зерна угля въ брикетной смѣси не должна превышать 7 м. м.

Раздробленная и хорошо перемѣшанная смѣсь угольной мелочи идетъ въ особый приборъ, называемый *мъсителемъ* (*Malaxeur*), гдѣ смѣсь, при постоянномъ перемѣшиваніи, нагревается съ цѣлью удалить изъ нея всю влагу и воздухъ, расплавить смолу и покрыть ею частицы угля. Операция эта имѣетъ существенное вліяніе на доброкачественность брикетовъ, такъ-какъ чѣмъ совершеннѣе произведено перемѣшиваніе, тѣмъ однороднѣе и плотнѣе получаются брикеты и тѣмъ меньше смолы и вообще цемента приходится употреблять для полученія брикетовъ той же крупности. Полное удаленіе воздуха и воды изъ смѣси также очень важно, такъ-какъ при невыполненіи этого условія получаются поздраватые или сланцеватые брикеты, даже при медленномъ и постепенномъ прессованіи.

Мъсители, служащіе для перемѣшиванія и нагреванія брикетной смѣси, представляютъ горизонтальные или вертикальные цилиндры, въ которыхъ вращаются улитки или ножи, насаженные на одну общую ось. Нагреваніе смѣси производятъ или голымъ огнемъ, или пропусканіемъ черезъ смѣсь нагрѣтаго воздуха или же (всего чаще) перегрѣтаго пара. Самое нагреваніе доводитъ до температуры 120°—350°.

Для нагреванія брикетной смѣси *голымъ огнемъ* *Нудан* (1843) предложилъ употреблять желѣзные цилиндрическіе котлы, установленные въ печи горизонтально и снабженные улиткой для передвиженія и перемѣшиванія нагрѣваемой смѣси. Котлы эти нагрѣвались снаружи до темнокраснаго каленія, и смѣсь оставалась въ нихъ 3—5 минутъ. *Newton* (1842) предложилъ для той же цѣли вращающіеся цилиндры, нагрѣваемыя голымъ огнемъ. Въ настоящее время при нагреваніи брикетной смѣси голымъ огнемъ употребляютъ преимущественно родъ отражательныхъ печей съ подвижнымъ подомъ и стоячими гребками или съ неподвижнымъ подомъ и вращающимися гребками.

Нагреваніе брикетной смѣси пропусканіемъ черезъ несстру *нагрѣтаго воздуха* было испытано въ 40-хъ годахъ, но не оказалось практичнымъ, такъ-какъ теплоемкость воздуха мала, и слѣдовательно, приходится употреблять или сильно нагрѣтый воздухъ, или значительное его количество. Сверхъ того, при употребленіи нагрѣтаго воздуха, необходимо производить прессованіе брикетовъ очень медленно, чтобы выдѣлнить весь воздухъ изъ тѣста, такъ-какъ въ противномъ случаѣ получаются издраватые и недоброкачественные брикеты.

Употребленіе *перегрѣтаго пара* въ брикетномъ дѣлѣ было предложено *Dobrée* (1844) и примѣнено въ 1853 г. *Bevard*омъ для нагреванія брикетной смѣси.

При этомъ способѣ нагреванія смѣси употребляютъ обыкновенно вертикально стоящіе цилиндры, снабженные кожухомъ и мѣшалками. Такое устройство имѣютъ аппараты *Archeveau* (1856), *Spirs* (1868) и позднѣйшіе аппараты, представленные на парижскую выставку 1878 г.

Изъ всѣхъ этихъ способовъ перемѣшиванія и нагрѣванія брикетной смѣси самыя совершенныя и употребительнѣйшія тѣ, при которыхъ нагрѣваніе производится перегрѣтымъ паромъ въ вертикально стоящихъ цилиндрахъ. Цилиндры эти имѣютъ высоту отъ 2—3 м., въ діаметрѣ около 1 м., и снабжены кожухомъ, въ который выпускается перегрѣтый паръ, поступающій затѣмъ черезъ отверстія во внутр. стѣнкахъ цилиндра въ брикетную смѣсь, нагрѣвая ее до 200—300°. Во время нагрѣванія, смѣсь перемѣшивается и передвигается сверху внизъ при помощи мѣшалки, дѣлающей 20—30 оборотовъ въ минуту, и выходитъ изъ аппарата черезъ отверстіе, находящееся на днѣ цилиндра. При выше указанныхъ условіяхъ смѣсь остается въ цилиндрѣ 5—6 минутъ.

Въ виду болѣе совершеннаго перемѣшиванія и нагрѣванія смѣси, *Gruner* и *Pierrigue* (1881) высказываются въ пользу употребленія горизонтальныхъ цилиндровъ съ безконечнымъ винтомъ. При употребленіи же вертикальныхъ цилиндровъ *Pierrigue* совѣтуетъ дѣлать ихъ болѣе широкими, придавать имъ высоту 1, 2 м. и уменьшать быстроту движенія мѣшалки такъ, чтобы смѣсь оставалась бы въ цилиндрѣ въ теченіе 10—12 минутъ.

Брикетное тѣсто послѣ выхода изъ мѣсителя должно быть однородно, имѣть видъ жирный, не скрипѣть при растираніи, при сжиманіи въ рукѣ уменьшаться въ объемѣ на половину, а также не содержать комковъ.

Надлежающимъ образомъ приготовленное тѣсто подвергается затѣмъ *формовкѣ* и *прессованію*.

Число приборовъ, придуманныхъ для этой цѣли, очень велико, но всѣ они могутъ быть соединены въ слѣдующія главныя группы:

1) *Формовальные цилиндры (Tangentialpressen)*. Формы укрѣплены на поверхности вращающагося вертикально поставленнаго колеса и перерабатываемый матеріалъ вдавливаются въ формы при помощи выступовъ, находящихся на другомъ такомъ же колесѣ, или другимъ какимъ нибудь образомъ. Аппараты эти слѣдовательно имѣютъ въ общихъ чертахъ то же устройство какъ и аппаратъ, предложенный Веберомъ для формованія торфа.

Сюда относятся прессы *Milch'a* (1847), *Fischer'a* <sup>1)</sup>, *David'a* (1859), *Jarlot* (1860).

2) *Пестовые прессы (Stempelpressen)*. Всѣ они имѣютъ вертикально поставленные песты, вдавливаемые въ формы, которыя опорожняются при каждомъ подъемѣ пестовъ. Формы или подставляются подъ песты ручнымъ способомъ, или же укрѣпляются на движущихся взадъ и впередъ тѣлѣжкахъ или вращающихся платформахъ, подводящихъ формы подъ песты. Давленіе на песты производится въ этихъ прессахъ или *непосредственно* водяною или паровою силою, или при посредствѣ рычаговъ; въ первомъ

<sup>1)</sup> Описать *Reder'омъ* (1861).

случаѣ (прямое давленіе) прессъ дѣйствуетъ толчками, во второмъ падавливаніемъ.

Сюда относятся прессы: *Newton'a* (1842), *Marsais* (1842), *Révolier* съ тельжкой; *Poplin-Ducarre* (1846), *Moreau*, *David'a*, *Bouffionix* (1859), *Middleton'a* (1845) и его видоизмѣненія (*Middleton—Bouriez*, 1864, *Middleton-Detombay*, *Middleton-Hanrez*), прессъ *Revolier'a* съ платформой (1861), *Mazeline* (1863), *Armelin* (1867), *Durand*, *Couillard* (1868), *Гельбордта* (1873), *Кори* (1875).

3) *Непрерывно-дѣйствующіе прессы*. Въ пестовыхъ прессахъ формы имѣютъ закрытое дно и при каждомъ подъемѣ песты готовые брикеты вынимаются изъ формъ. Въ непрерывно-дѣйствующихъ прессахъ дно формы открытое и прессуемое брикетное тѣсто подвигается при каждомъ ударѣ песта на опредѣленное пространство въ формѣ, и выдвигается изъ нея въ видѣ непрерывнаго стержня, куски котораго, по выходѣ наружу, отрѣзываются ножомъ. Устройство этихъ прессовъ напоминаетъ устройство прессовъ для приготовленія машиннаго торфа, которые были уже описаны выше (стр. 53).

Сюда относятся прессы: *Moreau-Devinc'a* (1849), *Bessemer'a* (1850), *Evrad'a* и *Evrad-Bouriez'a* (1855).

Изъ многочисленныхъ этихъ прессовъ всего болѣе распространены прессы *Револье* во Франціи, усовершенствованные прессы *Мазелена* во Франціи, Англіи, Испаніи и Германіи, и различныя видоизмѣненія прессы *Миддлетона* въ Бельгіи. Всѣ эти прессы принадлежатъ къ пестовымъ, и самыми совершенными между ними считаются въ настоящее время усовершенствованный прессъ *Мазелена* и прессъ *Миддлетона-Ганреца* (*Middleton-Hanrez*).

*Прессъ Геволье* дѣйствуетъ гидравлическимъ давленіемъ. Подобныя прессы были предложены въ самомъ началѣ брикетнаго дѣла, но не имѣли большого примѣненія, пока братья Револье не сдѣлали въ нихъ нѣсколькихъ существенныхъ усовершенствованій. Прессы Револье бываютъ двухъ системъ: въ однихъ формы укрѣплены на тельжкахъ съ попеременно-прямолінейнымъ движеніемъ, въ другихъ онѣ укрѣплены на платформѣ, съ вращательнымъ движеніемъ. Прессы первой системы всего болѣе распространены и они представлены на фиг. (53, табл. XVII). При работѣ по способу Револье устанавливаютъ обыкновенно три прессы въ рядъ, изъ которыхъ средней А служить для прессованія брикетной массы, а боковые В и С для выталкиванія брикетовъ изъ формъ. Тельжки (D и E), на которыхъ укрѣплены формы, движутся по рельсамъ и на нихъ кромѣ формъ укрѣплены еще песты с, которые входятъ въ формы. Эти песты укрѣплены на плитѣ d, получающей свое движеніе вверхъ непосредственно отъ пистона гидравлическаго прессы. Послѣ наполненія формъ смѣсью, тельжка подходит



подъ чугунную плиту **F** (лобъ прессы), такъ что верхняя поверхность телѣжки плотно прилегаетъ къ нижней поверхности плиты **F**, послѣ чего происходитъ прессованіе массы помощью пестовъ. Одновременно съ прессованіемъ брикетовъ на прессѣ **A**, происходитъ выталкиваніе изъ формъ только-что приготовленныхъ брикетовъ на прессѣ **C**. Такъ-какъ верхняя часть телѣжки, во время выталкиванія брикетовъ изъ формъ, должна быть вполне свободною, телѣжка **E** на прессѣ укрѣпляется неподвижно при помощи выступовъ, находящихся по бокамъ телѣжки и колоннъ **G**. При дѣйствіи пистона гидравлическаго прессы **C**, песты, укрѣпленные на подвижной платформѣ телѣжки, вдвигаются въ формы и выталкиваютъ готовые брикеты. Коль скоро брикеты вынуты изъ формъ, эти послѣдніе вновь наполняютъ брикетнымъ тѣстомъ и вдвигаютъ въ прессъ **A**, изъ подъ котораго телѣжка **D** съ только-что приготовленными брикетами переводится на прессъ **B**. Прессы, служащія для разгрузки формъ, конечно менѣе сильны, чѣмъ прессъ, служащій для прессованія.

Самое главное преимущество гидравлическихъ прессовъ заключается въ томъ, что они даютъ медленное, но весьма сильное давленіе, которое кромѣ того что сжимаетъ массу, освобождаетъ ее отъ воды. Въ этомъ, кажется, и кроется причина, почему прессы Револье такъ распространены во Франціи, гдѣ не обращаютъ такого вниманія, какъ въ Бельгіи, на просушку промытой каменно-угольной мелочи. Благодаря сильному давленію, испытываемому брикетами подъ гидравлическимъ прессомъ, они отличаются значительною прочностью и даютъ небольшое количество мелочи. При этихъ преимуществахъ прессы Револье требуютъ однако большаго расхода на обзаведеніе и содержаніе, и, кромѣ того, работа ими часто сопровождается поврежденіемъ формъ, вслѣдствіе неравномѣрнаго наполненія ихъ брикетнымъ тѣстомъ. Формы, болѣе чѣмъ слѣдуетъ наполненныя тѣстомъ, перѣдко лопаются вслѣдствіе избытка давленія.

Прототиномъ прессы *Мазелна* служитъ прессъ, установленный въ 1859 г. въ *Bouffoulx* и представленъ на фиг. 54, табл. XVII. Прессъ этотъ состоитъ изъ вертикальнаго пароваго цилиндра **A**, на которомъ при помощи четырехъ вертикальныхъ колоннъ **M** укрѣпленъ лобъ прессы **N**. Между этими двумя частями прибора помѣщена 4-хъ колесная телѣжка **F**, движущаяся по рельсамъ **K**. На телѣжкѣ этой укрѣплены 12 прямоугольныхъ формъ **G**, открытыхъ сверху. Внутри этихъ формъ помѣщены песты, стержни которыхъ выступаютъ изъ формъ на нѣсколько сантиметровъ. Надъ прессомъ помѣщается мѣситель **Q**, снабженный мѣшалкою **R** и двумя трубами **V V**, служащими для наполненія формъ брикетнымъ тѣстомъ. Наклонная плоскость **O** служитъ для выталкиванія готовыхъ брикетовъ изъ формъ. Дѣйствіе описаннаго прессы легко понять. При движеніи телѣжки, формы

последовательно проходятъ подъ трубы V и наполняются брикетной смѣсью; наполненные формы подходятъ затѣмъ подъ лобъ прессы и здѣсь, при впуска- нии пара въ цилиндръ А, брикетная масса подвергается сильному прессо- ванію, послѣ чего, при дальнѣйшемъ движеніи телѣжки, готовые брикеты выталкиваются изъ формъ вслѣдствіе прохожденія телѣжки надъ наклон- ной плоскостью О. Прессъ этотъ имѣетъ многіе недостатки, которые устраи- ны въ прессѣ *Мазелена*.

*Прессъ Мазелена* (фиг. 55, табл. XVIII) состоитъ изъ горизонтально-вра- щающейся платформы Е, на которой укрѣплены 10 формъ. При движеніи платформы, формы последовательно подходятъ подъ распредѣлитель С, служа- щій для наполненія формъ брикетной смѣсью, приготовляемой въ мѣсителѣ В, и подъ желѣзную перекладину J, укрѣпленную на колоннахъ, стоящихъ на фундаментѣ прессы, и служащую для закрытія верхней поверхности формъ во время прессованія. Дно формъ образуютъ песты F. Ударъ пестомъ со- общается паровымъ поршнемъ D при посредствѣ ломанцаго рычага H, чѣмъ увеличивается сила удара. Въ тотъ самый моментъ, когда форма, напол- ненная смѣсью, подходитъ подъ перекладину J, платформа останавливается и паръ входитъ подъ поршень D, вслѣдствіе чего онъ приподымается и сообщаетъ ударъ пестомъ. Когда прессованіе окончено, паръ выходитъ изъ подъ поршня, этотъ послѣдній падаетъ внизъ и платформа продолжаетъ свое движеніе. Во время движенія платформы нижніе концы пестовъ опи- раются на рядъ наклонныхъ плоскостей, которыя расположены такъ, что при поступленіи формъ подъ перекладину песты вталкиваются въ форму и сжимаютъ брикетную массу еще до удара почти на половину; послѣ удара, сжатъя брикета и выхода формы изъ подъ перекладки, это движеніе пестовъ вверхъ продолжается, вслѣдствіе чего брикеты выталкиваются изъ формъ. Послѣ удаленія брикета изъ формы, песты опускаются и форма вновь наполняется брикетною смѣсью. Прессъ подобнаго рода производитъ 20—22 брикета въ минуту. Главное преимущество этого прессы большая производительность; за то прессъ этотъ требуетъ большихъ расходовъ на содержаніе нѣкоторыхъ сложныхъ частей его, и, кромѣ того, при прессованіи влажной мелочи едвали удаляетъ изъ нея воду, вслѣдствіе чего брикеты должны получаться неоднородными.

*Прессъ Middleton'a* (фиг. 56, табл. XVIII), послужившій типомъ для всѣхъ другихъ пестовыхъ прессовъ непрямого дѣйствія, состоитъ изъ ряда формъ, укрѣпленныхъ на вращающейся желѣзной платформѣ, лежащей въ свою оче- редь на неподвижной плитѣ, образующей дно формъ. При движеніи платформы, формы последовательно подводятся: 1) подъ мѣситель или распредѣли- тель, гдѣ онѣ наполняются брикетною смѣсью; 2) подъ чугунную раму, которая при содѣйствіи колѣпчатаго рычага производитъ сильное и про-

должителное прѣссованіе, 3) подѣ другую подобную же чугунную раму, подѣ которой пѣтъ постоянной плиты, вслѣдствіе чего готовый брикетъ удаляется изъ прѣсса и принимается или рабочимъ, или безконечнымъ полотномъ.

Равноплечій колѣчатый рычагъ  $F F'$  получаетъ движеніе, попеременно вверхъ и внизъ, при помощи шатуна  $E'$  и другихъ передаточныхъ механизмовъ (не представленныхъ на фигурѣ). На нижнемъ концѣ плеча  $F$  находится ползунъ  $G$  съ двумя неравной величины пестами, изъ которыхъ одинъ  $K$  прѣссуетъ брикетную массу, а другой  $L$  выталкиваетъ готовый уже брикетъ изъ формы. Верхній конецъ плеча  $F'$  упирается въ ящикъ  $J$ , наполненный камнемъ, гравіемъ или чугуномъ, общій вѣсъ которыхъ опредѣляетъ давленіе на брикетъ. Формы, числомъ 20, расположены попарно на вращающемся дискѣ  $M$ . Во избѣжаніе поломокъ, которыя могутъ произойти въ томъ случаѣ, если дискъ опишетъ дугу большую, чѣмъ разстояніе между формами, находится задерживающій рычагъ.

*Прѣсса Middleton-Hampres* отличается отъ прѣдшествовавшаго существенно тѣмъ, что плечи колѣчатого рычага не равны между собою, отчего давленіе на брикетную массу происходитъ снизу вверхъ, и что одно изъ плечъ рычага, именно длинное, упирается не въ ящикъ съ тяжестью, а соединяется съ поршнемъ гидравлическаго прѣсса, который (поршень) испытываетъ значительное давленіе. Выталкиваніе брикетовъ изъ формъ происходитъ при помощи наклонной плоскости. Выгода отъ употребленія неравноплечаго колѣчатого рычага заключается во 1-хъ въ томъ, что при равной силѣ прѣссованія требуется меньше движущей силы при неравноплеч., чѣмъ при равноплеч. рычагѣ, а во 2-хъ въ томъ, что давленіе на брикетъ въ машинѣ *Hampres* производится медленно, чѣмъ въ машинѣ съ равноплеч. рычагомъ. Машина *Hampres* съ каждымъ надавленіемъ прѣсса даетъ 2 брикета въ 5 кило каждый. Въ минуту такихъ брикетовъ получается 34, причѣмъ прѣссъ требуетъ 12 паров. силъ.

Прѣссованіе брикетовъ въ указанныхъ прѣссахъ производятъ обыкновенно очень сильное, причѣмъ на нѣкоторыхъ заводахъ придерживаются того мнѣнія, что для полученія хорошихъ брикетовъ необходимо давленіе отъ 120—150 кило на квадратный сантиметръ. По наблюденіямъ же *Пьеррюга* (1881) давленіе въ 80—100 атмосферъ вполне достаточно, если только тѣсто хорошо нагрѣто и вымѣшано. При сухихъ угляхъ, а въ особенности, если нагрѣваніе ихъ производится голымъ огнемъ, продолжительное прѣссованіе не имѣетъ значенія: 1—2 секунды достаточны. При угляхъ, содержащихъ много сланцевъ, сырыхъ, нагрѣваемыхъ паромъ, брикеты прѣсуются медленно, постепенно, до тѣхъ поръ, пока не перестанетъ показываться вода, такъ-какъ при этихъ условіяхъ получаютъ брикеты болѣе

плотные, чѣмъ при быстромъ прессованіи. Форма, придаваемая брикетамъ, должна быть самая простая и правильная, а именно или цилиндрическая, или прямоугольная, въ видѣ плитокъ. Первая форма даетъ меньше мелочи, но требуетъ больше мѣста, а потому рѣже употребляется, чѣмъ вторая.

Вѣсъ и объемъ, придаваемые брикетамъ, должны быть удобны для ручной переноски, т. е. не превышать 8 или 10 кило. Такъ-какъ давленіе, производимое на одну сторону брикета, передается неполнѣ на остальные стороны, то почти во всѣхъ прессахъ получаютъ брикеты, одна сторона которыхъ сильнѣе прессована, чѣмъ остальные. Для избѣжанія этого неудобства придаютъ брикетамъ небольшую толщину, напр. отъ 10 до 11 сантиметровъ для большихъ брикетовъ съ поперечнымъ сѣченіемъ  $30 \times 20$  м. м., и не больше 5 до 6 с. м. для сѣченія въ  $12 \times 12$  м. м.

*Свойства каменноугольныхъ брикетовъ*, приготовленныхъ при помощи твердой каменноугольной смолы, довольно разнообразны и зависятъ отъ свойствъ употребленныхъ матеріаловъ и способовъ фабрикаціи. Вообще говоря, отъ хорошихъ брикетовъ требуется, чтобы они были однородны, имѣли крѣпость равную каменному углю, удѣльный вѣсъ не меньше 1,19 <sup>1)</sup>, давали не болѣе 5% мелочи, не размягчались при нагрѣваніи до 50°, не распадались въ огнѣ и не содержали болѣе 10% золы. Брикеты указанныхъ свойствъ приготовляются въ настоящее время на лучшихъ брикетныхъ заводахъ, въ особенности въ Бельгіи и Франціи, гдѣ брикетное производство имѣетъ довольно широкое развитіе.

Слѣдующая таблица даетъ понятіе о производствѣ брикетовъ въ различныхъ европейскихъ государствахъ.

	Годъ основанія перваго брикетнаго завода.	Количество брикетовъ въ тоннахъ (1000 кило).
Франція . . . . .	1842	1,000,000
Бельгія. . . . .	1852	500,000
Англія . . . . .	1846	300,000
Германія . . . . .	1861	100,000
Австрія . . . . .	—	250,000
Италія . . . . .	—	150,000
Испанія . . . . .	—	100,000
Россія и Швеція . . . . .	—	100,000
		<u>2,500,000 (Gurlt).</u>

Единственный брикетный заводъ въ Россіи находится въ Одессѣ и принадлежитъ Русскому Обществу Пароходства и Торговли. Въ 1875 г. онъ приготовлялъ 800,000 пуд. брикетовъ изъ антрацитовой мелочи и твердой англійской каменноугольной смолы.

<sup>1)</sup> Удѣльный вѣсъ брикетовъ, приготовляемыхъ въ различныхъ мѣстахъ и помощью различныхъ прессовъ, колеблется между 1,10—1,36.

Главное *примѣненіе* каменноугольные брикеты съ сухою смолою получили для отопленія морскихъ пароходовъ и паровозовъ; съ большимъ успѣхомъ (въ особ. коксовые) они могутъ быть также употребляемы въ доменномъ производствѣ.

Ранѣе, чѣмъ стали употреблять для приготовленія каменноугольныхъ брикетовъ сухую каменноугольную смолу, для той же цѣли употребляли, какъ было сказано выше, *каменноугольный деготь и мягкую каменноугольную смолу*.

При употребленіи *каменноугольнаго дегтя*, его нагреваютъ въ котлѣ, и затѣмъ перемѣшиваютъ съ каменноугольною мелочью въ горизонтальномъ цилиндрѣ, снабженномъ мѣшалкою, причѣмъ на 100 ч. угля берутъ 8 кило дегтя. Приготовленная такимъ образомъ смѣсь идетъ подъ прессъ, откуда получается въ видѣ правильныхъ прямоугольныхъ кусковъ. Послѣ этого готовые уже брикеты помѣщаются на тележки и двигаются въ особаго рода сушильныя камеры, въ которыхъ брикеты теряютъ и освобождаются, насколько возможно, отъ различныхъ летучихъ веществъ. Вещества эти выходятъ изъ камеръ при помощи трубы и могутъ быть улавливаемы. Просушка продолжается отъ 20—22 часовъ, причѣмъ брикеты теряютъ отъ 2—3% своего вѣса, или, иначе, 25% содержащагося въ нихъ дегтя въ видѣ различныхъ летучихъ маселъ и амміачныхъ соединений.

*Warlich* (1840) предложилъ прибавлять къ смѣси каменноугольной мелочи и дегтя нѣкоторое количество поваренной соли или квасцовъ, для уменьшенія коцоти и устраненія слипанія брикетовъ.

*Kurtz* (1842) измелчиваетъ уголь, нагреваетъ до 120° P., смѣшиваетъ съ древесною или каменноугольною смолою, въ аппаратѣ сходномъ съ глиномялкой Шликэизена, и нагрѣтую смѣсь выпускаетъ на рамку, гдѣ она застываетъ и рѣжется ножомъ на куски.

При употребленіи *мягкой* (жирной) *каменноугольной смолы*, смолу расплавляютъ, смѣшиваютъ съ соответств. кол-вомъ каменноугольной мелочи и затѣмъ формируютъ въ прессахъ при сильномъ давленіи. Легко видѣть, что и въ этомъ случаѣ фабрикація каменноугольныхъ брикетовъ менѣе рациональна, чѣмъ при употребленіи сухой каменноугольной смолы, такъ-какъ обходится дороже и даетъ продуктъ легко размягчающійся на солнцѣ, распространяющій непріятный запахъ и дающій при горѣніи много дыма. Въ виду этихъ обстоятельствъ фабрикація брикетовъ при помощи каменноугольнаго дегтя и мягкой смолы въ настоящее время совершенно оставлена.

Вслѣдствіе постояннаго вздорожанія каменноугольнаго дегтя, получившаго широкое и болѣе выгодное примѣненіе въ фабрикаціи искусственныхъ пигментовъ, было предложено замѣнить его въ фабрикаціи брикетовъ другими видами цементовъ, какъ органическими, такъ и неорганическими. Изъ многочисленныхъ этихъ предложеній ни одно не получило пока значительнаго примѣненія, тѣмъ не менѣе изъ предложенныхъ ограниченныхъ цементовъ для насъ особенное значеніе имѣетъ предложеніе *Курдюкова* (1874). воспользоваться для приготовленія цемента смолою изъ нефтяныхъ остатковъ, равно какъ и такъ называемымъ кировъ, черною вязкою массою, представляющею смѣсь песка и глины съ густыми частицами нефти. Киръ этотъ покрываетъ въ видѣ патековъ обширныя пространства близъ нефтяныхъ источниковъ и изъ него простымъ выплавли-

ваніемъ въ котлахъ съ родою получается густая масса, годная для цементациі брикетовъ. Изъ неорганическихъ связывающихъ веществъ единственно употребляемое есть глина, которую примѣшиваютъ къ каменноугольной мелочи въ количествѣ отъ 10—25<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Изъ тѣста, полученнаго смѣшеніемъ глины, угольной мелочи и воды, формуютъ родъ шаровъ (Klütten, boulets, hochets), которые послѣ высушиванія употребляютъ какъ топливо. Понятно, что подобнаго рода брикеты могутъ быть съ пользою приготовляемы лишь тогда, когда они предназначены для употребленія на мѣстѣ, такъ сказать для домашняго обихода. Техническаго значенія подобныя брикеты не могутъ имѣть, такъ какъ содержатъ слишкомъ много золы и не выдерживаютъ перевозки. Изъ другихъ неорганическихъ цементовъ, предложенныхъ для фабрикаціи брикетовъ, большаго вниманія заслуживаетъ магнезіальный цементъ Сореля, примѣненный въ брикетномъ дѣлѣ *Gurlet*'омъ (1879).

Нижеслѣдующія данныя даютъ понятіе о многочисленныхъ предложеніяхъ, сдѣланныхъ съ цѣлью замѣнить, отчасти или совершенно, каменноугольный деготь и его продукты при фабрикаціи каменноугольныхъ брикетовъ другими связывающими веществами.

а) *Брикеты, въ которыхъ часть каменноугольнаго дегтя замѣнена другими связывающими веществами.*

*Oram* (1838) далъ нѣкій рядъ рецептовъ для приготовленія брикетовъ изъ каменноугольной мелочи съ примѣсью пла, мергеля, глины и каменноугольной смолы, которая можетъ быть замѣнена древеснымъ дегтемъ, колофоніемъ, асфальтомъ и т. д. Тѣла эти при помощи воды и нагреванія надлежащимъ образомъ перемѣшиваются и затѣмъ получ. смѣсь формуется въ винтовомъ или рычажномъ прессѣ.

*Stirling* (1840) предложилъ приготовить брикеты, смѣшивая 2240 ч. к. у. мелочи съ 100 ч. дрв. смолы, 300 ч. каменноугольной смолы и 105 ч. воды, къ которой прибавляется глина до густоты смолы. Полученную смѣсь погнѣщаютъ въ формы и въ формахъ же вставляютъ на 1—1½ ч. въ сушильныя камеры, нагрѣтыя до температуры 97—108° Р. Послѣ сушки формы вынимаютъ изъ камеръ и по остываніи выгружаютъ изъ нихъ готовые брикеты.

*Piddington* и С<sup>o</sup> въ 1860 г. предлагали уменьшить количество смолы прибавленіемъ къ углю хлористоводородной кислоты; при этомъ по ихъ мнѣнію, даже въ случаѣ употребленія тощаго угля, получаются довольно крѣпкіе брикеты, которые не выдѣляютъ ни дыма, ни запаха. Опыты, однако, не оправдали ихъ ожиданій.

*Messier* и *Barlet* совѣтуютъ сообщать сухой смолѣ недостающую ей жидкость и увеличить склеивающую способность прибавленіемъ къ смолѣ ½ тяжелаго масла или нафталина, разбавленнаго въ водѣ, причемъ поступаютъ такъ: въ котель наливаютъ известное количество воды и когда послѣдняя начнетъ кипѣть прибавляютъ нафталина или тяжелаго масла; первому отдаютъ предпочтеніе. Перемѣшиваніе производятъ при помощи струи пара въ продолженіи 5 или 6 минутъ, послѣ чего прибавляютъ смолы сухой или жирной, смотря по качеству угля, и когда вся смѣсь приобрететъ известную однородность ее пускаютъ въ распредѣлитель, а оттуда въ малаксеръ, въ которомъ происходитъ смѣшеніе съ угольною мелочью. Количество смолы, употребляемой при этомъ способѣ, всего 5%.

б) *Брикеты*, въ которыхъ связывающимъ веществомъ служатъ крахмалистыя, бѣлковыя и другія органическія тѣла.

*Virelle* (1811) предложилъ приготовить брикеты, смѣшивая каменноугольную мелочь съ отбросомъ животнаго клея, клейстера и отзіромъ лишаевъ и формуя затѣмъ смѣсь ручнымъ способомъ.

*Piddington* (1858) взялъ привилегію на приготовленіе каменноугольныхъ брикетовъ при помощи *декстрина*, полученнаго изъ испорченной ржаной муки, употребляя на 1 тонну каменноугольной мелочи отъ 24 до 36 фунтовъ декстрина и отъ 7—8 ф. воды.

*Riegels* (1863) предложилъ для той же цѣли чистый *крахмалъ* или *муку*, разваренную въ клейстеръ въ присутствіи нѣкотораго колич. извести, способствующей растворенію бѣлковыхъ веществъ и болѣе полному сторапію брикетовъ и препятствующей образованію пѣсени. Послѣ надлежащаго смѣшенія клейстера съ каменноугольною мелочью, массу формуютъ и прессуютъ въ прессѣ *Middl. ton*'а и затѣмъ сушатъ въ камерахъ при 120°. На 100 ч. угля употребляютъ 1 ч. муки и того меньше крахмала. Способъ *Riegels*'а употреблялся въ *Ostrau* (Моравія) и подробно описанъ *Jicinsky*'мъ (1870).

*Barker* (1865) предложилъ также *крахмалъ*, но съ примѣсью *креозота*. На 1 тонну каменноугольной мелочи онъ употребляетъ 8 ф. крахмала, который размѣшивается сначала небольшимъ колич. холодной воды, затѣмъ къ нему прибавляется 50 литровъ кипящей воды и наконецъ 1 унція креозота. Прессованные брикеты сушатъ въ теченіи 9—12 ч. при 250—3 0°. Въ болѣе новое время *Barker* (1869) замѣнилъ крахмалъ *картофельною мукою* и креозотъ *каменноугольною смолою*, а также немного измѣнилъ самый способъ приготовленія брикетовъ. На тонну угля онъ беретъ 8 ф. картофельной муки, размѣшиваетъ ее небольшимъ колич. холодной воды, прибавляетъ затѣмъ къ смѣси 95—120 л. кипящей воды и каменноугольной смолы. Сушка брикетовъ производится при 120—150° въ теченіи 9—12 часовъ. Эти брикеты въ *Woolwich*'скомъ арсеналѣ дали удовлетворительные результаты.

*Ritter* (1878) предлагаетъ употреблять какъ цементъ для брикетовъ *отваръ мха* (*Sarraghen-Moos*). Мохъ развариваніемъ въ водѣ или прибавленіемъ кислоты превращается въ клейкую студенистую массу. Эту массу разбавляютъ опредѣленнымъ количествомъ горячей или холодной воды и къ полученной жидкости прибавляютъ каменго-или буро-угольную мелочь. Мха употребляютъ 0,25—0,75% по вѣсу угля. Формованные и прессованные брикеты высушиваютъ въ сушильныхъ печахъ.

*Hilt* (1879) приготовляетъ связывающее вещество для брикетовъ, размѣшивая продажную *клятчати* (древ. массу, получ. химич. путемъ) съ 10 частями горячей воды и прибавляя къ получ. жидкости *известковаго молока*, *глины*, раст. ор. *стекла* или каменноугольнаго дегтя. 1 часть полученнаго связывающаго вещества перемѣшиваютъ съ 10 ч. угля, при нагрѣваніи, затѣмъ смѣсь формуютъ подъ давленіемъ 200 кило. на кв. см. и сушатъ.

*Batemann* (872) совѣтуетъ готовить брикеты, смѣшивая каменноугольную мелочь съ *кровью*, *бѣлкомъ* и небольшимъ количествомъ *извести*.

*Riegels* (1860) предложилъ воспользоваться для полученія брикетовъ *бѣлковыми тѣлами*, содержащими въ себѣ язь (масляныхъ лепешкахъ). Для этой цѣли каменноугольная мелочь перемѣшивается съ 10% измельченныхъ сбойенъ съ прибавленіемъ воды, смѣсь оставляютъ стоять 24 часа, затѣмъ формуютъ подъ сильнымъ давленіемъ и полученные брикеты сушатъ. Этотъ способъ употреблялся въ *Reschitza* въ *Бенатѣ* (Австрія) и конечно имѣетъ только мѣстное значеніе, такъ какъ сбойна имѣетъ болѣе выгодное употребленіе для корма скота.

*Вешняковъ* (1841) предложилъ приготовить каменноугольные брикеты (*Carbolein*), смѣшивая каменноугольную мелочь съ дешевыми растительными или животными жирами и прессуя массу подъ сильнымъ давленіемъ. Карболениъ содержитъ 7% жирнаго масла и обладаетъ значительною теплотворною способностью, но приготовленіе подобнаго топлива едва-ли выгодно, такъ-какъ раст. и животные жиры имѣютъ другія, болѣе выгодныя, примѣненія.

*Newton* (1842) взялъ привилегію на полученіе брикетовъ, смѣшеніемъ к. у. мелочи съ глиною, жирн. маслами и каменноугольною смолою.

с) *Брикеты съ неорганическими связывающими веществами.*

*Quest* (1810) взялъ привилегію на полученіе брикетовъ изъ каменноугольной мелочи и *глины*.

*Bonneville* (1841), предложилъ готовить брикеты, смѣшивая каменноугольную мелочь съ *пломъ*.

*Loiseau* (1872) совѣтуетъ формовать кирпичи изъ смѣси каменноугольной мелочи съ 7% *глины*, погружать полученные кирпичи въ растворъ сосновой смолы въ бензинѣ и отогнать затѣмъ бензинъ изъ кирпичей въ особой печи. По мнѣнію автора глина есть единственный матеріалъ, который безъ давленія даетъ брикеты надлежащей прочности.

*Hollands* и *Greene* (1849) предложили получать брикеты, смѣшивая 2240 ч. каменноугольной мелочи съ 140 ч. *ожженого гипса*, 17 ч. *ожженой извести*, 17 ч. *квасцовъ*, 17 ч. *поваренной соли* и 28 ч. *глины*. Смѣшеніе производятъ съ прибавленіемъ нѣкотораго количества воды, затѣмъ полученную смѣсь формуютъ подъ слабымъ давленіемъ и полученные брикеты сушатъ. Если топливо должно сгорать быстро, замѣняютъ квасцы селитрой. Для предохраненія этого рода брикетовъ отъ измѣненія на воздухѣ изобрѣтатели совѣтуютъ покрывать ихъ льнянымъ масломъ. Въ болѣе новое время (1869) эти же изобрѣтатели предлагаютъ получать брикеты смѣшеніемъ 2240 ч. *нюкастельской каменноугольной пыли*, 100 ч. *извести*, 28 ч. *глины*, содержащей квасцы, 17 частей *гипса*, 17 ч. *квасцовъ* и 7 *соды*. Известь, гипсъ, квасцы и сода смѣшиваются сначала въ сухомъ состояніи съ углемъ, затѣмъ прибавляютъ къ смѣси глину съ 94 литрами воды на каждые 20 центр. приготовл. брикетовъ. Изъ полученнаго тѣста, ручнымъ или машиннымъ способомъ, формуютъ 5-дюймовые кубы. Главнымъ связывающимъ веществомъ въ этихъ брикетахъ является по видимому гидратъ глинозема, образующійся при взаимодействіи извести и квасцовъ.

*Vussard* (1876) приготовляетъ брикеты, смѣшивая 100 ч. каменноугольной мелочи съ 5—10 ч. раствора *сѣрноалюминиевой соли* въ 33—35° Б. и 1 до 3 ч. *гашеной извести* для образованія гидрата глинозема и гипса.

*Гельбардтъ* (1873) взялъ привилегію на приготовленіе брикетовъ, смѣшивая каменноугольный муссоръ съ *известковымъ молокомъ* и прессуя смѣсь въ придуманномъ имъ прессѣ.

*Abel* (1874) предлагаетъ употреблять для приготовленія брикетовъ *известковое молоко*, которое онъ примѣшиваетъ къ углю въ кипящемъ состояніи.

*Deere* (1874) приготовляетъ брикеты, смѣшивая каменноугольную пыль съ растворомъ *растворимаго кремнекислаго натра* <sup>1)</sup> съ одновременнымъ прибавленіемъ нѣкотораго количества *глины*. Смѣсь формуютъ и сушатъ. Для облегченія сгоранія такого ма-

<sup>1)</sup> Во Франціи уже въ 1858 г. было предложено замѣнять мягкую каменноугольную смолу растворимымъ стекломъ, употребляя его въ количествѣ отъ 0,75—1,0% по вѣсу угля.



материала изобретатель предлагает прибавлять къ массѣ нѣкоторое количество (0,25—1,0%) окисляющихъ веществъ, каковы окись желѣза, перекись марганца, хромовокаліевая соль, селитра и т. п.

Братья *Корн* (1875) взяли въ Россіи привилегію на слѣдующій способъ приготовленія брикетовъ. Смѣшиваютъ угольный муссоръ и тому подобный углесодержащій матеріалъ съ какимъ либо известковымъ цементомъ (портландскимъ, римскимъ или пуццолано) или же съ огнеупорною или другаго рода глиною, прибавляя къ этой смѣси нѣкоторое количество растворимаго кремнекислаго натра или кали. Количество отдѣльныхъ составныхъ частей этой смѣси можетъ измѣняться, но обыкновенно на 100 частей по вѣсу угля достаточно отъ 2 до 4-хъ частей раствора кремнекислой щелочи, при удѣльномъ вѣсѣ раствора около 1,3, и 4—5 ч. цемента. Эти вещества сначала тщательно перемѣшиваютъ, а затѣмъ полученную смѣсь формируютъ и прессуютъ въ пестовомъ прессѣ, придуманномъ изобрѣтателями.

*Гурт* (1879) предлагаетъ употреблять для приготовленія брикетовъ магнезійный цементъ *Sorel'a* (1866), который, благодаря своей пластичности и большой связывающей силѣ, заслуживаетъ предпочтеніе передъ всѣми другими неорганическими цементами, предложенными для фабрикаціи брикетовъ. Цементъ *Sorel'a* получается при смѣшеніи въ надлежащихъ количествахъ мелкаго порошка обожженной (не выше температуры краснаго наленія) магнезій съ концентрированнымъ (не менѣе 30° Б.) воднымъ растворомъ хлористаго магнія при температурѣ около 30°. Смѣсь эта быстро твердѣетъ, присоединяя гидратную воду, причемъ температура ея возвышается до 100°. Цементъ имѣетъ приблизительно составъ:  $5 \text{ MgO} + \text{MgCl}_2 + 18 \text{ H}_2\text{O}$  (35% MgO, 11%  $\text{MgCl}_2$  и 54%  $\text{H}_2\text{O}$ ). Связывающая сила этого цемента такъ велика, что прибавленіе его къ углю въ количествѣ 5% вполне достаточно для полученія твердыхъ и прочныхъ брикетовъ. Такъ-какъ цементъ содержитъ не менѣе 50% воды, то прибавленіемъ его къ углю въ количествѣ 5% увеличимъ содержаніе золы въ топливѣ всего на 2,5%. При употребленіи магнезійнаго цемента для полученія брикетовъ уголь долженъ состоять изъ зеренъ, величина которыхъ не превышаетъ 6 м. м., онъ не долженъ содержать болѣе 5% золы и не долженъ быть мокрымъ. Смѣшеніе угля съ цементомъ производятъ всего лучше такъ, что сначала тщательно смѣшиваютъ измельченный уголь съ сухою прокаленною магнезіею, а затѣмъ съ соответственнымъ количествомъ хлористаго магнія, растворенномъ въ возможно меньшемъ количествѣ воды. По теоріи слѣдовало бы брать для растворенія хлористаго магнія только то количество воды, какое необходимо для отвердѣнія цемента, но на практикѣ приходится немного увеличатъ теоретическое количество воды. Тѣмъ не менѣе избытокъ воды долженъ быть не великъ и масса при прессованіи не должна видѣлать жидкости, содержащей хлористый магній, необходимый для образованія цемента. Прессованіе массы происходитъ подъ давленіемъ 150 до 250 кило на кв. см чтобы по возможности сблизить частицы угля, покрытыя очень тонкимъ слоемъ цемента. Брикетъ, вынуты изъ пресса, уже настолько прочны, что они безъ всякихъ предосторожностей могутъ быть перенесены на мѣсто складки, гдѣ они твердѣютъ окончательно. Для прессованія могутъ служить какъ пестовые, такъ и непрерывнодѣйствующіе прессы. Изъ первыхъ предпочтительнѣе употреблять прессъ *Middleton-Hanrez*, изъ вторыхъ прессъ *Evrard-Bouriez*. Твердѣніе и сушка брикетовъ должны происходить при обыкновенной температурѣ, причемъ, уже спустя 6 часовъ, брикеты приобретаютъ значительную твердость, которая увеличивается, однако, въ слѣдующ. трое сутокъ. По увѣренію изобрѣтателя, брикеты, полученные указаннымъ способомъ, имѣютъ большую прочность, чѣмъ брикеты, полученные при помощи твердой каменноугольной смолы; они не размягчаются ни подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей, ни подъ вліяніемъ лучистой теплоты печей; они могутъ оставаться нѣсколько дней подъ водою, не распаваясь и не теряя въ своей теплопроизводительной способности, такъ-какъ затвердѣвшій цементъ

препятствуетъ поглощенію воды. Въ огнѣ брикеты не распадаются и сгораютъ вполне, причемъ гидратная вода испаряется, окись магнія переходитъ въ золу, а хлористый магній распадается на магnezію и соляную кислоту. Количество этой послѣдней не велико и не оказываетъ, по увѣренію изобрѣтателя, вреднаго вліянія на паровики, — тѣмъ болѣе что часть ея нейтрализуется съ амміакомъ, образующимся при сгораніи угля.

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что было предложено *полученіе брикетовъ* изъ каменнаго угля *безъ примѣси цемента* однимъ сильнымъ прессованіемъ мелочи или на холоду (Buckwell, 1849; Evrard, 1859, Falls <sup>1)</sup>), или при нагрѣваніи (Buckwell; Bessemer, 1850; Rees, 1851; Boulger, 1855; Loup, 1861). Послѣдній способъ былъ даже испытанъ на нѣкоторыхъ заводахъ для жирныхъ углей и для смѣси жирныхъ съ тощими, причемъ самое нагрѣваніе производили или передъ прессованіемъ, или въ формахъ во время самаго прессованія, но онъ не далъ удовлетворительныхъ результатовъ и нынѣ совсѣмъ оставленъ.

Для приготовленія *брикетовъ изъ отбросовъ кокса, торфянаго и древеснаго угля* предложены способы сходные съ тѣми, какіе употребляются для приготовленія брикетовъ изъ каменнаго угля.

Брикеты изъ *коксовой пыли*, приготовляются на одномъ заводѣ въ Парижѣ, построенномъ въ 1872 г. Заводъ употребляетъ коксовую пыль, остающуюся при полученіи свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля и содержащую до 24% золы. Пыль эту смѣшиваютъ съ 10—11% измельченной твердой каменноугольной смолы и перерабатываютъ въ брикеты помощью аппарата системы Мозеленъ съ гидравлическимъ прессомъ. Подобный же способъ употребляется на заводѣ Коффи, въ Дени (1854).

*Гельбордъ* (1873) взялъ въ Россіи привилегію на полученіе брикетовъ изъ коксваго муссора, смѣшивая этотъ послѣдній съ нагрѣтымъ известковымъ молокомъ и каменноугольною смолою и прессуя смѣсь въ имъ придуманномъ прессѣ. На 100 ч. муссора употребляютъ 1 часть извести и 5 частей смолы.

*Баркеръ* (1875) взялъ привилегію на полученіе брикетовъ изъ кокса и другихъ искусственныхъ углей, смѣшивая ихъ съ крахмаломъ съ примѣсью нѣкотораго количества сѣрнокислаго алюминія. Смѣсь въ нагрѣтомъ состояніи формуютъ подъ сильнымъ давленіемъ и затѣмъ полученные брикеты высушиваютъ въ ретортахъ.

Для полученія *брикетовъ изъ торфянаго угля* было предложено смѣшивать измельченный уголь съ торфянымъ дегтемъ, изъ котораго оттогнаны летучіе продукты. (Hills, 1845).

При приготовленіи *брикетовъ изъ древеснаго угля*, уголь смачиваютъ 8—12% воды и измельчаютъ въ крупные куски между двумя вращающимися гладкими цилиндрами. Грубоизмельченный уголь вполне измельчаютъ и смѣшиваютъ съ каменноугольною смолою (на 100 кило угля бе-

<sup>1)</sup> Gurlt I. с. p. 19.

ругъ отъ 33—40 кило смолы) въ аппаратѣ, напоминающемъ устройство бѣгуновъ, затѣмъ изъ полученнаго тѣста въ пестовомъ прессѣ выдѣлываютъ цилиндрическіе брикеты, которые высушиваютъ на воздухѣ, а затѣмъ прокалываютъ въ муфельныхъ печахъ. Этимъ путемъ получается плотный, нехрупкій уголь, вполне удобный для перевозки.

Описанный способъ приготовленія брикетовъ изъ древеснаго угля предложенъ *Porcelin-Ducarre* (1850) и подробно описалъ *Rayen'омъ* (1851) и *Ebelten'омъ* (1851).

Полученіе брикетовъ изъ бурого угля, легко распадающагося на мелочь, сходно съ полученіемъ машиннаго торфа и примѣняется въ Прусской Саксоніи и въ Прирейнскихъ провинціяхъ. Первоначально буроугольные брикеты производили такимъ образомъ, что измельченный уголь смѣшивали съ водою и изъ полученнаго тѣста формовали брикеты или въ ручныхъ формахъ, или же въ аппаратахъ (прессъ *Nettel'a*), сходныхъ съ аппаратомъ Веберъ-Гиссера (срав. стр. 53), при чемъ для уменьшенія прилипанія тѣста къ муштукку этотъ послѣдній, по предложенію *Шмеллцера*, нагрѣвали. Послѣ формованія, брикеты высушивали на воздухѣ. Этимъ путемъ получались брикеты съ содержаніемъ 30% воды. Съ конца пятидесятихъ годовъ въ Прусской Саксоніи стали готовить буроугольные брикеты по способу *Экстера*, состоящему въ томъ, что измельченный бурый уголь сначала нагрѣваютъ (голымъ огнемъ или паромъ) до размягченія въ немъ содержащихся смолистыхъ веществъ и затѣмъ формуютъ подъ болѣе или менѣе сильнымъ давленіемъ. Этимъ путемъ получаютъ блестящія, плотные брикеты съ небольшимъ содержаніемъ воды (10—15%); но сушка и нагрѣваніе буроугольной мелочи обходится дорого, а потому мокрое прессованіе угля преобладаетъ.

Первыя свѣдѣнія о примѣненіи способа *Exter'a* были обнаружены въ 1859 г. Затѣмъ *Zincken* (1860) и *Friedrich* (1860) сообщили нѣкоторыя данныя о стоимости и результатахъ, получаемыхъ помощью этого способа. *Wilcke* (1875), *Linke* (1878), *Ramdohr* (1879), предложили улучшенные аппараты для сушки и нагрѣванія бурого угля, а *Couillard* (1873) пестовый прессъ для формованія буроугольныхъ брикетовъ.

Кромѣ названныхъ мелкихъ горючихъ матеріаловъ, для приготовленія брикетовъ были предложены и другіе—древесныя опилки, дубло, отбросы красильнаго дерева въ смѣси съ различными углями и минеральными и органическими связывающими веществами, но всѣ эти предложенія не получили широкаго примѣненія.

Выше указанныя предложенія были сдѣланы *Sunderland'омъ* (1815), *Geary* (1838—39), *Wylant'омъ* (1843) и другими.

Особенный видъ брикетовъ представляютъ *брикеты*, въ составъ которыхъ входятъ окисляющія вещества, имѣющія цѣлью облегчить сгораніе брикетовъ, даже при слабомъ доступѣ воздуха, и воспрепятствовать об-

разованію окиси углерода и дыма. Такое топливо пригодно въ мастерскихъ для небольшихъ печей, служащихъ для нагрѣванія клея, штемпелей, утюговъ и т. д. Оно также можетъ быть сожигасмо въ жаровняхъ въ помѣщеніяхъ новоштукатуренныхъ, чтобы ускорить твердѣніе штукатурки, и наконецъ оно съ выгодою употребляется въ Германіи въ довольно широкихъ размѣрахъ для нагрѣванія желѣзнодорожныхъ вагоновъ. Брикеты этого рода большею частью приготовляются изъ древеснаго угля, къ которому прибавлено крахмального клейстера или камеди (4—10%), какъ связывающаго вещества, и селитры (2—4%), какъ окисляющаго. Было предложено также употреблять вмѣсто древеснаго угля—каменный, даже коксъ, вмѣсто крахмала—ржаную муку или клейковину, а вмѣсто селитры—марганцовокаліевую соль, перекись марганца, окись желѣза, хлорноватокаліевую соль и т. п.

Первый патентъ на приготовленіе брикетовъ съ окисляющими веществами взятъ *Vuitton*'омъ въ Бельгін, въ 1864 г. Онъ даетъ слѣдующіе рецепты. *Уголь для кухни*: 50 к. древеснаго угля, 8 к. жирнаго каменнаго угля, 40 к. тощаго каменнаго угля, 0,5 к. селитры и 1,5 к. поджареннаго крахмала. *Уголь для отопленія комнатъ*: 92 к. тощ. кам. угля, 6 к. жирн. кам. угля, 0,5 к. селитры, 1,5 к. поджареннаго крахмала. *Уголь для заводскихъ цѣлей*: 88 к. тощ. камен. угля, 10 к. жирн. камен. угля, 0,5 селитры, 1,5 к. поджарен. крахмала. Названные матеріалы измельчаютъ надлежащимъ образомъ, перемѣшиваютъ и полученную смѣсь (съ прибавленіемъ воды?) формуютъ или въ цилиндры (кухонный уголь), или въ плитки.

На приготовленіе подобнаго же рода брикетовъ взяли привилегіи въ Англій *Eagles* (1873) и *Deere* (1874). Брикеты *Eagles*, названные имъ *пиролитомъ*, состоятъ изъ смѣси древеснаго или каменноугольнаго порошка и какаго нибудь химическаго соединенія, выделяющаго при нагрѣваніи кислородъ—напр. селитры, хромовокислаго кали и т. п. Эту смѣсь при помощи связывающаго вещества (камеди, крахмала или растворимаго стекла) подъ давленіемъ формуютъ въ плитки, которыя высушиваютъ искусственной теплотою. Брикеты *Deere*'а состоятъ изъ угольной пыли съ примѣсью растворимаго стекла и глинозема. Чтобы уменьшить спекаемость угля прибавляютъ къ смѣси 0,5—1% слѣдующихъ веществъ: марганцовокаліевой соли, селитры, перекиси марганца, окиси желѣза или хлорноватокаліевой соли.

*Weber* (1873), *Meidinger* (1875) и *Mathey* (1878) описали приготовленіе, свойства и употребленіе брикетовъ съ окисляющими веществами въ Германіи.

Къ брикетамъ можно причислить еще съ нѣкоторымъ правомъ: 1) *топливо, получаемое изъ твердыхъ экскрементовъ животныхъ*, и 2) *топливо, получаемое чрезъ пропитываніе жидкими горючими веществами* (нефтью и т. п.) разныхъ порозныхъ тѣлъ съ цѣлію сжигать жидкое топливо въ обыкновенныхъ топкахъ.

Изъ видовъ топлива, получаемаго изъ экскрементовъ животныхъ, довольно важное значеніе имѣетъ у насъ, въ южныхъ и восточныхъ губерніяхъ, такъ наз. *кизьякъ*, <sup>1)</sup> приготовляемый изъ помета лошадей и овецъ. Фабрикація этого топлива началась

<sup>1)</sup> *Cech, Kisjak, Ding, J. 1878, 228, 468; Техн. Сборн. 1878, № 7, стр. 43.*

съ 1844 г. въ Оренбургской губернии, по почину козацкаго маіора *Подурова*. Для полученія кизяка, пометъ животныхъ, тщательно собранный въ теченіе зимы, раскладываютъ тонкимъ слоемъ по землѣ, обливаютъ водою, перемѣшиваютъ въ однородное тѣсто ногами лошадей, формуютъ въ деревянныхъ формахъ и высушиваютъ полученныя плитки на воздухѣ, подобно торфу. Кизякъ производится или въ крестьянскихъ дворахъ, или въ населенныхъ мѣстѣхъ особенными промышленниками, скупающими навозъ у сельскихъ хозяевъ. Кизякъ по своему вышнему виду напоминаетъ рыхлый формованный торфъ и представляетъ плохое топливо. Фабрикаціи его возможна только тамъ, гдѣ, вслѣдствіе плодородія почвы или плохаго состоянія сельскаго хозяйства, навозъ не употребляется какъ удобреніе. Химическій составъ кизяка слѣдующій:

	лошадиный кизякъ.	овечій кизякъ.
С. . . . .	41,386	28,690
Н. . . . .	4,985	3,785
О. . . . .	33,305	27,990
Н. . . . .	1,703	1,907
Зола и минеральн. примѣси	18,530	37,630
	100,000.	100,002.

Кизякъ медленно разгорается и для растапливанія его употребляютъ дрова. При тихой погодѣ онъ сгораетъ безъ запаха, но при вѣтрѣ онъ наполняетъ отапливаемое помѣщеніе зловоніемъ и потому употребляется жилищными лицами только для отопленія бань, прачешенъ и т. п.; у крестьянъ многихъ мѣстностей онъ составляетъ почти единственный видъ топлива.

Были сдѣланы также попытки готовить *брикеты* изъ *твердыхъ человеческихъ экскрементовъ*, смѣшивая ихъ съ дезинфицирующими веществами, а также съ торфомъ и каменноугольною мелочью. Всѣ попытки этого рода пока не увѣнчались успѣхомъ. (Reimann 1827, Petri 1874, Fleck 1875, Fischer 1875).

Приготовленіе топлива пропитываніемъ порозныхъ веществъ жидкими горючими матеріалами не ново. Въ Баку готовили подобнаго рода топливо, примѣшивая навозъ къ нефтянымъ остаткамъ, которые первоначально не имѣли никакого примѣненія. Получаемую смѣсь, безъ предварительнаго формованія, сжигали въ топкахъ безъ колосниковъ.

Въ 1874 г. французъ *Памари* взялъ привилегію на слѣдующій способъ переработки жидкихъ маселъ въ искусственное топливо: къ двумъ частямъ нефти прибавляютъ одну часть бѣлой смолы и одну часть канифоли и послѣ плавленія этихъ трехъ веществъ; они смѣшиваются съ опредѣленнымъ количествомъ порошка, состоящаго изъ 4-хъ частей каменноугольной или древесно-угольной пыли, а за недостаткомъ ея глинистой земли, одной части гипса и небольшого количества древесныхъ опилокъ и отрубей; прибавка послѣднихъ веществъ дѣлается для облегченія доступа воздуха во внутрь массы во время горѣнія. Вышеозначенныя пропорціи могутъ измѣняться, смотря по свойству обрабатываемыхъ маселъ или по роду отопленія, для котораго брикеты назначаются.

## II. Теплопроизводительная способность и пирометрическое дѣйствіе топлива.

Познакомившись въ предъидущихъ главахъ съ химическимъ составомъ и свойствами различныхъ видовъ топлива, мы рассмотримъ теперь количество тепла и степень жара ими доставляемая, т. е. такъ называемую *теплопроизводительную способность* и *пирометрическое дѣйствіе* (эффектъ) *топлива*, которыя главнымъ образомъ опредѣляютъ достоинство этого послѣдняго.

**Теплопроизводительная способность** опредѣляется числомъ единицъ тепла, образующихся при полномъ сжиганіи одной вѣсовой единицы топлива. За такую вѣсовую единицу топлива въ технику обыкновенно принимаютъ одинъ килограммъ, а за единицу тепла то количество его, которое въ состояніи нагрѣть одинъ килограммъ воды отъ 0° до 1° или же вообще на 1°Ц, такъ-какъ теплоемкость воды мало измѣняется съ температурой. Очевидно, что при такомъ способѣ выраженія теплопроизводительности топлива получаемыя числа выражаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ вообще число *какихъ бы то нибыло* вѣсовыхъ единицъ воды (граммъ, кило, фунтъ), которыя могутъ быть нагрѣты на 1° теплотою, образующеюся при сжиганіи *одной* вѣсовой единицы топлива, равной вѣсовой единицѣ, принятой для воды. Такъ напр., если сказано, что теплопроизводительная способность какого нибудь каменнаго угля=9000 ед. тепла, то это значитъ, что при сжиганіи одной вѣсовой единицы угля (кило, грамма, фунта) выдѣляется такое количество тепла, которое въ состояніи нагрѣть 9000 такихъ же вѣсовыхъ единицъ воды (кило, граммъ, фунтъ) на 1°Ц.

Единственный точный способъ для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива есть *калориметрическій*, въ первый разъ примѣненный *Лавуазье* и *Лавласомъ* (1781) и доведенный до высокой степени совершенства *Фавромъ* и *Зильберманомъ* (1852) и позднѣйшими изслѣдователями.

Спеціально для опредѣленія теплопроизводительной способности различныхъ видовъ топлива, калориметрическій способъ былъ употребленъ *Rumford'омъ* (1813) для древеснаго угля и различныхъ породъ дерева, *Ure* (1839) для каменнаго угля, *Bargum* (1856)—для торфа и наконецъ *Scheurer-Kestner'омъ* (1868) для каменныхъ углей. Изъ этихъ изслѣдованій, только изслѣдованія *Scheurer-Kestner'a* имѣютъ дѣйствительное значеніе, такъ-какъ они произведены при помощи калориметра Фавра и Зильбермана съ соблюденіемъ почти всѣхъ требуемыхъ условий для полученія точныхъ чиселъ. Что касается изслѣдованій дру-

гихъ названныхъ ученыхъ и техникувъ, то ими были употреблены калориметры и способы, которые не могли дать сколько нибудь точныхъ результатовъ.

Калориметрический способъ хотя и даетъ самыя точныя данныя о количествѣ тепла, которое топливо можетъ развить при полномъ его окисленіи, тѣмъ не менѣе способъ этотъ требуетъ для полученія точныхъ результатовъ сложныхъ приборовъ, много времени и навыка въ экспериментированіи. Кроме того, для каждаго опыта приходится брать только относительно небольшое количество вещества, а потому для полученія понятія о среднемъ составѣ цѣлой партіи топлива приходится или очень тщательно готовить среднія пробы, или производить значительное число опредѣленій.

Для упрощенія дѣла предложено *опредѣлять теплопроизводительную способность топлива вычисленіемъ по элементарному его составу*, предполагая, что при сжиганіи сложнаго соединенія, состоящаго изъ углерода и водорода, выдѣляется то же количество тепла, какъ и при сжиганіи этихъ элементовъ въ свободномъ состояніи, а при сжиганіи соединенія, содержащаго, кромѣ углерода и водорода, еще кислородъ, такое количество тепла, которое выдѣлялось бы при отдѣльномъ сжиганіи углерода и той части водорода, которая останется послѣ отчисленія водорода, необходимаго для образованія воды съ кислородомъ, содержащимся въ топливѣ (правило Дюлона).

При сжиганіи одного кило водорода и образованіи воды въ капельно-жидкомъ состояніи выдѣляется 34500 ед. тепла; при сжиганіи одного кило древеснаго угля въ углекислоту выдѣляется 8100 ед. тепла.

Количество тепла, образующагося при окисленіи водорода въ воду и углерода въ углекислоту, было опредѣлено многими изслѣдователями и указано въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ которой показано число единицъ тепла, выдѣляющихся при окисленіи 1 вѣсов. единицы тѣла и при сгущеніи воды въ жидкое состояніе.

		Единицъ тепла.	
Водородъ	H въ H <sub>2</sub> O	23400	Lavoisier (1781).
		34601	Dulong (1838).
		34462	Favre и Silbermann (1852).
		33803	Andrews (1848).
		34180	Thomsen (1871).
		34126	Schuler и Wartha (1877).
		34600	Berthelot (1880).
Древ. уголь.	C въ CO <sub>2</sub>	7226	Lavoisier (1781).
		7912	Depretz (1828).
		7295	Dulong (1838).

		Единицъ тепла.	
		Древесный уголь.	
Сахарный уголь.		8040	Favre и Silbermann (1852).
Газовый уголь.		8047	” ”
Графитъ естеств.		7797	” ”
Граф. изъ дом. печн.		7762	” ”
Алмазь.		7770	” ”
Уголь.	С въ СО	2220	” ”

Какъ видно изъ приведенной таблицы, числа, найденныя для коллч. тепла, образующагося при сжиганіи углерода и водорода, различными изслѣдователями, довольно рѣзко отличаются другъ отъ друга. Это различіе для углерода объясняется вѣроятно различнымъ составомъ и физическими свойствами древесн. угля, употребленнаго для опыта, а для водорода отчасти тѣмъ, что получаемая вода не была во всѣхъ случаяхъ приведена къ одной и той же температурѣ. Salet въ своей статьѣ „Thermochimie“, помѣщенной въ словарь Вюрца, принимаетъ какъ среднее для теплоты, выдѣляющейсѣ при сжиганіи 1 кило водорода, слѣд. числа при приведеніи воды:

въ ледъ при 0°	35200	единицъ	тепла.
къ темпер. 0°	34500	”	”

Пользуясѣ этими числами и правиломъ Дюлона, не трудно опредѣлить теплопроизводительность топлива, зная его элементарный составъ.

Допустимъ, что требуется опредѣлить теплопроизводительную способность болотнаго газа. Составъ болотнаго газа выражается формулою  $C_nH_4$ , т. е. въ 16 вѣсовыхъ единицахъ его содержится 12 ч. углерода и 4 ч. водорода или въ 100 частяхъ 75 углерода и 25 водорода. При сжиганіи одного кило этого газа выдѣлится слѣдовательно:

$$\begin{aligned} 0,75 \times 8100 &= 6075 \text{ ед. тепла.} \\ 0,25 \times 34500 &= 8625 \text{ ” ”} \\ \hline \text{Итого} & 14700 \text{ ед. тепла.} \end{aligned}$$

Возьмемъ другой примѣръ. Требуется опредѣлить теплопроизводительную способность дерева, виолнѣ высушеннаго. Элементарный составъ такого дерева слѣдующій:

С . . . .	49,5
Н . . . .	6,0
О . . . .	43,5
Зола . .	1,0

100,0

Предполагая, что весь кислородъ въ деревѣ соединенъ съ водородомъ въ видѣ воды, составъ дерева можетъ быть выраженъ въ слѣдующемъ видѣ:



C.	. . . . .	49,5
H.	. . . . .	0,6
H <sub>2</sub> O.	. . . . .	48,9
Зола	. . . . .	1,0

Откуда слѣдуетъ, что теплопроизводительная способность дерева будетъ:

$$0,495 \times 8100 = 4009_{,5} \text{ ед. тепла.}$$

$$0,006 \times 34500 = 207_{,0} \text{ „ „}$$

$$\text{Итого . } 4216_{,5} \text{ ед. тепла.}$$

Значить, теплопроизводительная способность топлива, по правилу Дюлона, можетъ быть опредѣлена для всякаго топлива по формулѣ:

$$8100C + 34500 (H - \frac{1}{8}O),$$

гдѣ C, H, O выражаютъ вѣсовыя количества углерода, водорода и кислорода, содержащіяся въ одномъ кило топлива.

Только-что описанный способъ *Дюлонга* для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива очевидно не точенъ и, должно думать, что даже самъ *Дюлонгъ* считалъ его только примѣнимымъ для техническихъ цѣлей. И, дѣйствительно, уже во время *Дюлона* было извѣстно, что при сжиганіи различныхъ тѣлъ въ кислородѣ образуется количество тепла, не равное тому, какое образовалось-бы при сжиганіи элементовъ, его образующихъ, въ свободномъ состояніи. Позднѣйшія изслѣдованія вполнѣ подтвердили этотъ фактъ и кромѣ того показали, что даже при сжиганіи элементовъ и тѣлъ, имѣющихъ совершенно одинаковый элементарный составъ (тѣлъ между собою изомерныхъ), выдѣляется различное количество тепла, смотря по ихъ молекулярному строенію (см. ниже). Эти заключенія повидимому подтверждены въ новѣйшее время и для каменныхъ углей изслѣдованіями *Шерера-Кестнера* и *Менье* (1868), которые показали, что при опредѣленіи теплопроизводительной способности ископаемыхъ углей калориметрическимъ способомъ и по формулѣ *Дюлона* получаются нетождественныя числа. Во всѣхъ ими изслѣдованныхъ случаяхъ теплопроизводительная способность каменныхъ углей оказалась больше теплопроизводительной способности вычисленной не только по формулѣ *Дюлона*, но и по формулѣ:

$$W = 8080C + 34500 H,$$

т. е. принимая, что водородъ въ каменныхъ угляхъ не соединенъ съ кислородомъ въ видѣ воды, по весь участвуетъ въ образованіи тепла. Такъ, напр., для нѣкоторыхъ каменныхъ углей была найдена теплопроизводительная способность, вычисленная на топливо безъ золы и гигроскопической воды.

по калорим. способу	по формулѣ <i>Дюлона</i> .	Разница.
8603 ед. тепла.	7654 ед. тепла.	949 ед. тепла.
8457 „ „	7405 „ „	1042 „ „
9257 „ „	8273 „ „	984 „ „

Теплопроизводительная способность *бурных углей*, вычисленная по формулѣ Дюлона, оказалась въ большей части случаевъ также *меньше* дѣйствительной, а вычисленная по формулѣ (1) больше дѣйствительной. Кроме того, *Шёреръ-Кестнеръ* и *Мёнье* нашли, что угли, органическая составная часть которыхъ имѣеть почти одинаковый элементарный составъ, выдѣляютъ тѣмъ же различное количество тепла (при калориметрич. опредѣленіи).

	Въ 100 ч. содержится:			Число ед. тепла.
	С	Н	О и N	
Уголь изъ Кресо .	88,40	4,41	7,19	9628
Уголь изъ Роншанъ	88,42	4,41	7,17	9117

Разница 511

Не слѣдуетъ, однако, преувеличивать значеніе результатовъ, полученныхъ *Шёреръ-Кестнеромъ* и *Мёнье*, такъ-какъ названные ученые при своихъ изслѣдованіяхъ не приняли во вниманіе содержанія сѣры и азота въ топливѣ, которыя должны оказывать влияніе при опредѣленіи его теплопроизводительной способности по формулѣ Дюлона. Далѣе, обширныя изслѣдованія, произведенныя въ Мюнхенской опытной станціи, показали, что для пѣмецкихъ углей теплопроизводительная способность *вычисленная* очень близка или *больше* непосредственно опредѣленной сжиганіемъ топлива подѣ паровиками, принимая во вниманіе всѣ потери тепла при этомъ происходящія (см. ниже). Какъ бы то ни было, въ настоящее время приходится часто пользоваться формулою Дюлона для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива, такъ-какъ для огромнаго числа видовъ топлива опредѣленъ элементарный составъ, а нѣтъ калориметрическихъ опредѣленій.

Опредѣленіе теплопроизводительной способности по формулѣ Дюлона проще, чѣмъ опредѣленіе этой способности калориметрическимъ путемъ, но всетаки требуетъ хорошо выполненнаго элементарнаго анализа, что не всегда возможно. Въ виду этого практика старалась еще упростить способъ опредѣленія всего количества тепла, которое данное топливо можетъ развить при полномъ его окисленіи, и до настоящаго времени пользуются менѣе точнымъ, но болѣе удобнымъ *способомъ Бертье*.

*Способъ Бертье* основанъ на заключеніи, сдѣланномъ *Велтгеромъ* (Welter, 1822), на основаніи изслѣдованій *Лавуазье* и *Лапласа* (1781) и *Румфорда* (1813), что при соединеніи одной вѣсовой единицы кислорода съ какимъ бы то ни было тѣломъ выдѣляется почти одно и тоже количество тепла, а именно около 3000 единицъ. Это заключеніе было подтверждено, повидимому, и позднѣйшими опытами *Денрэ* (1828), по которымъ при соединеніи 1 кило кислорода съ соответственнымъ количествомъ водорода для образованія воды выдѣляется 2578 ед. тепла, а при соединеніи съ углеродомъ для образованія

углекислоты 2967 ед. т., т. е. количества довольно близкія между собою и приближающіяся къ 3000. Принявъ правило *Вельтера* за вѣрное, легко было придумать простой способъ для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива. Такой способъ и данъ *Бертье* (1835), который предложилъ нагрѣвать изслѣдуемое топливо съ окисью свинца, которая легко отдаетъ свой кислородъ окисляемому топливу и превращается въ металлическій свинецъ, по количеству котораго можно легко вычислить количество кислорода, израсходованное на окисленіе углерода и водорода 1 кило топлива въ воду и углекислоту. Умножая найденный вѣсъ кислорода на 3000 получимъ теплопроизводительную способность топлива. Способъ этотъ, очевидно, не точенъ, такъ-такъ мы знаемъ, что при соединеніи 1 вѣсовой единицы кислорода не только съ каимъ угодно элементомъ, но даже съ углеродомъ и водородомъ выдѣляются далеко не одинаковыя количества тепла; тѣмъ не менѣе, благодаря своей простотѣ, способъ *Бертье* часто употребляется и, примененный къ опредѣленію теплопроизводительной способности близкіхъ между собою видовъ топлива, даетъ результаты, пригодные для практическихъ цѣлей.

Кромѣ только-что описанныхъ способовъ, имѣющихъ цѣлью опредѣлить все количество тепла, которое можетъ дать данное топливо, въ практикѣ употребляютъ, начиная съ прошлаго столѣтія, другой чисто эмпирический способъ, состоящій въ опредѣленіи количества воды, которое можетъ быть испарено вѣсовой единицею топлива, при сожиганіи его подъ паровикомъ опредѣленнаго устройства, Зная изъ предварительныхъ опытовъ количество тепла, необходимое для превращенія вѣсовой единицы воды съ опредѣленной температурой въ паръ съ опредѣленной же температурой, мы можемъ вычислить число единицъ тепла, доставленное топливомъ нагрѣваемой водѣ.

По изслѣдованіямъ *Реньо* количество тепла ( $C$ ), необходимое для превращенія одного кило воды съ температурою  $0^0$  въ паръ, насыщающій пространство, съ температурою  $T$ , равно

$$C = 606,5 + 0,305 T.$$

Если первоначальная температура нагрѣваемой воды была не  $0^0$ , а  $t^0$ ; въ такомъ случаѣ количество тепла, необходимое для испаренія одного кило воды, будетъ меньше, и именно на число единицъ тепла потребное для нагрѣванія 1 кило воды отъ  $0^0$  до  $t^0$ . Принимая теплоемкость воды одинаковою при всѣхъ температурахъ,

$$C = 606,5 + 0,305 T - t.$$

Если при испареніи воды образуется паръ, не насыщающій пространства, съ температурой  $T'$ , и если упругость этого пара должна быть равна упругости

пара, насыщающаго пространство при  $T^0$ ; въ такомъ случаѣ, принимая теплоемкость водянаго пара равную 0,4805,

$$C = 606,5 + 0,305 T + 0,4805 (T' - T) t.$$

Допустимъ теперь, что 1 кило дерева превратилъ 4 кило воды съ температурой  $100^0$  въ паръ, насыщающій пространство, съ тою же температурой; въ такомъ случаѣ теплопроизводительная способность дерева, опредѣл. выше указаннымъ способомъ, была-бы равна:

$$W = (606,5 + 0,305 \cdot 100 - 100) 4 = 2508 \text{ ед. т.}$$

Первый разъ только-что указанный способъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива былъ употребленъ *Smeaton* (1772) для опредѣленія достоинства каменныхъ углей, затѣмъ этотъ способъ былъ примѣненъ въ широкихъ размѣрахъ *Johnson*'омъ (1845), *De la Beche* и *Playfair*'омъ (1848—49), *Brix*'омъ, (1853), *Hartig*'омъ (1860), *Hauer*'омъ (1862) и многими другими для опредѣленія достоинства какъ ископаемаго топлива, такъ и дерева.

Количество тепла, вычисленное на основаніи количества пара, полученнаго при сожиганіи топлива подъ паровикомъ опредѣленнаго устройства очевидно, не даетъ намъ возможности опредѣлить *дѣйствительную* теплопроизводительную способность топлива, а показываетъ только то количество тепла, которое съ пользою употребляется при сожиганіи топлива въ *данномъ приборѣ*, количество же это будетъ значительно мѣняться съ устройствомъ самого прибора и даже съ искусствомъ и навыкомъ источника. Для опредѣленія указаннымъ путемъ дѣйствительной теплопроизводительной способности необходимо знать не только количество тепла, содержащееся въ парѣ, но и количество тепла, содержащееся въ газообразныхъ и твердыхъ продуктахъ горѣнія, равно какъ и теряющееся вслѣдствіе лучеиспусканія, т. е. — превратить паровикъ въ настоящій калориметръ. Способъ этотъ въ настоящее время дѣйствительно примѣняется для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива и долженъ считаться, не смотря на свою сложность, однимъ изъ лучшихъ, такъ-какъ онъ не только даетъ возможность опредѣлить *все* количество тепла, выдѣляющееся при сожиганіи какого нибудь топлива, но даетъ также возможность брать для испытанія большія количества матеріала и сожигать его при такихъ же условіяхъ, при которыхъ сожиганіе происходитъ на практикѣ. Кромѣ того при этомъ способѣ отдѣльно опредѣляется количество тепла, употребляющееся на образованіе пара, и количество тепла, теряющееся въ продуктахъ горѣнія топлива, черезъ лучеиспусканіе и т. д., а слѣдовательно является возможность опредѣлить также достоинство самаго сожигательнаго прибора.

Калориметрическое опредѣленіе теплопроизводительной способности топлива сожиганіемъ его подъ паровикомъ было въ первый разъ примѣнено *Deville*'омъ (1868—69), при его изслѣдованіяхъ надъ нефтью и минеральными маслами, и затѣмъ значительно усовершенствовано *Scheurer-Kestner*'омъ (1868—69), который первый указалъ, какимъ образомъ могутъ быть

опредѣлены отдѣльныя потери тепла, происходящія при сжиганіи топлива подѣ паровникомъ. Затѣмъ способъ этотъ въ болѣе или менѣе совершенномъ видѣ былъ примененъ *Weinhold* оми (1876), *Weinlig* оми (1877) и друг. <sup>1)</sup> и въ очень широкихъ размѣрахъ на мюнхенской опытной станціи для изслѣдованія различныхъ видовъ топлива <sup>2)</sup>.

Откладывая до другаго мѣста болѣе обстоятельное описаніе различныхъ способовъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива, я приведу здѣсь въ круглыхъ числахъ теплопроизводительную способность топлива, вычисленную по формулѣ Дюлона изъ средняго элементарнаго состава топлива, приведеннаго въ этомъ сочиненіи.

---

<sup>1)</sup> Срав. *Fischer*. Ueber die Ausführung von Heizversuchen im Dampfkesselbetrieb D. J. 1879, 232, 237, 236.

<sup>2)</sup> *Bunte*, I и II Berichte der Heizversuchstation München, 1879—1881.

Название топлива.	Средний элементарный составъ топлива.					100 ч. топлива, высуш. на воздухъ, содержать.					Вычисл. теплопроизводит. способн. топлива съ водою и золою. W.	Вычисл. теплопроизводит. способн. органич. части топлива (за исключеніемъ H <sub>2</sub> O и золы) W'.	Теоретическая паробразоват. способность.	
	Гигроскопическая вода %.	Зола въ сухомъ веществѣ въ %.	Въ 100 ч. сухой органич. части топлива содержится:			Гигроскопическая вода.	Зола.	C	H	O и N			E = $\frac{W}{637}$	E' = $\frac{W'}{637}$
			C	H	O и N									
<i>Дерево.</i> Листв. породы . . .	20,0	1,0	49,37 <sup>8</sup>	6,28	44,35	20,00	1,00	39,00	4,96	35,04	3359	4254	5,273	6,678
„ Хвойн. породы . . .	15,0	1,0	50,35	6,29	43,36	15,00	1,00	42,30	5,28	36,42	3678	4378	5,774	6,873
<i>Торфъ,</i> рѣзанный . . . . .	18,60	8,68	57,70	6,00	36,30	18,60	8,68	41,96	4,36	26,40	3764	5177	5,909	8,127
„ машинный . . . . .	16,70	9,75	58,73	5,70	35,57	16,70	9,75	43,20	4,19	26,16	3816	5188	5,991	8,144
<i>Бурый уголь</i> . . . . .	14,14	9,78	68,07	5,53	26,40	14,14	9,78	51,79	4,21	20,08	4781	6283	7,504	9,863
<i>Каменный уголь</i> (всѣхъ стр. свѣта)	4,94	7,57	82,82	5,22	11,96	4,94	7,57	72,46	4,57	10,46	6993	7993	10,978	12,543
„ „ Русскій (зап. басс.)	—	2,33	66,08	5,21	28,71	„	2,83	64,21	5,06	27,90	5746	5911	9,020	9,279
„ „ „ (сѣверн. басс.)	10,28	21,10	72,63	5,53	21,84	10,28	21,10	49,84	3,79	14,99	4699	6849	7,377	10,752
„ „ „ (южн. басс.) .	3,13	4,52	84,08	4,71	11,21	3,13	4,52	77,65	4,35	10,35	7345	7952	11,531	12,484
„ „ „ (восточн. басс.)	1,93	7,73	81,72	5,44	12,84	1,93	7,73	73,83	4,91	11,60	7173	7941	11,261	12,467
<i>Антрацитъ,</i> (всѣхъ стр. свѣта).	3,06	6,83	94,81	2,36	2,83	3,06	6,83	85,43	2,13	2,55	7547	8373	11,848	13,140
„ (Русскій) . . . . .	4,41	3,92	94,35	2,21	3,44	4,41	3,92	86,50	2,02	3,15	7568	8256	11,881	12,961
<i>Нефть</i> . . . . .	—	—	84,65	12,71	2,64	„	„	84,65	12,71	2,64	„	11127	„	17,457
<i>Черный древесный уголь</i> . . .	6,14	2,91	91,35	2,94	5,71	6,14	2,91	83,08	2,67	5,20	7426	8169	11,658	12,824
<i>Торфяной уголь</i> . . . . .	5,82	7,76	83,16	3,79	13,05	5,82	7,76	71,87	3,27	11,28	6463	7481	10,146	11,744
<i>Коксъ</i> . . . . .	4,65	9,59	93,71	1,03	5,26	4,65	9,59	80,36	0,89	4,51	6623	7718	10,397	12,116

Чтобы дать понятие, насколько теплопроизводительная способность топлива, вычисленная по формулѣ Дюлона, разнится отъ дѣйствительной, ниже помѣщены таблицы, изъ которыхъ въ первой приведены теплопроизводительныя способности ископаемыхъ углей, вычисленныя по формулѣ Дюлона и непосредственно опредѣленныя калориметрическимъ путемъ *Scheurer-Kestner*'омъ и *Meunier-Dollfus*'омъ, а во второй теплопроизводительныя способности немецкихъ углей, вычисленныя по способу Дюлона и опредѣленныя сжиганіемъ подѣ паровикомъ, по изслѣдованіямъ Мюнхенской опытной станціи (стр. 318).

I. Теплопроизводительная способность углей, по изслѣдованіямъ *Scheurer-Kestner*'а и *Meunier-Dollfus*'а.

Н а з в а н і е у г л я .	Въ 100 частяхъ угля содержится:					100 ч. органич. части угля содержатъ:			Теплопроизводит. способность органич. части угля.	
	H <sub>2</sub> O	C	H	O и N	Зола.	C	H	O и N	Наблюденная.	Вычисленная.
<i>К а м е н н ы й у г о л ь .</i>										
Ronchamp I. . . . .	—	76,46	4,39	4,14	15,02	89,96	5,09	4,95	9163	8909
„ II. . . . .	1,09	73,10	3,75	5,87	16,19	88,38	4,42	7,20	9117	8398
„ III. . . . .	—	76,23	4,06	6,91	12,80	87,43	4,56	8,01	9081	8403
Saarebrücken Dudweiler . . . . .	1,75	71,25	4,10	9,65	13,25	83,82	4,60	11,58	8724	7972
„ Altenwald . . . . .	2,54	69,30	4,26	10,40	13,50	83,14	4,73	12,51	8633	7893
„ Sulzbach . . . . .	1,63	73,27	4,55	10,09	10,46	83,05	4,95	12,00	8603	7654
„ Heinitz . . . . .	1,79	70,33	4,30	12,01	11,57	80,49	4,71	14,80	8487	7619
„ Von der Heydt . . . . .	2,71	70,64	4,54	11,65	10,46	81,56	4,98	13,46	8462	7796
„ Friedrichsthal . . . . .	1,00	67,81	4,19	14,30	12,70	78,97	4,67	16,36	8457	7405
„ Louisenthal . . . . .	3,57	64,69	3,94	15,52	12,28	76,37	4,68	18,45	8215	7357
Creuzot, Chaptal (жирный) . . . . .	0,42	87,18	4,35	6,99	1,06	83,48	4,41	7,11	9622	8668
„ St.-Pierre (антрацитовый) . . . . .	1,76	87,36	3,47	3,75	3,63	92,36	3,66	3,98	9456	8584
„ St.-Paul (полужирный) . . . . .	0,79	87,04	3,97	5,68	2,52	90,07	4,10	5,13	9425	8689
„ St.-Paul (голый) . . . . .	1,19	87,67	4,09	4,80	2,25	90,79	4,24	4,97	9263	8732
Blanzu, Montceau . . . . .	4,97	66,60	4,43	13,72	10,28	78,58	5,23	16,19	8325	7744
„ антрацитовый . . . . .	2,01	67,04	3,62	6,38	20,95	87,02	4,72	8,26	9111	8340

Назва і е у г л я .	Въ 100 частяхъ угли содержится:					100 ч. органич. части угли содержатъ:			Теплопроизводит. способность органич. части угли.	
	H <sub>2</sub> O	C	H	O и N	Зол.	C	H	O и N	Наблюденная.	Вычисленная.
Anzin (d. Nord) . . . . .	1,08	78,78	3,92	10,55	5,72	84,45	4,21	11,32	9257	8273
Denain . . . . .	1,14	77,68	4,10	10,73	6,35	83,94	4,43	11,63	9050	8306
Англія Bwlf . . . . .	0,63	87,48	3,68	4,89	3,32	91,08	3,83	5,09	8780	8565
Powel Duffryn . . . . .	0,63	88,36	3,86	3,31	3,72	92,49	4,04	3,47	8949	8691
Россія Грушевка (антрацитъ) . . . . .	4,08	91,20	1,27	1,88	1,57	96,66	1,35	1,99	8259	8176
„ Міускь . . . . .	1,39	89,97	4,43	3,98	0,23	91,45	4,50	4,05	8695	8740
„ Голубовка . . . . .	4,88	77,47	4,75	11,48	1,42	82,67	5,07	12,26	8021	7804
„ Тула . . . . .	9,39	54,82	4,49	14,89	16,86	73,72	6,09	20,19	7687	7126
<i>Бурый уголь.</i>										
Rocher-Blau . . . . .	8,27	55,30	3,06	17,41	15,96	72,98	4,04	22,98	6483	6295
Maucouque (жирный) . . . . .	1,00	55,26	4,26	18,78	20,70	70,57	5,44	23,99	7363	6533
„ (тощій) . . . . .	7,82	58,68	4,15	24,65	6,70	66,31	4,85	28,84	6991	5782
Богемскій (жирный) . . . . .	2,39	72,03	7,78	14,24	3,56	76,58	8,27	15,15	7924	8343
Ископаемое дерево . . . . .	10,41	57,06	4,05	24,68	3,80	66,51	4,72	28,77	6358	5759
Лигнитъ . . . . .	10,60	57,72	3,89	23,78	4,01	67,60	4,55	27,85	6311	5827



## II. Теплопроизводительная способность топлива по исследованиям Мюнхенской станции.

Название углей.	100 ч. угля содержат:					Теплопроизвод. способность вычислена.	Теплопроизвод. способность отредьм. из опыта.
	С	Н	О	Золы.	Воды		
<i>Угли бассейна Ruhr.</i>							
Bonifazius Zech.							
Локомотивный уголь (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	83,67	4,85	6,46	4,01	1,01	8153	8042
Пламенный газовый уголь (сред. изъ 4-хъ опред.) . . . . .	79,86	5,04	9,84	3,45	1,81	7765	7612
<i>Угли бассейна Saar.</i>							
St. Ingbert.							
Уголь первого сорта (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	81,46	5,11	8,40	2,31	2,72	7981	7704
„ второго сорта (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	75,79	4,58	7,43	8,79	3,41	7382	7265
„ третьего сорта (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	74,88	4,60	7,97	9,23	3,32	7291	7065
Mittelbexbach.							
Флетьц № 3-й . . . . .	73,04	4,96	10,16	8,58	3,26	7173	7113
„ № 6-й . . . . .	76,06	5,07	9,92	6,20	2,75	7469	7188
„ № 9-й . . . . .	74,69	4,77	9,63	8,12	2,79	7272	7210
„ № 10-й . . . . .	72,19	4,69	9,91	10,30	2,91	7022	7155
Heinitz-Dechen (сред. изъ 5 опредѣл.) . . . . .	76,66	5,15	8,94	6,71	2,54	7582	7446
Reden-Merchweiler (сред. изъ 5-ти опред.) . . . . .	75,48	4,98	11,53	3,21	4,80	7319	7031
König I. (сред. изъ 2-хъ опред.) . . . . .	77,13	4,92	9,26	4,62	4,07	7528	7286
Ziehwald II. (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	73,42	4,55	11,15	5,82	5,06	7021	6728
Dudweiler (сред. изъ 3-хъ опред.) . . . . .	80,96	5,01	7,71	4,07	2,25	7938	7801
Louisenthal (сред. изъ 2-хъ опред.) . . . . .	71,09	4,42	12,43	5,09	6,97	6733	6678
Griesborn (сред. изъ 4-хъ опред.) . . . . .	63,25	4,08	14,10	12,37	6,20	5910	6075
Friedrichsthal (сред. изъ 2-хъ опред.) . . . . .	73,02	4,74	10,40	8,85	2,99	7079	7047
<i>Богемскій уголь.</i>							
Thurn и Taxis около Littitz'a.							
Крупный уголь (Stückkohle) (сред. изъ 3-хъ опредѣлен.) . . . . .	72,58	4,87	10,33	4,84	7,38	7098	6832
Смѣсь крупнаго и мелкаго угля (Förderkohle) сред. изъ 3-хъ опред. . . . .	72,51	4,93	9,90	6,07	6,59	7131	6669
Miröschau.							
Крупный уголь (сред. изъ 2-хъ опред.) . . . . .	68,60	4,55	10,97	7,01	8,84	6649	6384
<i>Саксонскій уголь.</i>							
Bürgerwerkschaft (сред. изъ 6-ти опред.) . . . . .	66,68	4,18	10,34	7,35	11,45	6384	6323
<i>Силезскій уголь.</i>							
Louisgr. Schuckmannflötz { . . . . .	79,34	4,71	9,82	2,79	3,31	7621	7628
„ Heinitzflötz { . . . . .	76,55	4,62	8,92	7,08	2,83	7391	7106
Königsgr. Gerhardflötz { сред. изъ 2-хъ опредѣлений.	76,01	4,68	10,79	4,44	4,08	7289	6888
„ Sattelflötz { . . . . .	75,99	4,74	10,54	4,83	3,90	7318	7042
<i>Верхнебаварскій уголь.</i>							
Reissenberg.							
Флетьц № 8-й . . . . .	57,82	4,40	17,58	7,58	12,62	5130	5408
„ № 10-й и 11-й . . . . .	54,08	4,08	16,00	13,05	12,79	5087	5023
„ № 14-й . . . . .	53,22	4,12	16,21	14,07	12,38	5020	5052
„ № 17-й . . . . .	55,15	4,37	16,79	12,03	11,66	5237	5014

Название углей.	100 ч. угли содержат:					Теплотворно-способность в-численна.	Теплотворно-способ. опред-ден. изъ опыта.
	C	H	O	Зола.	Воды		
<i>Коксъ изъ Саарскаго угля.</i>							
(Heinitz I) . . . . .	88,98	0,71	1,07	7,91	1,33	7390	7263
<i>Богемскій бурый уголь.</i>							
Bilin (сред. изъ 4-хъ опред-л.) . . . . .	49,22	3,75	15,23	5,88	25,92	4615	4334
<i>Торфъ.</i>							
Zengermoos . . . . .	40,82	4,33	26,28	7,73	20,84	3660	3774

Въ заключение приведемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ данныя о количествѣ тепла, выделяющагося при окисленіи нѣкоторыхъ тѣлъ, на основаніи калориметрическихъ опредѣленій Favre'a и Silbermann'a и по формулѣ Дюлона.

Название окисляемаго соединенія.	Ходъ реакціи.	Число ед. тепла по опредѣленію Ф. и З.	Число ед. тепла по формулѣ Дюлона.
Сѣра кристаллическая . . . . .	S въ SO <sup>2</sup>	2220	—
Окись углерода . . . . .	CO въ CO <sup>2</sup>	2403	—
Двуокисный углеродъ . . . . .	CS <sup>2</sup> въ CO <sup>2</sup> и SO <sup>2</sup>	3400	3148,4
Болотный газъ . . . . .	CH <sup>4</sup>	13063	14700,0
Этиленъ . . . . .	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup>	11858	11871,4
Терпентинное масло . . . . .	C <sup>10</sup> H <sup>16</sup> въ CO <sup>2</sup>	10852	11205,8
Древесный спиртъ . . . . .	CH <sup>4</sup> O и	5307	5193,7
Этиловый спиртъ . . . . .	C <sup>2</sup> H <sup>6</sup> O H <sup>2</sup> O	7184	7226,1
Пальмитинов. кислота . . . . .	C <sup>16</sup> H <sup>32</sup> O <sup>2</sup>	9316	9848,4
Стеариновая кислота . . . . .	C <sup>18</sup> H <sup>36</sup> O <sup>2</sup>	9716	10047,9
Спермацетъ . . . . .	C <sup>32</sup> H <sup>64</sup> O <sup>2</sup>	10342	10792,5

Въ этихъ, какъ и въ другихъ, изслѣдованіяхъ Фавра и Зильбермана теплоемкость воды принята за величину постоянную между 10 и 25°, и тѣла, участвующія въ реакціи равно какъ и продукты реакцій, имѣли температуру окружающаго воздуха.

**Пирометрическое дѣйствіе топлива.** Во многихъ случаяхъ для опредѣленія пригодности горючаго матеріала для той или другой цѣли недостаточно знать количество тепла, какое онъ можетъ доставить, а важно знать еще степень жара (температуру), какую можетъ доставить горючій матеріалъ, т. е. его пирометрическое дѣйствіе. Такъ, напр., сколько бы мы ни сожгли горючаго матеріала въ нашихъ плавильныхъ печахъ, мы не въ состояніи расплавить въ нихъ платины, такъ какъ температура въ нихъ не достигаетъ той степени, при которой платина плавится.

Для опредѣленія пирометрическаго дѣйствія топлива могутъ служить слѣдующія соображенія. Если мы представимъ себѣ, что горѣніе топлива происходитъ при такихъ условіяхъ, при которыхъ нѣтъ никакой потери

тепла, то тогда, очевидно, все количество тепла, образующееся при горѣніи топлива, будетъ передаваться продуктамъ горѣнія, а потому пирометрическое дѣйствіе топлива будетъ зависѣть съ одной стороны отъ количества тепла, доставляемаго матеріаломъ, а съ другой отъ количества и теплоемкости продуктовъ, образующихся при горѣніи.

*Количество тепла*, доставляемое различными видами топлива, т. е. ихъ теплопроизводительная способность, намъ извѣстна изъ предыдущаго.

*Количество и составъ продуктовъ горѣнія*, образующихся при полномъ окисленіи топлива, могутъ быть вычислены, зная элементарный составъ топлива и количество воздуха, необходимое для полного окисленія углерода и водорода топлива въ углекислоту и воду. Для превращенія одного кило углерода въ  $\text{CO}_2$  требуется  $\frac{8}{3}$  кило кислорода; принимая, что во влажномъ воздухѣ содержится по вѣсу приблизительно 22% кислорода, получимъ, что для полного окисленія 1 кило углерода необходимо

$$\frac{8}{3} \cdot \frac{100}{22} = 12 \text{ кило воздуха.}$$

Для полного окисленія 1 кило водорода необходимо количество кислорода почти въ 3 раза большее, чѣмъ для сжиганія 1 кило углерода, а потому потребное количество воздуха будетъ 36 кило. Если, слѣдовательно, въ 1 кило топлива содержится С—углерода, Н—водорода, О—кислорода, то *наименьшее* количество воздуха ( $L'$ ), необходимое для полного окисленія этого топлива, будетъ:

$$(1) L' = 12 \left[ C + 3 \left( H - \frac{O}{8} \right) \right] \text{ кило.}$$

Формула эта, хотя и вполнѣ пригодна для техническихъ цѣлей, тѣмъ не менѣе не строго точна. Въ дѣйствительности атмосферный воздухъ, на  $\frac{3}{4}$  насыщенный водянымъ паромъ, при 15° и давленіи 760 м. м. имѣетъ слѣд. составъ:

	По объему.	По вѣсу.
Углекислоты . . . . .	0,05	0,10
Водянаго пара . . . . .	1,25	0,80
Кислорода . . . . .	20,50	22,80
Азота . . . . .	78,20	76,30
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Въ одномъ куб. метрѣ воздуха содержится:

Углекислоты . . . . .	0,001 кило
Водяныхъ паровъ . . . . .	0,010 „
Кислорода . . . . .	0,278 „
Азота . . . . .	0,925 „

---

1,214 кило.

Отсюда слѣдуетъ, что объемъ воздуха, содержащій 1 кило кислорода, равенъ 3,6 куб. м.; вѣсъ этого воздуха равенъ 4,37 кило. Такъ какъ для превращенія одного кило угля въ углекислоту необходимо  $\frac{8}{3}$  кило кислорода, то для той-же цѣли потребуется:

$3,6 \times \frac{8}{3} = 9,6$  куб. метр. или  $4,37 \times \frac{8}{3} = 11,653$  кило воздуха. Подобнымъ образомъ, для полнаго окисленія 1 кило водорода требуется:

$3,6 \times 8 = 28,8$  куб. м. или  $4,37 \times 8 = 34,96$  кило воздуха, на  $\frac{3}{4}$  насыщеннаго водянымъ паромъ, при температурѣ 15 и давленіи 760 м. м.

Количество воздуха, необходимое для полнаго окисленія топлива по выше приведенной формулѣ, представляетъ *наименьшее* количество воздуха, которое *теоретически* необходимо для указанной цѣли. Въ практикѣ же необходимо употребить всегда большее количество воздуха, такъ какъ при сжиганіи твердыхъ тѣлъ нѣтъ никакой возможности достигнуть полной утилизаціи кислорода. Въ виду этого дѣйствительное количество воздуха (L), потребное для полнаго окисленія топлива, болѣе теоретическаго и можетъ быть выражено формулою:

$$(2) L = m L',$$

гдѣ m лежитъ между 1 и 2. Для каменнаго угля m принимаютъ обыкновенно равнымъ 2, для дровъ эта величина лежитъ между 2 и 1,5, для газовъ m почти равно 1.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены *теоретическій* вѣсъ воздуха, необходимый для сжиганія 1 кило различныхъ видовъ топлива, и вычисленный по формулѣ (1).

На з в а н і е т о п л и в а .	Количество воздуха, потребн. для сжиганія 1 в. ч. топлива.	
	Органической части топлива.	Топлива съ золой и гигроскоп. водою.
Дерево листвен. породы . . . . .	6,2 кило	4,9 кило
„ хвойн. породы . . . . .	6,4 „	5,3½ „
Торфъ рѣзанный . . . . .	7,45 „	5,4 „
„ машинный . . . . .	7,5 „	5,5 „
Бурый уголь . . . . .	8,97 „	6,8 „
Каменный уголь (всѣхъ странъ свѣта). . . . .	11,3 „	9,9 „
„ „ русскій (зап. бас.) . . . . .	8,5 „	8,3 „
„ „ „ (сѣв. бас.) . . . . .	9,7 „	6,7 „
„ „ „ (южн. бас.) . . . . .	11,3 „	10,4 „
„ „ „ (вост. бас.) . . . . .	11,2 „	10,1 „
Антрацитъ (всѣхъ странъ свѣта). . . . .	12,1 „	10,9 „
„ русскій . . . . .	11,9 „	10,9 „
Нефть . . . . .	14,6 „	„
Черный древесный уголь . . . . .	11,8 „	10,7 „
Торфяной уголь . . . . .	10,7 „	9,8 „
Коксъ . . . . .	11,4 „	9,8 „

*Примѣчаніе.* 1 кило воздуха, на  $\frac{3}{4}$  насыщеннаго водянымъ паромъ, при 0° и давл. 760 м. м., занимаетъ объемъ, равный 0,824 куб. м.

Изъ сказаннаго ясно, что количество или, точнѣе, вѣсъ продуктовъ горѣнія топлива будетъ равенъ вѣсу топлива, который можетъ быть принятъ равнымъ 1, сложенному съ вѣсомъ дѣйствительно употребленнаго воздуха безъ вѣса золы, и что продукты эти будутъ состоять изъ углекислоты, воды, азота и воздуха, отдѣльныя количества которыхъ нетрудно вычислить теоретически.

*Теплоемкость равныхъ объемовъ* продуктовъ горѣнія топлива при постоянномъ давленіи, по изслѣдованіямъ Реньо слѣдующая, принимая удѣльную теплоемкость воды за единицу.

	Теплоемкость при постоян. давленіи.
Воздухъ . . . . .	0,2375
Кислородъ . . . . .	0,2175
Азотъ . . . . .	0,2438
Окись углерода . . . . .	0,2450
Углекислота . . . . .	0,2169
Вода (парь) . . . . .	0,4805

Такъ какъ теплоемкости продуктовъ горѣнія, за исключеніемъ теплоемкости водяныхъ паровъ, довольно близки между собою и такъ какъ пары воды составляютъ обыкновенно небольшую часть всѣхъ продуктовъ горѣнія топлива, то для техническихъ цѣлей можно принять безъ особ. погрѣшности за среднюю теплоемкость всѣхъ продуктовъ горѣнія число 0,25 (Feghini).

Пользуясь выше указанными соображеніями, нетрудно вычислить пирометрической эффектъ какого бы то нибыло топлива. Возьмемъ для примѣра дерево, высушенное на воздухѣ. Такое дерево содержитъ:

Гигроскопич. воды . . . . .	21,00
Золы . . . . .	1,00
Углерода . . . . .	39,00
Водорода . . . . .	4,96
Кислорода и азота . . . . .	35,04
	100,00

Для полнаго сжиганія дерева требуется 9,8 кило воздуха, причеиъ образуется 3359 ед. тепла, если вода, при этомъ образующаяся, будетъ охлаждена до 0°. Такъ какъ этого при горѣніи не бываетъ, и вода въ продуктахъ горѣнія содержится въ видѣ пара, то при опредѣленіи пирометрическаго дѣйствія топлива мы должны исключить изъ теплопроизводительной его способности скрытую теплоту, содержащуюся въ водяныхъ парахъ. При горѣніи 1 кило дерева, указаннаго выше состава, превращается въ пары, во первыхъ, вся гигроскопическая вода (0,20 к.) и, во вторыхъ, вода, образующаяся вслѣдствіе окисленія водорода (0,45 к.), всего 0,65 кило. Умножая это число на полную теплоту испаренія воды при 0°, а именно

на 606,5, мы получимъ, что въ указанномъ вѣсѣ воды содержится 394 ед. тепла, которыя не могутъ служить для нагреванія продуктовъ горѣнія и должны быть, слѣдовательно, исключены изъ теплопроизводительной способности дерева. Вычитая изъ 3359 ед. тепла 394 ед., мы получимъ 2965 ед. тепла, которыя и будутъ служить для нагреванія продуктовъ горѣнія. Вѣсъ этихъ продуктовъ горѣнія будетъ равенъ 10,8 кило (пренебрегая вѣсъ золы), а средняя ихъ теплоемкость 0,25. слѣдовательно пирометрическое дѣйствіе дерева равно:

$$\frac{2965}{10,8 \times 0,25} = 1098^{\circ}.$$

Аналогическимъ образомъ можно вычислить пирометрическое дѣйствіе любого топлива, пользуясь формулою:

$$\frac{E - (606,5 \cdot a)}{g \cdot 0,25}.$$

гдѣ E есть теплопроизводительная способность топлива, а—вѣсъ паровъ воды, содержащихся въ продуктахъ горѣнія, g—вѣсъ газообразныхъ продуктовъ горѣнія, а 0,25—сред. ихъ удѣл. теплоемкость.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведено пирометрическое дѣйствіе различныхъ видовъ топлива, на основаніи ихъ средняго элементарнаго состава.

Названіе топлива.	Пирометрическое дѣйствіе топлива.					
	Органической части топлива.			Топлива съ золой и гигроскопической водой.		
	П р и с о ж и г а н і и.					
	Въ чистомъ кислородѣ.	Въ теорети- чesk. количе- ствѣ воздуха.	Въ двойномъ противъ гео- ретич. колич. воздуха.	Въ чистомъ кислородѣ.	Въ теорети- чesk. количе- ствѣ воздуха.	Въ двойномъ противъ гео- ретич. колич. воздуха.
Дерево лиственной породы . . . . .	6581,2	2187,7	1171,6	5713,5	2028,7	1104,0
„ хвойной породы . . . . .	6679,9	2192,7	1174,2	6060,6	2098,1	1134,6
Торфъ рѣзанный . . . . .	7292,5	2309,3	1223,6	6440,0	2174,0	1169,3
„ машинный . . . . .	7311,5	2310,2	1223,4	6511,0	2186,9	1173,7
Бурый уголь . . . . .	7985,5	2415,6	1267,6	7377,8	2332,6	1235,4
Камен. уголь (всѣхъ странъ свѣта) . .	8785,8	2525,1	1311,4	8607,1	2499,4	1300,8
„ „ русскій (западн. басс.) . .	7776,9	2384,1	1254,5	7779,5	2377,1	1249,9
„ „ „ (сѣверн. басс.) . .	8279,1	2461,3	1288,0	7771,5	2384,1	1250,9
„ „ „ (южный басс.) . .	8771,1	2520,4	1309,1	8664,6	2513,6	1307,8
„ „ „ (восточн. басс.) . .	8764,1	2522,7	1311,5	8695,9	2518,5	1310,0
Антрацитъ всѣхъ странъ свѣта . . . .	8931,9	2535,1	1312,7	8830,3	2522,8	1308,8
„ русскій . . . . .	8887,2	2537,5	1316,1	8741,3	2518,9	1309,7
Нефть . . . . .	9818,2	2693,8	1386,4	—	—	—
Черный древесный уголь . . . . .	8856,0	2521,6	1307,3	8646,6	2499,8	1299,8
Торфяной уголь . . . . .	8574,9	2499,6	1302,9	8359,7	2462,2	1285,0
Коксъ . . . . .	8676,9	2489,6	1292,0	8513,1	2465,2	1282,2

Пирометрическое дѣйствіе топлива, вычисленное указаннымъ путемъ, гораздо больше дѣйствительнаго, такъ какъ при этомъ вычисленіи не приняты во вниманіе теплопроводимостъ приборовъ, въ которыхъ происходитъ сожиганіе топлива, равно какъ и диссоціація продуктовъ горѣнія.

Теплопроводимостъ отымаетъ у очага постоянно значительное количество тепла, не служащее для нагрѣванія продуктовъ горѣнія, и она могла бы быть опредѣлена, если бы были извѣстны коэффициенты теплопроводимости различныхъ матеріаловъ; но, къ сожалѣнію, эти коэффициенты не опредѣлены, а потому принять во вниманіе теплопроводимостъ при теоретическомъ способѣ опредѣл. пирометрическаго дѣйствія топлива невозможно.

Если черезъ  $n$  обозначить число килограммовъ топлива, сгорающаго въ часъ, черезъ  $C$  — теплопроизводительную способность топлива, черезъ  $p$  — произведение изъ вѣса газообразныхъ продуктахъ горѣнія, образующихся при сожиганіи 1 килло топлива, на среднюю ихъ теплоемкость 0,25, черезъ  $A_x$  площадь одной стѣнки очага, черезъ  $K_x$  соответственный коэффициентъ теплопроводимости, черезъ  $T_0$  температуру воздуха, а черезъ  $T$  искомую температуру горѣнія, то

$$nC = np(T - T_0) + \sum K_x A_x (T - T_x),$$

откуда

$$T = \frac{nC + np T_0 + \sum K_x A_x T_x}{np + \sum A_x K_x}$$

Если предположимъ, что стѣнки очага, сдѣланныя изъ одного и того же матеріала, имѣютъ одинаковую толщину и всѣ окружены воздухомъ, то въ такомъ случаѣ общія площадь очага будетъ  $A$ , коэффициентъ теплопроводимости  $K$ , и

$$T = \frac{nC + (np + Ak)T_0}{np + Ak} = T_0 + \frac{nC}{np + Ak}$$

Очевидно, что  $T$  могло бы быть опредѣлено, если было бы извѣстно  $k$ .

Еще большее вліяніе на температуру горѣнія оказываетъ *диссоціація*, т. е. неполное разложеніе тѣлъ подъ вліяніемъ нагрѣванія между извѣстными предѣльными температурами. Если нагрѣвать сложное тѣло, способное разлагаться на газы, то оно не разложится вдругъ и вполне, а разложится только опредѣленная доля его, другая же часть останется неизмѣненною. Если температуру возвысить, то количество разложеннаго вещества будетъ увеличиваться по мѣрѣ возвышенія температуры, и при извѣстной температурѣ сложное тѣло разложится вполне. Въ періодъ диссоціаціи возможно не только разложеніе сложнаго тѣла, но и обратное соединеніе продуктовъ разложенія, но то и другое неполное и ограничено предѣломъ, который измѣняется съ температурой <sup>1)</sup>. Такимъ образомъ можетъ случиться, что при сожиганіи какого нибудь вещества разовьется температура, соответствующая температурѣ диссоціаціи продуктовъ горѣнія, и тогда горѣніе не будетъ полнымъ. При этомъ сгоритъ только часть вещества, соот-

<sup>1)</sup> Желающихъ ближе познакомиться съ явленіями диссоціаціи отсылаемъ къ физич. химіи Любавина и къ „Neues Handw. der Chemie“.



ствующая предѣлу диссоціаціи при дѣйствительной температурѣ горѣнія, остальная часть будетъ играть роль индифферентнаго вещества, поглощающаго тепло для своего нагрѣванія и не содѣйствующаго образованію тепла. Температура получится, слѣдовательно, ниже вычисленной, и самое горѣніе будетъ совершаться постепенно. Такъ-какъ предѣлъ соединенія увеличивается при пониженіи температуры, то новая порціи вещества окажется способной къ соединенію не раньше, какъ послѣ нѣкотораго пониженія температуры, вслѣдствіе отдачи тепла окружающимъ предметамъ. Факты, дѣйствительно, подтверждаютъ это вліяніе диссоціаціи на температуру горѣнія. Опытъ показалъ именно, что вода и углекислота, — главные продукты горѣнія топлива, — разлагаются при температурѣ плавленія серебра, т. е. около  $1000^{\circ}$ , между тѣмъ какъ теоретическія температуры горѣнія въ воздухѣ для водорода  $3259^{\circ}$ , а для углерода около  $2700^{\circ}$ . Очевидно, слѣдовательно, что при такихъ высокихъ температурахъ не можетъ происходить мгновеннаго и полнаго соединенія всего углерода или водорода, приведенныхъ въ соприкосновеніе съ кислородомъ, и что, вслѣдствіе этого, температура горѣнія этихъ тѣлъ должна быть ниже вычисленной. Это и показываетъ опытъ. Сожигая водородъ въ кислородѣ, при условіяхъ, при которыхъ потеря тепла вслѣдствіе теплопроводности крайне незначительна, и опредѣляя температуру горѣнія калориметрическимъ способомъ, *Девиль* нашелъ дѣйствительную температуру горѣнія  $2500^{\circ}$ , а *Бунзенъ*, другимъ способомъ,  $2800^{\circ}$ , между тѣмъ какъ вычисленная температура горѣнія равна  $8061^{\circ}$ . Это громадная разница между вычисленною и найденною температурою горѣнія водорода въ кислородѣ обуславливается диссоціаціею. Къ сожалѣнію, однако, мы до сихъ поръ не знаемъ зависимости, существующей между предѣлами диссоціаціи и температурой, а потому и не можемъ опредѣлить теоретически температуру горѣнія топлива, или его пирометрическое дѣйствіе.

Замѣтимъ еще, что указанный теоретическій способъ опредѣленія пирометрическаго дѣйствія топлива, заключаетъ въ себѣ еще ту неточность, что въ немъ предполагается, что при горѣніи топлива оно сгораетъ какъ таковое. Въ дѣйствительности же сгораетъ не дерево, уголь и т. д., а продукты ихъ разложенія, вслѣдствіе чего продукты разложенія и горѣнія топлива будутъ различны въ различныя стадіи самаго горѣнія, а потому и температура горѣнія будетъ различна, и мы въ очагѣ никогда не получимъ средней температуры, найденной вычисленіемъ.

Очевидно, слѣдовательно, что теоретическій способъ опредѣленія пирометрическаго дѣйствія топлива даетъ довольно шаткія данныя; тѣмъ не менѣе указанныя выше формулы и соображенія представляютъ значительный интересъ, такъ онѣ даютъ возможность опредѣлить вліяніе различныхъ

условія на температуру горѣнія. Онѣ показываютъ, напр., ясно огромное вліяніе, оказываемое на пирометрическое дѣйствіе топлива содержаніемъ въ немъ воды и притокомъ воздуха, необходимымъ для его сгоранія. Въ виду этого во всѣхъ случаяхъ, когда желаютъ получить высокую температуру, стараются употреблять топливо, не содержащее воды, и по возможности уменьшить притокъ воздуха, жертвуя даже часто горючимъ матеріаломъ.

Сожигая, напримѣръ, углеродъ въ двойномъ противъ теоретическаго количествѣ воздуха въ угольную кислоту, пирометрическое дѣйствіе его будетъ  $=1400^{\circ}$ . Если жемъ будемъ вести сожиганіе при недостаточномъ притоку воздуха, и именно такъ, что одна половина углерода будетъ превращена въ СО, а другая въ СО<sup>2</sup>, то въ такомъ случаѣ пирометрическое дѣйствіе углерода будетъ  $2286^{\circ}$ . И, дѣйствительно, при сожиганіи 1 вѣсовой части угля въ воздухѣ при указанныхъ условіяхъ мы получимъ:

Окиси углерода . . . . .	1,17	в. частей.
Углекислоты . . . . .	1,33	» »
Азота. . . . .	6,75	» »
	9,25	

Количество тепла, которое выдѣлится при этомъ процессѣ, будетъ:

0,5 в. ч. угля при превращ. въ окись углерода выдѣлится	$0,5 \times 2473 = 1236$	ед. т.
0,5 " " " " " въ углекислоту	$0,5 \times 8100 = 4050$	" "
	5286	ед. т.

При средней теплоемкости газовъ 0,25, получимъ, что температура горѣнія будетъ равна

$$T = \frac{5286}{9,25 \cdot 0,25} = 2286^{\circ}$$

Конечно, при такомъ способѣ сжиганія углерода, возвышая пирометрическое дѣйствіе, мы теряемъ въ количествѣ тепла, такъ при сожиганіи 1 части угля въ окись углерода мы получаемъ всего 2473 ед. тепла, между тѣмъ какъ при сожиганіи его въ угольную кислоту выдѣлилось бы 8100 или, по Фавру, 8080 ед. тепла.

Кромѣ теоретическаго пути, пирометрическое дѣйствіе топлива можетъ быть опредѣлено и опытнымъ, при помощи *пирометровъ*, о которыхъ будетъ сказано ниже. Этотъ способъ, однако, также нельзя считать удовлетворительнымъ, такъ какъ, во первыхъ, всѣ до нынѣ предложенные способы и приборы для измѣренія высокихъ температуръ мало пригодны для полученія точныхъ результатовъ, а во вторыхъ потому, что непосредственное опредѣленіе температуры въ очагѣ показываетъ намъ только степень жара, достигнутого при данныхъ условіяхъ, но не даетъ намъ понятія о степени жара, которую топливо способно развить. Опытный способъ опредѣленія температуры горѣнія при помощи пирометровъ аналогиченъ спо-

способу опредѣленія теплопроизводительной способности топлива по количеству испаряемой воды, безъ опредѣленія количества теплоты, не идущей на испареніе воды. Этимъ объясняется, почему придають такое большое значеніе теоретическому способу опредѣленія пирометрическаго дѣйствія топлива, не смотря на его неточность.

При опредѣленіи достоинства топлива принимаютъ во вниманіе еще его *лучеиспускательную способность*, т. е. отношеніе между всёмъ количествомъ тепла, выдѣляемымъ топливомъ при полномъ его окисленіи, и количествомъ тепла, передаваемымъ имъ окружающей средѣ лучеиспусканіемъ. Это послѣднее количество тепла (J) *Неккэ* опредѣляетъ, сжигая въ спеціальному калориметрѣ опредѣленный вѣсъ (p) топлива, теоретическая теплопроизводительная способность котораго (C) извѣстна, и вычисляетъ лучеиспускающую способность (i) по формулѣ

$$i = \frac{J}{p C}$$

При помощи подобныхъ опредѣленій, имѣющихъ только приближительную точность, *Неккэ* нашелъ, что лучеиспускательная способность масла 0,18, дерева 0,25, древеснаго угля 0,5, кокса 0,55, и приходитъ къ общему заключенію, что лучеиспускательная способность топлива, горящаго безъ пламени, вообще больше лучеиспускательной способности топлива, горящаго пламенемъ.

Въ заключеніе этого очерка свойствъ и состава различныхъ видовъ топлива, я считаю безпольнымъ представить *краткій обзоръ важнѣйшихъ изслѣдованій, касающихся топлива*, чтобы дать лицамъ, спеціально интересующимся вопросомъ, общую путеводную нить среди безчисленнаго множества работъ, сюда относящихся.

Первыя научныя изслѣдованія надъ составомъ и свойствами различныхъ видовъ топлива относятся къ началу настоящаго столѣтія (Rumford 1812; Thomson, 1820; Karsten, 1826 <sup>1)</sup>; Bull, 1827), тѣмъ не менѣе первое систематическое изслѣдованіе всѣхъ важнѣйшихъ видовъ топлива было произведено *Berthier*. Въ своемъ мемуарѣ, напечатанномъ въ июльской книжкѣ *Annales de Chimie et Physique* за 1835 г., онъ опредѣляетъ количество золь, кокса и летучихъ веществъ, содержащихся въ каменномъ и буромъ углѣяхъ, торфѣ и деревѣ, различныхъ происхожденій, и предлагаетъ способъ для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива, извѣстный подъ его именемъ (стр. 316) и не утратившій значенія до настоящаго времени.

Послѣ изслѣдованій *Berthier* появились первыя точныя изслѣдованія надъ элементарнымъ составомъ топлива, а именно изслѣдованія *Petersen*'а и *Schödlер*'а надъ составомъ дерева, *Richardson*'а (1837) надъ составомъ каменнаго угля (обѣ работы были произведены въ лабораторіи Либиха), *Regnanll* (1837) надъ составомъ всѣхъ видовъ ископаемаго топлива и *Berg*'а (1847—51) надъ составомъ дерева и ископаемаго топлива.

<sup>1)</sup> Untersuchungen über die kohligen Substanzen des Mineralreichs überhaupt und über die Zusammensetzung der in der Preussischen Monarchie vorkommenden Steinkohlen insbesondere. Berlin, 1826.

Между этими работами особеннаго вниманія заслуживаетъ классическая работа *Реньо*, напечатанная въ *Annales des Mines* (Т. XII, J. pr. Ch. XII, 73, 143), и содержащая подробное описаніе методовъ изслѣдованія топлива, элементарный составъ антрацитовъ, каменныхъ и бурныхъ углей и торфа различныхъ происхожденій и наконецъ классификацію ископаемыхъ углей, до нынѣ не утратившую значенія.

Когда такимъ образомъ только что названными изслѣдованіями, а въ особенности изслѣдованіями *Бертье*, *Реньо* и *Берти*, былъ установленъ элементарный составъ и характеръ различныхъ видовъ топлива вообще, приступили къ подробному изслѣдованію топлива различныхъ странъ главнымъ образомъ съ цѣлью опредѣленія его практической пригодности.

Первое обширное изслѣдованіе этого рода было произведено *De la Beche* и *Playfer*’омъ (1848—49) для англійскихъ углей; *Brix*’омъ (1847—50 <sup>1)</sup>) для всѣхъ важнѣйшихъ видовъ топлива Пруссіи, *Stein*’омъ (1857 <sup>2)</sup>) и *Hartig*’омъ (1860 <sup>3)</sup>) для каменныхъ углей Саксоніи, *Hauer*’омъ (1853—1869 <sup>4)</sup>) надъ ископаемыми углями Австріи и наконецъ *Bunte* (1879—81 <sup>5)</sup>) надъ углями Германіи. Эти послѣдніе изслѣдованія, равно какъ и изслѣдованія *Kestner*’а и *Meunier* (стр. 315), нужно считать самыми совершенными.

Русское ископаемое топливо не было подвергнуто до сихъ поръ подробному изслѣдованію. Въ лабораторіи Горнаго Департамента было произведено большое число анализовъ ископаемыхъ углей изъ различныхъ мѣстъ Россіи (срав. стр. 94), но эти изслѣдованія ограничивались въ большей части случаевъ опредѣленіемъ гигроскопической воды, воли, количества кокса и теплопроводительной способности по Бертье. Кромѣ того анализы эти были произведены въ очень различное время и носятъ на себѣ характеръ случайныхъ: лабораторія анализировала тѣ образчики топлива, которые ей доставляли различные лица.

Первое болѣе обстоятельное изслѣдованіе русскаго минеральнаго топлива съ указаніемъ его элементарнаго состава принадлежитъ *Воскресенскому* (1845), который подробно изслѣдовалъ 13 образцовъ углей изъ различныхъ мѣстъ Россіи. Затѣмъ въ 1862 и 1863 г. *Ивановъ* обнародовалъ подробное химическое изслѣдованіе надъ донецкимъ углемъ, за которымъ послѣдовали изслѣдованія *Вредена* (1867/8 Зап. Т. Обш. III, 122; Труд. 1-го съезда Ест.), *Лисенко* (1875), *Чирикова* (1881) надъ углями того же бассейна. Уголь восточнаго бассейна былъ изслѣдованъ болѣе подробно *Вреденомъ* (1877/8), угли московскаго *Клатио* (1870), угли домбровскаго — *Булакозымъ* (1875).

Во всѣхъ этихъ изслѣдованіяхъ теплопроводительная способность углей не была опредѣлена точно, путемъ опыта.

Изъ русскихъ бурныхъ углей, всего поляѣ изслѣдовать Кіевскій бурый уголь (Журавскій и Екатеринопольскій). Элементарный составъ этого угля былъ опредѣленъ всего точнѣе *Ильенковымъ* (ср. стр. 91—92), а колич. воды, испаряемое б. углемъ, *Бирюковымъ* (1872—73), *Долгинскимъ* (1878—80) и *Зеновичемъ* (1880).

<sup>1)</sup> Untersuchungen über die Heizkraft der wichtigeren Brennstoffe des Preussischen Staats, ausgeführt und herausgegeben von *W. Brix*, Berlin, 1853 (4<sup>o</sup>, 381).

<sup>2)</sup> *Stein*. Chemische und chemisch-technische Untersuchung der Steinkohlen Sachsens. Lpz., 1857 (4<sup>o</sup>, 98).

<sup>3)</sup> Untersuchungen über die Heizkraft der Steinkohlen Sachsens unter Aufsicht v. Prof. Schneider ausgeführt und bearbeitet von *E. Hartig*. Lpz., 1860 (4<sup>o</sup>, 500).

<sup>4)</sup> Срав. стр. 94.

<sup>5)</sup> I и II Bericht der Heizversuchsstation München. Berichterstatter Dr. H. Bunte. München, 1879—81.

## ОПЕЧАТКИ.

Стр.	1 строка	10 сн.	Напечатано.	Должно быть.
			Violette	Villette
„	3	„	7 св. показали при	показали, что при
„	4	„	4 сн. 4 10%	4 до 10%
„	23	„	7 сн. Bull'емъ	Bull'емъ (1827)
„	30	„	2 сн. Миль	Мил.
„	61	„	13 св. топокъ	топокъ и
„	65	„	17 св. перменной	пермской
„	86	„	4 сн. auser (1876)	Kauser (1876)
„	106	„	6 сн. (Knapp I, 198)	(Knapp. Lehrb. I, 198)
„	108	„	1 сн. 1,16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,16 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
„	115	„	3 сн. Bunsen	Bunsen (1851)
„	207	„	17 св. Asmuss	Assmuss
„	226	„	18 сн. фиг. 22	фиг. 22 а
„	314	„	11 св. 2220	2473.



# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГІЯ

**Н. А. Бунге,**

ПРОФЕССОРА УНИВЕРСИТЕТА СВ. ВЛАДИМИРА.

---

**Часть II.**

**ТОПЛИВО И ОТОПЛЕНИЕ.**

(Съ 43 таблицами чертежей).

---

**КІЕВЪ.**

УНИВЕРСИТЕТСКАЯ ТИПОГРАФІЯ (ПИРГОВСКАЯ УЛИЦА, Д. № 4).

1888.

# ТОПЛИВО И ОТОПЛЕНІЕ

Н. А. Бунге,

ПРОФЕССОРА УНИВЕРСИТЕТА СВ. ВЛАДИМИРА.

(Съ 43 таблицами чертежей).



КІЕВЪ.

1888.

Оттискъ изъ Университетскихъ Извѣстій за 1887 г.  
Печатано по опредѣленію Совѣта Университета св. Владиміра.



## ПРЕДИСЛОВІЕ.

Издаваемый второй томъ „Химической технологіи“, посвященный топливу и отопленію, содержитъ шесть главъ:

I. Источники тепла и топлива;

II. Теплопроизводительная способность и пирометрическое дѣйствіе топлива;

III. Приборы для сжиганія топлива;

IV. Способы нагрѣванія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ;

V. Изслѣдованіе топлива и полезное дѣйствіе приборовъ для сжиганія;

VI. Источники тепла помимо топлива и примѣненіе ихъ къ нагрѣванію.

Главы I, II, V и отчасти III, какъ прямо относящіяся къ химической технологіи, обработаны мною подробно; главы же IV и VI, обыкновенно совершенно исключаемыя изъ химической технологіи, обработаны настолько, насколько это необходимо, чтобы дать общее понятіе объ излагаемомъ предметѣ. Вполнѣ исключить эти главы я считалъ невозможнымъ, не нарушая дѣлности излагаемаго предмета.

Глава о способахъ изслѣдованія топлива изложена мною, быть можетъ, слишкомъ подробно, принимая во вниманіе общій характеръ сочиненія; тѣмъ не менѣе, къ такому изложенію побудили меня какъ важность самаго предмета, такъ и въ особенности полное отсутствіе руководства, въ которомъ способы изслѣдованія топлива были бы изложены съ достаточной полнотою и основательностью.

Въ заключеніе считаю своей пріятной обязанностью выразить мою искреннюю благодарность бывшимъ моимъ слушателямъ: В. В. Каменскому, инспектору Новозыбковскаго реального училища, и Б. О. Райкевичу, химику Кіевскаго Отдѣленія Императорскаго Русскаго Техническаго Общества, за оказанное мнѣ содѣйствіе по перечисленію многочисленныхъ анализовъ и по корректурѣ этого труда.

*Н. А. Бунге.*

Кіевъ, декабрь 1887 г.

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

### I. Источники теплоты и топливо.

Дерево . . . . .	4
Солома . . . . .	27
Торфъ . . . . .	29
Ископаемые угли . . . . .	64
Геологическое мѣстоположеніе . . . . .	64
Мѣстонахожденіе ископаемаго угля . . . . .	67
Образованіе ископаемаго угля . . . . .	79
Классификація ископаемыхъ углей . . . . .	81
Бурый уголь . . . . .	82
Каменный уголь . . . . .	105
Нефть . . . . .	203
Искусственные угли . . . . .	205
Древесный уголь . . . . .	207
Торфяной уголь . . . . .	243
Коксъ . . . . .	256
Брикеты . . . . .	289

### II. Теплопроизводительная способность и пирометрическое дѣйствіе топлива.

Теплопроизводительная способность . . . . .	312
Пирометрическое дѣйствіе . . . . .	324
Лучеиспускающая способность . . . . .	333
Обзоръ важѣйшихъ изслѣдованій по топливу . . . . .	333

### III. Приборы для сжиганія топлива.

Приборы для сжиганія твердаго топлива . . . . .	336
Дымогарныя топки . . . . .	350
Сжиганіе твердаго топлива въ видѣ мелкаго порошка . . . . .	359
Сжиганіе твердаго топлива въ видѣ газа (генераторное отопленіе) . . . . .	361

Газовое отопленіе въ тѣсномъ смыслѣ слова . . . . .	378
Приборы для сожиганія жидкаго топлива . . . . .	387
IV. Способы нагрѣванія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ.	
Паровики . . . . .	397
Нагрѣваніе твердыхъ тѣлъ . . . . .	402
Нагрѣваніе жидкихъ тѣлъ . . . . .	406
Въ пламенныхъ печахъ . . . . .	406
Глухимъ паромъ . . . . .	406
Голымъ паромъ . . . . .	408
Перегонка . . . . .	408
Выпариваніе . . . . .	411
Сушка . . . . .	422
Нагрѣваніе газообразныхъ тѣлъ . . . . .	426
Дымогарными газами . . . . .	426
Каминны . . . . .	427
Комнатныя печи . . . . .	427
Калориферы . . . . .	429
Паромъ . . . . .	431
Нагрѣтою водою . . . . .	432
V. Изслѣдованіе топлива и полезное дѣйствіе сожигательныхъ при- боровъ.	
Способы изслѣдованія топлива . . . . .	437
Отбираніе средней пробы . . . . .	437
Опредѣленіе физическихъ свойствъ топлива . . . . .	438
Величина кусковъ . . . . .	438
Хрупкость или сила сцѣпленія . . . . .	438
Удѣльный вѣсъ . . . . .	440
Порозность . . . . .	443
Водоемкость . . . . .	444
Максимальная гигроскопичность . . . . .	444
Опредѣленіе химическаго состава топлива . . . . .	445
Опредѣленіе гигроскопической воды . . . . .	445
"          зола . . . . .	448
Опредѣленіе сѣры . . . . .	450
Опредѣленіе азота . . . . .	458
"          углерода, водорода и кислорода . . . . .	461
"          выручки кокса . . . . .	462
Опредѣленіе теплопроизводительной способности топлива . . . . .	465
Калориметрическимъ способомъ . . . . .	465
Способомъ Дюлонга . . . . .	481

Способомъ Бертье. . . . .	486
Непосредственнымъ сожиганіемъ топлива подъ паровикомъ .	486
Пирометрическое дѣйствіе топлива . . . . .	517
Опредѣленіе полезнаго дѣйствія сожигательныхъ приборовъ и контроль за ними . . . . .	518
Полезное дѣйствіе сожигательныхъ приборовъ . . . . .	518
Контроль за дѣйствіемъ сожигательныхъ приборовъ . . . .	521
Прибавленія къ главѣ пятой . . . . .	525
Анализъ дымогарныхъ газовъ . . . . .	525
Производство анализа дымогарныхъ газовъ . . . . .	525
Взятіе пробы дымогарныхъ газовъ для анализа . . . . .	529
Приборы для измѣренія температуры . . . . .	534
Ртутные термометры . . . . .	534
Пирометръ Стейнле и Гартунга . . . . .	534
Воздушные термометры . . . . .	535
Электрическій пирометръ Сименса . . . . .	537
Калориметрич. способъ для опредѣл. высокихъ температуръ	540
VI. Источники тепла помимо топлива и примѣненіе ихъ къ нагрѣванію.	
Теплота, выдѣляющаяся при различныхъ химич. реакціяхъ .	545
Механическая сила для производства тепла . . . . .	546
Примѣненіе электричества къ нагрѣванію . . . . .	546
<i>Опечатки</i> . . . . .	550

### III. Приборы для сожиганія топлива.

Въ предыдущихъ главахъ были разсмотрѣны свойства различныхъ видовъ топлива и указаны количества тепла, которыя они выдѣляютъ при сожиганіи. Теперь предстоитъ разсмотрѣть, хотя и въ общихъ чертахъ, приборы, употребляемые для сожиганія топлива и для утилизаціи теплоты, при этомъ образующейся. Приборы эти извѣстны подъ общимъ названіемъ *печей* и имѣютъ самое разнообразное устройство, смотря по роду топлива и цѣлямъ, для которыхъ они предназначены. Несмотря на все ихъ разнообразіе, почти въ каждой печи можно отличать слѣдующія три части:

1) *Топку* или *очагъ*, въ которомъ сожигается топливо;

2) *Нагрѣвательное пространство*, въ которомъ теплота, содержащаяся въ продуктахъ горѣнія (дымогарныхъ газахъ), передается нагрѣваемому тѣлу;

3) *Трубу*, которая отводитъ дымогарные газы и въ большей части случаевъ обусловливаетъ притокъ воздуха сожигаемому топливу. Иногда эта послѣдняя работа исполняется вентиляторами или воздуходушными машинами.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, впрочемъ, печь не имѣетъ всѣхъ названныхъ частей, и двѣ изъ нихъ какъ-бы слиты вмѣстѣ; такъ, напр., въ обыкновенныхъ хлѣбопекарныхъ печахъ нагрѣвательное пространство слито съ топкою, а въ стеклянныхъ печахъ оно слито съ трубою.

Изъ всѣхъ видовъ топлива всего чаще употребляется въ технику твердое топливо (дрова, каменный уголь, торфъ и т. д.), а потому здѣсь будутъ разсмотрѣны прежде всего приборы, служащіе для его сожиганія, а затѣмъ будетъ сказано о сожиганіи газообразнаго и жидкаго топлива.

---

## ПРИБОРЫ ДЛЯ СОЖИГАНИЯ ТВЕРДАГО ТОПЛИВА.

Существенную часть этихъ приборовъ образуютъ топка и труба.

Топка для твердаго топлива представляетъ по большей части призматическое или цилиндрическое пространство, раздѣленное *рѣшеткой* на двѣ части—верхнюю и нижнюю <sup>1)</sup>. Въ верхней части топки (*топочное пространство, огневая кам-ра*) горитъ топливо, распределенное ровнымъ слоемъ на *рѣшѣткѣ*; въ нижней части (*зольникъ, поддувало*) собирается зола и раскаленные куски топлива, провалившіеся черезъ отверстія *рѣшетки*. Каждое изъ названныхъ отдѣленій топки закрыто дверцами, при чемъ дверцы топочнаго пространства служатъ для забрасыванія топлива на *рѣшетку* и должны быть открываемы только для названной *цѣли* или для перемѣшиванія сожигаемаго топлива. Дверцы *зольника* всегда открыты и служатъ для регулированія притока въ топку наружнаго воздуха, направляющагося къ топливу снизу черезъ *рѣшетку*. При этихъ условіяхъ воздухъ проходитъ не надъ поверхностью горящаго топлива, но проникаетъ черезъ весь его слой и распределяется на значительное число тонкихъ струекъ, чѣмъ достигается болѣе полное соприкосновеніе между топливомъ и воздухомъ и нѣкоторое сбереженіе теплоты, такъ какъ воздухъ, проходя черезъ *зольникъ*, нагрѣвается теплотою стѣнокъ этого послѣдняго и теплотою, испускаемой *рѣшеткой*.

*Рѣшетка*, отдѣляющая очагъ отъ *зольника*, состоитъ обыкновенно изъ большаго или меньшаго числа чугунныхъ или желѣзныхъ прутьевъ (*колосниковъ*), помѣщенныхъ параллельно, на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Верхняя поверхность *колосниковъ* образуетъ или горизонтальную, или наклонную плоскость, при чемъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ выс-

---

<sup>1)</sup> Дрова еще часто (напр. въ нашихъ обыкновенныхъ комнатныхъ печахъ) сожигаютъ въ топкахъ безъ *рѣшетки*. Но употребленіе подобныхъ топокъ очень невыгодно, такъ какъ въ нихъ большая часть воздуха, притекающаго въ топку, не приходитъ въ соприкосновеніе съ топливомъ и бесполезно уменьшаетъ температуру дымогарныхъ газовъ. Въ виду этого топки безъ *рѣшетки*, хотя и очень простыя по своему устройству, должны быть изгнаны изъ употребленія, но крайней мѣрѣ—тамъ, гдѣ имѣютъ въ виду экономію топлива.

шая точка рѣшетки лежитъ у дверцы топочнаго пространства. Колосники независимы другъ отъ друга и лежатъ на двухъ перекладинахъ, вдѣланныхъ въ боковыя стѣнки очага. Если колосники чугунные, то они имѣютъ обыкновенно форму, представленную на фиг. 57 (табл. XIX), гдѣ А изображаетъ продольный, а В—поперечный разрѣзъ ихъ. Толщина ихъ такимъ образомъ уменьшается сверху внизъ, и въ верхней своей части они имѣютъ утолщеніе на подобіе буквы Т, которое, увеличиваясь на концахъ, образуетъ два боковыхъ отростка (*головку*). Укладывая колосники такимъ образомъ, чтобы ихъ головки касались другъ друга, получаютъ между ними (колосниками) узкія щели (*прозоры*), вся совокупность которыхъ образуетъ т.-наз. *свободную площадь* (площадь прозоровъ, площадь живаго сѣченія) рѣшетки (фиг. 58, табл. XIX). Если длина колосниковъ превышаетъ 80 см., тогда ихъ снабжаютъ еще выступами по срединѣ для увеличенія прочности (фиг. 59, табл. XIX). Въ настоящее время употребляютъ всего чаще колосники въ 50—60 см. длины, укладывая ихъ въ 2 или 3 ряда, смотря по длинѣ рѣшетки. Желѣзные колосники дѣлаютъ въ видѣ желѣзныхъ прутьевъ съ квадратнымъ поперечнымъ сѣченіемъ и выдвигаютъ концы ихъ изъ топки, чтобы облегчить очистку ихъ отъ золы и шлаковъ встрахиваніемъ. Подобные колосники особенно пригодны при сожиганіи сильно спекающихся углей и употребляются всего чаще тамъ, гдѣ необходимо произвести очень высокую температуру, напр., въ пламенныхъ печахъ.

Размѣръ рѣшетки, а слѣдовательно и площади горизонтальнаго сѣченія топочнаго пространства и зольника, зависитъ отъ качества и количества топлива, сожигаемаго въ единицу времени. Такъ какъ до сихъ поръ нѣтъ въ этомъ отношеніи какихъ нибудь строго опредѣленныхъ правилъ, то размѣръ рѣшетки опредѣляется изъ непосредственнаго опыта и долженъ быть таковъ, чтобы при данной силѣ тяги топливо на рѣшеткѣ сгорало-бы вполнѣ въ угольную кислоту и воду при возможно меньшемъ избыткѣ воздуха. Обыкновенно принимаютъ, что для сожиганія 100 кило каменнаго угля въ часъ требуется около 1 кв. м. площади рѣшетки, хотя часто придаютъ рѣшеткѣ значительно большіе и значительно меньшіе размѣры, а именно отъ 0,67 до 5 кв. м. (всего чаще 1,2—1,7) на каждыя 100 кило каменнаго угля, сожигаемаго въ часъ. При сожиганіи дровъ и торфа рѣшеткѣ придаютъ меньшіе размѣры, такъ какъ для сожиганія равнаго вѣса этихъ видовъ топлива требуется менѣе воздуха, чѣмъ для сожиганія каменнаго угля. По Пеклэ, для сожиганія въ часъ 100 кило названныхъ видовъ топлива требуется всего 0,3 кв. м. площади рѣшетки.

Вообще говоря, большія рѣшетки предпочтительнѣе малыхъ, такъ какъ на первыхъ сгораніе топлива происходитъ полнѣе, тяга менѣе умень-

шается прохождениемъ воздуха черезъ относительно невысокій слой топлива, онѣ труднѣе засариваются, и забрасываніе топлива можетъ быть производимо рѣже. Тѣмъ не менѣе, въ нѣкоторыхъ специальныхъ случаяхъ, малыя рѣшетки представляютъ преимущество, такъ какъ при надлежащей тягѣ на нихъ топливо сгораетъ живѣе, и воздухъ полнѣе утилизируется, чѣмъ уменьшается избытокъ воздуха въ дымогарныхъ газахъ а слѣдовательно возвышается пирометрическое дѣйствіе топлива.

Что касается до абсолютной величины рѣшетки, то она должна быть такова, чтобы забрасываніе и перемѣшиваніе топлива было удобно. Для удовлетворенія этихъ условій рѣшеткамъ придаютъ въ длину не болѣе 2 м., а въ ширину 1,25—1,5 м., такъ что вся площадь рѣшетки колеблется между 2,5—3,0 кв. м.

Площадь прозоровъ рѣшетки должна быть по крайней мѣрѣ равна площади поперечнаго сѣченія зѣва трубы, и она различна, смотря по природѣ сжигаемаго топлива, такъ какъ для полнаго сжиганія равнаго вѣса дровъ или торфа требуется меньше воздуха, чѣмъ для сжиганія каменнаго угля; кромѣ того дрова не спекаются и не засариваютъ рѣшетки и, благодаря своей крупности, не представляютъ значительнаго сопротивленія тягѣ. Въ рѣшеткахъ, служащихъ для сжиганія дровъ и торфа, площадь прозоровъ составляетъ обыкновенно отъ  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{4}$ , для каменнаго угля  $\frac{1}{4}$ , для кокса  $\frac{1}{2}$  всей поверхности рѣшетки. Ширина прозоровъ колеблется отъ 3 до 30 мм. (всего чаще отъ 6—10 мм.) и зависитъ отъ большей или меньшей крупности топлива; толщина колосниковъ колеблется обыкновенно между 20—30 мм.

Между дверцами топочнаго пространства и началомъ рѣшетки помѣщаютъ обыкновенно чугунную плиту въ 25—40 см. ширины съ цѣлью удалить пламя отъ дверецъ и тѣмъ предохранить ихъ отъ быстрой порчи. Между краемъ только-что упомянутой желѣзной доски и концами колосниковъ оставляютъ свободный промежутокъ, равный  $\frac{1}{24}$  длины колосниковъ, для свободнаго ихъ расширенія отъ нагрѣванія. Для той же цѣли часто скашиваютъ снизу передніе концы колосниковъ и помѣщаютъ ихъ на скошенный же край плиты (фиг. 60 в, табл. XIX). Высота дверецъ топочнаго пространства колеблется отъ 25—30 см., ширина ихъ должна быть равна ширинѣ рѣшетки, чтобы облегчить равномерное забрасываніе топлива на рѣшетку.

Противъ дверецъ непосредственно за рѣшеткой находится обыкновенно кирпичное возвышеніе (не ниже 250 мм.)—*порогъ*, за которымъ начинаются дымовые ходы и вообще нагрѣвательное пространство, въ которомъ утилизируется теплота (фиг. 61, табл. XIX). Порогъ этотъ служитъ для того, чтобы воспрепятствовать кусочкамъ угля, золы и т. д. попадать въ дымовые каналы, отчасти для того, чтобы обусловить болѣе полное пере-



мѣшиваніе продуктовъ горѣнія съ воздухомъ и дать имъ надлежащее направление.

Форма топочнаго пространства и матеріаль, изъ котораго оно сдѣлано, зависятъ отъ цѣли, для которой служить печь. Всего чаще топочное пространство представляетъ удлинненную камеру, покрытую сводомъ и сложенную изъ кирпича. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ стѣнки топочнаго пространства сдѣланы изъ металлическихъ плитъ, черезъ которыя теплота передается непосредственно нагрѣваемой жидкости, окружающей со всѣхъ сторонъ топочное пространство. Въ этихъ случаяхъ говорятъ, что данная печь имѣетъ *внутреннюю топку*. Тѣмъ не менѣе, вездѣ, гдѣ это возможно, слѣдуетъ помѣщать топку такъ, чтобы рѣшетка ея не находилась непосредственно *подъ* или *внутри* нагрѣваемого тѣла, а *впереди* его, такъ какъ непосредственное соприкосновеніе нагрѣваемого тѣла съ дымогарными газами въ періодъ ихъ образованія понижаетъ температуру пламени, чѣмъ затрудняетъ полное окисленіе углерода и водорода, а слѣдовательно и полное развитіе тепла, заключающагося въ топливѣ (см. ниже).

Размѣръ *зольника* болѣе или менѣе произвольный, но во всякомъ случаѣ площадь отверстия для притока воздуха не должна быть меньше площади прозоровъ рѣшетки, и зольникъ долженъ быть снабженъ дверцами для регулированія тяги. При усиленномъ сжиганіи топлива на дно зольника помѣщаютъ слой воды, для тушенія кусковъ раскаленнаго угля и шлаковъ, проваливающихся черезъ рѣшетку, и для пониженія температуры нижней поверхности рѣшетки съ цѣлью предохранить ее отъ быстрого прогоранія. Поглощая теплоту, вода испаряется, и пары ея, проходя черезъ раскаленный слой угля, разлагаются на водородъ, окись углерода и угольную кислоту, которые увеличиваютъ длину пламени.

Газы, образующіеся въ топкѣ, идутъ въ нагрѣвательное пространство, а затѣмъ въ *трубу*, имѣющую двойное назначеніе: 1) отводить продукты горѣнія въ высокіе слои атмосферы, и тѣмъ сдѣлать ихъ менѣе вредными для окрестныхъ мѣстностей, и 2) доставлять въ топку воздухъ, необходимый для сжиганія топлива. Это дѣйствіе трубы зависитъ отъ размѣровъ ея и отъ разности между температурой наружнаго воздуха и температурой газовъ въ трубѣ.

Въ холодной трубѣ столбъ воздуха, въ ней содержащійся, уравновѣшивается столбомъ наружнаго воздуха того же объема. При нагрѣваніи воздухъ въ трубѣ расширяется и становится легче, вслѣдствіе чего равновѣсіе нарушается. Для трубы, высота которой 50 м., а площадь поперечнаго сѣченія 1 кв. м., столбъ воздуха, въ ней помѣщающійся, вѣситъ при температурѣ  $0^{\circ}$ —64,8 к., а при температурѣ  $100^{\circ}$ —47,5 к., слѣдовательно на 17,3 в. меньше. Эта разница въ вѣсѣ выражаетъ давленіе, съ которымъ

наружный воздух будет притекать въ трубу. Если представить себѣ оба столба воздуха приведенными къ одной и той же температурѣ, а именно наружный столбъ холоднаго воздуха нагрѣтымъ до  $100^{\circ}$ , то онъ соотвѣтственно расширится, и разница въ вѣсѣ выразится разницею въ высотѣ воздушныхъ столбовъ. Высота внутренняго воздушнаго столба будетъ по прежнему 50 м., высота-же внѣшняго столба станетъ 68,2 м., а разница 18,2 м. Эта разница въ высотахъ выражаетъ собою величину нарушенія равновѣсія, обуславливающую движеніе воздуха въ трубѣ во время ея нагрѣванія. Величина этого нарушенія равновѣсія можетъ быть вычислена и для всѣхъ случаевъ, зная коэффициентъ расширенія газовъ. Воздухъ при нагрѣваніи на  $1^{\circ}$  Ц. увеличивается на 0,003665 первоначальнаго своего объема; слѣдовательно, при увеличеніи температуры отъ  $t$  до  $T$  объемъ его увеличится на  $0,003665 (T-t)$ . При постоянномъ поперечномъ разрѣзѣ трубъ объемы воздушныхъ столбовъ, въ нихъ содержащихся, выражаются прямо высотой  $h$  трубы. Если, поэтому,  $T-t$  выражаетъ разность между температурой ( $T$ ) воздуха въ трубѣ и температурою ( $t$ ) наружнаго воздуха, въ такомъ случаѣ разница въ высотахъ обоихъ воздушныхъ столбовъ, приведенныхъ къ температурѣ трубы, будетъ  $h (T-t) 0,003665$ . Это выраженіе показываетъ перевѣсъ внѣшняго воздушнаго столба, обуславливающий движеніе воздуха въ трубѣ. Скорость этого движенія можетъ быть легко вычислена, такъ какъ извѣстно, что скорость ( $c$ ) истеченія какой-нибудь жидкости или газа равна скорости тѣла, свободно падающаго съ высоты ( $s$ ), равной высотѣ истекающаго столба жидкости или газа:

$$c = \sqrt{2gs},$$

гдѣ  $g$  выражаетъ ускореніе, обуславливаемое силою тяжести, и равно 9,81 м. (32,22 ф.)

Въ нашемъ случаѣ

$$s = h(T-t) 0,003665;$$

слѣдовательно,

$$\begin{aligned} c &= \sqrt{2g 0,003665 h (T-t)} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,003665 h (T-t)} = \\ &= 0,268 \sqrt{h (T-t)} \text{ метровъ въ секунду.} \end{aligned}$$

Такъ какъ  $t$ —температура наружнаго воздуха всегда очень невелика сравнительно съ  $T$ —температурою трубы, то можно безъ особенной погрѣшности пренебречь  $t$ , и тогда

$$c = 0,268 \sqrt{hT}. \quad . . . . . (1).$$

Температура  $T$  въ хорошо устроенныхъ топкахъ есть величина довольно постоянная, а потому можно принять, согласно приведенной формулѣ,

что скорость движениа газова въ трубѣ пропорціональна корню квадратному изъ высоты трубы.

Этотъ теоретическй выводъ значительно измѣняется однако треніемъ, претерпѣваемымъ газами при проходѣ ихъ черезъ колосники, слой горячаго матеріала, дымовые ходы и трубу. Вліяніе тренія не можетъ быть опредѣлено точно теоретическимъ путемъ, но оно значительно уменьшаетъ скорость движениа газова въ трубѣ. Такъ, напр., при высотѣ трубы въ 20 м и средней температурѣ газова въ трубѣ 300 и 150°, мы получимъ, пользуясь формулою (1),

$$c = 0,268 \sqrt{20 \times 300} = 20,74 \text{ м. въ секунду, и}$$

$$c = 0,268 \sqrt{20 \times 150} = 14,66 \text{ м. въ секунду.}$$

Между тѣмъ какъ скорость движениа газова въ трубѣ, опредѣленная изъ опыта, будетъ въ первомъ случаѣ 4,15, а во второмъ—2,94 м. въ секунду. Такимъ образомъ въ обоихъ случаяхъ дѣйствительная скорость движениа газова въ трубѣ будетъ въ круглыхъ числахъ въ пять разъ меньше теоретической. Вообще можно принять за общее правило, что скорость движениа газова въ трубѣ при короткихъ дымовыхъ ходахъ (менѣе 30 м. длины) и при невысокихъ трубахъ равна  $\frac{1}{5}$ , а при длинныхъ дымовыхъ ходахъ (болѣе 30 м.) и высокой трубѣ равна  $\frac{1}{6}$  теоретической скорости. Отсюда слѣдуетъ, что для практическихъ цѣлей скорость движениа газова въ трубѣ можетъ быть опредѣлена по формулѣ:

$$c_1 = \frac{0,268 \sqrt{hT}}{5 \text{ или } 6} \text{ м. въ секунду. . . . . (2).}$$

На основаніи этой формулы нетрудно вычислить объемъ газова (V), протекающихъ чрезъ трубу въ одну секунду, если площадь поперечнаго сѣченія трубы (q) извѣстна.

$$V = qc_1. \text{ . . . . . (3)}$$

Вѣсъ газова (P), соотвѣтствующій указанному объему ихъ, можетъ быть опредѣленъ, зная абсолютный вѣсъ (a) 1 куб. метра газова, проходящихъ по трубѣ, такъ какъ

$$P = Va$$

Опредѣлить a нетрудно; зная вѣсъ (p) 1 куб. метра газова при 0°, коэффициентъ расширенія газова (0,003665) и температуру (T) въ трубѣ,

$$a = \frac{p}{1+0,003665T}$$

Вѣсъ газова, протекающихъ чрезъ трубу въ одну секунду, выражаетъ *силу тяги* этой послѣдней,

Вышеприведенныя формулы показываютъ, что увеличить силу тяги или, что то же,—количество воздуха, доставляемаго топкѣ въ единицу времени, возможно, возвышая температуру газовъ въ трубѣ, увеличивая высоту трубы и, наконецъ, увеличивая площадь поперечнаго сѣченія трубы.

Возвышеніе температуръ газовъ въ трубѣ съ цѣлью увеличить силу тяги полезно только до извѣстнаго предѣла, такъ какъ скорость движенія газовъ увеличивается не прямо пропорціонально температурѣ, а пропорціонально корню квадратному изъ температуры, а потому наступаетъ предѣлъ, за которымъ дальнѣйшее возвышеніе температуры будетъ оказывать очень незамѣтное вліяніе на ускореніе движенія газовъ въ трубѣ. Вычисляя по формулѣ (1) теоретическую скорость движенія газовъ въ трубѣ, высотой 20 м., мы найдемъ:

	Разность
при 150° $c = 14,66$ м. въ секунду	
200 $c = 16,43$ " " "	1,77
250 $c = 18,38$ " " "	1,95
300 $c = 20,74$ " " "	2,36
350 $c = 21,73$ " " "	0,99

Отсюда слѣдуетъ, что скорость движенія газовъ въ трубѣ всего болѣе возрастаетъ между 250—300°, и что уже при температурѣ 350° это возрастаніе значительно меньше, а потому всего выгоднѣе, чтобы дымогарныя газы въ трубѣ имѣли среднюю температуру 250—300°. Такъ какъ, однако, при выпусканіи въ трубу газовъ съ такою высокою температурою теряется очень много тепла, то въ настоящее время въ трубѣ поддерживаютъ обыкновенно среднюю температуру около 200° и даже ниже.

Увеличеніе высоты трубы увеличиваетъ тягу только пропорціонально корню квадратному изъ высоты и кромѣ того увеличиваетъ треніе, а потому и этимъ средствомъ усиленія тяги можно пользоваться только въ извѣстныхъ предѣлахъ. Вообще принято придавать трубѣ такую высоту, чтобы продукты горѣнія, ею отводимые, не оказывали дурнаго вліянія на жителей сосѣднихъ мѣстъ, и чтобы труба была на 2—3 м. выше близлежащихъ домовъ, скаль и т. д., чтобы тѣмъ воспрепятствовать нарушенію тяги нисходящими воздушными теченіями. Трубы рѣдко дѣлаютъ ниже 16 м., придавая имъ часто высоту 20—40 м., а иногда и 80, даже 100 м. и болѣе.

Увеличеніемъ площади поперечнаго сѣченія трубы нельзя также пользоваться для увеличенія тяги въ любыхъ предѣлахъ, такъ какъ одновременно съ увеличеніемъ діаметра трубы уменьшается въ ней скорость движенія газовъ. Въ большей части случаевъ діаметръ дымовой трубы дѣлаютъ въ 25 разъ меньше ея высоты, при чемъ площадь поперечнаго сѣ-

ченія самаго узкаго мѣста трубы не должно быть меньше площади прозоровъ рѣшетки (ср. стр. 337 и 338).

На основаніи вышеприведенныхъ соображеній опредѣляютъ размѣры трубы, необходимые для доставленія въ точку потребнаго количества воздуха. Въ большей части случаевъ за исходныя точки вычисленій берутъ высоту трубы, опредѣляя ее согласно мѣстнымъ условіямъ, и температуру, съ которою желаютъ выпускать пламенные газы въ трубу, а затѣмъ, на основаніи уже этихъ величинъ, опредѣляютъ размѣръ площади поперечнаго сѣченія трубы, могущей доставить количество воздуха, необходимое для сожиганія опредѣленнаго вѣса топлива въ часъ.

Допустимъ, что желательно придать трубѣ высоту 25 м. и выпускать въ нее пламенные газы съ температурой 300°; спрашивается, чему должна быть равна площадь поперечнаго сѣченія трубы (q) на каждое кило каменнаго угля, сожигаемого въ часъ.

Среднимъ числомъ можно принять, что при полномъ сожиганіи одного кило каменнаго угля образуется 17,3 куб. м. продуктовъ горѣнія при 0°, которые при 300° займутъ объемъ, равный 36,3 куб. м. Это количество должно быть унесено въ трубу въ одинъ часъ; слѣдовательно, въ одну секунду

$$\frac{36,3}{60 \times 60} = 0,01 \text{ куб. м. газовъ.}$$

Подставляя эту величину въ формулу (3), получимъ

$$0,01 = qc_1 \text{ или } c_1 = \frac{0,01}{q}.$$

Въ данномъ случаѣ

$$c_1 = \frac{0,268 \sqrt{25 \times 300}}{5} = 4,64 \text{ м. въ секунду;}$$

слѣдовательно,

$$q = \frac{0,01}{4,64} = 0,0022 \text{ кв. м.,}$$

т. е. площадь поперечнаго сѣченія трубы въ данномъ случаѣ должна быть такова, чтобы на каждый кило каменнаго угля, сожигаемого въ часъ, приходилось 0,22 кв. дециметра.

Для упрощенія вычисленій и для полученія чиселъ, болѣе близкихъ къ дѣйствительности, было предложено нѣсколько эмпирическихъ формулъ для опредѣленія площади поперечнаго сѣченія трубы, выведенныхъ изъ непосредственныхъ наблюденій надъ хорошо дѣйствующими трубами. Между этими формулами самая простая формула D'Arceet, по которой площадь поперечнаго сѣченія трубы (q)

$$q = 0,01054 \frac{n}{\sqrt{h}} \text{ кв. м.,}$$

гдѣ  $n$  обозначаетъ число кило каменнаго угля, сожигаемаго въ часъ, а  $h$ —высоту трубы.

Принимал, согласно вышесприведенному примѣру,  $n = 1$  и  $h = 25$ , получимъ

$$q = 0,01054 \frac{1}{\sqrt{25}} = 0,002108 \text{ кв. м.},$$

т. е. число, близкое къ тому, которое было найдено нами выше.

Трубы дѣлаютъ изъ дикаго камня, кирпича и листоваго желѣза. Первый матеріалъ употребляютъ рѣдко, второй всего чаще и притомъ во всѣхъ случаяхъ, когда труба должна служить долго, и когда почва позволяетъ постройку трубы безъ сооруженія очень глубокаго фундамента. Трубы изъ листоваго желѣза дешевы, могутъ быть быстро устроены и не требуютъ массивнаго фундамента, но онѣ быстро охлаждаются и менѣ прочны кирпичныхъ. Кирпичнымъ трубамъ придаютъ или круглое, или квадратное, или многогранное поперечное сѣченіе, при чемъ первая форма предпочтительнѣе, такъ какъ поверхность охлажденія цилиндрической трубы менѣ четырехугольной или многогранной. Вопросъ о томъ, должны ли трубы имѣть одинаковый внутренній діаметръ по всей своей длинѣ, или онѣ должны суживаться къ верху или къ низу, рѣшается практиками различно. Въ прежнее время предпочитали строить трубы, суживающіяся къ верху, въ настоящее время предпочитаютъ строить трубы или съ одинаковымъ діаметромъ по всей ихъ длинѣ (всего чаще), или съ расширеніемъ къ верху, такъ какъ въ подобныхъ трубахъ, въ особенности послѣднихъ, треніе меньше уменьшаетъ скорость движенія газовъ, какъ это показываетъ непосредственное вычисленіе. Надъ верхнимъ отверстіемъ трубы полезно помѣщать родъ крыши, защищающей трубу отъ дождя и отъ нисходящихъ воздушныхъ теченій, противодѣйствующихъ движенію газовъ въ трубѣ<sup>1)</sup>. Для регулированія тяги нерѣдко помѣщаютъ заслонку въ нижней части трубы или, вѣрнѣе, въ концѣ дымовыхъ ходовъ.

При описанномъ способѣ сожиганія топлива только часть теплотворной способности его можетъ быть употреблена съ пользою, другая довольно значительная часть теряется:

1) Вслѣдствіе выпусканія пламенныхъ газовъ въ трубу и теплопроводимости и лучеиспусканія стѣнками очага, дымовыхъ ходовъ и трубы;

2) Вслѣдствіе неполнаго сожиганія топлива, обусловливаемаго какъ природою самаго топлива, такъ и несовершеннымъ устройствомъ топки.

<sup>1)</sup> Воздушныя теченія по всѣмъ другимъ направленіямъ только увеличиваютъ скорость движенія газовъ въ трубѣ. *Buff* (1866) и *Meidinger* (1870—1872) устроили аппараты для демонстраціи вліянія вѣтра на тягу, при чемъ аппаратъ Мейдингера даетъ возможность показывать вліяніе различныхъ условій на тягу въ трубѣ.

Разсмотримъ ближе эти потери и средства для ихъ уменьшенія.

Изъ перечисленныхъ потерь теплоты самая значительная та, которая обуславливается выпусканіемъ пламенныхъ газовъ въ трубу, такъ какъ они, нагрѣтые до температуры отъ 150—300°, уносить съ собою значительное количество тепла. Далеко, однако, не все это количество тепла пропадаетъ даромъ, такъ какъ извѣстная часть его служитъ движущею силою, обуславливающею притокъ воздуха въ топку. Тѣмъ не менѣе расходъ на эту движущую силу очень великъ. Легко вычислить, что при сожиганіи одного кило каменнаго угля образуется около 21 кило газообразныхъ продуктовъ. Если продукты эти будутъ уходить изъ трубы съ среднею температурою, напр., всего 150°, то въ такомъ случаѣ они будутъ уносить съ собою

$$150 \times 21 \times 0,25^1) = 787,5 \text{ ед. тепла,}$$

т. е. около 11% всего того количества тепла, которое получается при сожиганіи 1 кило каменнаго угля средняго достоинства. Въ дѣйствительности эта потеря обыкновенно значительно больше, вслѣдствіе выпусканія въ трубу газовъ съ болѣе высокою температурою (до 300—350°), вслѣдствіе небрежнаго ухода за топкою, обуславливающаго притокъ избытка воздуха къ топливу, вслѣдствіе охлажденія трубы и т. д., такъ что на практикѣ потери, обуславливающаяся трубою, составляетъ обыкновенно болѣе 30% (отъ 33 до 42%) всей теплоты, доставляемой топливомъ. Большая часть этой теплоты идетъ на производство тяги, и можно принять безъ большой погрѣшности, что для названной цѣли идетъ не менѣе  $\frac{1}{4}$  всей теплоты, доставляемой топливомъ.

Въ виду этого рождается вопросъ, нельзя ли во многихъ случаяхъ съ выгодною замѣнить трубу другими приспособленіями для доставленія воздуха въ топку и отвода пламенныхъ газовъ изъ печи, напр., вентиляторами. И, дѣйствительно, непосредственный опытъ показалъ, что доставленіе въ топку необходимаго воздуха вентиляторами требуетъ менѣе топлива, чѣмъ его расходуетъ труба. Такъ, напр., по показанію Пеклэ, на одной пивоварнѣ въ Бельгій сожигали въ часъ 1000 к. угля, и воздухъ, необходимый для этого, доставлялся топкѣ вентиляторомъ, приводившимся въ дѣйствіе 6-ти сильной паровой машиною. Паровая машина въ 6 силъ израсходовала 18 кило каменнаго угля въ часъ, труба же (считая ея расходъ равнымъ  $\frac{1}{4}$  всего сожигаемаго топлива) израсходовала бы  $\frac{1000}{4} = 250$  кило угля въ часъ. Въ одной купальнѣ въ Парижѣ (bains Vigier) сожигали въ часъ 85 кило дровъ при помощи вентилятора, приводимаго въ движеніе

<sup>1)</sup> Средняя удѣльная теплоемкость продуктовъ горѣнія.

однимъ человѣкомъ. На производство одной паровой силы требуется 6 кило дровъ, высушенныхъ на воздухѣ; слѣдовательно, сила одного человѣка ( $=\frac{1}{7}$  паровой силы) соответствуетъ 0,85 кило дровъ, между тѣмъ какъ труба потребовала-бы  $8\frac{5}{4} = 21$  кило дровъ. Очевидно, что замѣна трубы вентиляторомъ влечетъ за собою очень значительное сбереженіе топлива, но, конечно, только въ томъ случаѣ, если теплота, содержащаяся въ пламенныхъ газахъ, можетъ быть вполне утилизирована. Это послѣднее условіе далеко не вездѣ выполнимо, а потому примѣненіе вентиляторовъ къ обыкновеннымъ топкамъ не получило до сихъ поръ сколько нибудь значительнаго примѣненія. Въ настоящее время вентиляторъ или вообще воздуходувные приборы употребляются только въ такихъ печахъ (напр., доменныхъ), гдѣ усиленнымъ притокомъ воздуха (часто предварительно нагрѣтымъ) желаютъ ускорить сжиганіе топлива и тѣмъ увеличить количество тепла, образующагося въ единицу времени, и вмѣстѣ съ тѣмъ и температуру горѣнія.

Кромѣ мѣховъ, простыхъ и двойнаго дѣйствія, и цилиндрическихъ, центробѣжныхъ и т. п. вентиляторовъ, въ новѣйшее время были предложены и воздушные паровые инжекторы Kötting'a для доставленія воздуха въ топку. Аппараты эти, напоминающіе по своему устройству всѣмъ извѣстные пульверизаторы, ставятъ непосредственно около топки и помѣщаютъ нижнюю часть аппарата въ зольникъ, а верхнюю соединяютъ съ паровникомъ. Пары изъ паровика входятъ въ аппаратъ, втягиваютъ въ этотъ послѣдній воздухъ, который, смѣшанный съ паромъ, направляется черезъ зольникъ и рѣшетку къ топливу. Экономическія выгоды этого аппарата еще не выяснены, но, во всякомъ случаѣ, онъ расходуетъ много пара, и дѣйствіе его сопровождается непріятнымъ шумомъ. Если, однако, исключительное поддержаніе тяги въ печи аппаратомъ Кертинга едва ли выгодно, то онъ можетъ оказать дѣйствительную пользу въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ усилить тягу въ трубѣ. Въ этомъ случаѣ аппаратъ соединяютъ съ трубою, и онъ высасываетъ газы изъ этой послѣдней. Для усиленія тяги въ трубѣ нерѣдко выпускаютъ въ нее струю пара, и этотъ способъ усиленія тяги употребляютъ повсемѣстно въ локомотивахъ, гдѣ требуется очень сильная тяга и невозможно устраивать высокихъ трубъ.

Изъ только-что сказаннаго ясно, что въ большей части случаевъ уменьшить потерю тепла, обусловливающуюся трубою, возможно только пониженіемъ температуры газовъ, уходящихъ въ трубу. Если по роду печи (напр., доменная, пламенная печь) это пониженіе температуры пламенныхъ газовъ не можетъ быть произведено въ самомъ нагрѣвательномъ пространствѣ, то помѣщаютъ приспособленія для поглощенія теплоты между нагрѣвательнымъ пространствомъ и трубою или же за трубою. Теплота отходящихъ пламенныхъ газовъ употребляется обыкновенно или для нагрѣванія воздуха, служащаго для сжиганія топлива (доменные печи, пламенные печи), или для нагрѣванія воды, или для выпариванія растворовъ.

Потерю тепла вслѣдствіе теплопроводности и лучеиспусканія стѣнками очага, дымовыхъ ходовъ и трубы можно уменьшить, увеличивая (до извѣстнаго предѣла) толщину этихъ стѣнокъ, окружая ихъ дурными



проводниками тепла и уменьшая, насколько это возможно, площадь охлаждения.

*Потери, обуславливающаяся неполным сгоранием топлива*, значительно меньше предыдущихъ, но при извѣстныхъ условіяхъ и онѣ довольно чувствительны. Потери эти происходятъ отъ двухъ причинъ. Во первыхъ, при сожиганіи твердаго топлива оно или само по себѣ, или при перемишываніи кочергой, часто растрескивается и распадается на мелкіе куски, проваливающіеся черезъ рѣшетку въ зольникъ, гдѣ часть этихъ кусковъ вполне ислѣбваетъ безъ всякой пользы. Во вторыхъ, вслѣдствіе малаго соприкосновенія воздуха съ твердымъ топливомъ и трудности правильно регулировать притокъ воздуха и поддерживать въ топкѣ равномерную температуру происходитъ неполное окисленіе топлива, и пламенные газы уносятъ въ трубу продукты сухой перегонки топлива и мелкій уголь (сажу), образующіе такъ-называемый дымъ, оказывающій вредное вліяніе на здоровье людей и животныхъ, и растительность (Grace-Calvert, 1866; Smith, 1866; Spence, 1866). Разсмотримъ этотъ вопросъ ближе.

Для полученія наибольшаго количества тепла изъ даннаго топлива, сожиганіе его должно быть производимо такъ, чтобы весь углеродъ его превратился въ углекислоту, а водородъ—въ воду. Подобный результатъ могъ бы быть достигнутъ только въ томъ случаѣ, если бы процессъ горѣнія топлива въ обыкновенныхъ топкахъ происходилъ равномерно и непрерывно. Въ дѣйствительности же сожиганіе твердаго топлива въ обыкновенныхъ топкахъ представляетъ процессъ не непрерывный, а періодическій, при чемъ періоды совпадаютъ съ промежуткомъ между двумя послѣдовательными забрасываніями топлива въ топку. Ясно, что въ промежутокъ между двумя забрасываніями распределеніе топлива на рѣшеткѣ будетъ постоянно измѣняться, а, слѣдовательно, будетъ измѣняться и дѣйствіе трубы, и притокъ воздуха въ топку. Къ названному измѣненію состоянія очага присоединяются еще другія причины, сообщающія горѣнію топлива еще болѣе рѣзкій періодическій характеръ. Всякій разъ, когда открываются дверцы очага для забрасыванія топлива, воздухъ немедленно втягивается трубою не чрезъ зольникъ, а чрезъ дверцы топки, такъ какъ на этомъ пути онъ встрѣчаетъ меньшее сопротивленіе. Вслѣдствіе этого въ очагъ притекаетъ большое количество холоднаго воздуха, понижающее температуру въ очагѣ и трубѣ, чѣмъ уменьшается тяга въ этой послѣдней. Когда дверцы, послѣ забрасыванія топлива, будутъ закрыты, то въ топочномъ пространствѣ скоро наступило-бы нормальное состояніе, если бы тому не воспрепятствовало другое явленіе, а именно сухая перегонка вновь забросаннаго топлива, которая влечетъ за собою новое пониженіе температуры и уменьшеніе тяги, такъ какъ превращеніе твердаго тѣла въ паръ и газъ сопровождается

поглощеніемъ тепла, и образовавшіеся газы, наполняя топку и трубу, препятствуютъ притоку воздуха чрезъ рѣшетку. Результатомъ вышеуказаннаго пониженія температуры въ топочномъ пространствѣ и уменьшеніи притока воздуха является неполное сгораніе продуктовъ сухой перегонки и вмѣстѣ съ тѣмъ образованіе углерода (сажи), которые, вмѣстѣ съ другими пламенными газами, образуютъ дымъ. И, дѣйствительно, одна часть углеродистыхъ водородовъ, образующихся при сухой перегонкѣ, вслѣдствіе недостатка кислорода или низкой температуры, совершенно ускользаетъ отъ окисленія; другая же часть углеродистыхъ водородовъ, имѣя въ моментъ своего образованія очень высокую температуру и находясь въ состояніи диссоціаціи, при быстромъ охлажденіи и недостаточномъ притокѣ воздуха, распадается на свободный углеродъ и водородъ, какъ показала *Девиль*. Кромѣ того углеродистые водороды, подъ влияніемъ температуры топочнаго пространства, распадаются, какъ показала *Бертло*, на углеродистый водородъ съ меньшимъ содержаніемъ углерода и на свободный углеродъ, который, при недостаткѣ кислорода, уносится пламенными газами въ видѣ сажи.

Вѣрность подобнаго взгляда на причины, вызывающія неполное сгораніе топлива, вполне подтверждается изслѣдованіями *Комба* (1845) и многихъ другихъ, которые показали, что даже при значительномъ притокѣ воздуха пламенные газы и дымъ, уходящій изъ трубы, содержатъ, кромѣ окиси углерода, углеродистый водородъ, свободный водородъ и мелкій уголь (сажу), количество котораго равно приблизительно 1% вѣса сжигаемаго топлива (*Brunat*, 1858).

Вотъ, для прихѣра, составъ дымогарныхъ газовъ, полученныхъ *Scheurer'омъ* и *Meunier* (1869) при сжиганіи каменнаго угля въ хорошо устроенной топкѣ и при различномъ притокѣ воздуха въ топку.

Номеръ опыта.	Избытокъ воздуха противъ те- оретич. ко- личества въ %.	Процентный составъ газовъ.					
		Азотъ.	Углекис- лота.	Кисло- родъ.	Горючіе газы.		
					Окись углерода.	Углеро- дистый водородъ.	Водородъ.
12	6,66	80,38	14,87	1,41	0,84	1,15	1,35
11	10,47	80,60	14,16	2,18	0,97	0,98	1,11
9	13,32	80,66	14,63	2,80	0,86	0,49	0,56
13	17,61	81,52	13,34	3,77	?	0,46	0,91
14	20,94	80,23	13,43	4,42	0,24	0,32	1,41
8	26,18	80,34	12,89	5,53	?	0,28	0,96
10	42,84	79,67	10,87	8,99	?	0,19	0,19
7	53,78	79,86	8,23	11,35	?	0,04	0,52

Эта таблица показываетъ, что даже при употребленіи двойнаго противъ теоретическаго количества воздуха сжиганіе топлива въ обыкновенныхъ топкахъ не происходитъ вполне, и что при уменьшеніи этого избытка количество горючихъ веществъ въ пламенныхъ газахъ увеличивается,

Съ цѣлью устранить потерю въ топливѣ отъ неполнаго сгорания его, а въ особенности съ цѣлью устранить дымъ, столь непріятный для жителей фабричныхъ и заводскихъ мѣстностей, было придумано огромное число усовершенствованныхъ топокъ (*дымогарныя топки*), въ особенности тогда, когда въ Англіи, а затѣмъ во Франціи были изданы законоположенія, запрещающія безъпаказанно выпускать дымъ изъ заводскихъ трубъ.

Жалобы на вредъ, причиняемый дымомъ, начались въ Англіи въ началѣ XIV столѣтія одновременно съ примѣненіемъ каменнаго угля къ отопленію, и въ 1673 году, при Карлѣ III, были изданы законоположенія противъ выпускающагося чернаго дыма изъ трубъ. Законоположенія эти остались, однако, безъ примѣненія, такъ какъ въ то время не были извѣстны средства для устраненія зла. Впослѣдствіи подобныя же законоположенія были изданы въ Англіи въ 1845, 1847, 1853 и 1858 гг., при чемъ законоположеніе 1853 года касается заводовъ Лондона, а законоположеніе 1858 г.—заводовъ всей Англіи. Во Франціи первое законоположеніе касательно устраненія дыма было издано въ 1854 г.<sup>1)</sup> Всѣ эти законоположенія до настоящаго времени далеко не достигли своей цѣли, но принесли ту несомнѣнную пользу, что побуждали техниковъ прискивать способы для полнаго сжиганія топлива безъ образованія дыма, что, какъ мы увидимъ ниже, въ настоящее время достигнуто изобрѣтеніемъ генераторныхъ топокъ.

---

<sup>1)</sup> Cp. Dingler's J. 1853, 134, 73, 313; 152, 336.—*Simens, Smoke-Abatement Exhibition 1881—82.*

## Дымогарныя топки.

### Литература.

*Weber.* Die rauchfreie Verbrennung der Steinkohlen. Leipzig, 1859 (8°, 57).—Общій взглядъ на дымогарныя топки и подробное описаніе топки Dumègu. Краткое извлеченіе изъ этой книги помѣщено въ *Wagner's Jahresb.* 1858, 632.

*Siemens.* Bericht über die Smoke-Abatement Exhibition London 1881—82. Berlin, 1882 (8°, 136).—Авторъ даетъ обстоятельный и интересный очеркъ важѣйшихъ дымогарныхъ топокъ для комнатныхъ печей и паровиковъ, представленныхъ на Лондонскую выставку 1881—82 гг. Общее заключеніе, къ которому приходитъ авторъ, то, что самый вѣрный и рациональный способъ для полного устраненія дыма—газовое отопленіе.

*Flimmer.* Ueber rauchfreie Verbrennung. Leipzig, 1883 (8°, 32).—Авторъ разсматриваетъ условія образованія дыма и средства для его устраненія, затѣмъ довольно подробно излагаетъ устройство обыкновенныхъ топокъ и уходъ за ними съ цѣлью сожиганія топлива безъ образованія значительнаго количества дыма и, въ заключеніе, даетъ краткій и довольно неполный очеркъ дымогарныхъ топокъ.

*Die Rauchverzehrungsfrage.* Bericht der von dem Karlsruher Bezirksverein deutscher Ingenieure zur Behandlung der Rauchverzehrungsfrage ernannten Commission. Karlsruhe, 1884 (8°, 62).—Послѣ краткаго очерка и обзора системъ дымогарныхъ топокъ, авторъ отчета приходитъ къ тому заключенію, что всѣ придуманныя многочисленныя приспособленія для устраненія дыма не достигаютъ цѣли, и что единственное радикальное средство противъ образованія дыма—это употребленіе уже обугленнаго топлива (кокса) и газовое (генераторное) отопленіе. Такъ какъ употребленіе кокса, по его дороговизнѣ, рѣдко возможно, а примененіе газоваго отопленія для нагрѣванія паровиковъ затруднительно, то авторъ отчета считаетъ единственнымъ средствомъ, если не для полного устраненія, то, по крайней мѣрѣ, для уменьшенія дыма, рациональный уходъ за обыкновенными правильно устроенными топками.

*Fischer.* Neuerung an Dampfkessel—Feuerungen. Dingl. J. 1879—1883.—Въ отчетѣ за 1879 г. собранъ достаточно полно весь сюда относящійся обширный литературный матеріалъ за прежніе годы.

Такъ какъ образованіе дыма въ обыкновенныхъ топкахъ для сожиганія твердаго топлива обуславливается, какъ сказано выше, періодическимъ забрасываніемъ топлива, вызывающимъ неполное сгораніе продуктовъ сухой перегонки, то всѣ многочисленныя предложенія, сдѣланныя для устраненія дыма, сводятся къ тому, чтобы превратить періодическій способъ забрасыванія топлива въ непрерывный, или же къ тому, чтобы способствовать сожиганію продуктовъ сухой перегонки твердаго топлива, образующихся при періодическомъ забрасываніи топлива.

Съ перваго взгляда казалось-бы, что *превращеніе періодическаго способа забрасыванія топлива въ непрерывный* можетъ быть достигнуто очень просто: стоять только помѣстить въ передней части топочнаго пространства (при закрытыхъ дверцахъ) воронку, снабженную внизу или щелью, или питающими валиками, и черезъ эту воронку постепенно и непрерывно вводить въ огневую камеру свѣжее топливо, регулируя правильный притокъ его или шириною щели, или быстротою движенія валиковъ. Но подобный способъ забрасыванія топлива не достигалъ бы своей цѣли, такъ какъ вбрасываемое топливо не было-бы равномерно распределено по поверхности рѣшетки и не могло-бы, поэтому, правильно сгорать.

Для устраненія вышеуказаннаго недостатка было предложено (Stanley, 1829) помѣщать подъ воронкой вращающіяся крылья или шейбы для равномернаго разбрасыванія топлива по поверхности рѣшетки. Топка съ такимъ приспособленіемъ представлена на фиг. 62, табл. XIX. Въ ней *a*—обозначаетъ воронку, *c*—питающіе валики, *b*—вращающіяся крылья. Уголь, прошедшій черезъ валики, захватывается вращающимися крыльями и болѣе или менѣе равномерно разбрасывается по поверхности рѣшетки.

Для той же цѣли, т. е. для равномернаго распределенія на рѣшеткѣ топлива, поступающаго въ топочное пространство черезъ воронку, было предложено сообщать колосникамъ рѣшетки поперемянное движеніе взадъ и впередъ или вверхъ и внизъ, или, наконецъ, непрерывное поступательное движеніе (*цѣпная рѣшетка*). Это послѣднее устройство рѣшетки представлено на фиг. 63, табл. XX. Колосники, расположенные поперекъ топочнаго пространства, прикрѣплены на своихъ концахъ къ двумъ параллельно лежащимъ цѣпямъ GG и образуютъ вмѣстѣ съ этими послѣдними безконечное полотно, натянутое на вращающихся восьмигранныхъ вальцахъ. Расстояніе между вальцами опредѣляетъ длину рѣшетки, которая, вслѣдствіе вращенія вальцевъ, передвигается на 1—1½ дюйма въ минуту. Вслѣдствіе этого движенія горючій матеріалъ, содержащійся въ воронкѣ, постепенно приводится въ очагъ и притомъ слоемъ опредѣленной толщины, опредѣляемой по желанію заслонкою D. Шлаки и зола сваливаются на заднемъ концѣ рѣшетки. Вся цѣпная рѣшетка и вальцы помѣщаются на телѣжкѣ I, которая, въ случаѣ необходимости (напр. ремонта), легко можетъ быть выдвинута изъ печи по рельсамъ H.

Было предложено также устраивать горизонтальныя *крутлыя рѣшетки*, приводимыя въ вращательное движеніе, и набрасывать топливо въ центръ ихъ. При вращеніи рѣшетки топливо мало по малу направляется къ краямъ рѣшетки и болѣе или менѣе равномерно распределится по ея поверхности.

Всѣ эти топки съ механическимъ забрасываніемъ топлива не полу-

чили, однако, сколько-нибудь значительнаго примѣненія, такъ какъ онѣ очень сложны, быстро портятся, и многія изъ нихъ удаляютъ изъ печи значительное количество угля, не вполне сгорѣвшаго.

Гораздо большаго вниманія заслуживаютъ предложенія достигнуть непрерывнаго и равномернаго забрасыванія топлива употребленіемъ наклонныхъ—*ступеньчатыхъ рѣшетокъ*. Подобная рѣшетка представлена на фиг. 64, табл. XX, и состоитъ изъ плоскихъ (118—120 мм. ширины и 8—12 мм. толщины) колосниковъ *a*, *a'*, *a''*, расположенныхъ ступеньками на разстояніи другъ отъ друга отъ 27—32 мм. Внизу топку закрываетъ крѣпкая силошная (или дырчатая) желѣзная плита, а вверху воронка *A*, постоянно наполненная углемъ, который медленно подвигается внизъ по мѣрѣ сгорания топлива. Притокъ воздуха къ топливу происходитъ изъ пространства *G* и можетъ быть регулированъ дверцами. Количество угля, поступающаго въ топку, зависитъ отъ наклона рѣшетки и отъ ширины нижняго отверстія воронки, и оба эти фактора опредѣляются изъ опыта для каждаго вида топлива. Въ большей части случаевъ ступеньчатымъ рѣшеткамъ придаютъ длину около 2 м., ширину 1,3 м., а наклонъ къ горизонту около  $29^\circ$  для бурого угля. Топки съ ступеньчатыми колосниками представляютъ большія выгоды: черезъ отверстія колосниковъ не могутъ проваливаться куски несгорѣвшаго угля; рѣшетка постоянно покрыта равномернымъ слоемъ угля; каждая нижняя ступенька нагреваетъ слѣдующую верхнюю, такъ что лучистая теплота, испускаемая каждою ступенькою, употребляется съ пользою и обезпечиваетъ надлежащую температуру горѣнія; питаніе топки происходитъ непрерывно безъ нарушенія правильнаго притока воздуха къ топливу. Благодаря этимъ причинамъ, ступеньчатыя рѣшетки, дающія возможность сжигать топливо почти безъ образованія дыма, получили широкое примѣненіе для сжиганія мелкаго и неспекающагося топлива (древесныхъ опилокъ, торфа и въ особенности бурого угля). Для топлива спекающагося (жирный каменный уголь) ступеньчатыя рѣшетки непригодны, такъ какъ спеканіе препятствуетъ правильному движенію топлива внизъ по рѣшеткѣ.

Ступеньчатыя рѣшетки были въ первый разъ примѣнены на австрійскихъ металлургическихъ заводахъ, и изобрѣтатель ихъ неизвѣстенъ. Подробное наставленіе для установки ступеньчатыхъ рѣшетокъ издано прусскимъ горнымъ управленіемъ и помѣщено въ *Dingl. J. 1839, Band. 154, p. 88.*

Непрерывное питаніе топки безъ нарушенія тяги можетъ быть достигнуто еще другимъ способомъ, а именно—доставляя топливо въ топочное пространство по тому же направленію, по которому притекаетъ воздухъ къ топливу, чѣмъ избѣгаютъ непосредственнаго прикосновенія свѣжаго топлива съ горящимъ.

Топки подобнаго рода давно уже употребляются въ фарфоровыхъ печахъ при отапливаніи дровами (*пультовыя топки*). Образчикъ подобной топки представленъ на фиг. 65 А и В (табл. XX). Дрова накладываются въ камеру  $a$  и покоются своими концами на выступахъ  $x$  и  $y$ . Нижній слой дровъ, подъ вліяніемъ температуры топки и горящихъ углей въ  $d$ , мгновенно разлагается: летучіе продукты разложенія воспламеняются и образуютъ мощное пламя, которое направляется сначала внизъ въ пространство  $b$ , затѣмъ черезъ дымовой ходъ  $c$  въ нагрѣвательное пространство печи. Уголь, образующійся при разложеніи дерева, падаетъ внизъ, собирается въ  $d$  и сгораетъ тамъ окончательно. Воздухъ, необходимый для сгоранія газообразныхъ продуктовъ, притекаетъ сверху черезъ промежутки между дровами, и притокъ его регулируется толщиной слоя закладываемыхъ дровъ, воздухъ же, необходимый для сгоранія угля, вступаетъ черезъ отверстіе  $o$ , которое болѣе или менѣе закрывается плитою  $p$ .

Фиг. 66, табл. XXI, представляетъ подобную топку для паровика. Топочное пространство образуетъ воронку, выложенную желѣзнымъ листомъ или чугуною плитою. Дрова опускаются въ воронкѣ вслѣдствіе собственной тяжести.

Въ пультовыхъ топкахъ сожиганіе топлива происходитъ очень совершенно и безъ образованія дыма, но онѣ пригодны всего болѣе для дровъ, менѣе для торфа и очень мало пригодны для каменнаго угля, сожиганіе котораго безусловно требуетъ рѣшетки, которая въ описанныхъ топкахъ приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ раскаленнымъ топливомъ и быстро разрушается.

Для устраненія этого неудобства были предложены (Cutler, 1815) топки, въ которыхъ, при помощи механическихъ приспособленій, свѣжій уголь подводится *подъ* слой горящаго, т. е. по направленію притока воздуха къ топливу, но топки эти не получили практическаго примѣненія.

Гораздо болѣе удачно предложеніе *Лангена* (1860 г.) достигнуть забрасыванія топлива снизу при помощи такъ-называемой *этажной рѣшетки*, представляющей сочетаніе плоской рѣшетки со ступеньчатой. Эта топка, изображенная на фиг. 67, табл. XXI, имѣетъ три наклонныя рѣшетки, расположенныя одна надъ другой на такомъ разстояніи (105—157 мм.), что черезъ промежутки между рѣшетками можетъ быть приводимо свѣжее топливо на рѣшетку по плитамъ  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Зола и шлаки собираются на плоской рѣшеткѣ  $h$  и удаляются какъ черезъ прозоры рѣшетки, такъ и черезъ отверстіе, снабженное дверцами  $p$ , открывающимися при помощи рычага. Топка Лангена обратила на себя большое вниманіе, но она получила небольшое примѣненіе и употребляется только при сожиганіи топлива, легко распадающагося на куски и неспекающагося.

Изъ только-что сказаннаго ясно, что изъ многочисленныхъ предложеній устранить образованіе дыма непрерывнымъ питаніемъ топки дѣйствительное значеніе приобрѣли только топки со ступеньчатыми колосниками для сжиганія мелкаго неспекающаго топлива, главнымъ образомъ бураго угля, и пультовые топки для дровъ.

Не болѣе удачными оказались еще болѣе многочисленныя *предложенія*, имѣющія цѣлью *устранить образованіе дыма сжиганіемъ продуктовъ сухой перегонки*, образующихся при періодическомъ забрасываніи топлива.

Для этой цѣли, начиная съ *Parin'a* (1697) и *La Hire'a* (1699), было сдѣлано огромное число предложеній впускать въ различные мѣста топочнаго пространства, обыкновенно вблизи порога, болѣе или менѣе нагрѣтый воздухъ, направляя его въ топку или по особеннымъ ходамъ, устроеннымъ въ кирпичной кладкѣ печи, или черезъ желѣзныя трубы и плиты, помѣщенные въ топочномъ пространствѣ, или, наконецъ, черезъ полые колосники рѣшетки. Принципъ устройства этого рода топокъ, извѣстныхъ подъ названіемъ *топокъ съ двойнымъ притокомъ воздуха*, будетъ понятенъ изъ фиг. 68, табл. XXI, представляющей одну изъ старѣйшихъ такихъ топокъ (Parkes, 1820). Воздухъ, направляющійся въ зольникъ, идетъ частью черезъ прозоры рѣшетки, частью же направляется черезъ щель въ порогѣ и примѣшивается къ дымогарнымъ газамъ, содѣйствуя ихъ полному сжиганію. Подобная же болѣе современная топка (Heiser, 1880) представлена на фиг. 69 А и В, табл. XXI. Въ этой топкѣ, непосредственно за порогомъ, помѣщена реторта изъ огнеупорной глины, поперечный разрѣзъ которой имѣетъ форму буквы D. Наружная поверхность реторты снабжена ребрами *a*, плотно прилегающими къ огневой коробкѣ, вслѣдствіе чего образуются каналы *b*, открывающіеся на концѣ противоположномъ порогу въ общую камеру *k*, куда открывается также каналъ *l*, приводящій воздухъ снаружи. Воздухъ этотъ сильно нагрѣвается въ камерѣ *k* и каналахъ *b* и затѣмъ смѣшивается съ пламенными газами.

Эти и имъ подобныя приспособленія для устраненія дыма основаны на томъ предположеніи, что неполное сгораніе пламенныхъ газовъ зависитъ отъ недостатка воздуха или, вѣрнѣе, кислорода въ топочномъ пространствѣ. Между тѣмъ опытъ показалъ, что въ большей части случаевъ топки работаютъ съ избыткомъ воздуха, и неполное сгораніе пламенныхъ газовъ зависитъ скорѣе отъ пониженія температуры или отъ недостаточнаго смѣшенія воздуха съ газами, на что изобрѣтатели топокъ съ двойнымъ притокомъ воздуха не обратили должнаго вниманія. Въ виду этого описываемыя топки въ большей части случаевъ не достигаютъ своей цѣли, бесполезно увеличивая количество воздуха въ продуктахъ горѣнія и тѣмъ понижая температуру горѣнія и полезное дѣйствіе топлива. Только въ тѣхъ случаяхъ,



когда къ дымогарнымъ газамъ притекаетъ воздухъ, сильно нагрѣтый, и когда онъ надлежащимъ образомъ перемѣшивается съ газами, а притокъ его надлежащимъ образомъ регулируется, тонки съ двойнымъ притокомъ воздуха даютъ удовлетворительные результаты, требуя, однако, бдительнаго надзора.

Вторая группа предложеній, сдѣланныхъ съ цѣлью содѣйствовать полному сжиганію продуктовъ сухой перегонки, содержащихся въ пламенныхъ газахъ, сводится къ стремленію поддерживать равномерную температуру и составъ газовъ въ топочномъ пространствѣ устройствомъ *топокъ съ двумя рѣшетками*, нагружаемыми свѣжимъ топливомъ попеременно. Представителемъ такого рода топокъ можетъ служить топка *Fairbairn's* (1837 и 1852), представленная на фиг. 70 А и В, табл. XXII. А и В—двѣ рѣшетки, отдѣленные другъ отъ друга стѣнкою *c*, *n*—порогъ, *m*—камера, въ которой передъ входомъ въ дымовые ходы смѣшиваются пламенные газы изъ обоихъ отдѣленій топочнаго пространства. Топливо набрасывается на рѣшетки попеременно и притомъ такъ, что когда на одной рѣшеткѣ находятся раскаленные угли, тогда на другую забрасываютъ свѣжее топливо. Этимъ достигается то, что продукты сухой перегонки, образующіеся изъ свѣжаго топлива, смѣшиваются въ камерѣ *m* съ сильно нагрѣтыми и богатыми кислородомъ продуктами горѣнія уже обугленнаго топлива и сгораютъ болѣе или менѣе полно въ дымовыхъ ходахъ.

Полнѣе достигается та же цѣль, помѣщая рѣшетки не одну возлѣ другой, а одну за другой, и заставляя газы, выдѣляющіеся изъ свѣжезаброшеннаго угля проходить надъ слоемъ уже обугленнаго топлива. Простѣйшая топка подобнаго рода (Rodda, 1838) представлена на фиг. 71, табл. XXII. Въ топкѣ этой всего одна рѣшетка, но она раздѣлена сводомъ *a* на два другъ за другомъ лежащія отдѣленія *b* и *d'*. Передъ забрасываніемъ свѣжаго угля на переднюю часть рѣшетки перегорѣвшій на ней уголь передвигаютъ на заднее отдѣленіе рѣшетки *b*. Продукты сухой перегонки изъ *d'* идутъ по узкимъ каналамъ и затѣмъ черезъ щель, находящуюся въ обѣихъ стѣнкахъ отдѣленія топки *b*, направляются къ порогу *d*, гдѣ смѣшиваются съ сильно нагрѣтыми и богатыми кислородомъ продуктами горѣнія изъ отдѣленія *b* и сгораютъ въ пламенныхъ газахъ. Число топокъ, основанныхъ на вышеприведенномъ принципѣ, очень велико, при чемъ въ болѣе новыхъ топкахъ устраиваютъ часто двѣ рѣшетки, изъ которыхъ ту, на которую забрасываютъ свѣжій уголь, помѣщаютъ выше той, на которой сжигаютъ болѣе или менѣе перегорѣвшій или коксованный уголь.

Для болѣе совершеннаго устраненія дыма было предложено не мало топокъ, въ которыхъ для сжиганія дыма примѣнены два или нѣсколько изъ только-что описанныхъ способовъ.

Представителемъ такихъ *смѣшанныхъ топокъ* можетъ служить *топка Тенбринка* (1858 <sup>1)</sup>), получившая въ различныхъ измѣненіяхъ примѣненіе, въ особенности въ постоянныхъ котлахъ, въ восточной Франціи и сосѣднихъ мѣстностяхъ. Въ этой топкѣ для сжиганія каменнаго угля одновременно примѣнены: непрерывное забрасываніе топлива, двойной притокъ воздуха и смѣшеніе продуктовъ сухой перегонки топлива съ сильно нагрѣтыми дымогарными газами. Фиг. 72, табл. XXII, представляетъ топку Тенбринка въ нѣсколько упрощенной формѣ. А—рѣшетка, наклоненная къ горизонту на 40—50°. На этой рѣшеткѣ сгораетъ уголь; зола и шлаки скопляются въ Е и закрываютъ топочное пространство снизу. Въ верхнемъ концѣ рѣшетки помѣщенъ чугунный ящикъ, который оканчивается воронкою G, постоянно наполненною углемъ, закрывающимъ топочное пространство сверху. Изъ этой воронки уголь скатывается по наклонной рѣшеткѣ по мѣрѣ того какъ онъ внизу сгораетъ. Главное горѣніе происходитъ въ нижней половинѣ рѣшетки; отсюда пламенные газы направляются надъ поверхностью свѣжаго угля, лежащаго въ верхней части рѣшетки, коксуютъ его и вмѣстѣ съ продуктами сухой перегонки проходятъ мимо чугуннаго ящика Н, черезъ который притекаетъ воздухъ, смѣшивающійся съ продуктами горѣнія и сжигающій ихъ. Притокъ воздуха регулируется клапаномъ К. Плита М закрываетъ топку спереди; въ ней кромѣ клапана К находятся дверцы N, при помощи которыхъ регулируется притокъ воздуха подъ рѣшетку. Шлаки и зола удаляются черезъ дверцы Р.

Для устраненія дыма неоднократно было предлагаемо также вдвухъ въ топку (при закрытомъ зольникѣ) *холодный или нагрѣтый воздухъ*, равно какъ и направлять въ топку (при открытомъ зольникѣ) *струи насыщеннаго или перегрѣтаго пара*. Въ обоихъ случаяхъ изобрѣтатели сулятъ большее или меньшее сбереженіе топлива.

Что касается вдвухъ холоднаго воздуха подъ рѣшетку вентиляторами или другими приборами, то оно, конечно, не можетъ увеличить теплопроизводительность топлива, но при надлежащемъ регулированіи притока воздуха можетъ содѣйствовать болѣе правильному сгоранію топлива и уменьшенію дыма, въ особенности при неправильномъ устройствѣ печи и недостаточной въ ней тягѣ. Тѣмъ не менѣе, однако, правильное регулированіе притока воздуха представляетъ на практикѣ большія затрудненія, а потому вышеуказанное приспособленіе рѣдко достигаетъ цѣли.

Горячее дутье съ успѣхомъ употребляется въ кузницахъ и домен-

<sup>1)</sup> Tenbrink—Dingl. J. 1858, 150, 188; 1863, 167, 241; 171, 324; 1877, 224, 245; 1883, 248, 53.

ныхъ печахъ для возвышенія температуры пламенныхъ газовъ, но оно трудно и рѣдко примѣнимо въ обыкновенныхъ топкахъ.

Многочисленные предложенія <sup>1)</sup> увеличить полезное дѣйствіе топлива и устранить образованіе дыма вдуваніемъ въ топочное пространство насыщеннаго или перегрѣтаго (500°) пара, безъ или въ смѣси съ воздухомъ, нельзя считать цѣлесообразными въ обыкновенныхъ топкахъ. Если въ нѣкоторыхъ случаяхъ впусканіе струи пара въ топочное пространство давало хорошіе результаты, то это обуславливалось усиленіемъ тяги, болѣе совершеннымъ перемѣшиваніемъ пламенныхъ газовъ и увеличеніемъ длины пламени. Впусканіе пара (даже перегрѣтаго) въ топочное пространство ни въ какомъ случаѣ не увеличиваетъ теплопроизводительную способность топлива, такъ какъ на превращеніе воды въ окись углерода и водородъ требуется то же количество теплоты, какое образуется при сжиганіи этихъ газовъ.

Замѣчу здѣсь кстати, что по той же самой причинѣ нельзя считать рациональнымъ часто предлагаемое смачиваніе топлива водою. Подобное смачиваніе топлива водою не только не увеличиваетъ полезное дѣйствіе топлива, а уменьшаетъ его, требуя опредѣленнаго количества тепла на превращеніе воды въ паръ и на нагрѣваніе этого послѣдняго (Schmidt, 1872; Fischer, 1873).

Для устраненія дыма было предложено, наконецъ, *промываніе водою пламенныхъ газовъ*, уходящихъ въ трубу. Способъ этотъ можетъ устранить изъ дыма взвѣшенныя твердыя тѣла, но онъ не улучшаетъ процесса горѣнія, сильно уменьшаетъ тягу въ трубѣ (вслѣдствіе охлажденія газовъ) и кромѣ того требуетъ значительныхъ расходовъ какъ на механическую силу, такъ и на устройство и ремонтъ приспособленій, служащихъ для промыванія дыма.

Что образованіе дыма въ обыкновенныхъ топкахъ можетъ быть вполне устранено сжиганіемъ въ нихъ обугленныхъ матеріаловъ (кокса, древеснаго и торфянаго угля) понятно само собою, но употребленіе этихъ матеріаловъ, по крайней мѣрѣ въ настоящее время, слишкомъ дорого и въ рѣдкихъ случаяхъ возможно.

---

<sup>1)</sup> Evans (1824), Gilman и Sowerby (1825), Nasmyths (1827), Schafhäütl (1836), Thomas (1837), Fyfe (1837), Jveson (1838), Loyer и Dartois (1839), Chappé (1840), Кумер и Leighton (1843), Hazard (1855), Maire и Vallée (1859), Clark (1860), Thierry (1863), Naylor (1867), Sadler (1868), Juilliard (1880), Orvis (1881), Sloper (1883). Особенное вниманіе обратили на себя топки Jveson'a, Clark'a и Thierry. Объ этой послѣдней топкѣ имѣется очень благоприятный отзывъ Tresca и Silbermann'a (1863). Противъ цѣлесообразности вдуванія пара въ топочное пространство высказались: Henderson (1839), Burnat (1866), Schinz (1864) и Nöggerath (1864).

Сопоставляя все вышесказанное, не трудно видѣть, что всѣ попытки сжигать твердое топливо въ обыкновенныхъ топкахъ безъ образованія дыма не увѣчались полнымъ успѣхомъ, главнымъ образомъ—вслѣдствіе физическихъ свойствъ топлива, не допускающихъ тѣснаго смѣшиванія его съ воздухомъ и надлежащаго регулированія притока этого послѣдняго. Болѣе совершенное сжиганіе топлива могло-бы быть достигнуто или предварительнымъ превращеніемъ топлива въ мелкій порошокъ, или же превращеніемъ топлива въ газъ. Оба эти способа сжиганія топлива были предложены, при чемъ второй получилъ въ настоящее время широкое при-  
мѣненіе.

---

## Сожиганіе твердаго топлива въ видѣ мелкаго порошка.

Предложеніе сожигать твердое топливо въ видѣ мелкаго порошка было сдѣлано давно <sup>1)</sup>, но практически этотъ вопросъ былъ разрѣшенъ въ первый разъ Уильямъ и Стореромъ (1867) въ Америкѣ и Кремптономъ (1869) въ Англии.

Печь *Whelpley* и *Storer*'а подробно описана *Dutton*'омъ въ *J. of the Franklin Inst.* за 1871 г., а вкратцѣ въ статьѣ *Schinz*'а, помѣщенной въ *Ding. J.* за 1872 г. (Bd. 206, p. 125), въ которой авторъ критически разбираетъ систему печи *W. и S.*, а также печи *Crampton*'а. Подробное описаніе печи *Crampton*'а помѣщено въ *Ding. J.* за 1869 г. (Bd. 193, p. 293) и въ статьѣ *Maw* (*Ding. J.* 1871, Bd. 200, p. 358).

Способы, предложенные названными изобрѣтателями для сожиганія твердаго топлива, отличаются другъ отъ друга только въ частностихъ и состоятъ въ томъ, что топливо превращаютъ въ мелкій порошокъ (величина зеренъ—максимумъ 0,3 мм., всего чаще 0,05 мм.) и вдуваютъ струею воздуха въ топочное пространство, гдѣ оно очень быстро и совершенно сгораетъ при относительно незначительномъ избыткѣ воздуха.

Схема топки *Кремптона* представлена на фиг. 73, табл. XXIII. С—воронка съ питающими валиками для приведенія измельченнаго угля, В—трубка, черезъ которую вдувается воздухъ при помощи вентилятора, А—топочное пространство, объемъ котораго рассчитанъ такъ, чтобы уголь имѣлъ достаточное время для своего полного сгоранія и не уносился вмѣстѣ съ шлаками въ дымовые ходы. При началѣ операціи топочное пространство нагрѣваютъ докрасна, сожигая въ немъ дрова, а затѣмъ приступаютъ къ вдуванію струи воздуха и порошкообразнаго топлива. Измельченіе топлива (каменнаго угля) производятъ въ особенныхъ аппаратахъ, а именно или между валами и жерновами (*Crampton*), или въ специальныхъ дезинтеграторахъ (*Whelpley* и *Storer*).

Выгода этихъ топокъ состоитъ, очевидно, въ огромной площади соприкосновенія между воздухомъ и порошкообразнымъ топливомъ, вслѣд-

<sup>1)</sup> Первый патентъ подобнаго рода взятъ въ Англии, въ 1831 г.

ствіе чего притокъ воздуха можетъ быть уменьшенъ почти до теоретическаго количества, чѣмъ значительно возвышается пирометрическій эффектъ и полезное дѣйствіе топлива. Какъ и другія печи съ дутьемъ, печи описанной системы допускаютъ сожиганіе въ единицу времени и въ единицѣ пространства большаго количества топлива, что, въ свою очередь, содѣйствуетъ также производству высокой температуры. И, дѣйствительно, печи описанной системы дали прекрасные результаты, въ особенности тамъ, гдѣ требуется очень высокая температура (металлургическія и стеклоплавильныя печи). Главный недостатокъ отопленія порошкообразнымъ топливомъ состоитъ въ трудности и издержкахъ по измельченію топлива, которое, кромѣ того, должно быть хорошихъ качествъ и содержать мало золы. Всѣ эти недостатки устраняются генераторнымъ (газовымъ) отопленіемъ, къ описанію котораго мы теперь переходимъ.

---

## Сожиганіе твердаго топлива въ видѣ газа.

(Генераторное отопленіе).

### Л и т е р а т у р а .

*Krans, K.* Etude sur le four à gas et à chaleur régénérée. Paris (безъ обозначенія года (8°<sub>92</sub>)).

Первое кап тальное сочиненіе о генераторныхъ топкахъ, послужившее основаніемъ для всѣхъ послѣдующихъ сочиненій.

*Steinmann.* Compedium der Gasfeuerung, 2 Aufl. Freiburg, 1876 г. (8°<sub>107</sub>).

———— Bericht über die neusten Fortschritte der Gasfeuerungen. Berlin, 1879 (8°<sub>49</sub>).

*Ramdohr.* Die Gasfeuerung. I—II Th. Halle, 1875—77 (8°<sub>115+202</sub>).

Первая часть составлена по сочиненію *Fichet*, вторая составлена самостоятельно. Самое полное и основательное сочиненіе по генераторнымъ топкамъ.

*Stegmann.* Gasfeuerung und Gasofen. Berlin, 1881 (8°<sub>266</sub>).

*Dürne.* Ueber Regeneration und Recuperation. Deutsche Industrie Zeitung 1878, 296, 303, 313, 324, 333. Основательный обзоръ генераторныхъ топковъ. Довольно подробное извлеченіе изъ этой статьи помѣщено въ *Wagner's Jahressb.* 1877, 1113.

*Bunte.* Versuche über die Leistungsfähigkeit der Cokegeneratoren. Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1878, 62, 90, 386, 421; 1879, 110, 147, 274, 312, 346, 375. Статьи эти содержатъ изложеніе опытовъ *Bunte* надъ приимѣненіемъ генераторовъ къ сожиганію различныхъ германскихъ коксовъ, предпринятыхъ имъ по порученію комиссін, назначенной въ 1877 г. Германскимъ обществомъ по газовому и водопроводному дѣлу для названной цѣли. Отчетъ комиссін, содержащій очень дѣльное сопоставленіе результатовъ, добытыхъ *Bunte*, помѣщенъ въ *J. f. Gasb. und Wasserversorgung* за 1879 годъ, стр. 462.

*F. Simens.* Heizverfahren mit freier Flammen-Entfaltung. Berlin, 1885 (8°<sub>31</sub>).

На русскомъ языкѣ отдѣльнаго сочиненія, обнимающаго газовое отопленіе во всей его совокупности, мнѣ неизвѣстно. Въ горномъ журналѣ, начиная съ 1871 года, помѣщено нѣсколько статей по этому вопросу, главнымъ образомъ касательно регенеративныхъ печей для металлургическихъ цѣлей. Изъ статей болѣе общаго содержанія заслуживаютъ вниманія слѣдующія:

*Скиндеръ.* Регенеративныя печи Сименса, основанія ихъ устройства и значеніе ихъ для сварочнаго производства на древесн. горючемъ матеріалѣ (*Горн. Ж.* 1873, III, 1—93). Авторъ дѣлаетъ краткое критическое сопоставленіе наиболѣе заслуживающихъ вниманія литературныхъ трудовъ (*Кранца, Сименса, Викара, Штейнмана* и др.). Затѣмъ разсматриваетъ значеніе каждой части регенеративной печи съ теоретической точки зрѣнія и, наконецъ, сообщаетъ тѣ практическія наблюденія, которыя ему удалось сдѣлать лично.

*Корландеръ.* Очеркъ современной генерации и конденсации газовъ для регенеративныхъ печей въ Швеции (Горн. Ж. 1880, III, 267—303). Статья содержитъ описаніе генераторовъ и конденсатора Вьёрлуида для удаленія смоль и водяныхъ паровъ изъ регенераторныхъ газовъ, способъ улавливанія и составъ генераторныхъ газовъ по анализамъ Тамма, Римана и друг. шведскихъ ученыхъ, полезное дѣйствіе конденсаторовъ и условія добыванія изъ дровъ и опилокъ генераторныхъ газовъ съ наибыводнѣйшимъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія.

*Лемтицкій.* Газообразный горючій матеріалъ, различные виды его и способы его полученія (Горн. Ж. 1883, III, 1—45).—Авторъ описываетъ генераторы новѣйшаго устройства и приборы для полученія водянаго (водороднаго) газа, а въ заключеніе даетъ сопоставленіе достоинствъ и недостатковъ свѣтлительнаго, водянаго и генераторнаго газовъ.

*Лебедевъ Н.* Теоретическія основанія устройства регенеративной печи. Слб. 1878. *Ею-же.* „О горѣніи угля“ (Горн. Ж. 1881, I, 234).—Авторъ излагаетъ теорію горѣнія, и на основаніи ея предлагаетъ особенный способъ регенерации продуктовъ горѣнія, состоящей въ томъ, что часть выходящихъ изъ печи газовъ направляется въ цилиндръ, наполненный древеснымъ углемъ и нагреваемый другою частью выходящихъ газовъ. При этихъ условіяхъ, по мнѣнію автора, углекислота, содержащаяся въ части продуктовъ горѣнія, выпускаемой въ цилиндръ, превращается въ окись углерода, которая въ прикосновеніи съ раскаленнымъ углемъ при обратномъ входѣ въ печь разлагается на углеродъ и углекислоту, приобретающую свою прежнюю температуру. Насколько мнѣ извѣстно, способъ регенерации автора не былъ имъ развитъ подробнѣе и не былъ примѣненъ на практикѣ.

Сущность генераторнаго способа отопленія состоитъ въ томъ, что два процесса, происходящіе въ обыкновенныхъ топкахъ одновременно — превращеніе топлива въ газъ и сжиганіе этого послѣдняго — происходятъ здѣсь разновременно и въ различныхъ мѣстахъ. Твердое топливо въ небольшихъ шахтовыхъ печахъ (*генераторахъ*) при слабомъ притокѣ воздуха превращается въ газъ, который затѣмъ смѣшивается съ соответственнымъ количествомъ воздуха и сжигается въ топочномъ или нагревательномъ пространствѣ. Выгоды этого способа очевидны: онъ даетъ возможность употреблять съ пользою любой горючій матеріалъ, даже очень низкаго достоинства, легко регулировать пламя и ограничить притокъ воздуха почти до теоретическаго количества (необходимый избытокъ не превышаетъ 10—20%) и тѣмъ возвысить полезное дѣйствіе топлива и температуру пламенныхъ газовъ при полномъ устраненіи дыма.

Первая попытка примѣнить газообразный горючій матеріалъ въ заводскомъ дѣлѣ относится къ началу текущаго столѣтія, когда во Франціи *Aubertot* (1809—1811) не безъ нѣкотораго успѣха примѣнилъ доменные газы, содержащіе значительное количество окиси углерода, къ нагреванію печей, служащихъ для металлургическихъ операций (напр. для обжиганія рудъ), не требующихъ слишкомъ высокой температуры. Попытка *Aubertot* нашла себѣ много подражателей, но на примѣненіе доменныхъ газовъ обратили особенное вниманіе только тогда, когда *Fabre du Faour* (1832—37) удалось примѣнить доменные газы въ различныхъ операціяхъ желѣзнаго производства, и когда *Bunsen* (1839) точнѣе



опредѣляли составъ этихъ газовъ. На практикѣ, однако, вскорѣ обнаружилось, что доменные газы не могутъ быть съ пользою употребляемы для названной цѣли, такъ какъ по анализамъ *Vinzen's*, *Ebelmen's* и др. (см. ниже) только въ нижнихъ частяхъ домы образуются газы съ значительнымъ содержаніемъ горючихъ веществъ (СО, Н, С<sup>н</sup>Н<sup>м</sup>), отведеніе которыхъ изъ печи оказываетъ вредное вліяніе на ходъ плавки. Газы же изъ высшихъ частей домы, которые безъ вреда для плавки могутъ быть отведены, представляютъ горючій матеріалъ низкаго достоинства. Вслѣдствіе этого была оставлена мысль примѣнять доменные газы къ производствамъ, требующимъ высокую и постоянную температуру (сварочное, пудлинговое), и въ настоящее время отводятъ газы изъ доменныхъ печей немного ниже колошника, и послѣ предварительнаго очищенія отъ пыли и водяныхъ паровъ, употребляютъ ихъ, какъ это было впервые предложено *Aubertot*, для такихъ операцій, которыя требуютъ сравнительно низкую температуру (парфв. паровиковъ, обжиганіе рудъ и т. д. <sup>1)</sup>).

Если, такимъ образомъ, предложеніе *Fabre du Faure's* не увѣнчалось полнымъ успѣхомъ, то тѣмъ не менѣе оно, повидимому, дало толчекъ къ изобрѣтенію генераторнаго отопленія, такъ какъ въ концѣ тридцатыхъ годовъ генераторная печь была построена *Bischoff'омъ* въ *Mägdesprung'ѣ* (Гарцъ) и *Thomas'омъ* и *Laurens'омъ* во Франціи. Дальнѣйшія усовершенствованія и развитіе генераторно-газоваго отопленія относятся уже къ болѣе новому времени, и главныя заслуги въ разработкѣ этого вопроса принадлежатъ *Ebelmen'у* (1842—1851), *Schinz'у* и въ особенности *Fridrich'у Siemens'у* (съ 1856 г.) въ Дрезденѣ, окончательно разрѣшившему задачу превращенія твердаго топлива въ газъ и обезпечившему примѣненіе этого послѣдняго на практикѣ.

Приборы, въ которыхъ твердое топливо превращается въ газъ, извѣстны подъ названіемъ *генераторовъ*, и они представляютъ родъ шахтовыхъ печей, сложенныхъ изъ кирпича на глинѣ и выложенныхъ извнутри огнеупорнымъ (шамотовымъ) кирпичемъ. Форма ихъ болѣе или менѣе цилиндрическая или же воронкообразная при кругломъ или 4-хъ-угольномъ поперечномъ сѣченіи. Генераторы снабжены обыкновенно рѣшеткой—или плоской, или ступеньчатой, при чемъ перваго рода рѣшетка употребляется для сожиганія неспекающагося топлива въ крупныхъ кускахъ, втораго же рода рѣшетка—для мелкаго топлива, не допускающаго (безъ искусственнаго дутья) толстаго слоя засыпи. Для сожиганія топлива средней крупности и спекающагося употребляютъ или плоскія, или дугообразно-изогнутыя рѣшетки, помѣщенныя наклонно <sup>2)</sup>. Размѣръ рѣшетки опредѣляется природою топлива.

Для сожиганія 1 кило каменнаго угля въ часъ считаютъ обыкновенно 0,01 кв. м. площади рѣшетки, при чемъ, однако, общая поверхность рѣшетки не должна превышать 2 кв. м. Если количество газа, образующееся

<sup>1)</sup> Сопоставленіе литературы и описаніе послѣднихъ усовершенствованій касательно примѣненія доменныхъ газовъ можно найти въ статьѣ *Fischer's*, помѣщ. въ *Dingl. J.* 1884 (Band 254, p. 254).

<sup>2)</sup> Рѣшетки подобнаго рода нѣмцы называютъ „пультowymi“ (*Pultroste*); ихъ не слѣдуетъ смѣшивать съ пультowymi топками, описанными выше (стр. 353).

при указанной величинѣ рѣшетки, недостаточно, то лучше устроить два меньшихъ генератора, чѣмъ одинъ большой, уходя за которымъ затруднителенъ. Живое сѣченіе рѣшетки для каменнаго угля составляетъ обыкновенно при плоской рѣшеткѣ  $\frac{1}{3}$ , а при ступеньчатой рѣшеткѣ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  общей поверхности рѣшетки. Высота слоя засыпи, смотря по роду топлива и его крупности, различна; она больше для жирныхъ каменныхъ углей, чѣмъ для тощихъ и больше для крупнаго каменнаго угля, чѣмъ для мелкаго. Вообще высота слоя засыпи колеблется для каменнаго угля при вышеуказанномъ размѣрѣ рѣшетки между 0,60—0,90 м.; для кокса высота слоя засыпи доходитъ до 1 м.

При сжиганіи дровъ и даже торфа въ генераторахъ устройство рѣшетки не необходимо, такъ какъ матеріалы эти содержатъ значительное количество кислорода и требуютъ, поэтому, для своего превращенія въ газъ незначительнаго количества воздуха, которое можетъ быть приведено въ генераторъ черезъ нѣсколько отверстій, сдѣланныхъ въ нижней части генератора.

Воздухъ, необходимый для превращенія топлива въ газъ, приводится въ генераторъ или при помощи трубы (какъ въ обыкновенныхъ топкахъ), или же дутьемъ подъ давленіемъ отъ 30 до 267 мм. водянаго столба. Первый способъ проще и удобнѣе второго, но зато при дутьѣ ходъ генератора не зависитъ отъ атмосферныхъ вліяній, и количество газа, даваемого генераторомъ, будетъ всегда постоянно. Въ виду этого дутье употребляютъ въ томъ случаѣ, если желаютъ получать очень высокую и равномерную температуру (въ металлургіи), или если употребляютъ мелкій горючій матеріалъ, представляющій значительное сопротивленіе прохождению воздуха, такъ-что при естественной тягѣ пришлось-бы употребить слой горючаго матеріала, высота котораго (слой) была-бы недостаточна для полученія газа надлежащихъ качествъ. Для дутья употребляютъ или воздуходувныя машины (на металлургическихъ заводахъ при одновременномъ дѣйствіи нѣсколькихъ генераторовъ), или вентиляторы, или же паровые инжекторы (при одиночныхъ генераторахъ).

Генераторъ помѣщаютъ обыкновенно ниже нагрѣвательнаго пространства, чтобы облегчить тѣмъ правильный подъемъ газовъ въ это послѣднее и забрасываніе топлива въ генераторъ. Трубы, отводящія генераторные газы въ нагрѣвательное пространство, дѣлаютъ изъ кирпича и снабжаютъ ихъ приспособленіями для отвода стущающихся въ нихъ паровъ воды и смоль, въ особенности, если отводящимъ трубамъ придаютъ значительную длину съ цѣлью освободить газы по возможности отъ водяныхъ паровъ и смоль, уменьшающихъ полезное дѣйствіе газовъ, засаривающихъ газопроводы и затрудняющихъ правильное дѣйствіе заслонокъ и регистровъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ (почти исключительно въ Швеціи) изъ генера-

торныхъ газовъ удаляютъ названными примѣси при помощи конденсаторовъ, въ которыхъ газы охлаждаются дѣйствіемъ холодныхъ смѣнокъ, безпрерывно омываемыхъ водою, при чемъ движеніе газовъ и воды противоположны <sup>1)</sup>.

Количество воды и смоль, образующееся въ генераторахъ, находится въ непосредственной зависимости отъ сорта и влажности горючаго матеріала, на которомъ работаетъ генераторъ. Влажность въ этомъ отношеніи имѣетъ въ особенности значеніе, такъ какъ понятно, что хорошій уголь, содержащій 5—7% воды, дастъ меньше воды, чѣмъ торфъ съ содержаніемъ воды до 60—70%.

Вода и смолы, получающіяся при работѣ генератора на торфѣ и деревѣ, были изслѣдованы ближе *Лидовымъ* (1885). При стояніи продуктовъ, сгустившихся въ газопроводныхъ трубахъ генератора, происходитъ раздѣленіе ихъ на два слоя: нижній, состоящій изъ тяжелой смолы, и верхній—состоящій изъ воды, въ которой растворены различныя органическія соединенія, а также нѣкоторое количество смолы. Этотъ верхній слой носитъ названіе „подсмольной воды“, хотя вѣрнѣе было-бы назвать его „надсмольною водою“. Подсмольная вода представляетъ темную жидкость съ слабо кислою, почти нейтральною, реакціею и удѣльный вѣсъ ея колеблется отъ 1,016 до 1,027. Составъ ея измѣняется, смотря по топливу и условіямъ перегонки. *Лидовъ* изслѣдовалъ двѣ подсмольныя воды—одну полученную при работѣ генератора на одномъ торфѣ, содержавшемъ 30—35%  $H_2O$  (I), другую—полученную при работѣ генератора на смѣси торфа, содержащаго 50—60%  $H_2O$ , съ дровами (II), и нашелъ для нихъ слѣдующій составъ:

	I	II
Удѣльный вѣсъ . . . . .	1,024	1,018
Сухаго остатка въ литрѣ при 120° . . . . .	36,5 гр.	12,44 гр.
„ „ въ % . . . . .	3,56%	1,22%
Муравьиной кислоты . . . . .	0,72	0,29
Уксусной кислоты . . . . .	0,49	0,17
Жири. кисл. высок. част. вѣса . . . . .	0,93	0,40
Амміака . . . . .	0,44	0,13
Органическихъ щелочей . . . . .	0,21	—
Индифферентныхъ азотистыхъ веществъ . . . . .	0,02	—
Фенола . . . . .	0,24	—
Древеснаго спирта . . . . .	0,08	0,04
Золы . . . . .	0,06	0,03

Кромѣ того въ водѣ I было найдено 0,39% (по разности) креазотистыхъ веществъ, углекислоты, ацетона, синеродистыхъ и другихъ ближе неопредѣленныхъ соединеній, а въ водѣ II—0,10% органическихъ щелочей, креазотистыхъ веществъ, углекислоты и другихъ ближе неопредѣленныхъ соединеній. Смола въ генераторахъ, работающих торфомъ, выдѣляется въ двухъ совершенно различныхъ типахъ. Одна, выдѣляющаяся непосредственно изъ генератора, представляетъ густую жидкость, немедленно по охлажденіи застывающую въ совершенно твердую, ломкую, черную массу, и другая полужидкая, выдѣляющаяся вмѣстѣ съ водою изъ газопроводныхъ трубъ. Насколько можно судить по вѣ-

<sup>1)</sup> Сравни статью Коріандера, Горн. Ж. 1880, III, 267.

которымъ предварительнымъ опытамъ, эта послѣдняя смола имѣетъ составъ весьма близкій къ составу подсмольной воды, т. е. представляетъ солеобразное соединеніе жирныхъ кислотъ высокаго частичнаго вѣса и легко летучихъ феноловъ съ сложными амміаками изъ пиридинового ряда (Лидовъ).

Послѣ этихъ общихъ замѣчаній о генераторахъ рассмотримъ теперь ближе нѣкоторые изъ нихъ.

Фиг. 74 *a, b, c* (табл. XXIII) изображаетъ типичный генераторъ для дровъ (Ziebarth и Pütsch'a), представляющій шахтовую печь, удачно видоизмѣненную для специальной цѣли. Суженіемъ къ низу принято во вниманіе значительное уменьшеніе объема дровъ вслѣдствіе обугливанія, а наклонный подъ облегчаетъ удаленіе золы и шлаковъ, равно какъ и восхожденіе газовъ къ отводному каналу *E*. Рѣшетки генераторъ не имѣетъ, и воздухъ притекаетъ къ топливу черезъ отверстія *aa*. Черезъ тѣ же отверстія удаляется зола, которая при правильномъ ходѣ работы расплавляется и легко удаляется изъ печи при содѣйствіи кочерги. Воронка для забрасыванія дровъ (*A*) отдѣлена отъ генератора заслонкою *B* и постоянно наполнена по возможности сухими дровами, измельченными на небольшіе куски равной величины (длиною 150—330 мм.), тщательно перемѣшанными съ древесными опилками, чѣмъ увеличивается герметичность затвора. Каналь, отводящій газы генератора, снабженъ заслонкою *c*. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ генераторъ помѣщаютъ рѣшетку, въ особенности если приходится употреблять смолистыя дрова.

Фиг. 75 (табл. XXIV) представляетъ очень цѣлесообразный и испытанный генераторъ для бурого и каменнаго угля (Ziebarth и Pütsch'a). Устроенный также на подобіе шахтовой печи, генераторъ этотъ имѣетъ внизу квадратное, а сверху—круглое сѣченіе. Переходъ одной формы сѣченія въ другую происходитъ постепенно. Рѣшетка горизонтальная, и наблюденіе и уходъ за нею очень удобны. Каналь, отводящій газъ, лежитъ по возможности высоко и снабженъ заслонкою, помѣщенной непосредственно за печью. Забрасываніе топлива происходитъ черезъ короткій чугунный цилиндръ, вдѣланный въ сводъ, окружающій верхнюю часть генератора. Отверстіе, служащее для забрасыванія топлива, закрыто полымъ чугуннымъ конусомъ, удерживаемымъ въ своемъ положеніи противовѣсомъ и покрытомъ сверху углемъ для увеличенія герметичности затвора. Высота слоя засыпи опредѣляется изъ опыта, и она можетъ мѣняться, смотря по крупности и другимъ свойствамъ топлива. Во всякомъ случаѣ описанный генераторъ можетъ работать на довольно крупномъ топливѣ, допускающемъ высоту засыпи *minimum* 0,4 м. и *maximum* 0,5 м.

Фиг. 76 (табл. XXIV) представляетъ генераторъ со ступеньчатой рѣшеткой, употребляющійся преимущественно при сожиганіи мелкаго землис-

таго бурого угля, торфа, каменноугольной мелочи и т. п. Топливо забрасывается через воронку *b*, скользит сначала по наклонной стѣнкѣ *i*, гдѣ оно высушивается и нагревается, затѣмъ переходитъ на колосники рѣшетки (*g*) и въ топочномъ пространствѣ *a* превращается въ газъ. Для правильного хода образованія газа, въ этомъ и ему подобныхъ генераторахъ, большое значеніе имѣетъ наклонъ стѣнки *i* и рѣшетки къ горизонту, равно какъ и разстояніе между стѣнками *i* и *e*, опредѣляющими правильное поступленіе топлива въ пространство *a*. Что касается до наклона, то стѣнка *i* образуетъ обыкновенно съ горизонтомъ уголъ въ  $40^{\circ}$ , а рѣшетка *g*—уголъ около  $40^{\circ}$  для землистаго бурого угля и  $50-55^{\circ}$  для другихъ мелкихъ видовъ топлива. Ширину прохода между стѣнками *i* и *e* дѣлаютъ для бурого угля и каменноугольной мелочи отъ 26—31 см.

Фиг. 79 *a* и *b*, табл. XXV, представляетъ испытанный генераторъ для сожиганія кокса и служащій для нагреванія реторты при добываніи свѣтильнаго газа. Въ этомъ генераторѣ рѣшетка замѣнена щелью *g*, черезъ которую доставляется воздухъ къ топливу и стекаютъ шлаки и зола въ расплавленномъ видѣ. Коксъ забрасывается въ генераторъ черезъ отверстіе *a*, закрываемое крышкой *b* съ гидравлическимъ затворомъ. Нагреваніе воздуха, служащаго для сожиганія генераторныхъ газовъ, производится въ каналахъ *ff*, снабженныхъ заслонками.

Фиг. 78, табл. XXV, представляетъ генераторъ (Lundin'a) для сожиганія древесныхъ опилокъ, работающій дутьемъ. *A*—пространство, въ которомъ топливо, вбрасываемое черезъ воронку *a*, превращается въ газъ, *e*—наклонная, а *d*—горизонтальная рѣшетка. Воздухъ, необходимый для превращенія топлива въ газъ, приводится черезъ трубку *b* и направляется затѣмъ трубкою *c*, какъ подъ наклонную, такъ и подъ горизонтальную рѣшетки.

Процессъ, происходящій въ этихъ и имъ подобныхъ генераторахъ при превращеніи твердаго топлива въ газъ, до сихъ поръ не объясненъ съ надлежащей точностью. Обыкновенно принимаютъ, что въ томъ мѣстѣ, гдѣ воздухъ непосредственно прикасается къ топливу, лежащему на рѣшеткѣ, образуются (кромя золы) углекислота и вода, которыя, вмѣстѣ съ азотомъ и избыткомъ кислорода, поднимаются вверхъ черезъ слой раскаленнаго топлива, гдѣ газы окончательно лишаются кислорода, вода превращается въ водородъ и окись углерода, а углекислота—въ окись углерода. Образовавшіеся такимъ образомъ окись углерода и водородъ съ неизмѣнившимся азотомъ поднимаются далѣе и смѣшиваются съ водянымъ паромъ, углеродистыми водородами и другими продуктами сухой перегонки, образующимися вслѣдствіе нагреванія верхнихъ слоевъ топлива нижними раскаленными. Какъ ни просто и удобно подобное объясненіе, оно, однако, не вполне согласно съ имѣющимися въ

настоящее время фактами. Въ самомъ дѣлѣ, въ настоящее время нельзя принять, что при сжиганіи угля, даже при достаточномъ притокѣ воздуха, образуется непосредственно углекислота и вода, такъ какъ при этомъ процессѣ выдѣляется такое большое количество тепла, которое нагрѣло бы продукты горѣнія до температуры, при которой они распались бы: вода на водородъ и кислородъ, а углекислота—на окись углерода и кислородъ. Въ виду этого, нужно предположить, что при горѣніи угля на рѣшеткѣ генератора образуются не углекислота и вода, а окись углерода и водородъ, которые, вмѣстѣ съ азотомъ и свободнымъ кислородомъ, поднимаются по слою раскаленного угля, гдѣ они лишаются свободного кислорода, окисляющаго новую часть угля, и затѣмъ попадаютъ въ болѣе холодные слои топлива, гдѣ смѣшиваются съ продуктами сухой перегонки этого послѣдняго.

Газъ, уходящій изъ генератора, состоитъ главнымъ образомъ изъ окиси углерода и азота съ примѣсью небольшихъ количествъ водорода и углеродистыхъ водородовъ, а также угольной кислоты и кислорода, вслѣдствіе неполноты реакціи въ раскаленномъ слоѣ топлива генератора. Вотъ составъ генераторныхъ газовъ, полученныхъ изъ различныхъ видовъ топлива, по анализамъ *Эбельмена* (1843).

Газъ, полученный изъ:	Въ 100 объемахъ газа содержалось объемовъ:				Въ 100 вѣсовыхъ частяхъ газа содерж. вѣс. частей.			
	N	CO	CO <sup>2</sup>	H	N	CO	CO <sup>2</sup>	H
Древеснаго угля . . . . .	63,4	33,3	0,5	2,8	64,9	34,1	0,8	0,2
Дерева I . . . . .	50,1	32,4	7,2	10,2	53,2	11,6	34,5	0,7
„ II . . . . .	50,0	19,0	13,2	17,8	55,5	22,0	21,2	1,3
Торфа . . . . .	61,5	21,8	9,1	7,6	63,1	22,4	14,0	0,5
Кокса . . . . .	64,1	33,5	0,8	1,5	64,8	33,8	1,3	0,1

Въ новѣйшее время генераторные газы были послѣдованы *Nehse* (1870), *Stöckmann*'омъ (1876 <sup>1</sup>) и *Таммомъ* (1876—77 <sup>2</sup>). Вотъ результаты, полученные названными изслѣдователями:

<sup>1</sup>) *Stöckmann*. Die Gase des Hohofens und der Siemens-Generatoren. Ruhrort, 1876 (8<sup>o</sup>, 59).

<sup>2</sup>) Анализы и изслѣдованія *Тамма* помѣщены въ статьѣ *Карландера* (Горн. Ж. 1880, III, p. 267).

	Удельный вѣсь.	100 объемовъ газа содержать:						
		CO <sup>2</sup>	CO	Углеродист. водор.	H	O	N	H <sup>2</sup> O
<b>Газъ изъ каменнаго угля.</b>								
Различн. кам. угли съ употребле- ниемъ водни. пара. . . . .	—	3,0	17,0	3,0	5,0	0,1	55,0	—
отъ . . . . .	—	10,0	22,0	6,0	17,0	3,0	65,0	—
до . . . . .	—	4,1	23,7	2,2	8,0	0,4	61,5	—
Среднее для слаб. спек. угли. . . . .	—	4,1	23,7	2,2	8,0	0,4	61,5	—
<i>Генераторные газы, питающие сварочную печь.</i>								
Камен. уголь пламен. (C—83,60; H—5,08; O и N—11,32%; № 1) . . . . .	—	7,35	19,79	1,13	5,24	—	60,82	5,67
Камен. уголь пламен. (C—84,18; H—5,23; O и N—10,59; № 2) . . . . .	—	5,42	22,24	2,02	4,56	—	62,39	3,17
Смѣсь № 1 и 2 . . . . .	—	5,84	19,82	2,41	6,96	—	61,06	3,91
<i>Генераторные газы, питающие печь Мартина.</i>								
Смѣсь кам. угля № 1 и 2 . . . . .	—	7,43	18,81	2,04	5,54	—	62,57	3,61
То же . . . . .	—	6,92	19,25	2,31	4,92	—	62,01	4,59
Камен. уголь тощей, непригодный для генератора . . . . .	—	6,23	20,68	1,90	7,49	—	59,16	4,54
<b>Газъ изъ торфа.</b>								
Торфъ (H <sup>2</sup> O—19,20; летуч. вещ. . . . .	0,8859	8,66	20,92	2,91	13,11	0,41	53,99	—
59,16, угля—30,94, золы 9,90) . . . . .	0,9154	4,75	27,07	1,98	7,81	0,80	57,59	—
Торфъ (H <sup>2</sup> O—11,62; лет. вещ. 53, 70, угля—33,25, золы 8,05) . . . . .	0,9158	4,85	27,95	1,76	8,07	0,35	57,02	—
<b>Газъ изъ дерева <sup>1)</sup>.</b>								
Дрова ( <sup>3</sup> / <sub>4</sub> горбыли, <sup>1</sup> / <sub>4</sub> сучья) . . . . .	0,9540	10,98	21,72	3,86	6,70	0,28	56,46	—
„ (лиш и сучья) . . . . .	0,9398	9,02	23,74	3,17	7,40	0,10	54,57	—
„ (древесн. опилки) . . . . .	0,9080	7,43	24,39	3,56	9,62	0,49	54,51	—
„ (горбыли, обрубки) . . . . .	0,8925	4,82	31,03	2,72	10,18	0,25	51,0	—
„ (опилки и дрова) . . . . .	0,9334	10,31	19,89	4,49	8,24	0,36	56,71	—
„ (опилки и дрова пополамъ) . . . . .	0,9417	10,97	17,16	4,93	7,52	0,49	58,93	—
„ (опилки) . . . . .	0,9269	7,83	24,38	3,51	7,84	0,50	55,94	—
<b>Газъ изъ смѣшанныхъ матеріаловъ.</b>								
<sup>2</sup> / <sub>3</sub> дровъ и <sup>1</sup> / <sub>3</sub> торфа . . . . .	0,9026	10,28	21,61	5,42	11,10	0,49	51,10	—
<sup>2</sup> / <sub>3</sub> сучья и <sup>1</sup> / <sub>3</sub> торфа <sup>2)</sup> . . . . .	0,9133	8,05	24,11	3,15	9,52	0,81	54,36	—
Торфъ <sup>3)</sup> , хворостъ (24% H <sup>2</sup> O), ка- менноугольн. мелочь (12% H <sup>2</sup> O; 20% золы) . . . . .	0,9050	7,37	23,97	0,64	11,13	0,86	56,03	—
	0,9018	7,16	24,16	1,29	10,99	1,02	55,38	—
	0,9020	8,49	22,62	2,71	11,23	0,74	54,21	—

Nehse (1870)

Stöckmann (1876)

Таммъ (1876—77).

Кромѣ генераторныхъ газовъ, для нагрѣванія употребляютъ иногда, какъ было сказано выше, **доменные газы**, въ виду чего безполезно будетъ здѣсь познакомиться съ ихъ составомъ.

Первыя точныя изслѣдованія надъ составомъ доменныхъ газовъ были произведены **Vinseu'омъ** (1839). Онъ подробно изслѣдовалъ составъ газовъ, вытѣхъ изъ различныхъ

<sup>1)</sup> Газъ полученъ изъ генераторовъ различныхъ системъ, дѣйствующихъ съ конденса-  
торами и искусственнымъ дутьемъ.

<sup>2)</sup> H<sup>2</sup>O—21,6; летуч. вещ.—42,01, угля—35,13, золы—22,86%.

<sup>3)</sup> H<sup>2</sup>O—13,6; летуч. вещ.—57,22, угля—39,55, золы—3,23%.

глубинъ доменной печи, работавшей на древесномъ углѣ, и на основаніи этихъ анализовъ старался разъяснить, какъ полезное дѣйствіе этихъ газовъ, такъ и ходъ доменной плавки. Нѣсколько лѣтъ позже появились изслѣдованія *Ebelmen'a* (1842) и *Scheerer* и *Langberg'a* (1843) надъ тѣмъ же предметомъ, а въ 1845 году *Bunsen* и *Playfair* изслѣдовали газъ и ходъ плавки въ доменныхъ печахъ, работающих на каменномъ углѣ. Результаты, полученные *Bunsen'*омъ и *Playfair'*омъ, равно какъ и *Scheerer'*омъ и *Langberg'*омъ, не вполне согласовались съ результатами изслѣдованій *Ebelmen'a*, въ виду чего этотъ послѣдній вновь повторилъ (1844—51) свои изслѣдованія надъ газами, выдѣляющимися изъ доменныхъ печей, работающих на древесномъ углѣ, и присоединилъ къ нимъ изслѣдованіе газовъ, образующихся въ доменныхъ печахъ, работающих на коксѣ. Кроме того *Grüner* (1871—76), *Kent* (1875), *Wollers* (1876), *Dürre* (1876—83), *Jaumain* (1882), *Bell* (1882), *Schellhammer* и друг. подробно изслѣдовали процессъ плавки въ доменныхъ печахъ, утилизацію въ нихъ топлива и доменныхъ газовъ<sup>1)</sup>. Изъ многочисленныхъ анализовъ доменныхъ газовъ я приведу здѣсь результаты анализовъ *Bunsen'a* (для доменныхъ печей, работающих на древесномъ углѣ), *Bunsen'a* и *Playfair'a* (для доменныхъ печей, работающих каменнымъ углемъ) и *Ebelmen'a* (для доменныхъ печей, работающих коксомъ).

	Глубина, изъ которой взятъ газъ, считая отъ колошника.	100 объемовъ газа содержатъ:							
		CO <sup>2</sup>	CO	CH <sup>4</sup>	H	O	N		Sy
Газъ изъ печи, работающей на древесномъ углѣ . . . . .	3'	8,74	26,29	2,25	1,96	—	60,78	—	Bunsen (1839).
	4'5"	11,17	25,31	2,04	1,41	—	60,07	—	
	6'	3,32	27,95	2,30	1,80	—	64,63	—	
	7'6"	3,49	32,59	0,66	2,32	—	60,94	—	
	9'	4,67	32,23	0,42	0,38	—	62,30	—	
	12'	7,56	28,57	2,53	1,41	—	59,93	—	
	15'	5,96	31,61	0,24	0,24	—	62,96	—	
Газъ изъ печи, работающей на каменномъ углѣ . . . . .	5'	7,77	25,97	3,75	6,73	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> 0,43	55,35	—	Bunsen и Playfair (1845).
	8'	9,42	20,24	8,23	6,49	0,85	54,77	—	
	11'	9,41	23,16	4,58	9,33	0,95	52,57	—	
	14'	9,10	19,32	6,64	12,42	1,57	50,95	—	
	17'	12,43	18,77	4,31	7,62	1,38	55,49	—	
	20'	10,83	19,48	4,40	4,83	0,00	60,46	—	
	23'	8,19	26,97	1,64	4,92	0,00	58,28	слѣд.	
	24'	10,08	25,19	2,33	5,65	0,00	56,75	слѣд.	
	3½'	0,00	37,43	0,00	3,18	0,00	58,05	1,34	
Газъ изъ печи, работающей коксомъ . . . . .	1'	11,39	28,61	0,20	2,74	—	57,06	—	Ebelmen (1851).
	1'	11,39	28,93	—	3,04	—	56,64	—	
	4'	9,85	28,06	1,48	0,97	—	59,64	—	
	9'	1,45	33,88	1,43	0,69	—	62,46	—	
	10'	1,08	35,20	0,33	1,72	—	61,67	—	
	10'	1,13	35,35	0,29	2,08	—	61,15	—	
	12'	0,10	36,30	0,25	2,01	—	61,34	—	
	45'	—	45,05	0,07	0,25	—	54,63	—	

<sup>1)</sup> Сравн. статью *Fischer'a* „Ueber die Verwerthung der Hohofengase. Dingl. J. 1884, Bd. 254, p. 254.



Изъ вышеизложеннаго ясно, что теплопроизводительность генераторныхъ газовъ, полученныхъ изъ даннаго вѣса топлива, будетъ меньше теплопроизводительной способности того же вѣса топлива, такъ какъ при превращеніи топлива въ газъ выдѣляется опредѣленное количество тепла, которое не все идетъ на нагрѣваніе генераторныхъ газовъ, а часть его теряется непроизводительно вслѣдствіе теплопроводимости и лучеиспусканія стѣнокъ генератора и газопроводныхъ каналовъ. Въ газопроводныхъ каналахъ, кромѣ того, сгущается извѣстное количество продуктовъ сухой перегонки топлива, что, въ свою очередь, влечетъ за собою уменьшеніе полезнаго дѣйствія топлива. Эти неизбежныя потери при генераторномъ отопленіи вполне вознаграждаются возможностью сжигать генераторные газы съ примѣсью почти теоретически-необходимаго воздуха, что дѣлаетъ генераторное отопленіе весьма выгоднымъ, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ получить высокую температуру.

Въ настоящее время, впрочемъ, придуманы способы для уменьшенія потери тепла въ генераторахъ отъ обѣихъ вышеуказанныхъ причинъ.

Потери тепла, обусловливаемая теплопроводимостью и лучеиспусканіемъ стѣнокъ генератора и газопроводовъ, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ выше температура генераторныхъ газовъ, и чѣмъ медленнѣе движеніе газовъ, такъ какъ охлажденіе газовъ зависитъ отъ обѣихъ этихъ факторовъ при одинаковой теплопроводимости стѣнокъ. Въ виду этого, всего выгоднѣе поддерживать въ генераторахъ возможно низкую температуру, что, кромѣ того, содѣйствуетъ сохраненію генератора. Температура генераторныхъ газовъ зависитъ, понятно, отъ самаго генераторнаго процесса, и если онъ сопровождается только или почти исключительно реакціями, выдѣляющими тепло, что имѣетъ мѣсто при превращеніи въ газъ искусственныхъ углей (коксъ, древесный уголь), то температура эта будетъ очень высока и, наоборотъ, она будетъ тѣмъ ниже, чѣмъ болѣе будутъ участвовать въ генераторномъ процессѣ реакціи, сопровождающіяся поглощеніемъ тепла (сухая перегонка, разложеніе воды на водородъ и кислородъ). Въ введеніи въ генераторный процессъ реакцій, сопровождающихся поглощеніемъ тепла, мы имѣемъ, слѣдовательно, средство для пониженія температуры генераторныхъ газовъ, и этимъ средствомъ можно пользоваться въ широкихъ размѣрахъ, если оно даетъ возможность превращать избытокъ теплоты генератора въ скрытую силу, которая, при сжиганіи генераторныхъ газовъ, вновь проявится въ видѣ осязательной теплоты. Такое средство состоитъ въ введеніи водянаго пара въ генераторъ, что, конечно, не увеличитъ теплопроизводительной способности топлива, но даетъ возможность воспользоваться избыткомъ теплоты генератора для образованія водорода, который при сжиганіи (говоря теоретически) выдѣлитъ вновь то количество тепла, кото-

рое потребовалось для его образования изъ воды, при чемъ тамъ, гдѣ теплота эта можетъ быть надлежащимъ образомъ употреблена съ пользою. Введеніе водныхъ паровъ въ генераторъ увеличиваетъ, кромѣ того, процентное содержаніе горючихъ веществъ въ генераторныхъ газахъ и оказываетъ благотворное вліяніе на шлаки, дѣлая ихъ рыхлыми и легко удаляемыми изъ генератора, даже при употребленіи сильно спекающихся углей.

На введеніе въ генераторъ водныхъ паровъ въ первый разъ было обращено вниманіе *Ebelmen'*омъ (1842); подробно вопросъ этотъ былъ изслѣдованъ *Bunte* (1878—9).

Въ виду этого, для уменьшенія потерь теплоты въ генераторахъ и въ газоотводныхъ каналахъ, было предложено питать генераторъ смѣсью воздуха и водянаго пара, вдувая эту смѣсь паровымъ инжекторомъ, или же помѣщать подъ рѣшеткой генератора сосудъ съ водою, пропуская надъ его поверхностью предварительно нагрѣтый воздухъ, питающій генераторъ.

Генераторъ съ устройствомъ перваго рода представленъ на фиг. 77, табл. XXIV. F—паропроводная труба, идущая вдоль нѣсколькихъ генераторовъ. Изъ трубы F паръ поступаетъ въ инжекторъ B при помощи трубки E, снабженной вентилемъ G. Короткая трубка съ краномъ J служитъ для спуска конденсаціонной воды. Смѣсь пара и воздуха вдувается инжекторомъ черезъ кирпичную трубу A въ зольникъ, который герметически закрытъ дверцами D D.

Что касается количества водныхъ паровъ, которое полезно вдувать въ генераторъ, то это обуславливается, какъ устройствомъ генератора, такъ и въ особенности качествомъ употребляемаго топлива. Чѣмъ меньше данное топливо будетъ содержать гигроскопической воды, водорода и кислорода, и чѣмъ оно будетъ богаче углеродомъ, тѣмъ большее количество водянаго пара можно вдувать въ генераторъ, такъ какъ при превращеніи въ газъ топлива, богатаго углеродомъ, выдѣляется болѣе теплоты, чѣмъ при превращеніи въ газъ топлива, бѣднаго углеродомъ и богатаго элементами воды. Изъ многочисленныхъ опытовъ *Bunte* (1878—9) оказывается, что при употребленіи кокса въ генераторъ всего полезнѣе вдувать отъ 0,70 до 0,80 кило водянаго пара на каждое кило сжигаемаго кокса, такъ какъ при этомъ условіи получаютъ генераторные газы съ большимъ содержаніемъ горючихъ веществъ и съ температурою около 800°.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ сооставлены среднія числа изъ многочисленныхъ изслѣдованій *Bunte* (1879):

Последовательный номеръ.	Водяной паръ въ кк- ло на каждое кк-ло кокса.	Химическій составъ газовъ (въ объемахъ).				Сумма газовъ, со- держащихъ углеродъ.	Горючіе газы.	Негорючіе газы.	Тяга въ газовомъ каналѣ (въ мм.).	Температура га- зовъ.	Замѣчанія.
		CO <sup>2</sup>	CO	H	N						
1	0,30	7,1	21,7	6,2	65,0	28,8	27,9	72,1	2,2	—	} Слишкомъ мало пара.
2	0,39	8,2	20,8	7,5	63,5	29,0	28,3	71,7	6,2	—	
3	0,41	7,0	21,4	7,7	64,3	28,2	29,1	71,3	1,0	750	
4	0,42	6,8	22,9	8,3	62,0	29,7	31,2	68,8	2,7	660	} Хорошая работа.
5	0,70	8,0	19,0	12,6	60,4	27,0	31,6	68,4	2,0	770	
6	0,76	10,8	16,2	13,6	59,4	27,0	29,8	70,2	2,27	—	
7	0,79	12,2	15,9	14,9	57,0	28,1	30,8	69,2	2,25	750	
8	0,82	13,6	15,6	16,1	54,7	29,2	31,7	68,3	2,25	—	} Слишкомъ много пара; непрер. дѣй- ствіе невозможно.
9	1,05	16,3	9,7	18,3	55,7	26,0	23,0	72,0	2,2	—	
10	1,17	14,8	8,5	18,1	58,6	23,3	26,6	73,4	6,2	—	

При сожиганіи въ генераторѣ древеснаго угля примѣненіе водянаго пара оказывается еще болѣе выгоднымъ; напротивъ того, при сожиганіи каменнаго угля, и въ особенности дровъ и торфа, примѣненіе водянаго пара приноситъ меньшую пользу, какъ это не трудно понять изъ выше-изложеннаго.

Для устраненія потери тепла въ генераторахъ вслѣдствіе сгущенія продуктовъ сухой перегонки топлива предложены (Minagu, 1879) генераторы, въ которыхъ продукты сухой перегонки примѣшиваются *не непосредственно* къ генераторнымъ газамъ, а сначала приходятъ въ соприкоснове-ніе или съ раскаленнымъ топливомъ, или съ сильно нагрѣтыми стѣнками генератора. При этихъ условіяхъ жидкіе и твердые продукты сухой перегонки разлагаются и превращаются, хотя отчасти, въ газообразные.

Схема такого генератора для дровъ представлена на фиг. 80, табл. XXVI. А—шахта, которая всегда остается наполненною дровами. Закладка свѣжаго горючаго матеріала происходитъ сверху черезъ отверстіе В; этимъ путемъ проникаетъ въ генераторъ и атмосферный воздухъ. Отводъ газовъ производится снизу по каналу С. Такимъ образомъ тяга въ генераторѣ направляется сверху внизъ, продукты сухой перегонки свѣжихъ дровъ проходятъ черезъ слой раскаленнаго горючаго матеріала, при чемъ водяной паръ и тяжелые углеродистые водороды разлагаются, и получается газъ высокаго качества, даже при употребленіи сырыхъ дровъ.

Подобный же генераторъ для каменнаго угля представленъ на фиг. 81, табл. XXVI. Онъ состоитъ изъ отдѣленія А, въ которомъ происходитъ превращеніе топлива въ газъ, и отдѣльной части В, въ которой проис-

ходить предварительное нагрѣваніе и сухая перегонка топлива. Газы изъ обѣихъ камеръ направляются въ каналы *c*, приходятъ въ соприкосновеніе съ нагрѣтыми стѣнками отдѣленія В и затѣмъ поступаютъ въ газоотводъ. Генераторъ этотъ рѣшетки не имѣетъ и работаетъ помощью пароваго инжектора Кертинга, и для надлежащаго распредѣленія вдуваемаго воздуха снабженъ распредѣлительною чугуною коробкою *e*, выложенною огнеупорною глиною.

Болѣе удобный генераторъ подобнаго рода предложенъ *В. Сименсомъ* (1882—1885). Онъ состоитъ (фиг. 82, табл. XXVI) изъ желѣзной выложенной огнеупорнымъ кирпичемъ камеры (А); топливо вводится черезъ воронку *t*, а генераторные газы выходятъ черезъ цѣлый рядъ отверстій (*a*), расположенныхъ вокругъ камеры и открывающихся въ кольцеобразный отводный каналъ (*c*). Въ нижнюю стѣнку камеры мѣстами могутъ быть вставлены рѣшетки (В). Отверстія *s* и *v* служатъ для удаленія шлаковъ. Воздухъ, необходимый для превращенія топлива въ газъ, притекаетъ или черезъ каналъ D, снабженный заслонкой, или черезъ трубку *m*, въ которой тига усиливается струею пара *r*. Для того чтобы прочищать фурму С, на верхній конецъ трубки *m* насажено желѣзко *z*, а нижній конецъ трубки *m* снабженъ винтовымъ нарѣзомъ, вставленнымъ въ гайку *g*. Надъ гайкой на трубкѣ *m* укрѣпленъ шкивъ *w*, на который надѣта безконечная цѣпь, обхватывающая веретено *k*, приводимое въ движеніе извнѣ. При вращеніи веретена трубка *m* и прикрѣпленное къ ней желѣзко приходятъ также въ вращеніе, при чемъ одновременно они подымаются, и желѣзко прочищаетъ фурму. Чтобы воспрепятствовать продуктамъ сухой перегонки выходить изъ генератора безъ предварительнаго разложенія, воронка *t* снабжена надставкой такой длины, чтобы свѣжее топливо не могло ложиться вблизи выходныхъ отверстій *a*, и чтобы продукты сухой перегонки приходили въ соприкосновеніе съ раскаленнымъ топливомъ.

*Грэбе* и *Люрманъ* (1878) предлагаютъ даже вполне отдѣлать сухую перегонку топлива отъ превращенія въ газъ оставшагося кокса и производить первый процессъ въ ретортахъ, непосредственно соединенныхъ съ генераторомъ и нагрѣваемыхъ газами, отходящими изъ печи. Обугленное въ ретортахъ топливо вбрасывается затѣмъ въ генераторъ, въ которомъ оно превращается въ газъ, къ которому примѣшиваются продукты сухой перегонки.

Воздухъ, необходимый для сжиганія генераторныхъ газовъ (въ количествѣ, не превышающемъ 10—20% теоретическаго), примѣшивается къ этимъ послѣднимъ передъ поступленіемъ ихъ въ нагрѣвательное пространство, при чемъ заботятся о надлежащемъ смѣшеніи горючихъ газовъ съ воздухомъ. Для этой цѣли или заставляютъ газъ и воздухъ вытекать изъ фурмъ, вложенныхъ попарно одна въ другую, или направляютъ изъ фурмъ воздухъ

подъ нѣкоторымъ угломъ въ струю газа, вытекающаго изъ фурмы или изъ круглаго отверстія, или, наконецъ, направляютъ воздухъ на пластинку изъ огнеупорной глины, заставляя его такимъ образомъ пойти по противоположному направленію и распространиться во всѣ стороны и тѣмъ смѣшаться съ газомъ, идущимъ по каналу, окружающему концентрически трубку, приводящую воздухъ. Одно изъ подобныхъ приспособленій для смѣшенія воздуха съ газомъ представлено на фиг. 83, табл. XXVII. Газъ притекаетъ черезъ отверстіе А въ камеру СС, которая ограничена съ боковъ стѣнками печи, спереди кирпичною стѣнкою, снабженною цѣлымъ рядомъ отверстій, а сзади—чугунною плитою, въ которой укрѣплено такое же число трубокъ  $t$ , сколько имѣется отверстій  $o$ ; трубки эти входятъ на нѣкоторое разстояніе въ эти отверстія. За плитою находится камера, въ которую приводится воздухъ черезъ трубку В; притокъ воздуха регулируется заслонкою  $r$ . Маленькая рѣшетка  $F$  служитъ для зажиганія газовъ при началѣ работы.

Для увеличенія пирометрическаго эффекта, воздухъ, примѣшиваемый къ газамъ, нерѣдко предварительно нагрѣваютъ теплою газомъ, уходящихъ въ трубу. Всего полнѣе достигается возвышеніе пирометрическаго эффекта въ регенеративныхъ газовыхъ печахъ братьевъ Вильяма и Фридерика Сименса, въ которыхъ теплота отходящихъ газовъ употребляется не только на нагрѣваніе воздуха, но и генераторныхъ газовъ передъ ихъ смѣшеніемъ и поступленіемъ въ нагрѣвательное пространство. Поглощеніе теплоты отходящихъ газовъ, равно какъ и нагрѣваніе воздуха и генераторныхъ газовъ, производится въ такъ-называемыхъ регенераторахъ—кирпичныхъ камерахъ, наполненныхъ обыкновенно огнеупорнымъ кирпичемъ, сложеннымъ въ клетку. Такъ какъ нагрѣваніе воздуха и газа должно быть произведено одновременно, но отдѣльно другъ отъ друга, и такъ какъ одна и та же камера должна служить сначала для поглощенія теплоты отходящихъ газовъ, а затѣмъ для передачи этой теплоты газу и воздуху, то легко понять, что вся система должна состоять изъ 4-хъ регенераторовъ, изъ которыхъ попеременно два служатъ для отдѣльнаго нагрѣванія воздуха и газа, а два для поглощенія отходящей теплоты. Принципъ устройства регенераторовъ представленъ на фиг. 84, табл. XXVII.  $l_1$  и  $l_2$  представляютъ два регенератора для нагрѣванія воздуха;  $g_1$  и  $g_2$ —два регенератора для нагрѣванія газа;  $v$ —воздушный,  $w$ —газовый вентиль;  $a$ —каналъ, приводящій газъ изъ генератора,  $b$ —каналъ, приводящій воздухъ;  $d$ —отверстіе, ведущее въ трубу. Стрѣлки, сдѣланныя цѣлыми линиями, показываютъ направленіе движенія газа и воздуха, а стрѣлки, сдѣланныя пунктиромъ, указываютъ направленія движенія газовъ, отходящихъ изъ печи. При положеніи вентилей  $v$  и  $w$ , указанномъ на рисункѣ, генераторные газы и воздухъ, пройдя черезъ регенераторы  $l_1$  и  $g_1$ , смѣшиваются въ каналѣ  $f_1$ ,

идутъ затѣмъ въ нагрѣвательное пространство, лежащее надъ  $d$  (оно на рисункѣ не обозначено), гдѣ газы стораютъ и направляются черезъ каналъ  $f_2$  въ оба регенератора  $l_2$  и  $g_2$ , а оттуда въ трубу  $d$ . Когда регенераторы  $l_2$  и  $g_2$  нагрѣты до надлежащей температуры отходящими газами, измѣняютъ положеніе вентилей  $v$  и  $w$ , какъ показано на фигурѣ пунктиромъ, вслѣдствіе чего газъ и воздухъ будутъ проходить по камерамъ  $l_2$  и  $g_2$ , а отходящіе газы—по камерамъ  $l_1$  и  $g_1$ , нагрѣвая эти послѣднія, и т. д. Мѣняя положеніе вентилей  $v$  и  $w$  въ опредѣленные промежутки времени указаннымъ образомъ, достигается непрерывное нагрѣваніе газа и воздуха теплотою отходящихъ газовъ.

Только-что описанныя генераторныя печи съ длинными газоотводными каналами и регенераторами даютъ возможность получать очень высокую и равномерную температуру; тѣмъ не менѣе онѣ сложны, требуютъ много мѣста и влекутъ неизбѣжную потерю тепла вслѣдствіе охлажденія газовъ и сгущенія продуктовъ сухой перегонки. Въ виду этого для нагрѣванія паровыхъ котловъ, и вообще во всѣхъ другихъ случаяхъ, когда производство ведется не непрерывно и не требуетъ очень высокой температуры, помѣщаютъ генераторъ рядомъ съ нагрѣвательнымъ пространствомъ печи и примѣшиваютъ воздухъ (холодный или предварительно нагрѣтый отходящими пламенными газами) къ генераторнымъ газамъ, непосредственно послѣ ихъ образованія, черезъ щели, сдѣланныя въ каналѣ, отводящемъ газъ изъ генератора. Такого рода печи носятъ названіе *простыхъ газовыхъ печей* и онѣ получили довольно широкое примѣненіе въ технику. Въ настоящее время этотъ же принципъ устройства газовыхъ печей примѣненъ даже для стеклоплавильныхъ печей (Boetius, 1870), пламенныхъ печей (Pütsch, 1878—79), ретортныхъ печей (Schilling, 1879—80) и для другихъ печей съ непрерывной работой, требующей высокую температуру. Стеклоплавильная печь подобнаго рода представлена на фиг. 85, табл. XXVII. Газы изъ генератора А, помѣщеннаго подъ нагрѣвательнымъ пространствомъ, идутъ непосредственно въ это послѣднее, смѣшавшись предварительно съ нагрѣтымъ воздухомъ, выходящимъ изъ каналовъ Н. Печи подобнаго рода нерѣдко называютъ также *регенеративными*, хотя онѣ рѣзко отличаются отъ регенеративныхъ печей Сименса тѣмъ, что въ нихъ теплотою отходящихъ газовъ нагрѣвается одинъ только воздухъ, между тѣмъ какъ въ регенеративныхъ печахъ Сименса нагрѣваются и воздухъ, и генераторный газъ. Въ виду этого печь *Бозціуса* и ей подобныя правильнѣе называть *полурегенераторными* или *рекуператорными* (recuperateur), какъ это дѣлаютъ французы.

Въ генераторныхъ печахъ, какъ было сказано выше, можетъ быть сожигаемо всякаго рода топливо, но всего выгоднѣе сожигать въ нихъ бурый

уголь, въ особенности землистый, и торфъ. Что же касается каменнаго угля, то для генераторовъ, работающихъ безъ дутья, не слѣдуетъ употреблять ни углей слишкомъ спекающихся, ни углей, растрескивающихся въ огнѣ, такъ какъ тѣ и другіе могутъ засорить рѣшетку и уменьшить надлежащій притокъ воздуха; всего болѣе пригодны пламенные угли слабоспекающіеся. При употребленіи искусственнаго дутья, въ генераторѣ могутъ быть сожигаемы всѣ виды каменнаго и искусственнаго угля. При употребленіи дровъ, они должны быть по возможности сухія (для уменьшенія охлажденія генератора) и измельчены на равномѣрные куски (длиною отъ 150—300 мм.). Изъ 1 вѣсовой единицы совершенно сухихъ дровъ или торфа получается отъ 3—3½ вѣсовыхъ единицъ сухаго генераторнаго газа съ удѣльнымъ вѣсомъ 0,90—0,93.

---

## ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ ВЪ ТѢСНОМЪ СМЫСЛѢ СЛОВА.

### Л и т е р а т у р а.

*Germinet.* Le chauffage par le gaz. Paris, 1876 (8°, XV+237). Книга посвящена примѣненію свѣтильнаго газа какъ топлива и какъ двигательной силы.

*Fischer.* Ueber Verwendung von Leuchtgas zur Entwicklung von Wärme. Ding. J. 1883, Bd. 249, p. 374; Bd. 250, p. 35.—1885, Bd. 256, p. 534. Сопоставленіе приборовъ, предложенныхъ для нагрѣванія и отопленія свѣтильнымъ газомъ. Вопросы объ отопленіи свѣтильнымъ газомъ довольно подробно касается *Simens* въ своемъ отчетѣ о Лондонской выставкѣ (Smoke-Abatement Exhibition, 1881--82).

Удобства, представляемы газообразнымъ топливомъ, вызвали употребленіе свѣтильнаго газа для нагрѣванія жидкихъ и твердыхъ тѣлъ и даже для отопленія помѣщеній, но дороговизна свѣтильнаго газа, вслѣдствіе употребленія для его приготовленія цѣннаго матеріала и необходимости очищенія его отъ вредныхъ постороннихъ примѣсей (сѣрнистыхъ соедин., амміака и проч.), препятствуютъ широкому примѣненію свѣтильнаго газа, какъ топлива и двигательной силы въ газовыхъ машинахъ. Въ виду этого было предложено готовить дешевый газъ специально для отопленія и распределять его при помощи специальной сѣти между потребителями. Такъ въ 1869 году было предложено (*Westphal* и *Pütsch*) снабжать Берлинъ, а въ 1871 году (*Reuckner*) Грацъ при помощи специальной сѣти торфянымъ газомъ, получаемымъ въ генераторѣ, но предложенія эти не были осуществлены, вслѣдствіе дороговизны специальной сѣти, объемъ которой долженъ быть великъ, такъ какъ генераторный газъ представляетъ весьма мало концентрированное топливо, содержащее до 65% азота.

Вопросъ былъ бы рѣшенъ вполне, если бы удалось получить дешевый газъ, который могъ бы служить не только какъ движущая сила и топливо, но и какъ свѣтильный матеріалъ. Съ изобрѣтеніемъ генераторовъ и съ употребленіемъ въ нихъ водянаго пара, близка была мысль получить газъ, не содержащій сколько нибудь значительныхъ количествъ бесполезнаго азота, производя неполное сжиганіе топлива и превращая его въ газъ не при помощи воздуха, а при помощи водянаго пара, однимъ словомъ—приготавливать такъ-называемый *водяной газъ*, состоящій главнымъ образомъ изъ



окси углерода и водорода. Газъ этотъ представляетъ прекрасное топливо и съ успѣхомъ можетъ служить также для освѣщенія или послѣ предварительной карбонизаціи углеродистыми водородами, или сжигая его въ специальныхъ горѣлкахъ съ накаливаніемъ.

Примѣнять водяной газъ для названныхъ цѣлей было предложено давпо (Jbbetson, 1824); тѣмъ не менѣе предложенія эти долгое время не имѣли успѣха, такъ какъ водяной газъ предлагали готовить, пропуская водяной паръ черезъ уголь, помещенный въ реторты, нагрѣваемые извнѣ, что обходилось очень дорого, такъ что стоимость водянаго газа равнялась свѣтильному. Только въ 1875 году Лоэ (Lowe) далъ другой способъ получения водянаго газа, который съ измѣненіями, предложенными Лоэ и Двайтомъ (Lowe и Dwight, 1878), Стронгомъ (Strong, 1877) и Квалио и Двайтомъ (Quaglio и Dwight), общааетъ водян. газу широкое примѣненіе въ будущемъ.

Процессъ разложенія воды раскаленнымъ углемъ Лоэ производитъ не въ ретортахъ, а въ вертикальныхъ шахтовыхъ печахъ, а самое нагрѣваніе не внѣшнею теплою, а сжиганіемъ угля попеременно то въ атмосферѣ воздуха, то въ атмосферѣ водянаго пара <sup>1)</sup>. Аппаратъ подобнаго рода (Quaglio и Dwight) представленъ на фиг. 86 *a* и *b*, табл. XXVIII, въ продольномъ и поперечномъ разрѣзахъ. А, А—стѣнки изъ огнеупорнаго кирпича, В—генераторъ, въ которомъ сжигается топливо на рѣшеткѣ S. Этотъ генераторъ снабженъ заслонкой *a*, служащей для забрасыванія топлива, и дверцами *сс* (фиг. 86, *b*) для очищенія рѣшетки. Генераторъ В сообщается съ камерами С, D, E, наполненными огнеупорнымъ матеріаломъ (регенераторами), служащимъ для поглощенія теплоты газовъ, образующихся въ генераторѣ. Регенераторы С и E снабжены заслонками *a*<sub>2</sub> и *a*<sub>3</sub> и сообщаются съ газоотводными трубами S, S. Регенераторъ С имѣетъ газоотводную трубу F, а регенераторъ E—такую же трубу F<sub>1</sub>, у самаго основанія. Н—воздухонудная труба, приводящая воздухъ въ В и С, а Н<sub>1</sub>—такая же труба, приводящая воздухъ въ В и D. J—воронка, служащая для питанія генератора въ случаѣ употребленія порошкообразнаго топлива. К и К<sub>1</sub>—трубы, приводящія водяной паръ въ регенераторы С и E. Если желаютъ при помощи этого аппарата получить водяной газъ, употребляя каменный уголь или коксъ въ кускахъ, то топливо это разжигаютъ въ генераторѣ В, открываютъ заслонку *a*<sub>3</sub>, закрываютъ заслонки *a* и *a*<sub>2</sub>, равно какъ и краны трубокъ F и F<sub>1</sub>. Затѣмъ, вдвывая воздухъ черезъ Н и Н<sub>1</sub>, усиливаютъ горѣніе топлива и содѣйствуютъ полному сжиганію продуктовъ, поступающихъ изъ генератора въ регенераторы D и E. Когда камеры В, D и E достигнутъ надлежащей температуры, тогда закры-

<sup>1)</sup> Ding. J. 1880, Bd. 238, p. 146.—Quaglio. Wassergas. Wisbaden, 1880 (8<sup>o</sup>, 68).

вают заслонку  $\alpha_3$ , прекращают вдувание воздуха, открывают кран газотводной трубы F и впускают через трубку K водяной парь. Парь этотъ, проходя через камеры E и D, перегрѣвается и направляется через отверстие  $D_1$  въ генераторъ B. Пройдя через слой раскаленного угля сверху вниз, парь превращается въ водяной газъ, который направляется через камеру C къ газотводной трубѣ F и отводится или въ газгольдеръ, или же непосредственно къ мѣсту потребления. Въ камерѣ C водяной газъ отдаетъ большую часть своей теплоты, нагрѣвая самую камеру. Когда температура генератора станетъ ниже требуемой, тогда прекращают притокъ пара, закрывают кранъ трубы F, открывают  $\alpha_2$ , вдуваютъ воздухъ сначала въ  $H_1$ , а затѣмъ въ H, и тѣмъ возвышаютъ температуру генератора и камеры C. Когда температура этихъ камеръ достигнетъ надлежащей степени, прекращают притокъ воздуха, закрывают  $\alpha_2$ , открывают  $F_1$  и впускаютъ черезъ  $K_1$  водяной парь, который, перегрѣвшись въ камерѣ C, разлагается въ генераторѣ B. Образующіеся при этомъ газы отдають большую часть своей теплоты камерамъ D и E и уходятъ изъ аппарата черезъ  $F_1$ . Когда температура генератора станетъ вновь ниже требуемой, тогда опять изменяютъ положеніе заслонокъ и крановъ, какъ было сказано выше.

При употребленіи мелкаго горючаго матеріала, его помѣщаютъ въ воронку J, снабженную питающими валиками, и печь растапливаютъ, какъ было сказано выше, нагрѣвая только камеры D и E до болѣе высокой температуры. Когда камеры D и E нагрѣты достаточно, прекращают дутье, закрывают  $\alpha_3$ , пускаютъ парь черезъ K и приводятъ въ движеніе питающіе валики. Измельченный горючій матеріалъ постепенно поступаетъ въ генераторъ и приходитъ здѣсь въ соприкосновеніе съ сильно нагрѣтымъ паромъ, который превращается въ водяной газъ, уходящій черезъ F. Реакція начинается въ генераторѣ и оканчивается въ регенераторѣ C.

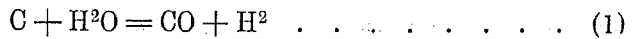
При употребленіи жидкаго горючаго матеріала для образованія водяного газа, поступаютъ такимъ же образомъ, какъ и при употребленіи мелкаго твердаго горючаго матеріала, съ тою только разницею, что жидкій горючій матеріалъ впускается въ генераторъ не черезъ воронку, а черезъ трубку L.

Если желаютъ при помощи описаннаго аппарата получать непосредственно свѣтильный газъ, то въ такомъ случаѣ предварительно нагрѣваютъ всѣ камеры B, C, D и E, прекращают притокъ воздуха, впускаютъ парь въ K, а жидкій углеродистый водородъ—при помощи инжектора въ m. Встрѣчая раскаленный уголь, углеродистый водородъ разлагается и, въ смѣси съ водянымъ газомъ, идетъ въ камеру C и отводится изъ аппарата въ газгольдеръ, черезъ трубу F.

Въ описанномъ аппаратѣ образованіе газа не идетъ непрерывно, и процессъ полученія его и подогрѣва чередуются, при чемъ первый продол-

жаютъ 4 минуты, а второй—6 минутъ. Для непрерывнаго получения газа необходимо, поэтому, имѣть не менѣ двухъ приборовъ.

Процессъ образованія водянаго газа основанъ на реакціи:



которая, однако, всегда сопровождается другими, между которыми преобладаетъ реакція, происходящая по уравненію:



Первая реакція преобладаетъ при высшей (700—1200), вторая при низшей температурѣ (Naumann и Pistor, 1885). Такъ какъ на практикѣ нѣтъ возможности вполне точно регулировать температуру, то такъ-называемый водяной газъ содержитъ всегда, кромѣ H и CO, нѣкоторое количество CO<sup>2</sup>, а также углеродистыхъ водородовъ (Bunte, 1881). На основаніи существующихъ данныхъ можно приять, что при употребленіи описаннаго способа 1000 кило антрацита даютъ 1416 куб. м. водянаго газа, имѣющаго удѣльный вѣсъ 0,5408 и нижеслѣдующій составъ (Moore, 1878).

	Въ 100	Въ 100 ч.
	объем.	по вѣсу.
Кислорода . . . . .	0,77	1,740
Углекислоты . . . . .	2,05	6,372
Азота . . . . .	4,43	8,798
Окиси углерода . . . . .	35,88	70,969
Водорода . . . . .	52,76	7,473
Водянаго газа (метана) . . . . .	4,11	4,648
Итого . . . . .	100,00	100,000

На основаніи этихъ данныхъ не трудно вычислить, что теплопроизводительная способность водянаго газа будетъ равна 4888 ед., а температура горѣнія—3046° Ц.

Употребляя другіе матеріалы для полученія водянаго газа, выработка его нѣсколько уменьшается, но составъ газа остается почти тотъ же. Вотъ составъ водянаго газа, полученнаго изъ различныхъ матеріаловъ, по изслѣдованіямъ, произведеннымъ въ Штокгольмѣ:

Матеріалы, служащіе для полученія газа.	Въ 100 объем. содержитъ:					
	CO <sup>2</sup>	CO	H	CH <sup>4</sup>	N	O
Коксъ . . . . .	4,0	40,0	49,0	6,0	1,0	
Уголь каменный изъ Ноганäs . . . . .	2,6	34,8	59,6		3,0	
Антрацитъ изъ Валлиса . . . . .	3,6	34,1	61,3		1,0	
Коксъ 1/4 и сухой торфъ 3/4 . . . . .	7,0	35,5	57,0		0,5	
Коксъ 1/4 и мокрый торфъ 3/4 . . . . .	9,0	33,4	57,1		0,5	
Коксъ 1/4 и нѣмецкій порошок. уголь 3/4 . . . . .	6,8	35,0	57,2		1,0	

Несмотря на столь благоприятные результаты, вопросъ о выгодѣ водянаго газа, сравнительно съ свѣтильнымъ изъ каменнаго угля, нельзя считать рѣшеннымъ. Приготовление водянаго газа обходится, повидимому, дешевле свѣтильнаго, но зато онъ требуетъ большей емкости сѣти, такъ какъ равный объемъ его даетъ два раза менѣе тепла, чѣмъ свѣтильный газъ изъ каменнаго угля.

*Bunte* (1881) ближе изслѣдовалъ условія образованія водянаго газа и получающіеся при этомъ результаты. Употребляя при своихъ опытахъ коксъ и нечъ *Quaglio—Dwight'a*, онъ получилъ изъ одного кило кокса 1,225 куб. м. водянаго газа или изъ 1 кило угле-рода—1,531 куб. м. Средній составъ этого газа былъ слѣдующій:

CO <sup>2</sup>	—	7,3%	объем.
O	—	0,7	„
CO	—	34,5	„
H	—	50,0	„
N	—	7,5	„
		100,0	„

Принимая во вниманіе, что на основаніи вышеприведенныхъ данныхъ для образованія одного куб. м. газа требуется 0,6532 углевода, не трудно вычислить, что при непосредственномъ сожиганіи этого количества углевода выдѣлилось бы 5278 ед. тепла, а при сожиганіи 1 куб. м. водянаго газа выдѣляется всего 2581 ед. тепла, т. е., что при превращеніи углевода въ водяной газъ терится около 50% теплотворной способности углевода. Какъ ни велика эта потеря, ее нельзя считать, однако, чрезвѣрной, если вспомнимъ, что при непосредственномъ сожиганіи твердаго топлива подѣ паровикомъ нерѣдко потери тепла достигаютъ того же предѣла.

Въ своей статьѣ „*Versorgung der Städte mit Heizgas*“ *Bunte* (1884) даетъ еще слѣдующее сопоставленіе состава и теплопроизводительной способности свѣтильнаго (изъ каменнаго угля), генераторнаго и водянаго газовъ.

С о с т а в ъ:	Свѣтильный газъ изъ каменн. угля.	Генераторный газъ.	Водяной газъ.
	Въ 100 объемахъ содержится:		
Окиси углевода . . . . .	9	31,3	50
Водорода . . . . .	47	—	50
Водянаго газа . . . . .	34	—	—
Тяжелыхъ углеродистыхъ водородовъ . . . . .	5	—	—
Углекислоты и азота . . . . .	5	65,7	—
<i>Теплопроизвод. способность (теоретич. вычисленная).</i>			
1 куб. м. выдѣляетъ ед. тепла . . . . .	5511	1048	2813
Отношеніе между теплопроизводительностью равныхъ объемовъ газа . . . . .	5,3	1	2,7

Изъ этихъ данныхъ слѣдуетъ, что теплопроизводительная способность 1 куб. м. свѣтильнаго газа почти въ два раза больше теплопроизводительной способности 1 куб. м. водянаго газа, и что, слѣдовательно, при помощи трубъ даннаго размѣра можно (при всѣхъ

прочих равныхъ условіяхъ) распредѣлить въ два раза больше теплоты, пользуясь свѣтильнымъ, чѣмъ водянымъ газомъ, а это, конечно, увеличиваетъ косвенно стоимость послѣдняго. Обращаясь затѣмъ къ стоимости приготовленія свѣтильнаго и водянаго газа, *Vinte*, не предѣливая вопроса окончательно, полагаютъ, однако, что въ большей части случаевъ приготовленіе водянаго газа не будетъ обходиться многимъ дешевле приготовленія свѣтильнаго газа, если принять въ расчетъ стоимость побочныхъ продуктовъ (кокса и дегти), получающихся при производствѣ свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля.

Къ противоположнымъ заключеніямъ приходитъ *Ehrenwerth* (1884), доказывая, что водяной газъ обходится значительно дешевле свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля, даже принимая во вниманіе большую стоимость газопроводной сѣти для распредѣленія перваго между потребителями. По его даннымъ 1000 куб. м. газа (принимая во вниманіе % на затраченный капиталъ и амортизацію) обходится:

Свѣтильный газъ изъ каменнаго угля . . . . .	33,4 пф.
Водяной газъ . . . . .	7,0 „
Генераторный газъ . . . . .	3,4 „

Изъ этого нужно заключить, что водяной газъ можетъ съ выгодой замѣнить свѣтильный газъ изъ каменнаго угля какъ топливо для домашняго обихода и мелкой промышленности, но не можетъ конкурировать съ генераторнымъ газомъ въ заводскомъ дѣлѣ.

Кромѣ свѣтильнаго и водянаго газа для нагрѣванія и отопленія употребляютъ углеродистые водороды, выдѣляющіеся изъ нѣдръ земли въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, а именно около Баку и около Питсбурга въ Пенсильваніи. Такъ, въ Пенсильваніи названные газы употребляются для плавки чугуна, для обжиганія глиняныхъ издѣлій и даже для отапливанія доменныхъ печей. Около Баку (Сураханы, Балаханы) газы, выдѣляющіеся изъ земли, употребляютъ главнымъ образомъ для обжиганія извести, а также на одномъ заводѣ (Сураханы)—для освѣщенія и въ сварочныхъ горнахъ. Составъ этихъ газовъ различенъ, но они состоятъ главнымъ образомъ изъ болотнаго и маслороднаго газовъ.

Вотъ составъ этихъ газовъ:

	CO <sup>2</sup>	CO	C <sup>2</sup> H <sup>4</sup>	CH <sup>4</sup>	H	N и O	
Газъ изъ грязен. вулкана Тамани	—	5,08	13,76	79,16	—	2,0	Goebel (1837—38).
Газъ, выдѣл. на полуостр. Керчи и Тамани . . . . .	1	3,50	—	4,26	92,24	—	} Bunsen (1855).
	2	4,61	—	—	95,39	—	
	3	2,49	—	—	97,51	—	
	4	4,44	—	—	95,56	—	
	5	2,11	—	—	97,09	—	
Газъ, выдѣл. на Абшеронскомъ полуостровѣ . . . . .	1	0,93	—	4,11	92,49	0,54	} Schmidt (1855).
	2	2,18	—	3,26	93,09	0,98	
Газъ, выдѣл. въ Пенсильваніи (около Pittsburg'a)	1	0,34	слѣд.	18,12	75,44	6,10	} Sandtler (1876).
	2	0,35	0,26	4,39	90,21	4,79	
	3	0,66	—	5,72	80,11	13,50	
Газъ, выдѣляющ. въ Ohio . . . . .	0,30	0,5	12,2	81,4	—	5,6	Santos (1878).

Было предложено также получать газообразное топливо, возстановляя углекислоту, выделяющуюся во многих мѣстахъ, въ окись углерода при помощи топлива низкаго достоинства (Chenot, 1854), равно какъ и употреблять для нагрѣванія водородъ, полученный разложеніемъ воды гальваническимъ токомъ (Valloge, 1884). Оба эти предложенія не получили примѣненія.

Приборы, служащіе для сжиганія, какъ свѣтильнаго, такъ и водороднаго газа, имѣютъ весьма простое устройство. Очень часто они состоятъ изъ кольцеобразной или спирально-согнутой желѣзной трубки, снабженной цѣлымъ рядомъ отверстій и помѣщенной въ точномъ пространствѣ. Газъ приводится въ эту трубку, выходитъ изъ тонкихъ отверстій ея и зажженный горитъ въ видѣ пламенныхъ язычковъ. Для регулированія притока газа, трубка снабжена краномъ. Если желаютъ обезпечить полное сгораніе газа, устранить копоть и увеличить количество газа, сжигаемого въ единицу времени, при возможно меньшемъ притоцѣ воздуха, въ такомъ случаѣ употребляютъ горѣлки, устроенныя на томъ же самомъ принципѣ, на которомъ устроена горѣлка *Бунзена* (1855), т. е. примѣшиваютъ къ газу воздухъ передъ его сжиганіемъ.

Примѣшваніе воздуха къ газу передъ его сжиганіемъ было предложено въ первый разъ *Gillbert'омъ* (1840), а затѣмъ *Elsner'омъ* (1848—56<sup>1)</sup>), но первая удобная горѣлка подобнаго рода была придумана *Bunsen'омъ* въ 1854 г. и исполнена *Desaga* въ Гейдельбергѣ. Годъ спустя, *Elsner* въ Мюнхенѣ взялъ привилегію на горѣлку, совершенно тождественную съ горѣлкой Бунзена.

Для достиженія болѣе высокихъ температуръ въ струю сжигаемаго газа вдувають струю холоднаго или предварительно нагрѣтаго воздуха или кислорода (напаятельная лампа); наконецъ, для полученія самыхъ высокихъ температуръ сжигаютъ смѣсь кислорода и водорода въ спеціальныхъ горѣлкахъ, предупреждающихъ возможность взрыва.

Сопоставляя все вышесказанное о сжиганіи твердаго топлива, не трудно придти къ заключенію, что единственный способъ раціональнаго сжиганія его съ полнымъ устраненіемъ дыма—это превращеніе топлива въ генераторный или водяной газъ, въ первый, если газъ немедленно послѣ своего полученія сжигается, во второй—если онъ долженъ быть по газопроводной сѣти доставленъ къ мѣсту своего потребленія.

Такъ какъ первый способъ сжиганія твердаго топлива получилъ только широкое примѣненіе на большихъ заводахъ и мало еще употребляется для отопленія отдѣльныхъ паровиковъ и печей, а второй способъ еще далеко не вполне выработанъ, то въ теченіе многихъ лѣтъ твердое топливо будетъ сжигаться въ обыкновенныхъ топкахъ, а потому въ настоящее время во многихъ случаяхъ единственнымъ средствомъ для

надлежащей утилизации твердаго топлива и для устранения дыма остается рациональное устройство топокъ и надлежащій уходъ за ними.

---

Въ заключеніе о сжиганіи твердаго топлива слѣдуетъ замѣтить, что для сжиганія мелкаго топлива, а въ особенности для сжиганія древесныхъ опилокъ и истощеннаго дубла, придумано много спеціальныхъ топокъ, которые, однако, не имѣютъ серьезнаго значенія, такъ какъ въ большей части случаевъ мелкое топливо съ успѣхомъ можетъ быть сжигаемо или въ топкахъ съ ступеньчатыми колосниками, или въ генераторныхъ топкахъ, или, наконецъ, въ топкахъ Кремитона.

Спеціальныя топки для мелкаго топлива предложили: *Krafft* (1856), *André* (1862), *Walter* (1862), *Koch* (1869), *Wecker* (1872), *Schedlbauer* (1875), *Godillot* (1879) и *Niederberger* (1882).

Для сжиганія соломы придуманы также спеціальныя топки большой вмѣстимости, съ усиленнымъ притокомъ воздуха и съ механическими приспособленіями для подачи соломы въ топку. Одной изъ лучшихъ топокъ подобнаго рода считается тонка *Эльворти* (*Elsworthy*, 1882).

---

## ПРИБОРЫ ДЛЯ СОЖИГАНИЯ ЖИДКАГО ТОПЛИВА.

### Л и т е р а т у р а.

*Гулишамбаровъ.* Нефтяное отопленіе пароходовъ и паровозовъ. 2 изд. Сиб. 1883 (8°, 169).—Самое основательное сочиненіе по нефтяному отопленію.

*Вознесенскій, А. М.* Нефтяное отопленіе. Кіевъ, 1882 (4°, 39). Издано какъ приложеніе къ журналу „Инженеръ“ за 1882 г.—Авторъ обращаетъ главное вниманіе на нефтяное отопленіе паровозовъ, при чемъ много заимствуетъ изъ перваго изданія сочиненія Гулишамбарова.

*Курдюмовъ.* Нефтяное отопленіе паровозовъ Закавказской желѣзной дороги. Кіевъ, 1883 (10 стр.).

Кромѣ того, о нефтяномъ отопленіи помѣщено не мало статей въ Морскомъ Сборникѣ, въ Баккинскихъ Извѣстіяхъ и въ другихъ техническихъ журналахъ. Изъ этихъ статей большаго вниманія заслуживаютъ слѣдующія статьи болѣе или менѣе общаго содержанія:

*Геншиъ.* О вліяніи нефтянаго отопленія на паровозные котлы. Зап. Русск. Техн. Общ. 1878, техн. бесѣды, 40.

*Стронскій.* Нефть и ея примѣненіе къ отопленію паровыхъ котловъ. Мор. Сб. 1882, № 1. Отд. неф., стр. 29—53.

Ueber die Verwendung von Erdöl für Dampfkesselfeuerung. Ding. J. 1885, Bd. 258, p. 418.—Обзоръ топокъ для сожиганія нефти, предложенныхъ заграницею.

Когда началось въ техникѣ употребленіе жидкаго топлива, опредѣлить трудно; во всякомъ случаѣ, только съ открытіемъ въ 50-хъ годахъ богатѣйшихъ мѣсторожденій нефти въ С. Америкѣ, начались первыя серьезныя попытки устройства топокъ для сожиганія нефти и, слѣдовательно, жидкаго топлива вообще. Съ тѣхъ поръ было взято огромное число привилегій на устройство нефтяныхъ топокъ, которыя, несмотря на ихъ разнообразіе, могутъ быть приведены къ четыремъ главнымъ типамъ: 1) Нефть притекаетъ въ топку въ жидкомъ видѣ и сожигается въ ней непосредственно; 2) нефть притекаетъ въ топку въ жидкомъ видѣ, всасывается нестораемыми пористыми матеріалами, служащими ей свѣтильнями и помѣщенными на подѣ печи; 3) нефть передъ сожиганіемъ превращается въ паръ или газъ,



и 4) нефть доставляется въ топку черезъ пульверизацію струею воздуха или водянаго пара и сгораетъ въ пульверизованномъ видѣ.

Изъ всѣхъ предложенныхъ топокъ всего болѣе усовершенствованы и распространены въ настоящее время топки, въ которыхъ нефть, или вообще жидкое топливо, сжигается въ пульверизованномъ видѣ въ особенныхъ горѣлкахъ, называемыхъ *пульверизаторами* или *форсунками*. Приборы этого рода были устроены въ первый разъ *Шпаковскимъ* (1865—66) и доведены до значительнаго совершенства *Ленцомъ* (1869—74). Они имѣютъ весьма различное устройство, хотя дѣйствіе всѣхъ ихъ основано на томъ, что струею воздуха или пара жидкое топливо превращается въ пыль и въ этомъ видѣ сжигается при достаточномъ притока воздуха. Всего чаще для пульверизаціи жидкаго топлива (нефти, нефтяныхъ остатковъ) употребляютъ паръ, рѣже воздухъ, который употребляютъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ произвести высокую температуру. Но и въ этомъ случаѣ нѣтъ необходимости пульверизировать нефть воздухомъ, такъ какъ воздуха, окружающаго пламя, вполне достаточно для полнаго сгорания топлива и для полученія температуры настолько высокой, что можно плавить мягкое желѣзо.

Форсунка самаго простаго устройства, очень распространенная въ Баку при сожиганіи остатковъ нефти (мазута) подъ котлами, служащими для перегонки нефти, представлена на фиг. 87, табл. XXVIII. Она состоитъ изъ желѣзной трубки D, 26 мм. внутренняго діаметра, сплющенной на переднемъ концѣ такъ, чтобы получилась щель всего въ 0,5—1 мм. По этой трубкѣ пускаютъ водяной паръ; нефтяные остатки идутъ по трубкѣ N. Эта трубка кончается чашеобразнымъ наконечникомъ, по которому и разливается жидкое топливо. Встрѣчая струю водянаго пара, топливо раздробляется въ тончайшую пыль и въ такомъ видѣ сжигается. Регулированіе притока пара и жидкаго топлива производится въ описанной форсункѣ при помощи крановъ, и оно, конечно, не можетъ быть вполне правильнымъ.

Несравненно болѣе совершенны *форсунки Ленца*. Фиг. 88, табл. XXVIII, представляетъ форсунку Ленца въ простѣйшемъ видѣ. Въ широкую трубку A вставлена трубка B, нѣсколько меньшаго діаметра, съ коническимъ заостреніемъ на концѣ. Въ трубку B, въ свою очередь, входитъ стержень D, тоже съ коническимъ заостреніемъ въ концѣ. По внутренней трубкѣ течетъ нефть, по наружной—паръ, и регулированіе притока пара и нефти производится не только при входѣ въ форсунку, а также и при выходѣ ихъ изъ нея, чѣмъ пульверизаторы Ленца существенно отличаются отъ другихъ, прежде предложенныхъ пульверизаторовъ. Для регулированія нефти, кромѣ крана, служитъ главнымъ образомъ стержень D, который помощью головки C и винтовой нарѣзки можетъ двигаться по трубкѣ B взадъ и впередъ и даже совсѣмъ закрыть ее. Регулированіе же

пара производится опять таки, кромѣ краповъ, передвиженіемъ вздѣ и впередъ широкой трубки *A* по ея продольной оси, что достигается съ помощью рукоятки *f* и винтовой наръзки *g*. На концѣ трубки *A* надѣтъ небольшой раструбъ, служащій, какъ для направленія струи, такъ и отчасти для лучшаго перемѣшиванія пара съ нефтью. Паръ встрѣчаетъ нефть подъ угломъ  $45^\circ$ , чѣмъ усиливается пульверизація. Тѣмъ не менѣе пульверизація нефти въ только что описанномъ аппаратѣ не могла происходить совершенно, такъ какъ кольцеобразной паровой струѣ приходится разбить сплошную нефтяную струю, что требуетъ отъ пара большой работы и не можетъ быть выполнено съ желательною полнотою. Кромѣ того, описанный пульверизаторъ даетъ пламя длинное и узкое, форма котораго не можетъ быть попроизволу измѣняема, и, наконецъ, приспособленіе для регулированія пара и нефти въ описанномъ пульверизаторѣ нельзя считать вполне удобнымъ. Для устраненія всѣхъ вышеуказанныхъ недостатковъ *Ленинъ* въ 1874 году <sup>1)</sup> предложилъ пульверизаторъ, представленный на фиг. 89, табл. XXVIII, въ продольно-вертикальномъ разрѣзѣ. Онъ состоитъ изъ цилиндра, раздѣленнаго продольною перегородкою (*b*) на двѣ равныя части (*a a*), верхнюю и нижнюю. Въ верхнее отдѣленіе поступаетъ нефть, а въ нижнее—паръ. Вдоль каждаго отдѣленія коробки проходятъ стержни *o o*. Пульверизаторъ оканчивается поперечною вертикальною трубкою или коробкою *g g*. Въ боковой стѣнкѣ коробки *g g* имѣется поперечный прорѣзъ *j*, расположенный противъ перегородки *b*, такъ что заостренный конецъ послѣдней образуетъ двѣ щели *e e* для прохода нефти и пара. Ширина этихъ щелей регулируется полукруглыми золотниками *m m*, движущимися вверхъ и внизъ по длинѣ направляющихъ брусковъ. Наружные концы стержней *o o* квадратные и служатъ для надѣванія на нихъ ключей, при помощи которыхъ стержни приводятся въ вращательное движеніе, вслѣдствіе котораго полукруглые золотники движутся вверхъ и внизъ, и тѣмъ весьма удобно регулируютъ притокъ нефти и пара. Тонкія и широкія отверстія *e e* остаются всегда параллельны другъ другу, а верхняя и нижняя поверхности перегородки *b* въ точности соотвѣтствуютъ формѣ граней золотниковъ *m m*. Отъ формы этихъ отверстій зависитъ и форма пламени, а потому, измѣняя форму отверстій, можно придать пламени очень разнообразную форму и притомъ ту, которая всего болѣе удобна для даннаго случая. Выпусканіе пара и нефти въ видѣ тонкихъ лентъ облегчаетъ пульверизацію, а направленіе нефтяной струи въ верхнее отдѣленіе пульверизатора препятствуетъ нефти избѣгать пульверизаціи и упасть на подъ печи въ жидкомъ видѣ, такъ какъ плоская струя нефти несетъ плоскою же

<sup>1)</sup> Привилегія выдана въ 1876 году.

струею пара на своемъ хребтѣ. И, дѣйствительно, въ новомъ аппаратѣ Ленца происходитъ очень полная пульверизація, что доказывается, во-первыхъ, полнымъ сгораніемъ нефти безъ дыма и копоти и, во-вторыхъ, отсутствіемъ въ топкѣ нагара и золы. Наблюденія надъ этими пульверизаторами показали, что при полномъ ходѣ машинъ пульверизаторы эти сожигаютъ въ часъ на одну лошадь 6—7 фунтовъ (1,5—1,7 кило) нефтяныхъ остатковъ удѣльнаго вѣса 0,910. Форсунка Ленца получила въ настоящее время широкое примѣненіе къ топкамъ пароходовъ, обыкновенныхъ заводскихъ котловъ и фотогенныхъ кубовъ. Тѣмъ не менѣе, однако, она довольно сложна, а потому во многихъ случаяхъ замѣняется болѣе простыми форсунками, которыя почти все представляють собою только упрощенныя или нѣсколько измѣненныя форсунки Ленца.

По свидѣтельству *Эллера* (1886 г.), изъ огромнаго числа предложенныхъ форсунокъ этого рода, въ настоящее время въ Баку, кромѣ форсунки Ленца, часто употребляются форсунки *Брандта* и *Сандирюна*.

*Форсунка Брандта* представлена на фиг. 90, табл. XXVIII, и состоитъ изъ мѣдной трубки, имѣющей внутри себя продольную перегородку *g*. Въ верхнее отдѣленіе трубки, черезъ приводную трубку *A*, поступаетъ нефть, а въ нижнее, черезъ другую трубку *B*, поступаетъ паръ. Вдоль всего верхняго отдѣленія проходитъ стержень *E*, на переднемъ концѣ котораго насаженъ усѣченный конусъ *C*, а на другомъ концѣ имѣется винтовая нарѣзка, съ помощью которой получается движеніе взадъ и впередъ. При выдвиганіи конуса получается выходъ между конусомъ *C* и трубкою *D*. На конецъ форсунки навинчивается небольшая насадка, имѣющая форму раструба. Между концомъ нефтянаго отдѣленія и насадкой остается небольшая щель, черезъ которую проходитъ паръ изъ *f*. Чтобы привести аппаратъ въ дѣйствіе, сначала открываютъ выходъ нефти, а потомъ паръ подхватываетъ ее, раздробляетъ и въ узкомъ проходѣ между конусомъ *C* и стѣнками раструба почти совершенно перемѣшивается съ нею. Отверстіе для пара остается одно и то же, и притокъ пара регулируется краномъ при входѣ въ форсунку; притокъ же нефти регулируется какъ при входѣ, такъ и при выходѣ.

*Форсунка Сандирюна*, употребляемая въ Баку на заводахъ Нобеля, представлена на фиг. 91, табл. XXVIII, и состоитъ изъ мѣдной трубки *a b c d*, раздѣленной продольной перегородкой *f* на двѣ части. Спереди трубка немножко заострена и имѣетъ щель, тоже раздѣленную перегородкой на двѣ части. Нефть пропускается въ верхнее отдѣленіе прибора по трубкѣ *A* и регулируется краномъ *A*; паръ же поступаетъ въ нижнее отдѣленіе по трубкѣ *B* и регулируется краномъ *B*. Эти два отдѣленія могутъ сообщаться между собою трубкою *g*, которая обыкновенно бываетъ закрыта коническою пробкою *m*. Кромѣ того, выходъ нефти и пара регулируется особенными задвижками *K* и *K'*, которыя, двигаясь вверхъ и внизъ, суживаютъ или расширяютъ прорѣзы для выхода нефти и пара. Задвижка *K'* устанавливается передъ началомъ дѣйствія аппарата; задвижка же *K* для нефти можетъ быть передвигаема и во время дѣйствія прибора съ помощью колѣна *h* и стержня *l* съ винтовою нарѣзкою.

Нѣсколько отлично отъ описанныхъ форсунокъ устроена *форсунка Нобеля*, обратившая на себя вниманіе на московской выставкѣ 1882 года. Она состоитъ изъ толстой мѣдной трубки съ небольшимъ коническимъ рас-

ширениемъ или раструбомъ на концѣ; вдоль всей трубки проходитъ стержень, имѣющій на своемъ концѣ коническую трубку, соответствующую своимъ измѣреніемъ расширенію трубы. Стержень имѣетъ небольшое движеніе вдоль трубки и можетъ закрывать и открывать раструбъ. Нефть и паръ поступаютъ въ форсунку по особеннымъ трубкамъ въ общую трубу ея, гдѣ нефть подхватывается и выносятся паромъ изъ форсунки черезъ узкую щель между коническою трубкою стержня и раструбомъ. Паръ, насыщенный нефтью, даетъ въ тонку коническое пламя, которое при дѣйствіи тяги нѣсколько вытягивается и получаетъ цилиндрическую форму. Чтобы содѣйствовать полному сжиганію нефти и равномерному нагрѣванію точки при вышеуказанной формѣ пламени, пульверизаторъ Нобеля снабженъ особеннымъ приспособленіемъ, обуславливающимъ правильное вращательное движеніе пламени вокругъ своей горизонтальной оси. Это приспособленіе состоитъ изъ небольшого архимедова винта, неподвижно насаженнаго на концѣ стержня передъ пробкой. Паръ и нефть, устремляясь между кривыми крыльями винта, во первыхъ, перемѣшиваются превосходно, и, во вторыхъ, получаютъ вращательное движеніе. Благодаря этому вращенію сначала газовъ, а потомъ и пламени, происходитъ полнѣйшая пульверизація нефти, такъ что ни одна капля послѣдней не пропадаетъ, и нефть сгораетъ вполне, не давая ни копоти, ни нагара. Регулированіе пара и нефти производится при входѣ ихъ въ пульверизаторъ, и счастливая мысль употребить винтъ въ пульверизаторѣ упрощаетъ конструкцію этого послѣдняго до значительной степени, дѣлая ненужными всѣ сложные регуляторы и задвижки, къ которымъ прибѣгали другіе изобрѣтатели. Аппаратъ Нобеля на московской выставкѣ 1882 г. дѣйствовалъ очень исправно, паденія отдѣльныхъ капель на подѣ печи не замѣчалось, и дымъ изъ трубы выходилъ только слегка черный. По существующимъ даннымъ, при сжиганіи нефти въ этомъ приборѣ на каждую лошадиную силу въ часъ расходуется отъ 5—7 ф. нефти.

Форсунки для локомобилей, и вообще трубчатыхъ котловъ, устраиваются существенно иначе, чѣмъ только что описанныя, служащія для длинныхъ топковъ или широкихъ цилиндрическихъ ходовъ, какъ въ корнвалійскихъ котлахъ. При отопленіи трубчатыхъ котловъ необходимо получать, вмѣсто остроконечнаго пламени, пламя возможно широкое. Такія форсунки были предложены *Ленцомъ*, *Брандтомъ*, *Карпетовымъ* и другими.

*Форсунка Ленца* для трубчатыхъ котловъ имѣетъ въ сущности то же устройство, какъ и форсунка Ленца, описанная выше (стр. 388), съ тою только разницею, что щель *j*, изъ которой выходитъ пламя, тянется здѣсь по всей окружности камеры *h*. Вслѣдствіе этого и задвижки *т т* цилиндричны, т. е. могутъ двигаться по камерѣ *h* въ родѣ поршней.

*Форсунка Брандта* для трубчатых котловъ представлена на фиг. 92 *a* и *b*, табл. XXIX. Она состоитъ изъ цилиндрической камеры, снабженной на боковыхъ стѣнкахъ щелями *f* и горизонтальною перегородкою *a*, наружные края которой раздѣляютъ щели *f* на двѣ части. Въ нижнюю камеру форсунки поступаетъ паръ по трубкѣ *D*, а въ верхнюю—нефтяные остатки по трубкѣ *N*. Верхній конецъ этой послѣдней трубки открывается въ распределительную коробку, состоящую изъ неподвижнаго цилиндра *i*, снабженнаго 12 щелями, и внутренняго *o*, вращающагося около своей оси и также снабженнаго 12 отверстиями. Поворачивая цилиндръ *o*, можно уменьшать или увеличивать размѣръ щелей цилиндра *i* и такимъ образомъ регулировать вытекание нефти изъ трубки *N* въ форсунку. Верхняя (нефтяная) камера форсунки раздѣлена на 12 отдѣлений радиальными перегородками *d*, препятствующими смѣшенію нефтяныхъ остатковъ, выходящихъ изъ щелей распределительной коробки. При дѣйствіи аппарата нефть подымается по трубкѣ *N*, выходитъ черезъ щели распределительной коробки, течетъ лентами между перегородками *d* къ щелямъ *f*. Здѣсь нефтяные остатки пульверизируются струею пара, притекающаго по трубкѣ *D*, и сгораютъ въ видѣ тонкихъ длинныхъ пламенныхъ языковъ, поднимающихся вверхъ и образующихъ въ цѣломъ форму тюльпана съ мѣдною сердцевиною и огненными лепестками. Форсунка помѣщается въ топку паровика надъ колосниками. Такъ какъ пламенные языки, обращенные къ дверцамъ, мало содѣйствуютъ нагрѣванію паровика, и только сильно накаливаютъ дверцы, то со стороны, обращенной къ этимъ послѣднимъ, форсунка обыкновенно не имѣетъ щелей.

*Форсунка Каранетова* представляетъ собою мѣдный цилиндръ *AA*, закрытый съ обоихъ концовъ мѣдными сегментами *SS*, черезъ которые проходятъ трубки, приводящія нефть и паръ, какъ показано на фиг. 93 *b*, табл. XXIX, изображающей продольный разрѣзъ этого цилиндра. Цилиндръ раздѣленъ двумя продольными перегородками *m* и *m'* на три отдѣленія, изъ которыхъ верхнее *r* назначается для нефти, нижнее *r'*—для пара, а среднее между ними *a* представляетъ просто открытый пролетъ для протока воздуха и наблюденія за ходомъ горѣнія. На поверхности цилиндра фиг. 93 *a* и *c* по его длинѣ имѣются двѣ щели, изъ которыхъ верхняя, служащая для нефти, образуется перегородкою *m* и желѣзною пластинкою *t*, привинченной къ цилиндру тремя винтами; длина щели 5", ширина  $\frac{3}{32}$ ". Регулированіе выхода нефти производится особенной заслонкой *v*, при помощи которой можетъ быть измѣняема ширина щели. Паровая щель образуется нижнею перегородкою *m'* и желѣзною пластинкою *t'*, внутренняя сторона которой имѣетъ 10—12 зазубринъ, вслѣдствіе которыхъ разнообразится движеніе пара, и пламя раздѣляется на струи, направленные въ разные

мѣста топки. Ширина паровой щели  $\frac{1}{32}$  ", и регулирование пара производится только при его входѣ въ пульверизаторъ помощью крана. Это расположеніе щелей съ обозначеніемъ выхода нефти, пара и воздуха представлено на фиг. 93 с, изображающей поперечный разрѣзъ цилиндра черезъ щели. Пульверизаторъ укрѣпляется на двухъ кронштейнахъ, передъ топочнымъ пространствомъ, такимъ образомъ, что онъ можетъ вращаться около горизонтальной оси, и откидывается назадъ въ случаѣ надобности. При нормальномъ положеніи пульверизаторъ входитъ въ топку, и пламя его направлено внизъ, внутрь желѣзнаго ящика, выложеннаго кирпичами, что имѣетъ цѣлью предохранить котель отъ непосредственнаго дѣйствія на него удара пламени и, кромѣ того, замедлить охлажденіе тонки, когда пульверизаторъ навремя прекратить свое дѣйствіе.

Въ первое время введенія пульверизаторовъ при отопленіи паровиковъ нефтью, слышались жалобы на быстрое разрушеніе паровыхъ котловъ при этомъ способѣ отопленія. Жалобы эти, какъ показали обстоятельныя наблюденія *Ленца* (1878), неосновательны, и быстрая порча паровыхъ котловъ происходитъ не отъ недостатка самаго способа отопленія, а отъ дурнаго расположенія горѣлокъ и отъ несоблюденія наивыгоднѣйшихъ условій пульверизаціи. При тщательной же установкѣ усовершенствованныхъ горѣлокъ *Ленца* и надлежащемъ притокаѣ къ нимъ пара и нефти, нагрѣваніе котловъ пульверизованною нефтью, по мнѣнію *Ленца*, сопровождается большимъ вѣроятіемъ ихъ сбереженія отъ порчи, чѣмъ при отопленіи антрацитомъ.

Хотя при помощи паровыхъ форсунокъ и удается сжигать нефть довольно полно, тѣмъ не менѣе приборы эти еще далеки отъ совершенства. Не говоря о сильномъ шумѣ, сопровождающемъ дѣйствіе форсунокъ, онѣ расходуютъ большое количество пара (10% всего количества пара, получаемаго въ котлѣ), и полезное дѣйствіе нефти въ этихъ приборахъ ниже полезнаго дѣйствія каменнаго угля въ обыкновенныхъ топкахъ. Какъ сказано было выше, форсунка *Ленца* сжигаетъ въ часъ на одну лошадиную силу 1,6 кило нефти, т. е. количество, почти равное количеству каменнаго угля, обыкновенно расходующему для производства той же силы, между тѣмъ какъ теплопроизводительная способность нефти—11000, а средняя теплопроизводительная способность каменнаго угля—всего 7000 ед. тепла. Кромѣ того паровая форсунка мало или вовсе непригодна для отапливанія комнатныхъ печей, кухонь и т. д. Въ виду этого въ послѣднее время вновь обратили вниманіе на усовершенствованіе приборовъ, въ которыхъ нефть сжигается непосредственно въ жидкомъ видѣ. Толчекъ въ этомъ направленіи данъ былъ вновь *Нобелемъ*, который въ 1882 году придумалъ топку подобнаго рода, дающую возможность сжигать нефтяныя остатки (мазуть) безъ дыма и копоти и весьма пригодную для отапливанія, какъ постоянныхъ паровиковъ, такъ и печей для металлургическихъ цѣлей, требующихъ высокой температуры. Топка эта представлена на фиг. 94, табл. XXIX.

Въ кирпичную кладку, въ томъ мѣстѣ, гдѣ обыкновенно помѣщаются подѣ паровикомъ дверцы топки, вставлены одинъ надъ другимъ, съ небольшими промежутками, 4 до 6 чугунныхъ лотка или корытца, въ передней части которыхъ придѣланы небольшія чашечки (а), сообщающіяся при помощи дырочки съ корытцами. Въ дно этихъ чашечекъ вставлены короткія трубки. верхній конецъ которыхъ не доходитъ на  $\frac{1}{2}$  дюйма до верхняго края чашечки. Мазуть притекаетъ изъ особеннаго резервуара въ чашечку верхняго корытца и черезъ дырочку поступаетъ въ самое корытце, гдѣ сгораетъ; когда уровень мазута въ чашечкѣ достигнетъ верхняго конца трубки *b*, тогда мазуть изъ верхней чашечки будетъ переливаться въ слѣдующую нижнюю (2-ую) и черезъ дырочку поступитъ въ слѣдующее нижнее корытце, а затѣмъ, когда уровень его достигнетъ извѣстнаго предѣла во 2-й чашечкѣ, станетъ переливаться въ третью и т. д. Изъ самой нижней чашечки мазуть стекаетъ въ особенный резервуаръ, изъ котораго можетъ идти опять на чашечку верхняго корытца <sup>1)</sup>. Описанное устройство позволяетъ правильно регулировать притокъ мазута, такъ какъ уровень его въ корытцахъ остается постоянно на одной высотѣ, и мазуть на всѣхъ корытцахъ сохраняетъ одинаковыя качества. Это весьма важное обстоятельство. Прежде при подобнаго рода топкахъ корытца устанавливались нѣсколько наклонно, при чемъ мазуть въ верхнемъ корытцѣ оставался жидкимъ, а чѣмъ больше спускался внизъ, тѣмъ дѣлался болѣе тяжелымъ и болѣе содержалъ углерода. Горѣніе поэтому совершалось неравномѣрно, притокъ воздуха невозможно было регулировать. По многочисленнымъ опытамъ Нобеля, 1 фунтъ мазута, сожигаемаго въ форсункахъ, рѣдко давалъ болѣе 10 фунтовъ пара, между тѣмъ какъ при сожиганіи его въ печи Нобеля онъ давалъ 15—16 ф. пара.

Особеннаго рода желобчатые колосники для сожиганія нефти въ комнатныхъ печахъ были предложены *Флоренскимъ* (1883 г.).

Независимо отъ отопленія паровыхъ котловъ были сдѣланы предложенія сожигать нефть и тяжелыя масла (остатки) въ кузнечныхъ горнахъ (Ленцъ, Бенкептанъ), въ отражательныхъ (Audouin, 1868), въ плавильныхъ (Parker и Sunderland, 1871), въ пудлинговыхъ и сварочныхъ печахъ (Арбергъ и Эшлиманъ, 1876; Eames, 1875—76; Dorsett и Blyth, 1869); далѣе въ печахъ для обжиганія рудъ (Willard, 1871) и, наконецъ, въ 1874 г. въ доменныхъ печахъ (Plagge, 1875). Судя по имѣющимся даннымъ, потеря тепла въ доменныхъ печахъ при нефтяномъ отопленіи менѣе, чѣмъ при углѣ, и кромѣ того чугунъ получается лучшихъ качествъ.

*Аппараты для сожиганія керосина*, употребляемые въ домашнемъ обиходѣ для варки кушанья, нагрѣванія воды и т. д., извѣстны подѣ названіемъ *керосинныхъ кузонъ* (Petroleum-Koch-Apparate). Кухни эти со-

<sup>1)</sup> Зап. Русск. техн. общ. 1883, бесѣды, 80.—Техникъ. 1882, № 10 и 1883, № 16.

стоять изъ одной или нѣсколькихъ плоскихъ горѣлокъ съ плоскою свѣтильною, укрѣпленныхъ въ одномъ общемъ резервуарѣ съ керосиномъ; сосудъ съ нагреваемою жидкостью помѣщается непосредственно надъ пламенемъ этихъ горѣлокъ на штативѣ, къ которому прикрѣпленъ и резервуаръ съ керосиномъ. Устройство это, конечно, очень просто, но зато далеко несовершенно: пламя обыкновенно коптитъ и издаетъ непріятный запахъ.

Первыя подобныя керосинныя кухни были построены *Allez-frères* въ Парижѣ и описаны, между прочимъ, *Meidinger*'омъ (1868). Аналогическіе аппараты были устроены затѣмъ *Hägerich*'омъ (1871). *Böttger* (1878), въ кухняхъ съ нѣсколькими плоскими горѣлками, предложилъ располагать ихъ не параллельно другъ другу, а въ видѣ замкнутаго трехъ или многоугольника, чтобы тѣмъ сосредоточить болѣе жаръ, ими даваемый. „*Whitney and Hall Manufacturing Company*“ устроили (1877) керосинныя кухни для сожиганія тяжелыхъ маселъ съ приспособленіемъ для охлажденія резервуара при помощи тока воздуха, который, послѣ нагреванія, направляется къ горѣлкѣ съ двойною тягою. *Riessner* въ *Fürth* (1879) устроилъ кухню съ стекляннымъ резервуаромъ, предупреждая нагреваніе въ немъ керосина стекляною чашкою, поставленной надъ резервуаромъ и наполненной водою.— *Winterbrun* (1878) предложилъ особенный регуляторъ для свѣтильни, цѣль котораго состоитъ въ томъ, чтобы пламя свѣтильни, при закручиваніи ея, не могло бы передаться керосину, содержащемуся въ резервуарѣ. *Schröder*, *Ruprecht* и *Meurer* (1879) взяли въ Германіи привилегію на керосинныя кухни, горѣлки которыхъ такъ устроены, что въ нихъ происходитъ неполное сгораніе керосина, а продукты неполнаго сгоранія направляются въ маленькій резервуаръ, гдѣ они смѣшиваются съ воздухомъ и вновь сожигаются окончательно. *Schade* (1882) взялъ привилегію на керосинную печь для золотыхъ дѣлъ мастеровъ, а *Dahl* (1884)—на керосинную кухню съ нѣсколькими горѣлками. *Schenkel* (1877) произвелъ опыты съ цѣлю опредѣлить стоимость нагреванія свѣтильнымъ газомъ и керосиномъ (въ керосинныхъ кухняхъ) и показалъ, что 31 литръ газа производитъ то же нагреваніе, какъ 20 граммовъ керосина, откуда *Schenkel* пришелъ къ тому заключенію, что при обыкновенныхъ цѣнахъ на газъ и нефть въ Германіи нагреваніе керосиномъ обходится въ 2—3 раза дороже, чѣмъ нагреваніе каменноугольнымъ газомъ.



#### IV. Способы нагрѣванія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ.

Познакомившись со способами сожиганія топлива, рассмотримъ теперь въ общихъ чертахъ способы и приборы, служащіе для нагрѣванія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ.

Какъ ни разнообразны эти способы, тѣмъ не менѣе всѣ они могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы, а именно: на такіе, въ которыхъ теплота пламенныхъ газовъ непосредственно служитъ для нагрѣванія тѣла (нагрѣваніе голымъ огнемъ), и на такіе, при которыхъ теплота пламенныхъ газовъ служитъ сначала для нагрѣванія воздуха или воды, которые затѣмъ уже употребляются для возвышенія температуры нагрѣваемого тѣла (воздушное, водяное и паровое нагрѣваніе).

Изъ этихъ косвенныхъ способовъ нагрѣванія самое обширное примѣненіе въ технику имѣетъ паровое нагрѣваніе, въ особенности для нагрѣванія жидкостей, такъ какъ оно косвенно <sup>1)</sup> влечетъ за собою сбереженіе тепла и представляетъ значительныя удобства. И, дѣйствительно, этотъ, какъ и другіе способы косвеннаго нагрѣванія, даетъ возможность:

1) Правильно регулировать температуру нагрѣванія, что весьма важно при нагрѣваніи тѣлъ, которыя отъ высокой температуры могутъ разложиться, напр. при выпариваніи сахарныхъ растворовъ, при перегонкѣ браги и т. д.

2) Правильно регулировать продолжительность нагрѣванія, а именно съ большимъ удобствомъ прекращать и возобновлять нагрѣваніе, смотря по необходимости, не теряя при этомъ значительнаго количества тепла.

3) Нагрѣвать одновременно много различныхъ предметовъ, напр. въ красильняхъ значительное число котловъ съ красками, безъ необходимости устраивать соотвѣтственное число печей. При паровомъ нагрѣваніи устраи-

---

<sup>1)</sup> Паръ, конечно, не можетъ передать болѣе тепла, чѣмъ самъ получилъ отъ топлива; напротивъ того, при проведеніи его по трубамъ къ мѣсту назначенія онъ теряетъ на пути определенное количество тепла.

вають одну печь съ паровикомъ достаточной величины, въ которой, конечно, терится менѣе тепла, чѣмъ въ нѣсколькихъ маленькихъ печахъ, не говоря уже о томъ, что устройство и уходъ за одной печью легче и дешевле, чѣмъ за нѣсколькими.

4) Передавать теплоту на довольно большія разстоянія и употреблять во многихъ случаяхъ для нагрѣванія жидкостей деревянную посуду, уменьшая тѣмъ расходъ на металлическіе приборы.

Въ виду важности пароваго нагрѣванія и употребленія его для нагрѣванія какъ жидкихъ, такъ и твердыхъ и газообразныхъ тѣлъ, здѣсь будутъ прежде всего рассмотрѣны приборы для образованія пара, извѣстные подъ названіемъ *паровиковъ* или *паровыхъ котловъ*.

---

## ПАРОВИКИ.

Подъ именемъ паровиковъ подразумѣваютъ закрытые металлическіе сосуды, въ которыхъ вода можетъ быть превращена въ паръ съ давленіемъ выше атмосфернаго. Паровики изготовляются изъ листоваго желѣза или изъ листовой стали и имѣютъ обыкновенно форму цилиндра.

Число придуманныхъ паровиковъ очень велико, тѣмъ не менѣе паровики, употребляющіеся въ настоящее время, могутъ быть подраздѣлены на слѣдующія группы:

- 1) Паровики цилиндрическіе съ наружною топкою безъ и съ бульерами (кипятильниками).
- 2) Паровики съ внутренней топкой, извѣстные также подъ названіемъ корнвалійскихъ или ланкастерскихъ.
- 3) Трубчатые паровики.
- 4) Паровики съ быстрой циркуляціей воды, такъ-наз. невзрывающіеся паровики.

*Паровики съ наружною топкою безъ бульеровъ* представляютъ типъ самыхъ простыхъ котловъ и состоятъ изъ горизонтальнаго цилиндра, закрытаго двумя выпуклыми или плоскими днами и снабженнаго паровымъ колпакомъ, который служитъ резервуаромъ для пара и мѣстомъ прикрѣпленія паротводнаго вентиля и предохранительнаго клапана. Въ заднемъ концѣ паровика помѣщенъ вентиль для питанія паровика водою, а внизу—трубка для спусканія воды изъ паровика, въ переднемъ же концѣ паровика прикрѣпляется манометръ и водомѣрное стекло. Въ этихъ паровикахъ нагревательная поверхность мала сравнительно съ объемомъ котла, а потому въ нихъ теплота дурно утилизируется, и котлы подобнаго рода, благодаря своей простотѣ и дешевизнѣ, употребляются только тамъ, гдѣ топливо дешево, и гдѣ вода, служащая для питанія паровика, не даетъ много накипи. Для увеличенія поверхности нагрева цилиндрическихъ паровиковъ снабжаютъ ихъ такъ-называемыми *бульерами*, т. е. устраиваютъ два котла, соединяя ихъ короткой трубкой. Такой котель представленъ

на фиг. 95, табл. XXX. *a* есть главный котель, *b*—бульеръ, а *c*—труба, соединяющая котель съ бульеромъ. Пламенные газы изъ топочнаго пространства *d* идутъ по верхнему дымовому ходу, обхватываютъ  $\frac{2}{3}$  поверхности котла и направляются черезъ отверстіе *e* въ нижній дымовой ходъ, раздѣленный кирпичной кладкой на два отдѣленія  $f_1$  и  $f_2$  (изъ которыхъ только  $f_2$  видно на рисункѣ). Газы, проходя по каналамъ  $f_1$  и  $f_2$ , огрѣваютъ обѣ стороны бульера и затѣмъ идутъ въ трубу, пройдя заслонку *R*. Вода, служащая для питанія паровика, притекаетъ черезъ вентиль *h* въ бульеръ, нагрѣвается здѣсь и подымается по трубѣ *c* въ котель, въ которомъ превращается въ парь. *i*—часть паровика, снабженная водомѣрной трубкой и манометромъ; *k*—паровой колпакъ, снабженный пароотводною трубкою и предохранительнымъ клапаномъ. Въ верхней части пароваго колпака помѣщено рабочее отверстіе для очистки котла. *l*—дверцы топки; *m*—дверцы для регулированія притока воздуха и для закрыванія зольника; *n*—противовѣсъ для заслонки *R*.

Иногда вмѣсто одного бульера устраиваютъ ихъ два, по и при этомъ устройствѣ теплота утилизируется несовершенно, такъ какъ въ паровикахъ съ бульерами только одна стѣнка дымовыхъ ходовъ употребляетъ теплоту съ пользою, другая же, кирпичная, обусловливаетъ потерю тепла.

Это неудобство старались устранить въ *паровикахъ съ внутреннею топкою*. Паровики эти имѣютъ обыкновенно форму лежащихъ цилиндровъ, внутри которыхъ, параллельно оси, помѣщена по всей длинѣ цилиндра пролетная пламенная труба, передняя часть которой служитъ для помѣщенія топки, а задняя—для отвода пламенныхъ газовъ въ трубу. Вмѣсто одной пролетной трубы (коривалійскіе котлы), помѣщаютъ двѣ (ланкастерскіе) для облегченія чистки паровика. Хотя паровики описываемой системы имѣютъ большую поверхность нагрѣва, тѣмъ не менѣе они требуютъ много мѣста, значительно болѣе толстыхъ стѣнокъ и, кромѣ того, затрудняютъ полное сгораніе топлива, какъ вслѣдствіе быстрого охлажденія пламенныхъ газовъ (срав. стр. 393), такъ и вслѣдствіе трудности устроить въ нихъ рѣшетки, вполне пригодныя для сжиганія даннаго топлива. Въ виду этого на практикѣ теплота топлива утилизируется въ паровикахъ съ внутренней топкой не болѣе совершенно, чѣмъ въ паровикахъ съ наружною топкою. Слѣдуетъ замѣтить еще, что пролетныя трубы быстро засариваются золою, уносимую изъ топки пламенными газами. Зола эта осаждается на стѣнкахъ трубъ и уменьшаетъ ихъ теплопроизводительность.

Третья группа паровиковъ—*трубчатые паровики*; они представляютъ собою измѣненіе паровиковъ съ внутренней топкой, а именно—въ нихъ ши-

рокія пролетныя трубы замѣнены большимъ числомъ узкихъ трубъ, одинъ конецъ которыхъ открывається въ топочное пространство, другой— въ дымовую камеру. Этимъ путемъ пламенные газы раздробляются на большое число струй, чѣмъ достигается большая поверхность нагрѣва при относительно небольшомъ объемѣ котла. Въ виду этого трубчатые котлы весьма пригодны тамъ, гдѣ сбереженіе пространства является главнымъ условіемъ, напр. для паровозныхъ, локомотивныхъ и пароходныхъ котловъ. Какъ постоянные котлы съ непрерывнымъ дѣйствіемъ, трубчатые котлы представляютъ мало выгодъ, такъ какъ имъ присущи всѣ недостатки, которыми обладаютъ котлы съ внутренней топкой и которые были указаны выше.

Послѣдняя группа котловъ—*паровики съ быстрой циркуляціей воды*; они отличаются отъ предшествующихъ системъ котловъ тѣмъ, что вмѣщаютъ въ себѣ небольшое количество воды, которая притекаетъ въ нихъ непрерывно по мѣрѣ испаренія. Этимъ путемъ изобрѣтатели стараются уменьшить объемъ и вѣсъ котла и предохранить его отъ взрыва. Въ виду этого послѣдняго обстоятельства, котлы описываемой системы носятъ названіе „невзрывающихся котловъ“, хотя опытъ не оправдываетъ этого названія. Большая часть котловъ съ быстрой циркуляціей воды состоитъ изъ нѣлаго ряда параллельно положенныхъ трубъ, содержащихъ воду и паръ, между тѣмъ какъ пламенные газы изъ топки проходятъ по промежуткамъ между трубами, нагрѣвая эти послѣднія. Представителемъ этого рода паровиковъ можетъ служить *паровикъ Бельвиля*, получившій большое распространеніе въ Европѣ. Онъ представленъ на фиг. 96, А и В, табл. XXX. *аа*—наклонно поставленныя трубки изъ кованаго желѣза, соединенныя между собою колѣнами и установленныя въ вертикальные ряды (числомъ 5) такимъ образомъ, что нижняя трубка каждаго вертикальнаго ряда открывається въ общую трубку *b*, приводящую воду, а верхняя трубка каждаго же ряда открывається въ общую трубку *c*, отводящую паръ; *d*—рѣшетка, поверхность которой почти равна площади поперечнаго разрѣза всей системы трубъ. Система трубъ вѣстѣ съ топкой помѣщается въ кирпичную камеру, въ переднюю часть которой вставлены двѣ желѣзныя рамы. Въ верхней рамѣ укрѣплены дверцы *e*, которыя облегчаютъ доступъ къ трубамъ, а въ нижнюю раму вставлены два клапана *m* для регулированія притока воздуха, а также дверцы топочнаго пространства (*n*) и зольника (*o*). Котель снабженъ самодѣйствующимъ приспособленіемъ для регулированія притока воды, предохранительнымъ клапаномъ и манометромъ. Паръ изъ трубки *c* направляется въ *h*, гдѣ освобождается отъ увлеченной воды, и выпускается изъ паровика черезъ вентиль *k*. Котлы описываемой системы занимаютъ меньше мѣста, стоятъ дешевле, менѣе подвержены взрывамъ, чѣмъ котлы другихъ системъ, но зато требуютъ тщательнаго надзора и ухода, и даже при

этихъ условіяхъ въ нихъ трудно поддерживать равномѣрное давленіе, при сколько нибудь неравномѣрномъ расходѣ пара. Кромѣ того утилизація тепла въ этихъ паровикахъ не совершеннѣе, чѣмъ въ паровикахъ другихъ системъ, такъ какъ, несмотря на большую поверхность нагрѣва, пламенные газы проходятъ короткій путь между трубами и не успѣваютъ отдать имъ своей теплоты.

*Производительность паровика* выражается обыкновенно въ паровыхъ силахъ, независимо отъ употребленія этихъ послѣднихъ. Такимъ образомъ говорятъ, что котель имѣетъ *n* паровыхъ силъ, если онъ въ состояніи произвести 33 *n* кило пара въ часъ. Эта производительность котла, равно какъ и потребное для этой производительности количество теплоты могутъ быть вычислены теоретически, но на практикѣ пользуются обыкновенно для этой цѣли данными, добытыми изъ опыта. Такъ какъ, говоря вообще, одинъ кило угля, сжигаемый подъ паровикомъ, производитъ отъ 6—8 кило (сред. 7 кило) пара, то принимаютъ, что число кило угля (*p*), необходимое для производства *P* кило пара въ часъ, равно

$$p = \frac{P}{7}$$

Для опредѣленія размѣра площади нагрѣва паровика, необходимой для производства опредѣленнаго количества пара въ часъ, исходятъ изъ эмпирическаго показанія, что одинъ кв. м. поверхности нагрѣва испаряетъ въ часъ:

въ заводскомъ котлѣ . . . . .	12—15 кило воды
въ локобильномъ . . . . .	25—30 „ „
въ локомотивномъ . . . . .	35—40 „ „
въ пароходномъ . . . . .	20—25 „ „

Если, поэтому, желаютъ построить заводскій котель, производящій *P* кило пара въ часъ, то площадь нагрѣва его (*F*) должна имѣть:

$$F = \frac{P}{\text{отъ 12 до 15}} \text{ кв. метра.}$$

Общій объемъ пароваго котла низкаго давленія долженъ колебаться между 0,66—0,594 куб. м. на каждую силу, а объемъ, занятый водою, долженъ составлять на каждую силу отъ 0,4—0,264 куб. м. Длина котла колеблется между 4—10 м.

Допустимъ, что мы желаемъ устроить заводскій котель въ 20 силъ; въ такомъ случаѣ площадь нагрѣва его должна быть равна

$$F = \frac{33 \times 20}{13,5} = 48,89 \text{ кв. м.,}$$

гдѣ 33 выражаетъ количество пара, соотвѣтствующее одной силѣ, а 13,5—среднее колич. пара, даваемого однимъ кв. м. нагрѣвательной поверхности котла.

Топка этого котла должна быть такъ рассчитана, чтобы въ ней въ одинъ часъ могло бы сгорать каменнаго угля

$$p = \frac{33 \times 20}{7} = 94,3 \text{ кило.}$$

Объемъ котла долженъ быть равенъ

$$V = 0,6 \times 20 = 12 \text{ куб. м.}$$

Конечно, всѣ эти числа только приближительныя и они измѣняются, смотри по устройству топокъ и паровика. Понятно, что чѣмъ совершеннѣе будетъ сгорать топливо и чѣмъ совершеннѣе будетъ утилизоваться теплота въ паровикѣ, тѣмъ меньше будетъ поверхность нагрѣва и тѣмъ меньше будетъ количество топлива, потребное для достиженія той же цѣли.

Познакомившись въ главныхъ чертахъ съ устройствомъ паровиковъ, приступимъ теперь къ краткому обзорѣнью способовъ нагрѣванія твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ.



## НАГРѢВАНІЕ ТВЕРДЫХЪ ТѢЛЪ.

Твердыя тѣла нагрѣваютъ очень различно, смотря по природѣ самыхъ тѣлъ и способу ихъ обработки, а именно:

1) Тѣло приводятъ въ непосредственное соприкосновеніе съ горючимъ матеріаломъ;

2) На нагрѣваемое тѣло непосредственно направляютъ пламенные газы, образующіеся при сжиганіи топлива въ отдѣльной топкѣ;

3) Нагрѣваемое тѣло отдѣляютъ отъ пламенныхъ газовъ металлическою или вообще огнеупорною стѣнкою, черезъ которую передается теплота нагрѣваемому тѣлу;

4) Нагрѣваемое тѣло приводятъ въ соприкосновеніе съ металлическою оболочкою, нагрѣвасемою паромъ, или помѣщаютъ въ сосудъ или камеру, черезъ которую пропускаютъ нагрѣтый воздухъ или перегрѣтый паръ.

Представителемъ печей для нагрѣванія твердыхъ тѣлъ по *первому способу*, приводя ихъ въ непосредственное соприкосновеніе съ топливомъ, можетъ служить *доменная печь*, служащая для выплавки чугуна изъ желѣзныхъ рудъ. Она представлена на фиг. 97 (*a, b*), табл. XXXI, и снаружи имѣетъ видъ усѣченного конуса, высота котораго обыкновенно около 9—11 м. Печь эта состоитъ изъ внѣшней части *pp'qq'*, называемой *кожухомъ*, и изъ внутренней—*A B C G E*, называемой *шахтою*; между ними оставленъ промежутокъ, заполненный трудно-плавкимъ матеріаломъ, чтобы тѣмъ уменьшить потерю тепла. Въ нижней части кожуха имѣетъ четыре выведенныхъ сводами углубленія, сходящіяся въ срединѣ печи и соединяющіяся ходами *R* (ф. 97 *b*). Одно изъ этихъ углубленій (сводовъ) называется *горновымъ* или рабочимъ, три другія—*фурменными*. Во внутренней части доменной печи отличаютъ: *G*—*колошникъ*, черезъ который забрасывается въ печь засыпь и выдѣляются изъ нея газы; *C*—*шахту* въ тѣсномъ значеніи слова; *A*—цилиндрическую часть—*распоръ*, и нижній конусъ *B*—*запечники*. Всѣ эти части



внутренняго пространства домны строятся изъ огнеупорнаго матеріала, а именно изъ плотнаго несодержащаго желѣза песчаника или изъ сильно обожженныхъ кирпичей изъ огнеупорной глины. За заплечниками внизъ слѣдуетъ горнѣ, имѣющій форму четырехугольной усѣченной пирамиды, обращенной большимъ основаніемъ вверхъ. Въ горнѣ происходитъ собственно процессъ плавленія, и такъ какъ здѣсь бываетъ самый сильный жаръ, то горнѣ строится изъ огнеупорной глины, смѣшанной или съ крупнымъ кварцевымъ пескомъ или съ измельченнымъ сильно обожженнымъ кирпичемъ (шамотта). Въ горнѣ отличаютъ двѣ части: верхнюю *E* отъ отверстій *o*, черезъ которыя вдувается въ печь воздухъ, до начала заплечниковъ, и нижнюю *D* отъ воздуходушныхъ отверстій до пода горна. Три стороны горна опускаются до самаго пода, а четвертая не доходитъ на нѣсколько дюймовъ и поддерживается желѣзными полосами, вдѣланными въ бокахъ горна. Нижняя часть горна такимъ образомъ продолжается впереди подъ стѣнкой *t* и ограничивается, наконецъ, *порожнимъ камнемъ d*, и при томъ такъ, что между верхнимъ ребромъ порожнаго камня и нижнимъ ребромъ стѣнки остается свободное пространство, черезъ которое доступна внутренность горна. Въ задней и боковыхъ стѣнкахъ горна находятся отверстія *o*, черезъ которыя вдувается въ печь воздухъ при помощи воздуходушныхъ машинъ. Печь нагружается сверху попеременными слоями топлива (древесный уголь, каменный уголь, коксъ) и руды, смѣшанной съ плавнемъ. Подъ вліяніемъ высокой температуры и возстановляющаго дѣйствія угля, руда въ нижней части домны выдѣляетъ желѣзо, которое, соединяясь съ углеродомъ, переходитъ въ легкоплавкій чугунъ, а постороннія примѣси руды сплавляются съ флюсомъ, образуя также плавкое стекло (шлаки), которое вмѣстѣ съ чугуномъ собирается въ нижней части горна, откуда они (чугунъ и шлаки) выпускаются въ опредѣленные промежутки времени. По мѣрѣ сгоранія угля и выпускаванія чугуна и шлаковъ, содержимое печи опускается, при чемъ освобождается пространство въ верхней части печи, которое заполняется новымъ количествомъ угля и смѣси руды съ флюсомъ.

Подобныя же шахтовые печи употребляются для обжиганія извести и для нѣкоторыхъ другихъ цѣлей.

Для *нагрѣванія твердыхъ тѣлъ непосредственно пламенными газами*, образующимися сожиганіемъ топлива въ отдѣльной топкѣ, служатъ такъ-наз. *пламенные печи*, состоящія изъ топки и нагрѣвательнаго пространства, ограниченнаго снизу горизонтальною плоскостью (*подъ печи*), а сверху сводомъ, заставляющимъ пламя проходить близко надъ нагрѣваемымъ тѣломъ, помѣщеннымъ или непосредственно, или въ сосудахъ на подѣ печи. Схематическое изображеніе подобной печи представлено на фиг. 98, табл. XXXI.

Печи подобнаго рода употребляются для обжиганія рудъ, для плавки стекла и металловъ, для обжиганія гончарныхъ издѣлій и вообще для многихъ операцій, требующихъ высокой температуры. Такъ какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ теплота пламенныхъ газовъ не можетъ быть съ должною полнотою утилизована въ самой печи, то было сдѣлано много предложеній воспользоваться теплотою отходящихъ газовъ внѣ печи для нагрѣванія воды, выпариванія растворовъ, а также для нагрѣванія воздуха, служащаго для сжиганія топлива съ цѣлью увеличить пиро-метрическое дѣйствіе послѣдняго. Изъ всѣхъ этихъ предложеній наивысшую температуру при возможной экономіи топлива даетъ регенеративная печь Сименса, о которой было уже говорено выше. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напр. при обжиганіи кирпича, извести и пр., удается воспользоваться не только теплотою отходящихъ газовъ, но и теплотою, заключающеюся въ твердомъ тѣлѣ послѣ его нагрѣванія, превративши періодическую работу въ непрерывную и устроивши печь такимъ образомъ, что обожженный и свѣжій матеріалъ играютъ до извѣстной степени ту же роль, какъ кирпичная кладка въ регенераторахъ Сименса. Другими словами, печь устраиваютъ такъ, что заставляютъ воздухъ, служащій для сжиганія топлива, предварительно пройти черезъ обожженный и еще горячій продуктъ и тѣмъ отнять у него теплоту и нагрѣть воздухъ, а отходящіе пламенные газы, до поступленія ихъ въ трубу,—пройти черезъ обжигаемый продуктъ и тѣмъ нагрѣть его до высокой температуры и охладить пламенные газы. Этотъ принципъ осуществленъ въ циркулярной печи *Гобмана*, которая въ различныхъ видоизмѣненіяхъ получила широкое примѣненіе, такъ какъ она не только берегаетъ топливо, но и даетъ болѣе однородный продуктъ.

*Третій способъ нагрѣванія твердыхъ тѣлъ—нагрѣваніе ихъ въ закрытыхъ сосудахъ пламенными газами*—употребляется при сухой перегонкѣ, при перегонкѣ сѣры, при добываніи азотной кислоты и т. д. и вообще во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ уединить нагрѣваемое отъ соприкосновенія съ наружнымъ воздухомъ и пламенными газами. Въ главѣ объ искусственномъ топливѣ (стр. 205) описано уже нѣсколько подобныхъ печей, извѣстныхъ подъ общимъ названіемъ *ретортныхъ*.

*Четвертый способъ нагрѣванія твердыхъ тѣлъ, приведеніе ихъ въ соприкосновеніе съ металлическими оболочками, нагрѣваемыми паромъ*, всего чаще употребляется для сушки, и этотъ способъ нагрѣванія будетъ разсмотрѣнъ въ соответствующей главѣ, гдѣ будетъ также разсмотрѣно нагрѣваніе твердыхъ тѣлъ, приводя ихъ въ соприкосновеніе съ нагрѣтымъ воздухомъ.

Нагрѣваніе твердыхъ тѣлъ, приводя ихъ въ соприкосновеніе съ перегрѣтымъ паромъ, употребляется въ тѣхъ случаяхъ, когда необходимо подвергнуть нагрѣваемое тѣло опредѣленной и постоянной температурѣ, какъ напр. при сухой перегонкѣ дерева, торфа и т. д. Въ этихъ случаяхъ паръ изъ паровика пропускаютъ черезъ систему трубъ, нагрѣваемыхъ пламенными газами въ особенной камерѣ, а затѣмъ въ сосудъ (обыкновенно лежащую реторту), содержащій нагрѣваемое тѣло.

---

## НАГРѢВАНІЕ ЖИДКИХЪ ТѢЛЪ.

Способы нагрѣванія жидкостей столь же разнообразны, какъ и способы нагрѣванія твердыхъ тѣлъ, а именно жидкости нагрѣваютъ:

1) Направляя на нихъ пламенные газы, образующіеся сожиганіемъ топлива въ отдѣльной топкѣ;

2) Приводя ихъ въ соприкосновеніе съ металлическими оболочками, нагрѣваемыми извнѣ пламенными газами или водянымъ паромъ (нагрѣваніе глухимъ паромъ);

3) Впуская въ нихъ непосредственно водяной паръ (нагрѣваніе голымъ паромъ).

Для нагрѣванія жидкостей по *первому способу* служатъ пламенные печи (стр. 403), на подѣ которыхъ помѣщены плоскіе открытые ящики, вмѣщающіе жидкость. Этотъ способъ нагрѣванія жидкостей примѣняется только для выпариванія водныхъ растворовъ, въ особенности тогда, когда плотный остатокъ раствора долженъ быть подвергнутъ прокаливанію.

Самый простой способъ *нагрѣванія жидкостей пламенными газами черезъ металлическія оболочки*, когда жидкость помѣщена въ открытый или закрытый сосудъ (котель, кубъ), непосредственно помѣщенный надъ топкой. Въ этомъ случаѣ для болѣе полной утилизаціи теплоты пламенныхъ газовъ топку помѣщаютъ немного передъ нагрѣваемымъ сосудомъ и особеннымъ расположеніемъ дымовыхъ ходовъ заставляютъ пламенные газы обходить все дно и боковыя стѣнки нагрѣваемого сосуда. Но и при такомъ устройствѣ печи, утилизація тепла пламенныхъ газовъ очень несовершенна, и нагрѣваніе жидкости, вслѣдствіе дурной теплопроводимости ея, идетъ медленно. Въ виду этого во всѣхъ случаяхъ, когда это возможно, пламенные газы заставляютъ проходить по трубамъ, помѣщеннымъ въ жидкость, какъ это имѣетъ мѣсто въ трубчатыхъ паровикахъ.

*Нагрѣваніе глухимъ паромъ*, т. е. приводя жидкости въ соприкосновеніе съ металлическими оболочками, нагрѣваемыми паромъ, есть одинъ изъ самыхъ изящныхъ, удобныхъ и употребительныхъ способовъ. Этотъ способъ нагрѣванія состоитъ въ томъ, что въ сосудъ, содержащій нагрѣваемую

жидкость, помѣщаютъ изогнутыя металлическія трубки (змѣевикъ), черезъ одинъ конецъ которыхъ впускаютъ парь, а черезъ другой спускаютъ сгустившуюся воду. Фиг. 99—101, табл. XXXI, представляютъ различные типы такихъ змѣевиковъ. Фиг. 99 представляетъ винтообразный змѣевикъ; парь входитъ сверху при S, а конденсаціонная вода выходитъ снизу при r. Фиг. 100 представляетъ спиральный змѣевикъ, всего чаще употребляемый. Фиг. 101 представляетъ расположеніе паровыхъ трубокъ для увариванія сироповъ. Трубка А В по серединѣ раздѣлена глухой перегородкой на двѣ части. Симметрически по обѣимъ сторонамъ перегородки открываются въ А В подковообразно согнутыя трубки *t, t...* Парь входитъ при А и, встрѣтивъ на своемъ пути перегородку, распредѣляется по трубкамъ *t, t...* гдѣ сгущается; конденсаціонная вода собирается по другую сторону перегородки и выпускается при В. Въ тѣхъ случаяхъ, когда помѣщеніе змѣевика въ нагреваемую жидкость неудобно, снабжаютъ сосудъ двойнымъ дномъ и пропустятъ парь по промежутку между двумя днами. Такое приспособленіе представлено на фиг. 102, табл. XXXII. Парь входитъ черезъ трубку А, а конденсаціонная вода выпускается черезъ трубу В. Нерѣдко для нагреванія жидкостей употребляютъ сосуды, снабженные и двойнымъ дномъ, и змѣевикомъ.

Конденсаціонную воду, образующуюся при паровомъ нагреваніи, обыкновенно отводятъ въ паровикъ, чтобы производить питаніе паровика теплою и возможно чистою водою, и тѣмъ сберечь расходъ на топливо и устранить образованіе котловой накипи (ср. часть I, стр. 84). Въ большей части случаевъ не отводятъ конденсаціонную воду въ паровикъ непосредственно, но собираютъ ее въ отдѣльномъ закрытомъ сосудѣ (паровой сборникъ), который не дозволяетъ уходить пару изъ змѣевиковъ и поддерживаетъ въ нихъ опредѣленное давленіе. Фиг. 103 и 104, табл. XXXII, представляютъ схемы подобныхъ аппаратовъ. Въ аппаратѣ, представленномъ на фиг. 103, конденсаціонная вода стекаетъ черезъ трубку В въ герметически закрытый сосудъ А. Воду выпускаютъ изъ аппарата черезъ трубку С, открывая коническій вентиль при помощи стержня *v*, когда уровень воды и давленіе въ сосудѣ достигнутъ опредѣленнаго предѣла, указываемаго манометромъ (Н) и водомѣрнымъ стекломъ (G). Въ аппаратѣ, изображенномъ на фиг. 104, опоражниваніе сосуда производится автоматически, при помощи поплавка G, прикрѣпленнаго къ стержню выпускнаго вентиля. Въ обоихъ случаяхъ паровой сборникъ снабженъ предохранительнымъ клапаномъ F.

Змѣевикъ и вообще всѣ приборы, въ которыхъ конденсируется парь, должны быть снабжены вентиляемъ для выпуска воздуха. Въ большей части случаевъ вентиляемъ служитъ обыкновенный кранъ, который оставляютъ открытымъ до тѣхъ поръ, пока изъ даннаго пространства не будетъ

удаленъ весь воздухъ притекающимъ паромъ. Если стѣнки змѣвика тонки, тогда змѣвикъ снабжаютъ предохранительнымъ вентиляемъ, открывающимся внутрь и впускающимъ воздухъ при уменьшеніи давленія внутри змѣвика ниже атмосфернаго. Этимъ устраняется возможность сплюсненія змѣвика.

Если примѣсь конденсаціонной воды къ нагрѣваемой жидкости не оказываетъ вреднаго вліянія, то въ такомъ случаѣ *нагрѣваніе* можетъ быть произведено *голымъ паромъ*, т. е., пропуская непосредственно паръ въ нагрѣваемую жидкость. Для болѣе полной конденсаціи пара и для болѣе удобнаго нагрѣванія жидкости, паръ впускаютъ въ жидкость не прямо изъ паропроводной трубы, а направляютъ его въ змѣвикъ, помѣщенный въ нагрѣваемой жидкости и снабженный цѣлымъ рядомъ небольшихъ отверстій (Фиг. 105, табл. XXXII, представляетъ подобное устройство. А—сосудъ, наполненный нагрѣваемой жидкостью, G—змѣвикъ, стѣнки котораго продырявлены большимъ числомъ небольшихъ отверстій, D E—паропроводная труба, С—вентиль для регулированія притока пара, который, попадая въ змѣвикъ, выходитъ изъ него тонкими струйками, равномерно распределяется въ жидкости и, сгущаясь, нагрѣваетъ ее.

Нагрѣваніе жидкости производятъ или съ цѣлью повысить ея температуру, или же съ цѣлью отдѣлить изъ смѣси болѣе летучія тѣла отъ менѣе летучихъ или вовсе нелетучихъ. Если вышеуказанное раздѣленіе смѣси имѣетъ главною цѣлью полученіе нелетучаго тѣла, въ такомъ случаѣ вышеуказанная операція называется *сгущеніемъ*, *выпариваніемъ* или *звариваніемъ*; если же оно имѣетъ главною цѣлью полученіе летучихъ тѣлъ, то операція извѣстна подъ названіемъ *перегонки*. Перегонка производится всегда при температурѣ кипѣнія жидкости, выпариваніе же можетъ быть произведено при температурахъ и гораздо низшихъ температуры кипѣнія. Если выпариваніе производится въ закрытыхъ сосудахъ при температурѣ кипѣнія жидкости, то оно есть въ сущности перегонка.

Для повышенія температуры, для перегонки и выпариванія жидкостей употребляютъ различныя приемы, на которыхъ небезынтересно остановиться.

Для *нагрѣванія жидкостей съ цѣлью повысить ихъ температуру* можетъ служить открытый или закрытый сосудъ, нагрѣваемый или голымъ огнемъ, или паромъ. Этотъ послѣдній способъ нагрѣванія жидкостей всего болѣе удобенъ и выгоденъ, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда одновременно нужно нагрѣтъ жидкости въ различныхъ сосудахъ, и когда температура нагрѣванія должна быть правильно регулирована, а самое нагрѣваніе попроизволу прекращаемо и возобновляемо.

Для *нагрѣванія жидкостей съ цѣлью ихъ перегонки* служитъ всегда закрытый сосудъ, соединенный съ холодильникомъ для сгущенія паровъ це-

регоняемой жидкости. Сосудъ этотъ, называемый *перегоннымъ кубомъ*, можетъ быть нагрѣваемъ или голымъ огнемъ, или глухимъ—, или голымъ паромъ. Представителемъ самыхъ простыхъ приборовъ подобнаго рода можетъ служить перегонный аппаратъ для полученія перегнанной воды, описанный въ первой части этого труда (часть I, стр. 56). Аппараты, подобные указанному, часто употребляются въ тѣхъ именно случаяхъ, когда изъ смѣси летучихъ и нелетучихъ тѣлъ желаютъ отдѣлить всѣ летучія тѣла отъ нелетучихъ, что можетъ быть достигнуто однократною перегонкою.

При отдѣленіи другъ отъ друга двухъ летучихъ жидкостей (напр. спирта отъ воды), гдѣ для болѣе или менѣе полного отдѣленія жидкостей требуется повторить перегонку нѣсколько разъ, употребляютъ аппараты болѣе сложные съ цѣлю сберечь тепло. Дѣйствительно, при каждой отдѣльной перегонкѣ въ простомъ приборѣ вся теплота, содержащаяся въ парахъ регоняемой жидкости, пропадаетъ даромъ, и требуется расходъ на воду, служащую для охлажденія пара.

Для уменьшенія этой потери тепла и расхода на воду, даже при употребленіи простыхъ перегонныхъ аппаратовъ, стараются воспользоваться теплотою паровъ для подогрѣванія регоняемой жидкости, употребляя ее вмѣсто воды для охлажденія паровъ. При многократной перегонкѣ пользуются этой теплотою паровъ для перегонки самой жидкости, употребляя для перегонки болѣе сложные приборы, получившіе, между прочимъ, широкое примѣненіе на винокуренныхъ заводахъ.

Принципъ многократнаго употребленія тепла для перегонки жидкостей былъ установленъ первый разъ *Rescuier*'омъ, въ 1829 г.

Фиг. 106, табл. XXXII, представляетъ схематическое изображеніе аппарата подобнаго рода. А—кубъ для перегонки, В и С—два закрытые сосуда, D—холодильникъ. Кранъ *a* закрытъ. Брага, изъ которой желаютъ отогнать спиртъ, нагрѣвается въ А до кипѣнія, при чемъ выдѣляющіеся изъ нея пары, содержащіе спиртъ, входятъ въ сосудъ В, гдѣ они сгущаются, такъ какъ сосудъ холодный. Мало по малу выдѣляющіеся изъ браги пары нагрѣваютъ жидкость въ В до кипѣнія, такъ какъ жидкость, содержащаяся въ В, болѣе богата спиртомъ, чѣмъ брага, а потому теплоемкость ея и точка кипѣнія ниже этой послѣдней. Пары изъ В будутъ идти въ С, гдѣ они сначала будутъ сгущаться въ жидкость, которая при дальнѣйшемъ притокѣ пара закипитъ, и пары ея направятся въ холодильникъ. Охлажденіе змѣевика можетъ быть произведено или водою, или брагою передъ ея поступленіемъ въ кубъ. Такъ какъ смѣсь воды и спирта перегоняется не безъ измѣненія, а вначалѣ всегда переходятъ пары болѣе богатые спиртомъ (и они тѣмъ болѣе содержатъ спирта, чѣмъ болѣе его находилось въ регоняемой жидкости), то, понятно, что содержаніе спирта

въ парахъ будетъ увеличиваться при переходѣ ихъ изъ одного сосуда въ другой и достигнетъ наибольшей величины въ парахъ, сгущающихся въ холодильникѣ. Такимъ образомъ при помощи одной точки подъ кубомъ, одновременно съ перегонкой браги, производить двѣ ректификаціи, т. е. безъ новой затраты топлива получаютъ болѣе крѣпкій и чистый перегонъ. Сосуды В и С называютъ *ректификаторами*.

Часто въ перегонныхъ приборахъ за ректификаторами помѣщаютъ такъ наз. *дефлегматоры*, назначеніе которыхъ состоитъ не въ сбереженіи топлива, а въ болѣе совершенномъ раздѣленіи другъ отъ друга летучихъ составныхъ частей перегоняемой смѣси, напр. браги винокуренныхъ заводовъ. Устройство дефлегматоровъ будетъ понятно изъ фиг. 106, табл. XXXII, предположивши, что кранъ *a* открытъ во все время перегонки браги изъ куба А. Тогда въ началѣ перегонки выдѣляющіеся изъ А пары пройдутъ въ В, гдѣ вначалѣ произойдетъ полное ихъ сгущеніе, такъ какъ сосудъ В холодный. Сгущенная такимъ образомъ жидкость не будетъ скопляться въ сосудѣ В, но будетъ стекать обратно въ кубъ. Полное сгущеніе паровъ, вступающихъ въ В, будетъ происходить только первое мгновеніе, потому что сосудъ В тотчасъ нагрѣется парами и они будутъ входить не въ холодное, но уже нагрѣтое пространство. Тогда въ сосудѣ В будетъ сгущаться жидкость, содержащая менѣе спирта, тѣмъ вошедшіе пары, а болѣе богатые спиртомъ пары, тѣмъ сгустившіеся, пройдутъ въ сосудъ С. Такимъ образомъ вступившіе въ сосудъ В пары какъ-бы распадаются на бѣдную спиртомъ жидкость, стекающую обратно въ А, и на богатые спиртомъ пары, продолжающіе свой путь въ С, гдѣ они вновь подвергаются тому же раздѣленію, какъ и въ сосудѣ В. Большее или меньшее увеличеніе содержанія спирта въ парахъ отъ дефлегмаціи будетъ зависѣть отъ температуры сосудовъ В и С. Чѣмъ температура этихъ сосудовъ будетъ ниже, тѣмъ содержаніе спирта въ парахъ будетъ больше, такъ какъ точка кипѣнія смѣсей спирта и воды понижается съ увеличеніемъ содержанія спирта въ смѣси.

Предположимъ, что температура въ сосудѣ В будетъ  $93,8^{\circ}$ ; въ такомъ случаѣ несгущенными останутся только пары, содержащіе не менѣе  $50\%$  спирта, такъ какъ смѣсь спирта и воды, кипящая при названной температурѣ, даетъ пары, содержащіе  $50\%$  спирта, и всѣ пары съ меньшимъ содержаніемъ алкоголя, напр.  $25\%$ , распадаются на пары съ  $50\%$  спирта и жидкость, содержащую  $7\%$ , потому что эта послѣдняя кипитъ при  $93,8^{\circ}$ . Если температура въ В была бы только  $84^{\circ}$ , пары, входящіе въ сосудъ В, распались бы на пары, содержащіе  $82\%$  спирта, и на жидкость съ  $40\%$  спирта. При описанныхъ условіяхъ температура въ сосудахъ В и С будетъ мало по малу возвышаться входящими въ нихъ парами, а потому для над-



лежащаго хода дефлегмаціи необходимо поддерживать въ названныхъ сосудахъ опредѣленную температуру, охлаждая ихъ водою.

Не слѣдуетъ думать, что ректификаторы и дефлегматоры имѣютъ всегда форму, представленную на фиг. 106; напротивъ того, на практикѣ эти приборы имѣютъ очень разнообразную форму, хотя сущность ихъ одна и та же.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, для ускоренія перегонки или для предупрежденія перергоняемой жидкости отъ разложенія, перегонку ведутъ или въ струѣ водянаго пара, или подъ уменьшеннымъ давленіемъ. Первый способъ ускоренной перегонки часто употребляется въ техникѣ при перегонкѣ трудно летучихъ жидкостей (напр. нефтяныхъ остатковъ) и состоитъ въ томъ, что въ реторту, въ которой находится перергоняемое тѣло, впускаютъ струю пара, насыщеннаго или предварительно перегрѣтаго въ желѣзныхъ трубахъ, нагрѣваемыхъ голымъ огнемъ. Уменьшеніе давленія рѣдко употребляется въ техникѣ при перегонкѣ, но часто при выпариваніи жидкостей, гдѣ и будетъ сказано подробнѣе объ этомъ способѣ работы.

*Выпариваніе* (сгущеніе, увариваніе), какъ уже сказано выше, можетъ быть произведено очень разнообразно, хотя всѣ извѣстные способы выпариванія могутъ быть подведены подъ два главныхъ способа, рѣзко отличающихся другъ отъ друга: 1) выпариваніе естественною теплотою воздуха при температурѣ, лежащей ниже температуры кипѣнія жидкости, и 2) выпариваніе искусственною теплотою при температурѣ кипѣнія жидкости или температурѣ, близкой къ этой послѣдней.

Къ первому способу относится *выпариваніе растворовъ на открытомъ воздухѣ*, и оно употребляется въ широкихъ размѣрахъ въ теплыхъ странахъ для извлеченія соли изъ морской воды и воды соляныхъ озеръ и источниковъ. Для этой цѣли устраиваютъ или обширные плоскіе бассейны, впуская въ нихъ испаряемый растворъ тонкимъ слоемъ, или же такъ называемыя *градирни*—строенія, наполненныя хворостомъ,—напуская на нихъ сверху сгущаемый растворъ, который, падая внизъ, раздробляется на мелкія струйки и быстро испаряется. Понятно, что испареніе раствора при описываемомъ способѣ будетъ идти тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше поверхность соприкосновенія между жидкостью и воздухомъ, чѣмъ выше температура жидкости и воздуха, чѣмъ суше воздухъ и чѣмъ быстрѣе будетъ возобновляться воздухъ надъ поверхностью жидкости. При выпариваніи большихъ массъ жидкости для ускоренія выпариванія пользуются только первымъ средствомъ, производя самое выпариваніе въ то время года, когда температура воздуха, направленіе вѣтра и другія атмосферныя условія всего болѣе благопріятствуютъ выпариванію. При выпариваніи небольшихъ количествъ жидкости иногда бываетъ выгодно ускорять выпариваніе жидкости быстрымъ обмѣ-

номъ воздуха надъ поверхностью испаряемой жидкости при помощи вентиляторовъ или другими способами.

*Выпариваніе искусственной теплотой* при температурѣ кипѣнія жидкости или при температурѣ, близкой къ этой послѣдней, производятъ въ большей части случаевъ въ открытыхъ котлахъ или плоскихъ ящикахъ, нагрѣваемыхъ или голымъ огнемъ, или паромъ, и снабженныхъ колюакомъ для отвода паровъ жидкости въ дымовую или спеціальную трубу. Нерѣдко ускоряютъ выпариваніе въ подобныхъ котлахъ при помощи тока холоднаго или нагрѣтаго воздуха. Для лучшей утилизаціи тепла располагаютъ иногда нѣсколько выпарныхъ котловъ одинъ за другимъ уступами такъ, что каждый слѣдующій котель стоитъ выше предшествующаго. Топку устраиваютъ подъ нижнимъ котломъ и пламенные газы изъ топки, передъ уходомъ въ трубу, обогрѣваютъ два слѣдующихъ вышестоящихъ котловъ. При такомъ расположеніи верхній котель нагрѣвается всего слабѣе, нижній— всего сильнѣе. Испаряемую жидкость впускаютъ въ самый верхній котель, откуда она или непрерывно, или черезъ опредѣленные промежутки времени, перепускается въ слѣдующіе нижележащіе, гдѣ она нагрѣвается сильнѣе, и достигаетъ надлежащей концентраціи въ самомъ нижнемъ котлѣ.

Выпариваніе въ открытыхъ котлахъ влечетъ за собою значительную потерю тепла, такъ какъ теплота паровъ сгущаемаго раствора терлется бесполезно. Употребляя для выпариванія вмѣсто открытаго котла закрытый, можно воспользоваться отходящимъ паромъ изъ перваго котла для нагрѣванія новой порціи жидкости во второмъ котлѣ. Такъ какъ, однако, температура кипѣнія выпариваемыхъ растворовъ обыкновенно лежитъ около 100°, то паръ, уходящій изъ перваго котла, будетъ имѣть ту же температуру и, перейдя во второй котель съ температурою еще болѣе низкой, вслѣдствіе охлажденія по пути, не будетъ въ состояніи нагрѣть жидкость во второмъ котлѣ до кипѣнія, вслѣдствіе чего выпариваніе во второмъ котлѣ будетъ идти медленно. Для устраненія этого неудобства или понижаютъ давленіе, а слѣдовательно, и точку кипѣнія жидкости во второмъ котлѣ, или сжимаютъ паръ, выходящій изъ перваго котла, и тѣмъ увеличиваютъ его температуру.

Первый способъ многократнаго употребленія одного и того же количества теплоты для выпариванія растворовъ былъ предложенъ и примѣненъ во Франціи *Resquew*'омъ въ 1829 г. Позже на томъ же принципѣ были устроены аппараты и въ другихъ странахъ, и, между прочимъ, ранѣе другихъ въ Америкѣ *Rillieux* (1845). Второй способъ многократнаго употребленія теплоты для выпариванія растворовъ былъ предложенъ *Felltan*'омъ въ 1840 г. и примѣненъ на практикѣ *Piccard*'омъ, по мысли котораго былъ построенъ *Weibel*'емъ и *Briquet* аппаратъ, обратившій на себя большое вниманіе на Парижской выставкѣ 1878 года.

*Выпариваніе подѣ уменьшеннымъ давленіемъ съ одновременнымъ употребленіемъ теплоты, содержащейся въ парахъ испаряемой жидкости, для выпариванія новаго количества жидкости, давно уже употребляется для сгущенія сахарныхъ растворовъ и станетъ попятно изъ разсмотрѣнія аппарата Роберта для сгущенія свекловичнаго сока. Аппаратъ этотъ представленъ на фиг. 107, табл. XXXII. А, В, С—вертикальные желѣзные котлы, имѣющіе одинаковое устройство. Въ каждомъ изъ нихъ помѣщены двѣ горизонтальныя перегородки, черезъ которыя проходитъ большое число трубокъ, открытыхъ съ обоихъ концовъ и соединяющихъ нижнее пространство котла съ верхнимъ. Выпариваемая жидкость наполняетъ верхнюю и нижнюю части котла и трубки, ихъ соединяющія; паръ же, служащій для нагрѣванія жидкости, впускается въ пространство, заключающееся между обѣими перегородками, т. е. въ такъ называемую паровую коробку. Конденсаціонная вода отводится изъ паровыхъ коробокъ черезъ трубки *к', л, м*. Представимъ себѣ, что всѣ три котла наполнены сокомъ до надлежащаго уровня. При *к* въ паровую коробку перваго котла притекаетъ паръ или изъ паровика, или изъ пароваго сборника (мятый паръ), и нагрѣваетъ сокъ до кипѣнія. Конденсаціонная вода, образующаяся въ паровой коробкѣ, отводится у *к'*. Паръ, образующійся вслѣдствіе кипѣнія жидкости въ первомъ котлѣ, проходитъ черезъ предохранительную колонну *D*, которая удерживаетъ капельки раствора, увлеченные паромъ, и направляется въ паровую коробку втораго котла и нагрѣваетъ въ немъ сокъ, какъ и въ первомъ котлѣ. Паръ, образующійся при выпариваніи сока во второмъ котлѣ, проходитъ подобнымъ же образомъ черезъ предохранительную колонну *E* и поступаетъ въ паровую коробку третьяго котла и нагрѣваетъ въ немъ сокъ. Паръ, наконецъ, изъ третьяго котла проходитъ черезъ предохранительную колонну *F*, пароотводная трубка которой удлинена внизъ и сообщается съ конденсаторомъ *n*. Въ конденсаторъ этотъ вставлена загнутая вверхъ трубка *o*, въ которую впускаютъ холодную воду, и трубка *c*, соединенная съ насосомъ. Трубка *к'*, отводящая конденсаціонную воду и несгущенный паръ изъ паровой коробки перваго котла, соединена съ общимъ паровымъ сборникомъ, трубки же *л* и *м*, отводящія конденсаціонную воду и несгустившійся паръ изъ паровыхъ коробокъ втораго и третьяго котловъ, соединены или непосредственно съ конденсаторомъ, или же съ паровыми сборниками, выпускное отверстіе которыхъ для воды, въ свою очередь, сообщается съ насосомъ конденсатора. При такомъ устройствѣ прибора уменьшеніе давленія въ третьемъ котлѣ производится дѣйствіемъ конденсатора, между тѣмъ какъ уменьшеніе давленія во второмъ и первомъ котлѣ обусловливается сгущеніемъ пара въ соответственныхъ паровыхъ коробкахъ и можетъ быть усилено дѣйствіемъ конденсатора, при чемъ, однако, регулируютъ выкачи-*

ваніе пара такимъ образомъ, чтобы давленіе въ первомъ котлѣ было больше, чѣмъ во второмъ, а въ этомъ послѣднемъ—больше, чѣмъ въ третьемъ.

Если для выпариванія употребленъ паръ съ температурой  $112^{\circ}$  Ц., т. е. съ температурой выше температуры кипѣнія сока, которая равна  $100^{\circ}$ , то паръ этотъ можетъ нагрѣть сокъ до кипѣнія, даже безъ уменьшенія давленія въ котлѣ. Паръ, поступающій изъ перваго котла во второй, будетъ имѣть температуру максимум  $100^{\circ}$ , а потому для быстраго выпариванія сока во второмъ котлѣ давленіе въ немъ должно быть уменьшено, чтобы понизить температуру кипѣнія сока до  $90^{\circ}$ . Для той же цѣли давленіе въ третьемъ котлѣ должно быть уменьшено до пониженія температуры кипѣнія сока до  $80^{\circ}$ , чтобы паръ изъ втораго котла съ температурою  $90^{\circ}$  могъ бы нагрѣть до кипѣнія сокъ въ третьемъ котлѣ.

Изъ сказаннаго ясно, что описанный способъ выпариванія влечетъ за собою значительное сбереженіе тепла, такъ какъ онъ даетъ возможность 1) употреблять для нагрѣванія паръ, образующійся при выпариваніи жидкости, и 2) пользоваться для выпариванія паромъ съ низкой температурой, а именно—отработавшимъ паромъ съ температурой  $112^{\circ}$ .

Выигрывая, однако, указаннымъ путемъ въ теплотѣ, мы въ то же время теряемъ въ паропроизводительной способности площади нагрѣва и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ большее число котловъ включено въ систему.

Нижеслѣдующее вычисленіе, приведенное въ руководствѣ къ сахарному производству *Стомана* <sup>1)</sup>, пояснитъ вышесказанное.

Пусть  $t_0$  обозначаетъ температуру выпариваемаго сока, которую для всѣхъ случаевъ примемъ равною  $75^{\circ}$ .

$t_1$ —температуру кипѣнія сока въ отдѣльныхъ котлахъ.

$t_2$ —температуру пара, служащаго для нагрѣванія каждаго отдѣльнаго котла.

$C$ —число единицъ тепла, передаваемыхъ 1 кв. м. площади нагрѣва въ 1 минуту на каждый  $1^{\circ}$  разности температуръ  $t_2 - t_1$ , которое измѣняется, смотря по устройству прибора, и которое примемъ въ данномъ случаѣ равнымъ 22, т. е. предположимъ, что 1 кв. м. поверхности нагрѣва сгущаетъ въ часъ около 2 кило пара на каждый градусъ разницы температуръ (срав. стр. 419).

$F$ —поверхность нагрѣва въ кв. м.

$Q$ —число единицъ тепла, передаваемыхъ въ одну минуту =  $FC (t_2 - t_1)$ .

$\lambda_1$ —полную теплоту испаренія воды при  $t_1 = 606,5 + 0,305 t_1$  (срав. томъ I-й, стр. 157).

$g_2$ —количество тепла, выдѣляющееся при сгущеніи пара въ паровыхъ коробкахъ и равное теплотѣ испаренія воды при  $t_2$ , т. е. =  $607 - 0,708 t_2$  (ср. ч. I, стр. 157).

$D$ —вѣсъ пара, сгущающагося въ паровой коробкѣ, въ килограммъ.

$W$ —вѣсъ воды, испаряемой поверхностью нагрѣва котла.

<sup>1)</sup> *Stohmann*. Handbuch der Zuckerfabrikation, 2 Aufl. Berlin, 1885, p. 325.

Въ этомъ случаѣ

$$Q = D r_2 \quad D = \frac{Q}{r_2}.$$

$$\text{Далѣе } Q = W (\lambda_1 - t_0) \quad W = \frac{Q}{\lambda_1 - t_0}.$$

Если мы предположимъ, что для выпариванія служитъ всего *одинъ котель*, соединенный съ конденсаторомъ, и что

$$t_0 = 75^\circ$$

$$t_1 = 60^\circ$$

$$t_2 = 112^\circ$$

$$t_2 - t_1 = 52^\circ$$

$$F = 100 \text{ кв. м.}$$

$C = 22$  ед. тепла. Въ такомъ случаѣ

$$Q = 100 \times 22 \times 52 = 114400 \text{ ед. тепла.}$$

$$D = \frac{114400}{607 - 0,708 \times 112} = 216,3 \text{ кило сгуст. пара.}$$

$$W = \frac{114400}{(606,5 + 0,305 \times 60) - 75} = 208 \text{ кило испар. воды.}$$

Такимъ образомъ при выпариваніи жидкости въ одномъ котлѣ, 100 кв. м. поверхности нагрѣва испаряютъ въ минуту 208 или 1 кв. м. въ часъ 124 кило воды, если температура жидкости при поступленіи въ котель была равна  $75^\circ$ . Для испаренія 208 кило воды потребовалось 216,3 кило пара; слѣдовательно, 1 кило пара испарило 0,96 кило воды.

При выпариваніи жидкости въ *двухъ котлахъ*, изъ которыхъ второй соединенъ съ конденсаторомъ, приведенныя выше величины будутъ различны для каждаго котла.

*Первой котель:*

$$t_0 = 75^\circ$$

$$t_1 = 86^\circ$$

$$t_2 = 112^\circ$$

$$t_2 - t_1 = 26^\circ$$

$$F = 100 \text{ кв. м.}$$

$C = 22$  ед. тепла.

$$Q = 100 \times 22 \times 26 = 57200 \text{ ед. тепла.}$$

$$r_2 = 607 - 0,708 \times 112 = 527,7$$

$$\lambda_1 - t_0 = (606,5 + 0,305 \times 86) - 75 = 557,73 \text{ ед. тепла.}$$

$$D = \frac{57200}{527,7} = 108,3 \text{ кило сгущ. пара.}$$

$$W = \frac{57200}{557,73} = 102,5 \text{ кило испар. воды.}$$

*Второй котель:*

$$t_0 = 86^\circ$$

$$t_1 = 60^\circ$$

$$t_2 = 86^\circ$$

$$t_2 - t_1 = 26^\circ$$

$$r_2 = 607 - 0,708 \times 86 = 546$$

$$\lambda_1 - t_0 = (606,5 + 0,305 \times 60) - 86 = 538,8$$

$$Q = D r_2 \quad (D = \text{количеству воды, испаренной въ первомъ котлѣ}) = 102,5 \times 546 = 55965$$

ед. тепла.

$$F = \frac{55965}{22 \times 26} = 97,84 \text{ кв. м.}$$

$$D = 102,5 \text{ кило сгуст. пара}$$

$$W = \frac{55965}{538,8} = 103,8 \text{ кило испар. воды.}$$

Аппаратъ съ двумя котлами испаряетъ, слѣдовательно, въ минуту  $102,5 + 103,8 = 206,3$  кило воды при поверхности нагрѣва  $100 + 97,84 = 197,84$  кв. м., или въ часъ 1 кв. м. поверхности нагрѣва испаряетъ 62,5 кило воды. Въ томъ же аппаратѣ 108,3 кило пара испаряетъ 206,3 кило воды, или 1 кило пара 1,90 кило воды.

При выпариваніи жидкости въ аппаратѣ съ *тремя котлами* отношенія будутъ слѣдующія:

*Первый котель:*

$$t_0 = 75^\circ$$

$$t_1 = 94,6^\circ$$

$$t_2 = 112^\circ$$

$$t_2 - t_1 = \frac{52}{3} = 17,3^\circ$$

$$F = 100 \text{ кв. м.}$$

$$C = 22 \text{ ед. тепла.}$$

$$Q = 100 \times 22 \times 17,3 = 38060 \text{ ед. тепла.}$$

$$r_2 = 607 - 0,708 \times 112 = 527,7$$

$$\lambda_1 - t_0 = (606,5 + 0,305 \times 94,6) - 75 = 560,35$$

$$D = \frac{38060}{527,7} = 72,1 \text{ кило сгущ. пара.}$$

$$W = \frac{38060}{560,35} = 67,9 \text{ кило испар. воды.}$$

*Второй котель:*

$$t_0 = 94,6^\circ$$

$$t_1 = 77,3^\circ$$

$$t_2 = 94,6^\circ$$

$$t_2 - t_1 = 17,3^\circ$$

$$r_2 = 607 - 0,708 \times 94,6 = 540$$

$$\lambda_1 - t_0 = (606,5 + 0,305 \times 77,3) - 94,6 = 535,5$$

$$Q = Dr_2 \text{ (} D = \text{количеству воды, испаренной въ первомъ котлѣ)} = 67,9 \times 540 = 36666$$

ед. тепла.

$$F = \frac{36666}{22 \times 17,3} = 96,34 \text{ кв. м.}$$

$$D = 67,9 \text{ кило сгустившагося пара.}$$

$$W = \frac{36666}{535,5} = 68,5 \text{ кило испар. воды.}$$

*Третій котель:*

$$t_0 = 77,3^\circ$$

$$t_1 = 60^\circ$$

$$t_2 = 77,3^\circ$$

$$t_2 - t_1 = 17,3^\circ$$

$$r_2 = 607 - 0,708 \times 77,3 = 552,3$$

$$\lambda_1 - t_0 = (606,5 + 0,305 \times 60) - 77,3 = 547,5$$

$Q = D r_2$  ( $D =$  количеству воды, испаренной во 2-мъ котлѣ)  $= 68,5 \times 552,3 = 37833$  ед. тепла.

$$F = \frac{37833}{22 \times 17,3} = 99,4 \text{ кв. м.}$$

$D = 68,5$  кило сгустившагося пара.

$$W = \frac{37833}{547,5} = 69,1 \text{ кило испар. воды.}$$

Такимъ образомъ въ аппаратѣ съ тремя котлами поверхность нагрѣва, равная  $= 100 + 96,34 + 99,4 = 295,74$  кв. м., испарила въ минуту  $67,9 + 68,5 + 69,1 = 205,5$  кило воды, или 1 кв. м. поверхности нагрѣва испарилъ въ часъ 41,7 кило воды. Для испаренія 205,5 кило воды потребовалось 72,1 кило пара, или 1 кило пара испарило 2,85 кило водѣ.

Сопоставляя вышеприведенныя числа, мы получимъ слѣдующія отношенія между производительнымъ дѣйствіемъ 1 кило пара и 1 кв. м. поверхности нагрѣва для аппарата съ однимъ, двумя и тремя выпарными котлами:

	Одинъ кв. м. поверхн. нагрѣва испарилъ въ часъ кило воды.	Одно кило пара испарило кило воды.
Аппаратъ съ однимъ котломъ . . . . .	124	0,96
„ „ двумя котлами . . . . .	62,5	1,90
„ „ тремя котлами . . . . .	41,7	2,85

Ясно, слѣдовательно, что съ увеличеніемъ числа котловъ увеличивается производительная способность пара, служащаго для нагрѣванія, но вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается паропроизводительная способность поверхности нагрѣва, или, другими словами, уменьшая расходъ пара, мы должны увеличить поверхность нагрѣва.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ выпариваніе подъ уменьшеннымъ давленіемъ употребляется не для сбереженія тепла, а для предохраненія выпариваемой жидкости отъ разложенія, вслѣдствіе высокой температуры кипѣнія раствора. Такой случай представляетъ, напримѣръ, выпариваніе (увариваніе) концентрированныхъ сахарныхъ растворовъ (клерса), температура кипѣнія которыхъ къ концу операціи возвышается до  $112^{\circ}$  и даже выше; при такой температурѣ сахаръ легко можетъ измѣниться. Для предупрежденія этого измѣненія, увариваніе клерса ведутъ подъ уменьшеннымъ давленіемъ въ такъ-называемыхъ *вакуумъ-аппаратахъ*, т. е. закрытыхъ котлахъ, соединенныхъ съ конденсаторомъ и представляющихъ аппараты, тождественные по существу съ послѣднимъ котломъ выпарнаго аппарата Роберта.

*Второй способъ пользоваться парами выпариваемой жидкости* или отработавшимъ паромъ для нагрѣванія новаго количества той же жидкости до кипѣнія состоитъ въ сжатіи этихъ паровъ съ цѣлью возвысить ихъ температуру. Если механическая сила, необходимая для сжатія паровъ, доставляется даромъ природою (вѣтеръ, текучая вода), то этотъ способъ даетъ возможность производить выпариваніе почти безъ траты тепла. Тамъ, гдѣ нельзя воспользоваться даровой силой природы, механическая сила, необходимая для сжатія пара, доставляется небольшой паровой машиной, отработавшій паръ которой смѣшивается съ сжимаемымъ паромъ

выпариваемой жидкости. Аппаратъ подобнаго рода представленъ на фиг. 108, табл. XXXIII. Отработавшій паръ изъ паровой машины А идетъ по трубкѣ G въ паровую коробку выпарнаго котла С, содержащаго свекловичный сокъ. Паръ, образующійся при кипѣніи сока въ названномъ котлѣ, раздѣляется на двѣ части: одна часть выкачивается насосомъ В, сжимающимъ паръ, и вновь накачивается въ паровую коробку котла С, другая же часть пара, какъ и въ вышеописанномъ аппаратѣ Роберта, идетъ въ паровую коробку втораго котла D. Паръ, образующійся во второмъ котлѣ, идетъ въ паровую коробку третьяго котла E, а паръ изъ этого послѣдняго котла идетъ въ конденсаторъ F. Сокъ въ первомъ котлѣ имѣетъ обыкновенно температуру  $100^{\circ}$ , сокъ во второмъ котлѣ— $85^{\circ}$ , а сокъ въ третьемъ— $64^{\circ}$ .

Для возвышенія температуры мятаго пара, равно какъ и пара, образующагося при выпариваніи жидкости, Гониманъ (Honigmann, 1883 <sup>1)</sup>) предложилъ воспользоваться наблюденіемъ, первый разъ сдѣланнымъ Фарадеемъ (1822), а именно, что при пропусканіи пара съ температурою  $100^{\circ}$  въ соляной растворъ, кипящій при болѣе высокой температурѣ, паръ вполне сгущается въ такомъ растворѣ и способенъ нагрѣть жидкость до кипѣнія, чѣмъ достигается возможность производить паръ въ теченіе нѣкотораго времени безъ употребленія топлива. Для достиженія названной цѣли Гониманъ помѣщаетъ въ паровой котель В желѣзный или мѣдный открытый или закрытый сосудъ А, содержащій крѣпкій растворъ ѣдкаго натра (фиг. 109, табл. XXXIII). При дѣйствіи паровой машины С отработавшій паръ ея направляется по трубкѣ a въ сосудъ А, гдѣ онъ выходитъ изъ трубки a черезъ большое число мелкихъ отверстій. Щелокъ съ жадностью поглощаетъ паръ, нагрѣвается отъ сгущенія пара и отъ химическаго соединенія ѣдкаго натра съ водою и отдаетъ паровому котлу такое количество тепла, что въ этомъ послѣднемъ въ теченіе извѣстнаго времени будетъ образоваться столько же пара, сколько въ сосудѣ сгустится воды. Для достиженія подобнаго результата необходимо, чтобы температура щелока была бы на  $8-10^{\circ}$  выше температуры пара въ котлѣ. Само собою понятно, что дѣйствіе описаннаго прибора можетъ продолжаться только извѣстное время, такъ какъ при сгущеніи пара въ щелокъ концентрація щелока уменьшается, а вмѣстѣ съ тѣмъ понижается температура кипѣнія его, также уменьшается количество теплоты, выдѣляющееся отъ взаимодѣйствія ѣдкаго натра съ водою. Если разжиженіе щелока дойдетъ до того предѣла, что щелокъ самъ начнетъ кипѣть, то тогда отработавшій паръ не будетъ болѣе вполне сгущаться въ щелокъ, и давленіе пара въ паровомъ

<sup>1)</sup> Dingl. J. 1883, Bd. 250, p. 429; 1885, Bd. 256, p. 1.—*Мачонъ*. Вѣстн. Промышл. 1884. Іюнь.



котлѣ будетъ быстро падать, вслѣдствіе недостаточнаго притока теплоты. Приборъ *Гонигмана*, конечно, не сберегаетъ тепла, такъ какъ при употребленіи одного и того же щелока, этотъ послѣдній долженъ быть сгущаемъ, для чего потребно болѣе теплоты, чѣмъ ея терялось бы при выпусканіи отработавшаго пара въ воздухъ. Выгода прибора *Гонигмана* состоитъ въ томъ, что онъ даетъ возможность въ теченіе извѣстнаго времени поддерживать дѣйствіе паровой машины *безъ сожжанія топлива* (а, слѣдовательно, безъ образованія дыма) и *безъ выпусканія пара въ воздухъ*, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ представляетъ большія удобства, напр. для локомотивовъ, движущихся по улицамъ, въ тоннеляхъ и т. д. Для названныхъ цѣлей аппаратъ *Гонигмана* получилъ уже нѣкоторое примѣненіе.

Слѣдуетъ замѣтить, что уже раньше *Нонигманна*, *Perkins* (1864—65) и *Spence* (1874) дѣлали попытки воспользоваться отработаннымъ паромъ для парообразованія, пропуская паръ черезъ различные растворы, но попытки эти тогда не увѣчились успѣхомъ и обратили на себя мало вниманія.

*Количество теплы, необходимое для нагрѣванія, вытариванія и перегонки жидкости* можетъ быть легко опредѣлено, зная теплоемкость и теплоту испаренія нагрѣваемыхъ жидкостей. Для опредѣленія же потребной *величины поверхности нагрѣва* аппаратовъ, руководствуются эмпирическими данными, а именно принимаютъ, что при нагрѣваніи голымъ огнемъ (для жидкостей кипящихъ около 100°) каждый квадратный метръ поверхности нагрѣва производитъ отъ 15—20 кило пара, а при нагрѣваніи глукимъ паромъ на каждый градусъ разницы между температурой жидкости и пара, сгущается на одинъ кв. метръ поверхности нагрѣва въ часъ:

	Во время на- грѣванія жид- кости, кило.	Во время кипѣнія жидко- сти, кило.
Въ котлѣ съ двойнымъ дномъ мѣднымъ . . . . .	2,50	—
Въ котлѣ съ двойнымъ дномъ чугуннымъ . . . . .	1,00	—
Въ котлѣ съ змѣвикомъ . . . . .	2,5	8,9.

Значительно большее сгущеніе пара во время кипѣнія жидкости объясняется ббльшей быстротой передвиженія жидкости въ котлѣ.

Чтобы ближе пояснить способъ вычисленія количества тепла и поверхности нагрѣва при нагрѣваніи жидкостей, я приведу здѣсь нѣсколько примѣровъ, заимствуя ихъ изъ сочиненія *Пекля*. Начну съ одного изъ самыхъ простыхъ случаевъ, съ однократной перегонки обыкновеннаго (этиловаго) спирта при нагрѣваніи голымъ огнемъ.

Допустимъ, что требуется перегнать спиртъ въ количествѣ 100 кило въ часъ. Принимая точку кипѣнія этиловаго спирта 78,41°, его теплоемкость—0,622, а теплоту испаренія при 100°—207 ед. тепла, то все количество теплоты, потребное для превращенія 1 кило спирта, будетъ равно 78,41×

$0,622 + 207 = 255$  ед. тепла. Это составляет приблизительно  $\frac{4}{10}$  того количества тепла, которое требуется для нагревания до  $100^{\circ}$  и испарения при этой температурѣ 1 кило воды. Если допустимъ, что одно кило угля въ состояніи испарить 6 кило воды въ паровикѣ, то то-же количество угля будетъ въ состояніи испарить  $\frac{6 \times 10}{4} = 15$  кило спирта въ кубѣ.

Площадь нагрева также нетрудно опредѣлить. Если примемъ, что одинъ кв. метра поверхности нагрева испаряетъ въ часъ 15—20 кило воды, то то-же количество тепла должно испарить  $\frac{10}{4}$  разъ болѣе спирта, а именно около 37 кило въ часъ на каждый квадратный метръ поверхности нагрева. Такимъ образомъ, для перегонки 100 кило спирта въ часъ поверхность нагрева куба должно быть  $\frac{100}{37} = 2,7$  кв. м., а количество необходимаго угля  $\frac{100}{15} = 6,66$  кило. Размѣръ рѣшетки и площадь поперечнаго сѣченія трубы нетрудно вычислить на основаніи приведенныхъ данныхъ, если извѣстна высота трубы.

Допустимъ теперь, что требуется перегнать смѣсь этилового спирта и воды, содержащую на одну часть спирта 24 части воды. Опытъ показалъ, что для полученія всего спирта изъ такой смѣси нужно отогнать 0,22 части всей массы, и что отгонъ будетъ состоять изъ 0,042 частей спирта и 0,178 частей воды. Если напр. въ часъ необходимо отогнать изъ 1000 кило смѣси весь спиртъ, то для этой цѣли по вышесказанному нужно будетъ превратить въ паръ 220 кило жидкости, которая будетъ состоять изъ 42 кило спирта и 178 кило воды. Количество угля, необходимое для этой перегонки, будетъ, согласно вышесказанному:

$$\text{Для испаренія 42 кило спирта} \quad . . . . . \frac{42}{15} = 2,80 \text{ кило.}$$

$$\text{Для испаренія 178 кило воды} \quad . . . . . \frac{178}{6} = 29,66 \text{ „}$$

$$\text{Для нагрев. жидкости, оставш. въ кубѣ до } 100^{\circ} \quad \frac{780}{39} = 20,00 \text{ „}$$

---

Итого . . . . . 52,46 кило.

Нетрудно также вычислить величину поверхности нагрева куба, такъ какъ она должна быть такова, чтобы испарить  $52,46 \times 6 = 314,76$  кило воды въ часъ, т. е. поверхность нагрева куба должна быть равна 20,492 кв. м., считая на кв. метръ поверхности нагрева 15 кило водянаго пара въ часъ.

Подобнымъ же образомъ можно вычислить количество тепла и поверхность нагрева, потребныя для нагреванія, выпариванія и перегонки любой

жидкости. Если, однако, температура кипѣнія перегоняемой жидкости значительно выше температуры кипѣнія воды, то поверхность нагрѣва должна быть увеличена противъ указанныхъ размѣровъ вслѣдствіе значительныхъ потерь тепла отъ лучеиспусканія и проводимости.

Чтобы дать понятіе о способѣ вычисленія количества пара и поверхности нагрѣва при паровомъ нагрѣваніи, приведу для примѣра выпариваніе сахарнаго сиропа. Допустимъ, что сиропъ состоитъ изъ 30% воды и 70% сахара, и что мы желаемъ удалить изъ раствора 15% воды, въ немъ содержащейся. Въ такомъ случаѣ для сгущенія 10000 кило сиропа въ часъ необходимо испарить въ часъ 1500 кило воды и нагрѣть сиропъ до точки его кипѣнія. Предполагая, что температура пара, служащаго для нагрѣванія, будетъ 135°, первоначальная температура сиропа—20°, теплоемкость сиропа—0,5, а температура кипѣнія его—110°, то количество теплоты, необходимое для нагрѣванія 10000 кило сиропа отъ 20° до 110°, будетъ равно

$$\frac{10000 \times 90}{2} = 450000 \text{ ед. тепла,}$$

что соотвѣтствуетъ приблизительно 818,1 кило пара. Такъ какъ для испаренія 1500 кило воды потребно (по теоріи) то же количество пара, то, слѣдовательно, общее количество пара, которое должно быть конденсировано въ аппаратъ для сгущенія 10000 кило сиропа до указанной концентраціи, въ часъ будетъ равно

$$1500 + 818,1 = 2318,1 \text{ кило.}$$

Для опредѣленія поверхности нагрѣва слѣдуетъ принять во вниманіе, что во время нагрѣванія сиропа средняя разность между температурой пара и выпариваемой жидкости будетъ

$$135 - \frac{110 + 20}{2} = 70^\circ,$$

между тѣмъ какъ во время самаго выпариванія эта средняя разность температуръ будетъ

$$135 - \frac{110 + 118}{2} = 21^\circ,$$

если принять, что температура кипѣнія увареннаго сиропа при окончаніи операціи будетъ 118°.

Предполагая, что одинъ кв. м. поверхности нагрѣва сгущаетъ въ часъ 8 кило пара на каждый градусъ разности между температурой выпариваемой жидкости и температурою пара, общая площадь нагрѣва должна быть равна

$$\frac{818,1}{70 \times 8} + \frac{1500}{21 \times 8} = 10,4 \text{ кв. м.}$$

**Сушка.** Какъ особенный видъ выпариванія, можно разсматривать сушку влажныхъ твердыхъ тѣлъ, имѣющую цѣлью удалить воду или другую летучую жидкость, которою твердое тѣло пропитано. Въ томъ случаѣ, когда твердое тѣло содержитъ большое количество жидкости, стараются удалить изъ него часть жидкости предварительно механическимъ путемъ (выжиманіемъ, прессованіемъ, центрофугированіемъ и т. д.) и оканчиваютъ сушку или на открытомъ воздухѣ, или въ камерахъ, черезъ которыя пропускаютъ токъ холоднаго или нагрѣтаго воздуха, или, наконецъ, приводя влажное твердое тѣло въ соприкосновеніе съ нагрѣтыми металлическими обочками.

При сушкѣ тѣлъ въ струѣ холоднаго воздуха, устраиваютъ родъ галлерей, одинъ конецъ которыхъ сообщается съ наружнымъ воздухомъ, а другой, противоположный, или съ дымовой трубой, или съ механическимъ вентиляторомъ, протягивающимъ воздухъ черезъ галлерею. Высушиваемыя тѣла размѣщаютъ въ галлереѣ такимъ образомъ, чтобы притекающій воздухъ раздроблялся на возможно большее число тонкихъ струй, чтобы тѣмъ увеличить поверхность соприкосновенія между воздухомъ и высушиваемымъ тѣломъ. Такъ какъ сушка происходитъ тѣмъ быстрѣе и требуетъ тѣмъ меньшее количество воздуха (а слѣдовательно, и движущей силы), чѣмъ воздухъ суше, и чѣмъ выше его температура, то полезно осушать воздухъ передъ его входомъ въ галлерею, пропуская его черезъ ящики, наполненные хлористымъ кальціемъ или жженой известью, равно какъ и дѣлать стѣнки галлерей возможно тонкими и сооружать ихъ изъ матеріаловъ, легко проводящихъ теплоту, чтобы тѣмъ предупредить пониженіе температуры внутри галлереи вслѣдствіе испаренія жидкости. Хотя сушка токомъ холоднаго воздуха обходится дешево, тѣмъ не менѣе этотъ способъ сушки употребляется только въ тѣхъ случаяхъ, когда высушиваемое тѣло не переноситъ нагрѣванія; во всѣхъ другихъ случаяхъ предпочитаютъ сушку нагрѣтымъ воздухомъ, такъ какъ при этомъ послѣднемъ способѣ сушка идетъ быстрѣе и не зависитъ отъ вѣшнихъ условий.

*Сушильни, работающія нагрѣтымъ воздухомъ,* состоятъ изъ соотвѣтственной камеры, въ которой по возможности равномерно размѣщается высушиваемое тѣло, и притомъ такъ, чтобы поверхность соприкосновенія ея съ высушиваемымъ тѣломъ была бы по возможности большая. Токъ воздуха, предварительно нагрѣтаго, идетъ надъ высушиваемымъ предметомъ и теряетъ свою теплоту отчасти вслѣдствіе нагрѣванія вещества и испаренія воды, и отчасти вслѣдствіе охлажденія стѣнокъ камеры. Для уменьшенія этой послѣдней потери тепла стѣнки камеры должны быть сдѣланы изъ матеріаловъ, дурно проводящихъ тепло (дерево, кирпичъ и т. д.). Отверстія для нагрузки и разгрузки камеръ должны быть малочисленны и во вре-

мя сушки герметически закрыты, съ цѣлю воспрепятствовать прониканію холоднаго воздуха въ камеру. Отверстія для входа и выхода воздуха изъ камеры должны быть размѣщены такъ, чтобы влажный воздухъ не могъ нигдѣ застаиваться, и чтобы сушка происходила равномерно во всѣхъ частяхъ камеры. Нагрѣваніе воздуха производится при помощи калорифера, нагрѣваемого или пламенными газами, или паромъ, или горячею водою (см. ниже). Для надлежащаго регулированія температуры воздуха, выпускаемаго въ сушильную камеру, воздухъ, нагрѣтый калориферомъ, идетъ сначала въ особую камеру (охлаждающую), гдѣ къ нему можетъ быть примѣшанъ холодный воздухъ и тѣмъ понижена его температура до надлежащаго предѣла. Влажный воздухъ удаляется изъ камеры при помощи аспиратора или вытяжною трубою.

Процессъ сушки въ камерѣ можетъ быть раздѣленъ на три періода. Въ началѣ сушки, нагрѣтый воздухъ послѣ входа въ камеру быстро насыщается водяными парами. Встрѣчая, однако, на дальнѣйшемъ своемъ пути высушиваемыя тѣла съ низкою температурою, онъ охлаждается, отдаетъ часть воды, первоначально поглощенной, и выходитъ изъ камеры, хотя и насыщенный водяными парами, но съ температурой, равной первоначальной температурѣ камеры и высушиваемаго тѣла. Такимъ образомъ въ началѣ сушки происходитъ родъ перегонки воды, и температура въ камерѣ уменьшается по направленію воздушнаго теченія. Понятно, что при дальнѣйшемъ пропусканіи воздуха нагрѣваніе будетъ распространяться далѣе и далѣе и достигнетъ выходнаго отверстія камеры, а спустя определенное время, всѣ части камеры будутъ нагрѣты равномерно почти до той температуры, съ которой нагрѣтый воздухъ входитъ въ камеру. Этимъ оканчивается первый періодъ сушки и начинается второй, во время котораго почти вся теплота нагрѣтаго воздуха идетъ на испареніе воды, и воздухъ, выходящій изъ сушильни, имѣетъ почти постоянную температуру и вполне насыщенъ водяными парами, но крайней мѣрѣ въ хорошио устроенныхъ сушильняхъ. Когда высушиваемое тѣло, за исключеніемъ части, лежащей вблизи выходнаго отверстія камеры, теряетъ всю свою воду, тогда наступаетъ третій періодъ сушки: воздухъ, выходящій изъ сушильни, становится все теплѣе и теплѣе и все менѣе и менѣе насыщенъ водяными парами. Въ этотъ-то послѣдній періодъ сушки теряется, какъ легко повѣсть, бесполезно значительное количество тепла, такъ что воздухъ, выходящій изъ сушильни, могъ бы служить для сушки новаго количества влажнаго тѣла. Для избѣжанія указанной потери тепла устраиваютъ сушильни съ непрерывною работою и притомъ двумя способами.

Первый способъ состоитъ въ томъ, что высушиваемое тѣло лежитъ въ сушильнѣ не неподвижно, но передвигается по сушильнѣ по направленію

противоположному движенію нагрѣтаго воздуха, при чемъ быстрота движенія тѣла и размѣръ сушильни рассчитаны такъ, чтобы тѣло, вошедшее влажнымъ съ одного конца сушильни, выходило бы сухимъ съ другого конца сушильни.

Второй способъ непрерывной сушки состоитъ въ томъ что устраняють сушильню съ двумя камерами. Схематическое изображеніе подобной сушильни представлено на фиг. 110, табл. XXXIII. В и А—двѣ сушильныя камеры, отдѣленныя другъ отъ друга вертикальной перегородкой, въ концѣ которой находится отверстіе *c*, при помощи котораго можно попроизволу прекращать и возобновлять сообщеніе между обѣими камерами. Кромѣ того каждая изъ камеръ можетъ быть соединяема съ вытяжнымъ каналомъ *C*, а именно камера А при помощи вентили  $a_1$  и  $a_2$ , а камера В—при помощи вентили  $b_1$  и  $b_2$ . Изъ этихъ вентиля вентили  $a_1$  и  $b_1$  помѣщаются въ томъ концѣ камеры, съ котораго входитъ нагрѣтый воздухъ, а вентили  $a_2$  и  $b_2$ —въ томъ концѣ, изъ котораго воздухъ выходитъ изъ камеры. Е и D—камеры для регулированія температуры нагрѣтаго воздуха. Изъ приведеннаго описанія устройства сушильни ясно, что если заряжать камеры попеременно, а именно такъ, что въ то время, когда въ одной камерѣ (А) наступитъ третій періодъ сушки, камеру В наполнять свѣжимъ матеріаломъ, то, направляя (при помощи надлежащей установки вентиля и клапановъ) въ камеру В воздухъ изъ камеры А, можно воспользоваться теплотою воздуха, отходящаго изъ этой послѣдней камеры, для сушки тѣла, помѣщеннаго въ камеру В.

При нагрузкѣ и разгрузкѣ камеръ происходитъ также потеря тепла вслѣдствіе охлажденія стѣнокъ камеры и притока въ камеру наружнаго холоднаго воздуха. Въ виду этого камеры снабжаютъ различными приспособленіями для быстрой нагрузки и разгрузки ихъ.

Иногда вмѣсто нагрѣтаго воздуха пропускають черезъ камеру дымогарные газы, образующіеся при сжиганіи матеріаловъ, не дающихъ дыма (коксъ, древесный уголь); иногда нагрѣваніе сушилень производятъ не токомъ нагрѣтаго воздуха, а тѣмъ, что въ самой камерѣ устанавливается калориферъ (см. ниже).

Нерѣдко для сушки влажныхъ тѣлъ употребляютъ и совершенно другой способъ, а именно приводятъ высушиваемое тѣло въ соприкосновеніе съ металлическими оболочками, нагрѣваемыми паромъ. Подобный способъ сушки обыкновенно употребляется для сушки тканей и писчей бумаги и состоитъ въ томъ, что высушиваемое тѣло заставляютъ двигаться по внѣшней поверхности металлическаго цилиндра, внутрь котораго впускають паръ. Фиг. 111, табл. XXXIII, показываетъ расположеніе прибора, употребляемаго для сушки писчебумажной массы послѣ ея формовки въ листъ. Цилиндръ *C*, по наружной поверхности котораго обводятъ писчебумажный листъ, вра-

щается на полыхъ цапфахъ *a* и *b*, снабженныхъ сальниками, не допускающими выхода пара, который впускается въ цилиндръ черезъ *a*. Черезъ другой цапфъ *b* удалется конденсаціонная вода при помощи трубки *S*, концы которой попеременно погружаются въ воду, собирающуюся на днѣ цилиндра. Теплота въ подобныхъ аппаратахъ утилизируется тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ большая часть поверхности цилиндра покрыта высушиваемымъ веществомъ. По *Ройеру* (Royer) въ подобномъ аппаратѣ одна вѣсовая часть пара испаряетъ 0,75 частей воды изъ высушиваемаго тѣла.

Для ускоренія сушки, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ устранить воздухъ отъ высушиваемаго тѣла, сушку производятъ подъ уменьшеннымъ давленіемъ, т. е. помѣщаютъ высушиваемое тѣло въ герметически закрытую камеру, нагрѣваемую или извнѣ, или глухимъ паромъ, циркулирующимъ по змѣевнику, помѣщенному въ камерѣ, и выкачиваютъ изъ этой послѣдней воздухъ и образующіеся при сушкѣ пары воды. Подобный способъ сушки былъ предложенъ для сушки мяса, солода и проч.

---

## НАГРѢВАНІЕ ГАЗООБРАЗНЫХЪ ТѢЛЪ.

Въ технику и въ обыденной жизни изъ газообразныхъ тѣлъ приходится нагрѣвать почти исключительно одинъ воздухъ, а потому глава о нагрѣваніи газообразныхъ тѣлъ сводится собственно на разсмотрѣніе способовъ, служащихъ для нагрѣванія воздуха.

Способы для нагрѣванія воздуха очень разнообразны, но всѣ они состоятъ въ томъ, что нагрѣваемый воздухъ или смѣшивается съ пламенными газами, или же приводится въ соприкосновеніе съ поверхностями, нагрѣваемыми пламенными газами, водянымъ паромъ или горячей водой.

Первый способъ нагрѣванія воздуха—смѣшеніе его съ дымогарными газами, примѣняется главнымъ образомъ для производства тиги въ дымовыхъ трубахъ, а также, хотя рѣдко, для нагрѣванія помѣщеній (при помощи жаровень) и для нѣкоторыхъ техническихъ цѣлей (дымовыя сушильни).

Второй способъ нагрѣванія воздуха—приведеніе его въ соприкосновеніе съ нагрѣтыми поверхностями, употребляется въ настоящее время всего чаще въ самыхъ разнообразныхъ формахъ, при чемъ имъ пользуются какъ для непосредственнаго нагрѣванія воздуха въ одномъ помѣщеніи (комната, сушильни), такъ и для нагрѣванія струи воздуха, теплота котораго затѣмъ уже служитъ для нагрѣванія воздуха въ данномъ помѣщеніи.

Нагрѣваніе воздуха дымогарными газами. Для непосредственнаго нагрѣванія воздуха въ данномъ помѣщеніи дымогарными газами служатъ *камины, комнатныя печи и калориферы*, для нагрѣванія же струи воздуха употребляютъ исключительно *калориферы*, т. е. приборы, вдоль нагрѣтыхъ стѣнокъ которыхъ заставляютъ правильно протекать нагрѣваемый воздухъ<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Подъ словомъ „калориферъ“ подразумѣваютъ обыкновенно (Récler) всякаго рода аппараты, служащіе для нагрѣванія воздуха, за исключеніемъ каминовъ и массивныхъ комнатныхъ печей, хотя, по моему мнѣнію, удобнѣе придать слову „калориферъ“ вышеуказанное значеніе.



1) *Камины* употребляются издавна для отопленія жилыхъ помѣщеній въ теплыхъ и умѣренныхъ климатахъ, а также для усиленія вентиляціи въ помѣщеніяхъ, отапливаемыхъ другими способами. Каминны состоятъ изъ топки, помѣщенной въ углубленіи стѣны, въ которой проложена труба для отвода дыма. Это самый простой, но и самый несовершенный способъ нагрѣванія воздуха, такъ какъ при немъ терится вся теплота, содержащаяся въ пламенныхъ газахъ, и нагрѣваніе воздуха происходитъ почти исключительно на счетъ лучистой теплоты, испускаемой топливомъ. Въ виду этого въ каминнахъ сжигаютъ тѣ виды топлива, лучеиспускательная способность которыхъ (ср. стр. 333) всего больше (коксъ). Для увеличенія полезнаго дѣйствія каминнахъ даютъ нерѣдко такое устройство, при которомъ часть теплоты пламенныхъ газовъ можетъ служить для нагрѣванія даннаго помѣщенія. Для этой цѣли возлѣ трубы, отводящей пламенные газы, устраиваютъ каналы, по которымъ заставляютъ циркулировать воздухъ нагрѣваемаго помѣщенія, или же въ каминнахъ устраиваютъ дымовые ходы, какъ въ обыкновенныхъ печахъ (каминныя печи). При такомъ устройствѣ каминна, конечно, уменьшается тяга въ трубѣ, а слѣдовательно, и вентиляція помѣщенія.

2) *Комнатная печи* состоятъ изъ топки, окруженной кирпичнымъ или желѣзнымъ кожухомъ, и помѣщенной въ самомъ нагрѣваемомъ помѣщеніи. Большая часть теплоты горѣнія отдается окружающему воздуху черезъ вышеупомянутую оболочку, въ которой заставляютъ продукты горѣнія дѣлать нѣсколько оборотовъ внизъ и вверхъ и тѣмъ отдать оболочкѣ свою теплоту передъ уходомъ въ трубу.

Комнатныя печи по матеріалу, изъ котораго онѣ сооружены, и по способу ихъ дѣйствія, могутъ быть подраздѣлены на *медленно* (*массивная*) и *быстрогорящія* (*Leitungsofen*). Первые строятся изъ обожженной глины (кирпичъ, изразцы) и имѣютъ толстыя стѣнки; онѣ медленно нагрѣваются, но разъ нагрѣты до высокой температуры, онѣ, вслѣдствіе малой теплопроводимости обожженной глины, также медленно охлаждаются и постепенно отдаютъ теплоту окружающему воздуху. При топлени этихъ печей стараются быстро нагрѣть кирпичную кладку, разводя сильный огонь въ топочномъ пространствѣ, и затѣмъ, когда огонь потухъ, закрываютъ тщательно топочное пространство и дымовую заслонку. Быстрогорящія печи строятъ обыкновенно изъ чугуна или изъ желѣза, рѣже изъ маіолики (фаянсовыя или фарфоровыя печи съ тонкими стѣнками). Благодаря тонкимъ стѣнкамъ и большой теплопроводимости матеріаловъ, изъ которыхъ сооружены эти печи, онѣ быстро нагрѣваются и быстро передаютъ теплоту окружающему воздуху, но по той же причинѣ онѣ быстро остываютъ послѣ прекращенія топлени. Въ виду этого топлени печи должно продолжаться

во время всего періода огрѣванія помѣщенія и, кромѣ того, сожиганіе топлива слѣдуетъ вести медленно, такъ какъ при сильномъ огнѣ желѣзные листы раскаливаются, что влечетъ за собою быстрое прогораніе ихъ и образованіе окиси углерода, вредно дѣйствующей на здоровье людей.

Изъ сказаннаго ясно, что массивныя печи всего болѣе пригодны для равномернаго огрѣванія помѣщеній, постоянно отапливающихся; быстрогрѣющія же печи—для кратковременнаго, быстрого и дешеваго отопленія помѣщеній.

Представителемъ массивной печи можетъ служить *голландская печь* (извѣстная въ Германіи подѣ именемъ русской печи), представленая на фиг. 112 (А и В), табл. XXXIV, въ продольномъ и поперечномъ разрѣзѣ. *a*—топочное пространство, покрытое сводомъ, и закрытое дверцами, позволяющими регулировать притокъ воздуха. Пламенные газы изъ топочнаго пространства идутъ вверхъ по каналу 1, опускаются внизъ по каналу 2, поднимаются вновь по 3, опускаются по 4, поднимаются по 5, опускаются по 6, а оттуда направляются черезъ печную трубу въ дымовую трубу. Дымъ, проходя по этимъ оборотамъ, нагрѣваетъ ихъ стѣнки и всю печь и, отдавъ часть тепла, уходитъ охлажденнымъ въ трубу съ температурою не ниже 75° для поддержанія надлежащей тяги въ печи. Когда горѣніе топлива кончено, прекращаютъ дальнѣйшее движеніе воздуха въ печи или при помощи вьюшки, или герметическихъ дверецъ. При отапливаніи печи дровами топку не снабжаютъ рѣшеткой, при употребленіи же ископаемаго топлива устройство рѣшетки и зольника необходимо.

Простѣйшимъ представителемъ быстрогрѣющей печи можетъ служить *колоннообразная* (Kaminofen), состоящая изъ вертикальнаго желѣзнаго или чугуннаго цилиндра, безъ всякихъ дымовыхъ ходовъ внутри, и имѣющаго два отверстія—одно внизу для топки, а другое верку, посредствомъ котораго полость цилиндра сообщается съ дымовою трубою.

Подобнаго рода печь очень дурно утилизируетъ тепло, а потому и печи быстрогрѣющія снабжаютъ дымовыми ходами. Подобная печь представлена на фиг. 113, табл. XXXIV. Нижній ящикъ А В Н F сложенъ изъ чугунныхъ плитъ, верхній К L М—изъ листоваго желѣза. Въ передней стѣнкѣ нижняго ящика помѣщены дверцы топочнаго пространства и зольника, которыя снабжены заслонками для регулированія притока воздуха. Непосредственно за рѣшеткой стоитъ стѣнка *a f*, позади ея—раздѣлка *d*. Крышка верхней части печи К L М снабжена тремя круглыми отверстіями, въ которыхъ укрѣплены трубки *q, r, s*. *t*—клапанъ для выхода дыма въ трубу. Чтобы предохранить дымъ при переходѣ его изъ трубы *r* въ трубу *s* отъ нагрѣванія, помѣщаютъ перегородку *g*. Дымъ идетъ по направленію, указанному пунктиромъ.

Для облегченія непрерывнаго топлена желѣзныхъ печей предложены такъ называемыя *засыпныя печи*, а для уменьшенія лучеиспусканія желѣзныхъ печей предложено снабжать ихъ кожухами или обкладывать внутреннія стѣнки ихъ слоемъ глины или кирпича.

Одна изъ лучшихъ печей подобнаго рода есть *засыпная печь Мейдингера* (1870), представленная на фиг. 114, табл. XXXIV. Печь эта состоитъ изъ чугунаго цилиндра для засыпи топлива безъ рѣшетки и окружена двойнымъ кожухомъ изъ листоваго желѣза. Самый цилиндръ дѣлается разборнымъ и состоитъ изъ нѣсколькихъ колець—нижняго съ шейкой для выгребанія зола и притока воздуха, нѣсколькихъ колець (1—4) средней части и верхняго кольца съ придаткомъ для дымовой трубы. Наружное отверстіе шейки снабжено клапаномъ, который при выгребаніи зола забрасывается кверху; для регулированія тяги клапанъ снабженъ отверстіями съ задвижкой. Для увеличенія нагрѣвательной способности наружная поверхность печи дѣлается ребристой. Печь наполняется каменнымъ углемъ или коксомъ и растапливается сверху. Черезъ часъ или два огонь достигаетъ нижней части печи, гдѣ горѣніе продолжается болѣе или менѣе быстро, смотря по количеству воздуха, притекающаго въ печь. Развивающаяся при этомъ теплота нагрѣваетъ прежде всего воздухъ, заключенный между цилиндромъ и внутреннимъ кожухомъ, потомъ внутренній кожухъ и воздухъ между обоими кожухами и, наконецъ, наружный кожухъ, вслѣдствіе чего дѣйствіе лучистой теплоты доводится до возможнаго минимума.

Еще удобнѣе производить постоянное топлена желѣзныхъ печей не твердымъ а газообразнымъ топливомъ. Въ этомъ случаѣ въ засыпномъ цилиндрѣ помѣщаютъ рядъ горѣлокъ, расположенныхъ кольцомъ и устроенныхъ на подобіе горѣлокъ Бунзена.

3) *Калориферы*. Самый простой калориферъ представленъ на фиг. 115 (А и В), табл. XXXIV. А В С D—прямоугольная призма, сдѣланная изъ листоваго желѣза или изъ чугуна, въ нижней части которой помѣщена топка. А' В' С' D'—кожухъ, прикрѣпленный къ полу. Е—топка, F—зольникъ, G—дверцы топки, H—дверцы зольника, J—дверцы подъ зольникомъ, которыя открываютъ, если желаютъ производить нагрѣваніе помѣщенія безъ вентиляціи его, въ противномъ случаѣ онѣ должны быть закрыты. K—заслонка, регулирующая притокъ наружнаго воздуха къ калориферу черезъ каналъ S. M M—кирпичи, которыми выложенъ очагъ, чтобы воспрепятствовать сильному накаливанію и прогоранію желѣзныхъ листовъ. Дѣйствіе описаннаго прибора само собою понятно. Топливо (въ данномъ случаѣ дрова или торфъ) сжигаютъ на очагѣ Е, и пламенные газы, нагрѣвъ стѣнки А В С D, уходятъ въ трубу L. Воздухъ, необходимый для сжиганія топлива, притекаетъ черезъ дверцы H изъ отопляемаго

помѣщенія. Наружный воздухъ черезъ капаль S поступаетъ въ промежутокъ между стѣнками нагрѣвательнаго пространства A B C D и кожуха A' B' C' D', нагрѣвается здѣсь и поступаетъ черезъ верхнюю часть калорифера въ нагрѣваемое помѣщеніе. Этимъ путемъ помѣщеніе не только отапливается, но и вентилируется, такъ какъ свѣжій воздухъ приводится черезъ каналъ S, а комнатный уходитъ черезъ топку въ дымовую трубу. Если въ подобной вентиляціи нѣтъ необходимости, въ такомъ случаѣ закрываютъ клапанъ K и открываютъ дверцы J, при чемъ притокъ свѣжаго воздуха въ помѣщеніе значительно уменьшается и вполнѣ прекратится, если питаніе топки E будетъ происходить наружнымъ воздухомъ.

Въ этомъ и подобныхъ ему калориферахъ забрасываніе топлива въ топку должно происходить черезъ короткіе промежутки времени, что неудобно, въ особенности, если отопленіе помѣщенія и его вентиляція должны происходить постоянно и продолжаться также ночью. Для избѣжанія указаннаго неудобства устраиваютъ *засыпные калориферы*, которые весьма удобны, если для отопленія служить каменный уголь и въ особенности коксъ. Простѣйшее устройство калорифера подобнаго рода представлено на фиг. 116, табл. XXXV. A—помѣщеніе для кокса; E—трубка для отвода пламенныхъ газовъ, снабженная заслонкой; G—дверцы топки, которыя открываются только во время растапливанія; H—дверцы зольника, черезъ которыя воздухъ входитъ въ топку; J—зольникъ; K—каналъ, приводящій наружный воздухъ въ калориферъ; LL—кольцеобразное пространство, образуемое стѣнками калорифера и его кожухомъ, въ которомъ нагрѣвается воздухъ передъ его поступленіемъ въ помѣщеніе.

Желѣзные калориферы имѣютъ всѣ недостатки и выгоды желѣзныхъ печей, а потому въ тѣхъ случаяхъ, когда отопленіе помѣщенія должно быть производимо постоянно и топление калорифера періодически, устраиваютъ массивные калориферы изъ обожженной глины. Представителемъ такого рода калориферовъ для отапливанія жилыхъ помѣщеній можетъ служить калориферъ или печь *Собольщикова*. Общій видъ печи не отличается отъ обыкновенной голландской печи и она построена изъ кирпича и глины. Разница состоитъ лишь въ томъ, что длина и поверхность дымовыхъ ходовъ гораздо значительнѣе, чѣмъ въ обыкновенныхъ голландскихъ печахъ, и что, кромѣ того, рядомъ съ дымовыми ходами, идетъ особенный каналъ, приводящій чистый наружный воздухъ въ помѣщеніе.

Изъ сказаннаго ясно, что калориферы описанной системы имѣютъ устройство, аналогичное обыкновеннымъ печамъ, отъ которыхъ они отличаются главнымъ образомъ приспособленіемъ, содѣйствующимъ передвиженію нагрѣваемаго воздуха вдоль нагрѣтыхъ стѣнокъ калорифера, чѣмъ ускоряется нагрѣваніе воздуха и увеличивается полезное дѣйствіе топлива.

Въ виду этого каждая желѣзная печь съ кожухомъ можетъ быть превращена въ калориферъ.

Если калориферъ долженъ быть помѣщенъ внѣ отапливаемаго помѣщенія и служить для нагрѣванія струи воздуха, то въ этомъ случаѣ калориферъ состоитъ изъ печи, въ нагрѣвательномъ пространствѣ которой размѣщены желѣзные или чугунные трубы, черезъ которыя пропускаютъ или нагрѣваемый воздухъ, или дымогарные газы.

Фиг. 117, табл. XXXV, представляетъ простѣйшій типъ калорифера перваго рода. А—топка; ВВ—нагрѣвательное пространство, въ которомъ размѣщены желѣзные трубы, внутри которыхъ движется нагрѣваемый воздухъ; е—труба для отвода пламенныхъ газовъ.

Фиг. 118, табл. XXXV, представляетъ калориферъ втораго рода. Топка *g* помѣщена въ чугунномъ цилиндрѣ А, нижняя часть котораго выложена кирпичемъ. Пламенные газы идутъ по желѣзнымъ трубамъ В С D E F и В' С' D' E' F' одновременно, собираются затѣмъ въ общую камеру и уходятъ въ трубу. Нагрѣваемый воздухъ входитъ въ калориферъ черезъ подземные каналы J J, подымается въ каналахъ, въ которыхъ помѣщены желѣзные трубы, собирается въ камеру К (охлаждающая камера, срав. стр. 423), откуда идетъ къ мѣсту своего потребленія.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ нагрѣть воздухъ до очень высокой температуры, сооружаютъ калориферъ изъ огнеупорныхъ матеріаловъ и придаютъ имъ устройство, аналогичное устройству регенераторовъ Сименса.

Нагрѣваніе воздуха калориферами, помѣщенными внѣ нагрѣваемаго пространства, даетъ возможность отапливать одновременно нѣсколько помѣщеній однимъ и тѣмъ же калориферомъ, и такой способъ отопленія извѣстенъ подъ названіемъ *центрального отопленія*.

Отапливаніе помѣщеній струею нагрѣтаго воздуха обыкновенно связываютъ съ вентиляціею.

**Нагрѣваніе воздуха паромъ.** Для нагрѣванія воздуха паромъ проводятъ паръ изъ паровика въ нагрѣваемое пространство, гдѣ онъ сгущается въ системѣ трубъ (*конденсаторы*). Теплота, выдѣляющаяся при сгущеніи пара, передается стѣнками конденсатора окружающему воздуху, а конденсационная вода отводится обратно въ паровикъ. Изъ этого ясно, что все устройство, служащее для нагрѣванія воздуха паромъ, состоитъ изъ паровика, паропроводныхъ трубъ и конденсатора. Паровикъ помѣщаютъ всегда внѣ нагрѣваемаго пространства. Трубы, приводящія паръ къ конденсатору, дѣлаютъ изъ желѣза или мѣди, окружаютъ дурнымъ проводникомъ и устанавливаютъ такъ, чтобы сгустившаяся въ нихъ вода могла легко стекать обратно въ паровикъ и не препятствовала свободному проходу пара. Конден-

саторами служатъ желѣзныя или мѣдныя трубы, которыя располагаютъ или по длинѣ отапливаемаго помѣщенія на извѣстной высотѣ, или размѣщаютъ въ каналахъ подъ поломъ, или, наконецъ, помѣщаютъ въ металлическихъ полыхъ вертикальныхъ цилиндрахъ, размѣщенныхъ около стѣнъ нагрѣваемаго помѣщенія и имѣющихъ форму печей. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ трубамъ придаютъ форму змѣевикувъ, чтобы тѣмъ сберечь мѣсто. Конденсаціонныя трубы помѣщаютъ наклонно, чтобы облегчить стеканіе сгустившейся воды, которую собираютъ обыкновенно въ особенный сборникъ или автоматъ (см. стр. 407), откуда она переводится въ паровикъ. Конденсаціонныя трубы должны быть снабжены кранами для выпусканія изъ нихъ воздуха при началѣ нагрѣванія.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда не желаютъ помѣщать конденсаторъ въ нагрѣваемомъ помѣщеніи, а желаютъ нагрѣть это послѣднее, впуская въ него предварительно нагрѣтый воздухъ, устраиваютъ паровые калориферы, размѣщая конденсаціонныя трубы въ каналѣ, черезъ который пропускаютъ нагрѣваемый воздухъ, по направленію противоположному движенію пара въ конденсаціонныхъ трубахъ.

Фиг. 119, табл. XXXV, представляетъ такой паровой калориферъ, въ который паръ входитъ черезъ трубку *a* и выходитъ черезъ трубку *b*, а нагрѣваемый воздухъ движется снизу вверхъ.

**Нагрѣваніе воздуха нагрѣтою водою.** Всѣ приборы, служащіе для нагрѣванія воздуха паромъ, могутъ служить и для нагрѣванія воздуха горячею водою, заставляя эту послѣднюю постоянно циркулировать по конденсаціоннымъ трубамъ. Для этой послѣдней цѣли пользуются разницею въ удѣльномъ вѣсѣ холодной и нагрѣтой воды. Подобное устройство станетъ понятно изъ разсмотрѣнія фиг. 120, табл. XXXV. А—котель, В С Е F—трубка, выходящая изъ верхней части котла и входящая въ нижнюю часть его. Если весь аппаратъ будетъ наполненъ водою, то при нагрѣваніи котла болѣе теплая вода будетъ подыматься въ верхнюю часть аппарата, и скоро начнется движеніе жидкости по направленію В С Е F А, такъ какъ удѣльный вѣсѣ столба жидкости В С будетъ меньше удѣльнаго вѣса столба жидкости Е F. Это движеніе жидкости будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока котель А будетъ нагрѣваемъ. Для поддержанія быстрой циркуляціи жидкости въ аппаратѣ, нужно расположить его такимъ образомъ, чтобы трубка В С имѣла бы по возможности мало изгибовъ для уменьшенія охлажденія, и чтобы, наоборотъ, трубка Е F имѣла бы значительную поверхность охлажденія. Трубка В С открывається вверху въ сосудъ *m* (экспансоръ), который служитъ для наполненія аппарата водою, для удаленія изъ него воздуха и для воспринятія излишка воды, зависящаго отъ ея расширенія.

Нагрѣваемый воздухъ идетъ по каналу G H снизу вверхъ и затѣмъ поступаетъ въ отапливаемое помѣщеніе.

Если желаютъ нагрѣвать непосредственно воздухъ отапливаемого помѣщенія, то тогда размѣщаютъ въ немъ змѣевикъ или спеціальныя сосуды, заставляя въ нихъ циркулировать воду, нагрѣваемую въ паровикѣ указаннымъ выше образомъ. Подобное расположеніе для отапливанія многоэтажнаго зданія представлено на фиг. 121, табл. XXXVI. А—котель для нагрѣванія воды, В—подъемная труба, С—экспансаторъ, dd—трубы, приводящія нагрѣтую воду въ комнатныя калориферы DD, ee—трубы, отводящія охлажденную воду изъ калориферовъ въ котель. Нагрѣвшись въ котлѣ А, теплая вода подымается по трубѣ ВВ до верхняго резервуара С, идетъ по трубамъ dd въ калориферы DD и, охрѣвъ эти послѣдніе, снова возвращается въ котель А.

Воду въ котлѣ, при указанномъ способѣ нагрѣванія воздуха, нагрѣваютъ обыкновенно до 80° и никогда не доводятъ до кипѣнія.

Другой способъ нагрѣванія воздуха водою предложенъ *Перкинсомъ* (Perkins) и состоитъ въ употребленіи воды съ высокой температурой отъ 150—200° и болѣе (нагрѣваніе водою высокаго давленія). Нагрѣваніе по этой системѣ основано на тѣхъ-же началахъ, какъ и нагрѣваніе теплою водою, съ той лишь разницей, что вся система трубъ дѣлается совершенно замкнутою безъ отверстій въ экспансаторѣ и во избѣжаніе взрыва снабжается предохранительнымъ клапаномъ. Вода нагрѣвается не въ котлѣ, а въ спирально изогнутыхъ трубахъ, составляющихъ нижнюю часть всей системы и длина которыхъ въ общей сложности равняется  $\frac{1}{6}$  части длины всей системы трубъ. Трубы изготовляются изъ кованнаго желѣза и должны выдерживать давленіе 200 атмосферъ.

Калориферы, нагрѣваемые паромъ и теплою водою, употребляются какъ для нагрѣванія жилыхъ помѣщеній (центральное отопленіе паромъ или водою), такъ и для нагрѣванія сушиленъ, если сушка должна быть произведена при возможно равномерной температурѣ и при возможномъ устраненіи опасности отъ пожара.

Теплота нагрѣтой поверхности калорифера передается окружающему воздуху лучеиспусканіемъ и непосредственнымъ соприкосновеніемъ. Количество лучистой теплоты, испускаемой нагрѣтымъ тѣломъ, не зависитъ отъ формы и величины тѣла, а зависитъ отъ природы поверхности и разности между температурою нагрѣтой поверхности и окружающаго воздуха. Количество теплоты, передаваемой нагрѣтою поверхностью тѣла окружающему воздуху соприкосновеніемъ, зависитъ отъ разности температуръ и отъ формы нагрѣ-

той поверхности, но не зависит от материала и состоянія поверхности. Количество теплоты, передаваемой обоими путями, может быть вычислено при помощи довольно сложных эмпирических формулъ. Не входя здѣсь въ разсмотрѣніе этихъ формулъ, замѣтимъ только, что общее количество тепла, передаваемое 1 кв. м. поверхности въ часъ на каждый градусъ разницы температуръ воздуха и нагрѣтой поверхности при передачѣ тепла воздуху черезъ металлическіе оболочки, можно принять равнымъ:

При нагрѣв нагрѣт. воз-	духомъ и дымог. газами	{	при небольшой разницѣ температуры	4—6 ед. т.
			при знач. разн. темп. (отъ 300 до 500°)	8—10 „ „
При нагрѣваніи горячею водою				8—13 „ „
„ „ паромъ				10—14 „ „ <sup>1)</sup> .

При нагрѣваніи воздуха паромъ количество тепла, передаваемое 1 кв. м. поверхности калорифера въ часъ, можетъ быть опредѣлено и по количеству пара, сгущаемаго тою же поверхностью въ часъ. По изслѣдованію *Лекля*, 1 кв. м. поверхности чугунныхъ трубъ съ діаметромъ отъ 0,1—0,3 м. сгущаетъ въ часъ отъ 1,58—1,35 кило пара съ температурою 100° при вѣшной температурѣ воздуха 15°. При паровомъ отопленіи помѣщеній, которыя должны имѣть постоянную температуру 15°, принимаютъ обыкновенно, что среднимъ числомъ 1 кв. м. поверхности нагрѣва сгущаетъ въ часъ отъ 1,75—1,80 кило пара съ температурою 100°, смотри по тому, сдѣланы ли конденсаторы изъ мѣди или чугуна. Умножая указанное выше количество пара, сгущеннаго 1 кв. м. поверхности въ часъ, на полную скрытую теплоту воды при 100° (536,5; срав. ч. I, стр. 157) и раздѣляя полученное произведеніе на разность температуръ (100°—15 = 85°), оказывается въ этомъ послѣднемъ случаѣ, что 1 кв. м. поверхности нагрѣва въ часъ передаетъ отъ 11,0—11,4 ед. тепла, т. е. число, лежащее въ предѣлахъ вышеуказаннаго.

Пользуясь вышеприведенными данными и зная теплоемкость воздуха<sup>2)</sup>, можно опредѣлить размѣръ калорифера, необходимый для нагрѣванія опредѣленнаго вѣса или объема воздуха на опредѣленное число градусовъ, равно какъ и для отопленія даннаго помѣщенія, т. е. для поддержанія въ немъ постоянной температуры.

Въ этомъ послѣднемъ случаѣ опредѣляютъ прежде всего общее количество единицъ тепла (Q), которое должно быть доставляемо отопливаемому помѣщенію въ часъ, и которое равно:

$$Q = D + a (t - t_0),$$

гдѣ D выражаетъ число единицъ тепла, теряемыхъ помѣщеніемъ въ часъ вслѣдствіе охлажденія извнѣ черезъ стѣны, окна и т. д.; a—вѣсъ воздуха, выраженный въ водѣ<sup>3)</sup>, который долженъ быть доставляемъ въ помѣщеніе въ часъ,

<sup>1)</sup> *Valérius*. Les applications de la chaleur, Paris, 1879 (p. 218).

<sup>2)</sup> Теплоемкость воздуха при постоянномъ давленіи равна 0,2375, принимая за единицу теплоемкости теплоемкость воды.

<sup>3)</sup> Значеніе воздуха въ водѣ получается, умножая вѣсъ воздуха (p) на его теплоемкость:  $a = p \times 0,2375$ .



въ случаѣ вентиляціи помѣщенія;  $t$ —температура, которую желаютъ поддерживать въ помѣщеніи, а  $t_0$ —температура вѣшняго атмосфернаго воздуха.

Общее количество тепла, теряемаго помѣщеніемъ въ часъ, можетъ быть опредѣлено или изъ непосредственнаго опыта, или же вычислено по формулѣ:

$$D = f \left( \frac{mn}{mc+n} M + pF \right) t_1,$$

въ которой

$M$ —сумма поверхностей стѣнъ, половъ и потолковъ въ кв. метрахъ;

$F$ —сумма поверхностей оконъ въ кв. метрахъ;

$c$ —толщина стѣнъ въ метрахъ;

$t_1$ —разность температуръ вѣшняго и внутренняго воздуха;

$f$ —коэффициентъ, измѣняющійся, смотря по тому, происходитъ ли отопленіе помѣщенія непрерывно или періодически;

$p$ —потеря тепла въ одинъ часъ каждымъ кв. м. оконной поверхности при разницѣ температуръ на  $1^{\circ}$ ;

$m$  и  $n$ —коэффициенты, мѣняющіеся отъ свойства строительн. матеріаловъ.

Величины  $m$ ,  $n$ ,  $p$  и  $f$  представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ:

	$m$	$n$	$p$	$f$ .
Стѣна изъ бута . . . . .	9	0,80	—	—
„ „ кирпича . . . . .	9	0,68	—	—
Еловое дерево . . . . .	8	0,17	—	—
Дубовое дерево . . . . .	8	0,32	—	—
Стекло . . . . .	9	0,27	—	—
Одиночная стеклянная рама . . .	—	—	3,66	—
Двойныя стекляныя рамы . . . .	—	—	2,00	—
Непрерывное отопленіе . . . . .	—	—	—	1,0
Періодическое (ночью прекращается)	—	—	—	1,2.

Въ практикѣ обыкновенно не прибѣгаютъ къ столь сложнымъ вычисленіямъ, а пользуются практически дознанными данными, что для надлежащаго отапливанія помѣщенія и поддержанія въ немъ температуры  $15$ — $18^{\circ}$  на каждые 1000 куб. м. емкости помѣщенія требуется слѣдующій размѣръ поверхности нагрѣва:

При отапливаніи желѣзною печью . . . . .	6,67 кв. м.
При отапливаніи нагрѣтымъ воздухомъ помощью калорифера съ горизонтальной трубой . . . .	20,00 „ „
При отапливаніи воздухомъ помощью калорифера съ вертикальной трубой . . . . .	15 „ „
При паровомъ отопленіи . . . . .	20—24 „ „
При отопленіи теплою водою . . . . .	33—40 „ „

При расчетѣ вентиляціи помещенія, принимаютъ обыкновенно, что въ жилыхъ комнатахъ на каждаго человѣка въ часъ должно притекать 15—20 куб. м. свѣжаго воздуха и должно быть удаляемо такое же количество испорченнаго. Въ школахъ, казармахъ и больницахъ на каждаго человѣка въ часъ должно быть доставляемо большее количество свѣжаго воздуха, которое въ больницахъ доходитъ до 100 и даже 150 куб. м. въ часъ на человѣка.

При опредѣленіи размѣровъ калориферовъ для сушенія слѣдуетъ принять во вниманіе и то количество тепла, которое необходимо для нагрѣванія и испаренія воды, которую желаютъ удалить изъ высушиваемаго тѣла.

---

## V. Изслѣдованіе топлива и полезное дѣйствіе сожигательныхъ приборовъ.

Познакомившись въ предыдущихъ главахъ съ свойствами топлива и его сожиганіемъ въ печахъ, намъ остается еще разсмотрѣть способы, служащіе для опредѣленія достоинства топлива, равно какъ и полезное дѣйствіе сожигательныхъ приборовъ, при чемъ главнымъ образомъ будемъ имѣть въ виду ископаемое топливо, такъ какъ оно имѣетъ самое важное значеніе въ промышленности и составъ его подверженъ значительнымъ колебаніямъ.

---

### СПОСОБЫ ИЗСЛѢДОВАНІЯ ТОПЛИВА.

Достоинство топлива опредѣляется его физическими свойствами, его элементарнымъ составомъ, отношеніемъ къ нагруванію, теплопроизводительною способностью и пирометрическимъ дѣйствіемъ.

**Отбираніе средней пробы.** При опредѣленіи, какъ физическихъ свойствъ топлива, такъ и его химическаго состава и теплотворной способности, очень важно, чтобы изслѣдуемый образецъ представлялъ дѣйствительный средній составъ изслѣдуемаго топлива, а потому отбираніе образца должно быть произведено съ большою тщательностью, пользуясь способомъ, предложеннымъ *Шереръ-Кстнеромъ*, и состоящимъ въ слѣдующемъ.

Значительная куча испытуемаго топлива (20000 кило) разравнивается нетолстымъ слоемъ (на площади въ 50 кв. м.), при чемъ большіе куски предварительно разбиваются на болѣе мелкіе. Изъ развѣхъ мѣстъ слои отбираютъ образецъ вѣсомъ около 100 кило, который измельчаютъ въ дробилкѣ. Измельченная масса вновь разравнивается нетолстымъ слоемъ въ видѣ прямоугольника и дѣлится, двумя линіями на-крестъ, на 4 части, изъ которыхъ собираютъ лишь уголь, содержащійся въ двухъ противополож-

ныхъ по вершинѣ треугольникахъ. Это повторяютъ нѣсколько разъ, пока не останется нѣсколько килограммовъ угля, который истираютъ болѣе тщательно и надъ которымъ затѣмъ опять повторяютъ ту же операцію. Наконецъ, образецъ въ 200 грам. собираютъ и сохраняютъ до производства изслѣдованія въ банкѣ съ притертой пробкой. При производствѣ изслѣдованія образецъ послѣдовательнымъ подраздѣленіемъ и измельченіемъ доводится до 20 грам., помѣщается въ трубку съ пробкой, гдѣ сильнымъ встряхиваніемъ тщательно перемѣшивается. Полученная такимъ образомъ однородная масса представляетъ, очевидно, среднюю пробу изслѣдуемаго топлива и служитъ для испытанія. Подобная тщательность при приготовленіи средней пробы въ особенности необходима въ тѣхъ случаяхъ, когда для опыта необходимо брать небольшое количество вещества, какъ это имѣетъ мѣсто при опредѣленіи удѣльнаго вѣса топлива, гигроскопичности, элементарнаго состава, теплотворной способности и т. д.

Такъ какъ всѣ виды топлива обладаютъ значительною гигроскопичностью, то точныя взвѣшиванія топлива должны быть производимы или въ цилиндрикахъ, закрытыхъ пробками, или же между двумя часовыми стеклами, прижатыми другъ къ другу зажимомъ.

**Опредѣленіе физическихъ свойствъ топлива.** Изъ физическихъ свойствъ, опредѣляющихъ достоинство топлива, главную роль играютъ крупность кусковъ, хрупкость (сдѣвленіе частицъ), удѣльный вѣсъ, порозность и гигроскопичность.

Величина кусковъ (крупность) опредѣляется обыкновенно только для ископаемыхъ углей, при чемъ самое опредѣленіе состоитъ въ отдѣленіи при помощи рѣшета или барабана мелкаго угля (кусковъ меньше величины кулака взрослого человѣка) отъ крупнаго и въ опредѣленіи вѣса этого послѣдняго. Какъ сказано было выше (стр. 105), уголь, содержащій 10% мелочи, называется *крупнымъ*, содержащій 40% мелочи—*среднимъ*, а 80% мелочи—*мелкимъ*.

Хрупкость или силу сдѣвленія частицъ минеральнаго топлива опредѣляютъ слѣдующимъ образомъ. Испытываемое топливо разбиваютъ на куски величиною въ кулакъ и отдѣляютъ ихъ отъ мелочи просѣиваніемъ черезъ наклонно поставленное рѣшето. Отсѣянные такимъ образомъ куски, въ количествѣ 50 кило, помѣщаютъ въ горизонтальный желѣзный или деревянный цилиндръ, снабженный на своихъ концахъ шипами, покоющимися на двухъ подшипникахъ, и приводимый въ медленное вращательное движеніе. Послѣ того какъ движеніе барабана продолжалось 2 минуты и онъ сдѣлалъ 50 оборотовъ, вынимаютъ топливо изъ барабана, опредѣляютъ въ немъ просѣиваніемъ черезъ рѣшето количество крупныхъ кусковъ и мелочи и вычисляютъ полученные результаты на 100 в. ч. взятаго для испытанія угля.

По процентному количеству образовавшейся мелочи судятъ о большей или меньшей хрупкости угля, а слѣдовательно, и о большей или меньшей пригодности его для перевозки. Уголь, дающій при указанномъ способѣ испытанія около 40% мелочи, обладаетъ средней хрупкостью.

Самыя обширныя изслѣдованія надъ хрупкостью различныхъ каменныхъ углей были произведены *Playfair*'омъ и *De la Beche*'омъ (1846) для англійскихъ углей и *Bric*'омъ (1847—50) для нѣмецкихъ.

При своихъ изслѣдованіяхъ *Playfair* и *De la Beche* употребляли деревянный цилиндръ съ діаметромъ 0,91 м. и длиною въ 1,22 м. На внутренней поверхности цилиндра были укрѣплены въ радіальномъ направленіи три деревянные лопаты, шириною въ 152 мм., назначеніе которыхъ состояло въ томъ, чтобы при вращеніи цилиндра подымать уголь на известную высоту и заставляя его затѣмъ падать внизъ. Въ одномъ концѣ цилиндра находилось отверстіе, черезъ которое уголь помѣщали и вынимали изъ цилиндра. Отверстіе это закрывалось герметически дубовыми дверцами, чтобы воспрепятствовать улетанію угольной пыли. Испытываемый уголь разбивали на куски величиною въ кулакъ и отдѣляли крупныя куски отъ мелочи, при помощи рѣшета, поверхность просвѣтовъ котораго равнялась 645 кв. мм. 25 кило кусковъ угля помѣщали затѣмъ въ цилиндръ, заставляли этотъ послѣдній сдѣлать медленно 50 оборотовъ, затѣмъ останавливали цилиндръ и содержимое его опять пропускали черезъ вышеупомянутое рѣшето для отдѣленія мелочи. Опредѣливши вѣсъ крупныхъ кусковъ, вычисляли, сколько 100 частей угля дали при вышеуказанной обработкѣ крупныхъ кусковъ и мелочи.

При помощи указанного способа *Playfair* и *De la Beche* нашли, что 27 пмн изслѣдованныхъ англійскихъ и шотландскихъ углей дали отъ 35—88,2%, среднимъ числомъ 59,2% крупныхъ кусковъ угля.

Тѣмъ же способомъ была изслѣдована (1849) хрупкость австрійскихъ бурыхъ углей, при чемъ найдено, что 100 частей этихъ углей даютъ отъ 58,5—70,5 крупнаго угля и 41,5—29,5 мелочи.

Подобный же способъ былъ употребленъ и *Brickson* для опредѣленія хрупкости углей. Цилиндръ, имъ употребленный, былъ, впрочемъ, меньше и представлялъ деревянную бочку, вмѣстимостью въ 165 литровъ, на внутренней поверхности которой были укрѣплены кулаки, длиною въ 8 см. Въ цилиндръ помѣщали всего отъ 12—14 кило испытываемаго угля, предварительно превращеннаго въ куски, вѣсомъ 0,48—0,7 кило, и заставляли цилиндръ медленно сдѣлать 50 оборотовъ. Затѣмъ содержимое пропускали черезъ два рѣшета, одно съ просвѣтами въ 95 кв. мм., другое съ просвѣтами въ 676 кв. мм. для отдѣленія крупныхъ кусковъ отъ болѣе мелкихъ (*Nusskohle*), а эти послѣдніе отъ самыхъ мелкихъ (*Feinkohle*). При такомъ способѣ работы *Brickson* нашелъ, что прусскіе угли даютъ:

	крупн. куск. ( <i>Stückkohle</i> ).	куск. ср. вел. ( <i>Nusskohle</i> ).	мелк. куск. ( <i>Feinkohl</i> ).
Каменный уголь . . . . .	64,0—89,0	2,0—12,0	7,8—37,2
Бурый уголь . . . . .	92,0—97,4	1,2—3,2	1,4—6,0
Торфяной уголь . . . . .	85,7	1,6	12,7

Въ болѣе новое время *Jansen* (1862) аналогичнымъ способомъ испыталъ хрупкость нѣсколькихъ сортовъ нѣмецкихъ и англійскихъ углей. Испытываемый уголь разбивался на куски величиною въ кулакъ (при чемъ самыя крупныя куски вѣсили около 0,5 кило) и затѣмъ отдѣлялся отъ мелочи при помощи наклонно поставленнаго рѣшета съ просвѣтами въ 819 кв. мм. Очищенные отъ мелочи куски угля, въ количествѣ 47 кило,

помещали в деревянный цилиндр (диаметр 0,75 м., длина 1,55 м.), внутренняя поверхность которого была снабжена тремя радиальными стѣнками, вышиною в 0,16 м., и приводили барабанъ въ медленное вращеніе. Послѣ того какъ барабанъ сдѣлалъ 50 оборотовъ, содержимое барабана просѣивали черезъ указанное выше рѣшето и опредѣляли вѣсъ крупныхъ кусковъ. Этимъ путемъ найдено, что 100 частей угля дали послѣ обработки въ барабанѣ слѣдующее число частей крупнаго угля:

	среднее	maximum	minimum
Англійскіе угли . . . . .	64,17	71,17	57,17
Прусскіе . . . . .	63,83	84,4	41,06
Всѣ изслѣдованные угли . . . . .	63,28	84,44	41,06

Хрукость торфа была изслѣдована Vogel'емъ (1861), при чемъ онъ употреблялъ барабанъ въ видѣ боченка емкостью въ 192,42 литра, на внутренней поверхности которого было укрѣплено нѣсколько кулаковъ, длиною въ 0,078 м. При испытаніи барабанъ дѣлалъ 100 оборотовъ. Торфъ помещался въ барабанъ въ видѣ кусковъ, вѣсомъ отъ 0,28—0,84 килло, въ количествѣ отъ 2—12 килло. При этихъ условіяхъ

рѣзанный торфъ далъ . . . . .	3,5%	отброса
машинный торфъ . . . . .	0,3%	„
прессованный торфъ . . . . .	2,4%	„

Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ заключить, что до сихъ норъ не установлено ни одного общаго способа для испытанія хрукости ископаемаго топлива, и что числа, полученныя различными изслѣдователями, не могутъ быть сравниваемы между собою. Въ виду этого было бы очень желательно, чтобы въ будущемъ испытанія хрукости топлива производились по одному общему способу, при чемъ за нормальный способъ можно было бы принять способъ *Playfair'a* или *Brix'a*, опредѣливъ, однако, точнѣе быстроту вращенія барабана.

Опредѣленіе удѣльнаго вѣса. Всѣ виды топлива болѣе или менѣе порозны; въ виду этого опредѣляютъ или удѣльный вѣсъ самаго вещества топлива (дѣйствительный удѣльный вѣсъ), или удѣльный вѣсъ цѣлаго куска со включеніемъ поръ (кажущійся удѣльный вѣсъ).

*Опредѣленіе дѣйствительнаго удѣльнаго вѣса* топлива можетъ быть произведено или при помощи склянки, или при помощи волюменометра. Въ первомъ случаѣ употребляютъ склянку (фиг. 122, табл. XXXVI), вмѣстимостью въ 25—50 к. с., снабженную широкимъ горломъ, плотно закрываемымъ притертою пробкою, сквозь просверленное отверстіе которой проходитъ трубка, оканчивающаяся небольшимъ цилиндрическимъ сосудомъ. На трубкѣ сдѣлана мѣтка *a*, до которой постоянно доводится уровень воды при взвѣшиваніи. Сначала опредѣляютъ вѣсъ пустой склянки ( $P_1$ ) и вѣсъ ея послѣ наполненія лишенною воздуха перегнанною водою до черты *a* ( $P_2$ ). Затѣмъ склянку опоражниваютъ, помещаютъ въ нее опредѣленный вѣсъ ( $p$ ) изслѣдуемаго топлива, предварительно превращеннаго въ мелкій порошокъ, доливаютъ водою до черты и вновь опредѣляютъ вѣсъ ( $P_3$ ). Изъ этихъ чиселъ нетрудно вычислить удѣльный вѣсъ изслѣдуемаго топлива ( $D$ ) по формулѣ

$$D = \frac{p}{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_1 - p)}$$

При производствѣ этихъ опредѣленій очень важно выгнать изъ сосуда небольшое количество воздуха, прилегающаго къ частицамъ порошкообразнаго тѣла. Для достиженія этой цѣли склянку, послѣ помѣщенія въ нее порошкообразнаго тѣла, только отчасти наполняютъ водою и затѣмъ помѣщаютъ подъ колоколъ воздушнаго насоса, въ которомъ производятъ пустоту, при чемъ воздухъ выдѣляется изъ жидкости, вслѣдствіе своей упругости. Тотъ же результатъ можетъ быть достигнутъ нагрѣваніемъ жидкости до кипѣнія. Послѣ удаленія воздуха (и охлажденія жидкости) доливаютъ склянку водою до черты и взвѣшиваютъ.

Такъ какъ удѣльный вѣсъ воды измѣняется довольно замѣтно съ температурою, то при сколько нибудь точныхъ изслѣдованіяхъ указываютъ температуру, которую имѣла вода, служившая для опыта, или, лучше, приводятъ результатъ опыта къ опредѣленной температурѣ, а именно къ  $4^{\circ}$  Ц. Для этого умножаютъ найденный изъ опыта удѣльный вѣсъ на удѣльный вѣсъ воды при температурѣ опыта, принимая за единицу удѣльнаго вѣса удѣльный вѣсъ воды при  $4^{\circ}$  1).

При очень точномъ опредѣленіи удѣльнаго вѣса принимаютъ во вниманіе расширеніе твердаго тѣла и вѣсъ вытѣсняемаго имъ и водою воздуха; но этой поправкой при опредѣленіи удѣльнаго вѣса топлива можно пренебречь, такъ какъ она въ самомъ неблагопріятномъ случаѣ не превышаетъ одной сотой.

Вмѣсто воды при опредѣленіи дѣйствительнаго удѣльнаго вѣса топлива при помощи склянки предложено употреблять спиртъ, который лучше смачиваетъ топливо и устраняетъ неудобство отъ всплыванія мелкихъ частицъ угля на поверхность жидкости. Въ этомъ случаѣ удѣльный вѣсъ опредѣляется по формулѣ

$$D = \frac{p}{(P'_2 - P'_1) - (P'_3 - P'_1 - p)} A,$$

въ которой  $p$  обозначаетъ вѣсъ вещества,  $P'_1$ —вѣсъ склянки,  $P'_2$ —вѣсъ склянки вмѣстѣ съ спиртомъ,  $P'_3$ —вѣсъ склянки вмѣстѣ съ спиртомъ и веществомъ,  $A$ —удѣльный вѣсъ спирта при температурѣ опыта.

Изъ многочисленныхъ *волюменометровъ* одинъ изъ самыхъ простыхъ и удобныхъ для опредѣленія удѣльнаго вѣса топлива есть волюменометръ *Рюдорфа* (Rüdorff, 1879), представленный на фиг. 123, табл. XXXVI. Въ этомъ приборѣ стеклянный сосудъ *n*, вмѣстимостью приблизительно въ 25 к. с., соединенъ узкою шейкою, снабженной чертою *z*, съ сосудомъ *m*, вмѣсти-

1) Таблица для удѣльнаго вѣса воды при различныхъ температурахъ приведена въ первой части этого труда (химическая технология воды, стр. 154).

мостью около 40 к. с., который, въ свою очередь, соединенъ съ стеклянной трубкой (длиною въ 65 см., толщиною въ 10 мм.), оканчивающейся краномъ *t*. Сосудъ *n* соединенъ съ манометромъ *r*, а сверху закрытъ хорошо притертою стекляною крышкою, снабженною краномъ *h*. При опредѣленіи удѣльнаго вѣса этимъ приборомъ наполняютъ ртутью манометръ до половины, а сосудъ *m* вмѣстѣ съ трубкой до сосуда *n*. Открывая кранъ *t*, спускаютъ ртуть до черты *s*, затѣмъ помѣщаютъ въ сосудъ *n* стеклянную трубку, запарянную съ одного конца, плотно насаживаютъ крышку, при открытомъ кранѣ *h*, и закрываютъ этотъ послѣдній, затѣмъ вновь выпускаютъ ртуть черезъ кранъ *t* до тѣхъ поръ, пока давленіе въ приборѣ не уменьшится приблизительно на 0,5 атмосферы, и опредѣляютъ объемъ вытѣсненной ртути всего лучше взвѣшиваніемъ. Послѣ этого перваго опыта дѣлаютъ второй такимъ же образомъ съ тою только разницей, что въ сосудъ *n* помѣщаютъ стеклянную трубку не пустою, а наполненною опредѣленнымъ вѣсомъ изслѣдуемаго топлива въ видѣ мелкаго порошка. Во второмъ опытѣ доводятъ давленіе въ приборѣ точно до того же предѣла, какъ и въ первомъ. Изъ данныхъ, полученныхъ при производствѣ обоихъ опытовъ, можно вычислить объемъ воздуха, вытѣсненный взятымъ вѣсомъ топлива, а слѣдовательно, и объемъ этого послѣдняго.

Если мы обозначимъ разность высотъ столбовъ ртути въ обоихъ коленнахъ манометра черезъ *m*, а высоту барометра черезъ *b*; въ такомъ случаѣ  $b - m = d$  будетъ выражать давленіе воздуха въ приборѣ. Если черезъ *q* обозначить объемъ ртути, выпущенной въ первомъ опытѣ, черезъ *q'* объемъ ртути, выпущенной во второмъ опытѣ, черезъ *v* и *v'* объемы воздуха въ приборѣ во время перваго и втораго опыта, а черезъ *x* объемъ той части трубки манометра, въ которой поднялась ртуть, въ такомъ случаѣ получимъ:

$$v : (v + q - x) = (b - m) : b \quad \text{и}$$

$$v' : (v' + q' - x) = (b - m) : b;$$

откуда, подставляя вмѣсто  $(b - m) = d$ , получимъ:

$$v - v' = \frac{(q - q') d}{m};$$

$v - v'$  есть именно искомый объемъ тѣла и онъ можетъ быть вычисленъ, слѣдовательно, зная величины *q*, *q'*, *m* и *b*.

Для опредѣленія кажущагося удѣльнаго вѣса топлива изъ него приготавливаютъ болѣе или менѣе правильные куски, покрываютъ ихъ тонкимъ слоемъ парафина и опредѣляютъ вѣсъ ихъ въ воздухѣ и въ перегнанной и лишенной воздуха водѣ, при помощи гидростатическихъ вѣсовъ. При этихъ опредѣленіяхъ нужно заботиться о томъ, чтобы при взвѣшиваніи тѣла въ водѣ



съ поверхности его были бы удалены всѣ пузырьки, и чтобы температура воды была бы извѣстна.

Разница между дѣйствительнымъ и кажущимся удѣльнымъ вѣсомъ даетъ возможность судить о большей или меньшей *порозности топлива*.

Чтобы облегчить опредѣленіе порозности топлива, а именно кокса и древеснаго угля, *Тёрнеръ* (Thörner, 1884) предложилъ слѣдующій способъ. Волюменометромъ служила ему колбочка, имѣющая форму бутылки, къ шейкѣ которой припаяна трубка шириною въ 12—13 мм. (фиг. 124, табл. XXXVI). Колбочка до мѣтки 0 вмѣщаетъ въ себя около 100 к. с., а припаянная трубка раздѣлена на  $\frac{1}{10}$  части к. с. и вмѣщаетъ въ себя также 100 к. с. Для опыта берутъ двѣ среднія пробы кокса, равныя по вѣсу (отъ 25—30 гр.). Пробу I превращаютъ въ мелкій порошокъ, пробу II—въ кусочки съ діаметромъ около 10 мм. Пробу II обливаютъ въ стаканѣ спиртомъ, бензоломъ или толуоломъ, нагреваютъ до кипѣнія и затѣмъ даютъ охладиться до 15° Ц. Этимъ путемъ вытѣсниютъ воздухъ изъ поръ и наполняютъ ихъ указанными выше жидкостями. Затѣмъ пробу I, при помощи широкой воронки, помѣщаютъ въ волюменометръ, наполненный водою до черты 0. Когда все отвшенное количество вещества введено въ волюменометръ, закрываютъ его стекляною или каучуковою пробкой, сильно взбалтываютъ, осторожнымъ наклоненіемъ смываютъ всѣ частицы съ верхней части прибора и опредѣляютъ уровень воды въ трубкѣ.

Пусть увеличеніе уровня будетъ равно 13,9 к. с. Если для опыта было взято 25 грам. кокса, то дѣйствительный удѣльный вѣсъ ( $d$ ) будетъ равенъ:

$$d = \frac{25,0}{13,9} = 1,80.$$

Затѣмъ помѣщаютъ въ волюменометръ охлажденную пробу II, давъ предварительно стечь съ ней жидкости, въ которой она нагревалась. Послѣ помѣщенія вновь опредѣляютъ уровень жидкости въ трубкѣ и пусть онъ будетъ равенъ 28,75 к. с., тогда кажущійся удѣльный вѣсъ кокса  $d'$  будетъ

$$d' = \frac{25,0}{28,75} = 0,87.$$

Такъ какъ въ обоихъ опытахъ было употреблено одно и то же количество кокса, то въ 25 грам. его содержится поръ:  $28,75 - 13,90 = 14,85$  к. с., а слѣдовательно, 100 гр. кокса будутъ состоятъ изъ 59,40 к. с. поръ и 55,60 к. с. плотнаго вещества. Такимъ образомъ 100 гр. кокса будутъ занимать 115 к. с. или 1 к. м. кокса будетъ вѣсить 869,6 кило. Для полученія точныхъ результатовъ, отвшиваніе должно быть произведено съ точ-

ностью до 0,01 гр., а температура прибора во время опыта должна быть по возможности постоянна, около 15°. Бензолъ и толуолъ всего быстрее и совершеннѣе наполняютъ поры кокса, алкоголь же уменьшаетъ стоимость опыта и облегчаетъ очистку прибора. Для выполнения поръ могла бы служить и вода, но при ея употребленіи необходимо тщательное и продолжительное взбалтываніе и кипяченіе; съ усѣхомъ можно также употреблять смѣсь воды съ спиртомъ для наполненія поръ.

Въ техникѣ рѣдко опредѣляютъ дѣйствительный и кажущійся удѣльный вѣсъ топлива и его порозность, о чемъ можно только сожалѣть, такъ какъ, по всей вѣроятности, существуетъ известное отношеніе между порозностью топлива и другими его свойствами. Въ виду этого, опредѣленіе порозности при опредѣленіи достоинства топлива было бы желательно, и это тѣмъ болѣе, что опредѣленіе порозности дало бы возможность опредѣлить максимумъ водоемкости топлива, что не лишено технического интереса.

Водоемкость топлива, т. е. количество воды, которое оно можетъ впитать въ себя при погруженіи въ воду, можетъ быть опредѣлена такимъ образомъ, что опредѣленный вѣсъ топлива, измельченнаго въ куски, погружаютъ въ теплую воду на  $\frac{1}{2}$  часа, затѣмъ даютъ стечь излишней водѣ на воронкѣ, вновь взвѣшиваютъ и по прибыли вычисляютъ количество воды, которое впитываютъ 100 гр. изслѣдуемаго топлива.

Максимальная гигроскопичность топлива, т. е. способность его поглощать большее или меньшее количество водяныхъ паровъ изъ воздуха, насыщеннаго водянымъ паромъ, имѣетъ немалое значеніе для опредѣленія достоинства топлива, такъ какъ по опытамъ *Вредена* (1868), а также *Дисенка* (1874—76) между гигроскопичностью каменныхъ углей и ихъ спекаемостью существуетъ известное соотношеніе, а именно, что гигроскопичность углей увеличивается съ уменьшеніемъ ихъ спекаемости (срав. стр. 110). Кромѣ того *Чириковъ* (1882) замѣтилъ, что гигроскопичность каменныхъ углей уменьшается съ увеличеніемъ количества даваемого кокса и наоборотъ. Въ виду этого опредѣленіе гигроскопичности каменныхъ углей является важнымъ факторомъ для опредѣленія ихъ достоинства и должно бы быть производимо для каждаго изслѣдуемаго топлива, чего, къ сожалѣнію, въ большей части случаевъ не дѣлаютъ.

Гигроскопичность топлива опредѣляютъ слѣдующимъ образомъ. Топливо измельчаютъ въ мелкій порошокъ (для избѣжанія вліянія величины зерна) и опредѣленный вѣсъ его (2—3 гр.) помещаютъ на часовомъ стеклѣ въ атмосферу, насыщенную водяными парами при опредѣленной (комнатной) температурѣ, а именно въ эксикаторъ, на днѣ котораго помещена вода вмѣсто сѣрной кислоты, или въ другой подходящій приборъ, при чемъ при устрой-

ствѣ прибора слѣдуетъ избѣгать жирныхъ веществъ для смазыванія при-  
шлифованныхъ краевъ, равно какъ и деревянныхъ подставокъ, такъ какъ  
при продолжительномъ дѣйствіи воздуха и воды на названныя органическія  
вещества образуются летучія жирныя кислоты, дѣйствующія на углекислыя  
и щелочныя земли и образующія очень гигроскопическія соединенія, погло-  
щающія огромное количество воды. Подобное явленіе было замѣчено *Бог-*  
*диновымъ* (1883) при опредѣленіи гигроскопичности кievской синей глины,  
очень богатой углекальціевой солью.

Послѣ суточного стоянія изслѣдуемое топливо вынимается изъ экси-  
катора, взвѣшивается между двумя стеклами, вновь помѣщается въ экси-  
каторъ, и эта операція повторяется до тѣхъ поръ, пока вѣсъ топлива не бу-  
детъ болѣе увеличенъ, что наступаетъ обыкновенно черезъ 3—4 сутокъ.  
Когда наступитъ постоянство въ вѣсѣ, тогда топливо высушиваютъ (см.  
ниже) и опредѣляютъ въ немъ процентное содержаніе воды, которое и вы-  
разить гигроскопичность топлива при температурѣ опыта. По имѣющимся  
опытамъ количество воды, поглощаемой различными видами каменнаго угля  
при лежаніи въ атмосферѣ, насыщенной водяными парами при обыкновенной  
температурѣ, колеблется между 1—12%.

**Опредѣленіе химическаго состава топлива** <sup>1)</sup>. Химическое изслѣдованіе  
топлива состоитъ въ опредѣленіи гигроскопической воды, золы, сѣры, фос-  
фора, углерода, водорода, азота и кислорода, равно какъ и количества да-  
ваемого имъ кокса.

**Опредѣленіе гигроскопической воды.** Въ большей части  
случаевъ гигроскопическую воду въ топливѣ опредѣляютъ такимъ образомъ,  
что опредѣленный вѣсъ его (1—5 гр.) нагрѣваютъ въ воздушной банѣ между  
100—110° до постоянства вѣса и по потерѣ вычисляютъ процентное содер-  
жаніе гигроскопической воды.

Температура, при которой различные изслѣдователи совѣтуютъ сушить топливо для  
опредѣленія въ немъ гигроскопической воды, весьма различна. Такъ: *Schondorff* (1875)  
сушилъ уголь при 90°; *Richardson* (1836), *Muck* (1881)—при 100°, *Fleck* (1865)—при  
105°; *Hinrichs* (1869)—при 115°; *Regnault* (1838)—при 120°.

Только что указанный способъ сушки не можетъ дать точныхъ результа-  
товъ, такъ какъ дерево, торфъ, бурый и каменный угли содержатъ, кромѣ воды,  
еще газы, и такъ какъ при нагрѣваніи ископаемыхъ видовъ топлива въ воздухѣ,  
даже при температурѣ ниже 100°, происходитъ окисленіе ихъ съ выдѣ-

<sup>1)</sup> Литература. *Regnault*. J. pr. Chem. 1838, XIII, 80.—*Hinrichs*. Z. f. analyt.  
chem. 1869, 132.—*Лисенко*. Горн. Журн. 1874, III, 204.—*Fischer*. Dingl. J. 1882, 245, 359.—  
*Чириковъ*. Изслѣдованіе каменныхъ углей и антрацитовъ Донецкаго бассейна. Харь-  
ковъ, 1882.

леніемъ углекислоты и воды, при чемъ каменный уголь перѣдко присоединяетъ къ себѣ кислородъ, и вѣсъ его во время высушиванія увеличивается, въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже очень значительно (срав. стр. 200).

Такъ, напр., по опытамъ *Гиприкса* (1869) при нагреваніи 0,693 гр. каменного угля въ видѣ порошка вѣсъ угля измѣнился слѣдующимъ образомъ:

Время нагреванія . . . . .	$\frac{2}{3}$	2	$5\frac{1}{2}$	$8\frac{3}{4}$ часовъ.
Вѣсъ угля . . . . .	0,630	0,625	0,656	0,656 грам.
Общая потеря въ вѣсѣ . . . . .	9,091	9,813	5,339	5,339 %

Такимъ образомъ потери въ вѣсѣ, получающаяся при высушиваніи топлива вышеуказаннымъ образомъ, не выражаетъ содержащаго въ немъ гигроскопической воды, и при самой сушкѣ не всегда возможно достигнуть постоянства въ вѣсѣ.

Въ виду этого для полученія сравнимыхъ между собою чиселъ, было предложено производить сушку топлива при опредѣленной температурѣ въ теченіе всегда одного и того же времени, напр. часа при  $115^{\circ}$  (*Hinrichs*, 1869), 24 часовъ при  $105^{\circ}$  (*Fleck*, 1865) или  $\frac{1}{2}$  часа при  $120^{\circ}$  (*Regnault*, 1838). Кромѣ того *Лисенко* (1874) предложилъ сушить каменный уголь при  $105^{\circ}$  до тѣхъ поръ, пока при повторенномъ взвѣшиваніи вѣсъ навѣски угля послѣ постепеннаго уменьшенія не начнетъ увеличиваться, при чемъ въ расчетъ принимается послѣдній наименьшій вѣсъ.

Очевидно, что подобные способы сушки не могутъ дать ни точныхъ, ни сравнимыхъ между собою результатовъ, такъ какъ степень окисленія различныхъ видовъ даже одного и того же рода топлива различна, или, по крайней мѣрѣ, противное не доказано.

Чтобы по возможности избѣжать окисленія топлива при удаленіи изъ него гигроскопической воды предложено—*Marsilly* (1857) для торфа, *Maumené* (1878) для дерева, *Britton* (1877) для каменного угля—производить сушку топлива при обыкновенной температурѣ подъ колоколомъ надъ сѣрною кислотой, исходя изъ того предположенія, что при указанныхъ условіяхъ возможно удалить изъ топлива всю гигроскопическую воду. Этотъ способъ опредѣленія гигроскопической воды былъ дѣйствительно въ новѣйшее время примененъ при анализахъ каменныхъ углей *Чуриковымъ* (1880), *В. Алексеевымъ* (1886), а также *Райкевичемъ* съ 1881 г., въ технической лабораторіи Университета св. Владиміра.

При опредѣленіи гигроскопической воды топлива высушиваніемъ подъ колоколомъ надъ сѣрною кислотой, помѣщаютъ опредѣленный вѣсъ измельченнаго топлива (2—3 гр.) на часовомъ стеклѣ возможно тонкимъ слоемъ и оставляютъ его подъ колоколомъ до постоянства вѣса. Это постоянство вѣса для каменныхъ углей наступаетъ обыкновенно черезъ 3—4 сутокъ, для дерева (въ видѣ опилокъ), торфа и бурого угля—всего черезъ 5—6 и

болѣе сутокъ, при чемъ, какъ я убѣдился изъ собственныхъ опытовъ, указанный способъ даетъ для гигроскопической воды меньшія числа, чѣмъ высушиваніе при 100°.

Такимъ образомъ опредѣленіе гигроскопической воды въ топливѣ высушиваніемъ надъ сѣрной кислотой требуетъ много времени и даетъ числа, которые не могутъ быть сравниваемы съ числами, полученными для гигроскопической воды топлива прежними изслѣдователями.

Въ виду всего вышесказаннаго, для техническихъ цѣлей я совѣтую опредѣлять гигроскопическую воду въ топливѣ высушиваніемъ его на часовыхъ стеклахъ при 100° въ водныхъ сушилкахъ съ постояннымъ уровнемъ, черезъ которыя во время сушки протягивается воздухъ при помощи водянаго насоса. Постоянство въ вѣсѣ наступаетъ даже для дерева и торфа послѣ 1—2 часоваго нагрѣванія.

Въ тѣхъ случаяхъ, если требуется большая точность, или если вѣсъ топлива будетъ увеличиваться во время сушки, я совѣтую производить высушиваніе въ струѣ угольной кислоты, водорода или, всего лучше, азота, пользуясь при этомъ приборомъ, предложеннымъ *Лончевскимъ-Иструнякой* (1871) и представленнымъ въ разрѣзѣ на фиг. 125, табл. XXXVI. Приборъ этотъ состоитъ изъ стеклянной трубки В, вытянутой у одного конца въ тонкую трубку *b* и помѣщенной при посредствѣ двухъ пробокъ С и D въ другую стеклянную трубку А, служащую для первой чехломъ. Черезъ одну изъ пробокъ, а именно черезъ пробку С, проходятъ двѣ согнутыя трубки. Одна изъ нихъ (*a*) служитъ для входа водянаго пара, другая (*b*)—для его выхода. Помощью пробки G въ сушильную трубку вставляется хлоркальціевая трубка, уединяющая сушильную трубку отъ атмосфернаго воздуха. Вытянутый конецъ *b* сушильной трубки соединяется съ приборомъ, доставляющимъ струю углекислоты или азота, предварительно хорошо высушенныхъ. Изслѣдуемое вещество въ видѣ мелкаго порошка отвѣшивается въ платиновой или стеклянной лодочкѣ, помѣщенной въ хорошо закупоренномъ пробирномъ цилиндрикѣ. Лодочку съ отвѣшеннымъ веществомъ (на фиг. она обозначена буквою E) помѣщаютъ въ сушильную трубку, къ которой присоединяютъ хлоркальціевую трубку, и затѣмъ пропускаютъ водяной паръ въ промежутокъ между сушильною и наружною трубками, а черезъ *b* во время всего опыта пропускаютъ сухую угольную кислоту или азотъ. Высушиваніе продолжаютъ до постоянства вѣса и изъ потери вычисляютъ процентное содержаніе гигроскопической воды. При одновременномъ опредѣленіи гигроскопической воды въ нѣсколькихъ образцахъ топлива, въ сушильную трубку можно помѣщать нѣсколько лодочекъ съ веществомъ.

При помощи того же прибора количество гигроскопической воды въ топливѣ можетъ быть опредѣлено и прямымъ путемъ, опредѣляя вѣсъ

хлоркальціевой трубки до и послѣ опыта. Разность въ вѣсѣ покажетъ намъ количество воды, удаленной изъ топлива. Для удобства работы полезно пользоваться двумя хлоркальціевыми трубками, приставляя ихъ поочередно къ сушильному прибору, что даетъ возможность, не прекращая работы, опредѣлить время прекращения потери воды топливомъ во время высушивания. Цѣлѣнно, что при прямомъ опредѣленіи гигроскопической воды указаннымъ способомъ для каждой навѣски топлива слѣдуетъ употреблять отдѣльный сушильный приборъ, но нѣсколько приборовъ могутъ быть питаемы изъ одного общаго резервуара, наполненнаго углекислотою или азотомъ.

Для устранения прикосновенія съ воздухомъ было предложено высушивать топливо въ стеклянныхъ пробирныхъ цилиндрахъ, помѣщенныхъ въ воздушную сушилку и закрытыхъ пробками, черезъ которыя проходятъ стеклянныя трубки, соединенныя съ ручнымъ насосомъ. Во время высушивания изъ цилиндриковъ выкачиваютъ воздухъ и водяные пары. Для ускоренія работы отъ времени до времени выпускаютъ въ цилиндрики черезъ край насоса воздухъ, лишенный кислорода помощью пирогалловокислаго кали, или водорода, осушенные хлористымъ кальціемъ. *Rochleder* (1855) советуетъ сушить топливо тоже въ стеклянномъ цилиндрѣ, закрытомъ пробкой, черезъ которую проходитъ двѣ стеклянныя трубки (одна короткая и другая длинная) для пропусканія черезъ цилиндръ струи высушеннаго водорода. Для поддержанія равномерной температуры во время высушивания, цилиндръ въ вертикальномъ положеніи помѣщается въ двухъ другъ въ друга вставленныхъ открытых цилиндрахъ, изъ которыхъ наружный мѣдный и наполненъ парафиномъ, а внутренний, желѣзный или стеклянный—наполненъ ртутью. Въ этотъ послѣдній цилиндръ погруженъ и термометръ (фиг. 126, табл. XXXVI). Оба послѣдніе способа мнѣ кажутся менѣ удобными, чѣмъ способъ, описанный выше.

Опредѣленіе золы <sup>1)</sup> производится нагрѣваніемъ топлива при свободномъ доступѣ воздуха до полнаго сжиганія органическаго вещества. Для этой цѣли 2—3 грамма мелко истертаго топлива, высушеннаго предварительно при 100° (при анализѣ каменныхъ и искусственныхъ углей, содержащихъ мало гигроскопической воды, предварительное высушивание излишне), помѣщаютъ въ наклонно поставленный платиновый тигель или платиновую чашку и нагрѣваютъ помощью горѣлки сначала слабо (для избѣжанія спеканія и разбрасыванія), закрывъ тигель или чашку плотно крышкой, а затѣмъ постепенно возвышаютъ температуру и, снявши крышку, прокалываютъ изслѣдуемое вещество до тѣхъ поръ, пока не будутъ сожжены всѣ органическія вещества и два послѣдовательныя взвѣшиванія не дадутъ одинъ и тотъ же вѣсъ.

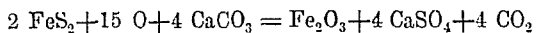
Чтобы узнать, сгорѣлъ ли весь уголь, и чтобы облегчить самое сгораніе его, *Misch* (1877) советуетъ прибавлять въ тигель нѣкоторое количество спирта и размѣшать содержимое тигля булавкою или платиновой проволокой. При этихъ условіяхъ частицы угля всплываютъ на поверхность жидкости и такимъ образомъ становятся ясно видимыми. Затѣмъ

<sup>1)</sup> *Misch*. Ueber Steinkohlenasche, hinsichtlich deren Bestimmung und der sich hierbei ergebenden Differenzen. Bochum, 1877. Извлеченіе помѣщено въ *Wagner's Jahresh.* 1877, p. 1099.

синуртъ сжигаютъ и остатокъ прокалываютъ до постоянства вѣса. По наблюденіямъ *Райкевича* (частное сообщеніе), указанный приемъ мало достигаетъ своей цѣли и, кромѣ того, по опытамъ *Fischer'a*, влечетъ за собою нѣкоторую, хотя и незначительную, потерю въ золѣ.

Сожиганіе каменнаго угля на открытомъ воздухѣ, а въ особенности въ тиглѣ, идетъ очень медленно, а сожиганіе кокса этимъ путемъ почти вовсе пелъзи довести до конца. Въ виду этого для ускоренія операціи и полученія болѣе точныхъ чиселъ сожиганіе топлива съ цѣлью опредѣлить въ немъ золу слѣдуетъ производить въ плоскихъ платиновыхъ чашечкахъ, помѣщая ихъ въ платиновый или шамотовый муфель. Такой платиновый муфель, употребляемый также для опредѣленія золы въ сахарныхъ продуктахъ, представленъ на фиг. 127, табл. XXXVI. В—платиновый муфель (длина 10—12 см., ширина 4,5 см., высота 2,5 см.), поддерживаемый въ наклонномъ положеніи двумя платиновыми проволоками, натянутыми на рамку четырехножвой подставки, и нагреваемый двумя горѣлками Бунзена. Опредѣленный вѣсъ изслѣдуемаго угля (2—3 гр.) помѣщается въ платиновой чашечкѣ, въ 4 см. діаметра, которую вставляютъ въ муфель. Полное сожиганіе органической части угля оканчивается обыкновенно послѣ 1—2 часоваго нагреванія. При одновременномъ производствѣ многихъ опредѣлений золы удобнѣе употреблять шамотовый муфель. Такой муфель (*Wiesnegg'a*) представленъ на фиг. 128, табл. XXXVII. Длина его 150 мм., ширина 100 мм., а высота 65 мм. Пятью горѣлками муфель легко нагревъ до краснаго каленія. Крышкою В закрываютъ муфель только слегка. Продукты горѣнія, проходящіе между муфелемъ и покрывающимъ его кожухомъ, отводятся черезъ трубу S. Для сбереженія мѣста полезно помѣщать навѣски топлива не въ круглыя, а въ 4-хъ-угольныя платиновыя чашечки.

Только что описанный способъ опредѣленія золы не даетъ возможности опредѣлить точно количество всѣхъ неорганическихъ веществъ, содержащихся въ топливѣ, такъ какъ нѣкоторые виды топлива содержатъ летучія неорганическія соединенія (аммиачныя соли, сѣрнистыя соединенія мышьяка), а равно и двусѣрнистое желѣзо, которое при прокалываніи превращается въ окись желѣза ( $Fe_2O_3$ ), молекулярный вѣсъ которой больше молекулярнаго вѣса двусѣрнистаго желѣза. При содержаніи въ топливѣ одновременно съ двусѣрнистымъ желѣзомъ углекальціевой соли, часть или вся сѣра двусѣрнистаго желѣза можетъ быть удержана въ золѣ въ видѣ сѣркокальціевой соли по слѣдующему уравненію:



Въ виду этого понятно, что числа, получаемыя для золы при анализѣ различныхъ углей, не могутъ быть, строго говоря, между собою сравнимы, и что нельзя получить вполне тождественныхъ чиселъ для золы, даже при анализѣ одного и того же образца угля, такъ какъ количество веществъ, вступающихъ въ реакцію, можетъ измѣняться при каждомъ отдѣльномъ опредѣленіи. Тѣмъ не менѣе, однако, разницы, получаемыя при опредѣленіи золы въ *одномъ и томъ же* образцѣ угля, не превышаютъ 0,1—0,2% и если полученные разницы превышаютъ этотъ предѣлъ, то это указываетъ или на неточность анализа, или на неоднородность изслѣдуемой пробы угля (*Muck, 1877*).

*Ближайшія составныя части золы* опредѣляютъ рѣдко; иногда, впрочемъ (при анализѣ топлива, употребляемаго въ металлургіи), опредѣляютъ въ ней фосфоръ. Для этой цѣли золу нагреваютъ продолжительное время съ крѣпкою соляною кислотою на водяной банѣ, выпариваютъ все досуха, прибавляютъ къ полученному остатку хлористоводородной кислоты, затѣмъ воды, нагреваютъ, фильтруютъ, фильтратъ выпариваютъ почти до-суха при повторенномъ прибавленіи азотной кислоты, растворяютъ остатокъ въ водѣ, подкисленной азотной кислотой, осаждаютъ молибденовою жидкостью и опредѣляютъ фосфорную кислоту въ видѣ пиррофосфорномагнезійальной соли. Полученное количество фосфорной кислоты ( $P_2O_5$ ) перечисляютъ на 100 частей золы или же на 100 частей топлива. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ перечисляютъ фосфорную кислоту на фосфоръ.

Подробное указаніе анализа золы можно найти въ сочиненіи *Fresenius's*. *Anleitung zur Quantitativen chemischen Analyse*, 6 Auflag. Braunsch., 1880—87 г.

Опредѣленіе сѣры. Сѣра, какъ было сказано выше, содержится въ ископаемомъ топливѣ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей, двусѣрнистаго желѣза, а также въ соединеніи съ органическимъ веществомъ топлива (*Bradbury*, 1878; *Drown*, 1882; *Helsh*, 1882). Въ виду этого при опредѣленіи сѣры въ топливѣ имѣютъ въ виду опредѣлить или всю сѣру, въ немъ содержащуюся, независимо отъ рода соединеній, въ которыхъ она находится, или же сѣру, содержащуюся въ топливѣ въ видѣ опредѣленнаго соединенія.

Для опредѣленія всей сѣры, содержащейся въ топливѣ, переводятъ при помощи окислительныхъ средствъ сѣрнистыя соединенія топлива въ сѣрнокислыя и образовавшуюся при этомъ сѣрную кислоту, вмѣстѣ съ паходившейся уже въ топливѣ, опредѣляютъ въ видѣ сѣрпобаріевой соли.

Всѣ способы, предложенные для опредѣленія сѣры въ органическихъ веществахъ, а также въ сѣрнистыхъ металлахъ, болѣе или менѣе пригодны для опредѣленія сѣры въ ископаемомъ топливѣ. Спеціально для этой послѣдней цѣли были предложены слѣдующіе способы.

*Lassaigne* (1843) кипятитъ изслѣдуемое топливо съ царской водкой и опредѣляетъ количество колчедана, въ немъ содержащагося, по количеству окиси желѣза, осажденной изъ раствора амміакомъ. Очевидно, что этотъ способъ не заслуживаетъ вниманія.

*Stein* (1857) кипятитъ изслѣдуемое топливо съ соляною кислотою и хлорноватокаліевою солью до полного окисленія, удаляетъ выпариваніемъ избытокъ кислоты, разводитъ водою и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Окисленіе каменнаго угля этимъ путемъ идетъ медленно, и даже послѣ двухчасоваго нагреванія и употребленія значительнаго количества хлорноватокаліевой соли и соляной кислоты мнѣ не удалось достигнуть полного окисленія 1 грам. каменнаго угля. Во всякомъ случаѣ при употребленіи этого способа нужно имѣть въ виду, чтобы передъ осажденіемъ  $H_2SO_4$  не съ  $KClO_3$  былъ бы разрушенъ  $CHN$ , такъ какъ въ противномъ случаѣ вмѣстѣ съ сѣрпобаріевою солью осядетъ нѣкоторое количество хлорноватобаріевой и каліевой солей, отмытъ которыя даже горячей водою очень трудно (*Rose*).



*Crossley* (1862) кипятитъ уголь съ азотной кислотой съ прибавленіемъ азотнокаліевои соли, полученный растворъ фильтруетъ, удаляетъ выпариваніемъ избытокъ кислоты и осаждаетъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ.

*Fleck* (1865) обливаетъ въ колбѣ изслѣдуемое топливо, измельченное въ порошокъ; растворомъ двухромовокаліевои соли и прибавляетъ къ смѣси крѣпкой азотной кислоты, нагревая смѣсь почти до кипѣнія. Прибавленіе кислоты продолжаютъ до полного окисленія топлива, жидкость фильтруютъ, осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ и промываютъ сѣрниокислымъ баріемъ слабою азотною кислотой. Этимъ путемъ не удается, однако, отдѣлить отъ сѣрнобаріевои соли всѣхъ хромовыхъ соединеній (*Carius*, 1865) и, кромѣ того, самое окисленіе каменнаго угля идетъ медленно, жидкость сильно пѣнится и замѣтить окончаніе реакціи затруднительно.

*Pearson* (1869) нагреваетъ топливо въ чашкѣ, покрытой воронкой, съ крѣпкой азотной кислотой (1,4) и прибавляетъ къ смѣси хлорноватокаліевои соли до полного окисленія угля. Полученный растворъ разбавляетъ водою, фильтруетъ, осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ и промываетъ осадокъ уксусноамміачной солью. Окисленіе топлива идетъ спокойно и довольно быстро: для окисленія 1 грамма бураго угля требуется  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  час., для окисленія 1 грамма каменнаго угля—отъ одного до двухъ часовъ. Тѣмъ не менѣе и этотъ способъ, какъ и всѣ другіе, въ которыхъ для окисленія топлива употребляется азотная кислота или азотнокислыя соли, представляетъ то неудобство, что при осажденіи изъ раствора сѣрної кислоты хлористымъ баріемъ въ присутствіи азотной кислоты или азотнокислыхъ солей вмѣстѣ съ сѣрнобаріевою солью осаждается нѣкоторое количество азотнобаріевои соли, отмытъ которую вполне отъ сѣрнобаріевои соли очень трудно, если не невозможно, даже горячей водою. Для полученія поэтому точныхъ результатовъ, необходимо осадокъ сѣрнобаріевои соли послѣ перваго прокаливанія обработать углекислорою солью, затѣмъ прокалить, обработать соляною кислотой, выщелочить водою, высушить и въ третій разъ прокалить (*Rose, Traité de chim. analyt.*, p. 619), что, какъ легко понять, очень хлопотливо.

*Calvert* (1872) кипятитъ уголь съ царской водкой. *Bradbury* (1878) для опредѣленія сѣры въ коксѣ совѣтуетъ кипятить мелкій порошокъ изслѣдуемаго вещества съ царской водкой и хлорноватокаліевою солью.

*Лубинъ* окисляетъ нелетучія органическія вещества, содержащія сѣру, ѣдкимъ кали и селитрой. Въ объемистой серебряной чашкѣ расплавляютъ смѣсь изъ 7 частей ѣдкаго кали и 1 части азотнокаліевои соли съ прибавленіемъ нѣсколькихъ капель воды и постепенно бросаютъ измельченное вещество въ чашку при постоянномъ перемѣшиваніи массы серебряною лопаткою. Полученный сплавъ, послѣ полного окисленія вещества, охлаждаютъ, растворяютъ въ водѣ, пересыщаютъ соляною кислотой и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Этотъ способъ вполне пригоденъ и для опредѣленія сѣры въ топливѣ, но реакція сопровождается всплываніемъ, и, кромѣ того, въ растворъ всегда переходитъ нѣкоторое количество серебра <sup>1)</sup>, которое должно быть удалено изъ раствора передъ прибавленіемъ хлористаго барія. Замѣчу еще, что присутствіе азотнокислыхъ солей въ растворѣ затрудняетъ точное опредѣленіе въ немъ сѣрної кислоты, на что указано было выше.

Окисленіе топлива съ цѣлью опредѣленія въ немъ сѣры можетъ быть произведено, нагревая его со смѣсью изъ 1 части азотнокаліевои соли и 7—8 частей углекаліевои

<sup>1)</sup> Частное сообщеніе *В. О. Райковича*, химика кiev. отд. русск. техн. общества.

соли въ фарфоровомъ или, лучше, платиновомъ тиглѣ, который, однако, нѣсколько разъдается азотнокислою щелочью. Для умѣренія реакціи *Crossley* (1862) совѣтуетъ прибавлять къ смѣси поваренную соль, а именно нагрѣвать 1 грам. угля со смѣсью изъ 16 грам. хлористаго натрія, 8 грам. азотнокалиевой соли и 4 грам. углекалиевой соли, а *Dunnigton* (1876) сплавляетъ въ закрытомъ платиновомъ тиглѣ уголь съ 15 частями предварительно сплавленной и измельченной смѣси изъ 202 частей азотнокалиевой соли, 53 частей углекалиевой соли и 15 частей угдемагніевой соли. Окисленіе по обоимъ способамъ идетъ хорошо, но они требуютъ большихъ тиглей въ виду большого объема смѣси, въ особенности при употребленіи наѣсоокъ топлива больше одного грамма. Кроме того этимъ двумъ послѣднимъ способамъ присущъ недостатокъ, общій всѣмъ способамъ, употребляющимся для окисленія топлива азотнокислыми соли.

Въ виду этого *Eschka*, *Stock* и *Atkinson* предлагаютъ способы, въ которыхъ окисленіе топлива производится кислородомъ воздуха въ присутствіи щелочей.

*Eschka* (1874) нагрѣваетъ 1 гр. изслѣдуемаго топлива съ 1 гр. окиси магнія и 0,5 гр. углекалиевой соли въ открытомъ платиновомъ тиглѣ при постоянномъ помѣшиваніи дополнительнаго сжиганія угля, пережбиваетъ полученную массу съ 1 гр. азотноамміачной соли, прокаливаетъ смѣсь въ закрытомъ тиглѣ въ теченіе 5—10 минутъ, растворяетъ въ 200 к. с. воды, сгущаетъ растворъ до 150 к. с., фильтруетъ, подкисляетъ соляною кислотою и осаждаетъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. *Fresenius* (1878) совѣтуетъ окислить массу послѣ перваго прокалыванія не при помощи азотноамміачной соли, а растворомъ брома въ соляной кислотѣ.

*Post* (Chemisch-technische Analyse. Braunsch. 1881, стр. 21) предлагаетъ слѣдующее измѣненіе способа *Эшка*. Массу, полученную послѣ прокалыванія угля со смѣсью окиси магнія и угленатріевой соли, обливаютъ горячей водою, прибавляютъ къ смѣси брома до желтаго оттѣнка, кипятятъ, фильтруютъ и промываютъ горячею водою. Фильтратъ подкисляютъ соляной кислотою, нагрѣваютъ до удаленія брома и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Если уголь не вполне сгорѣлъ, остатокъ на фильтрѣ сушатъ, прокалываютъ и обрабатываютъ вторично вышеуказаннымъ образомъ. Способъ *Эшка-Поста* едва ли удобнѣе и точнѣе способа *Эшка-Фрезениуса*. Окисленіе топлива по способу *Эшка* идетъ вполне удовлетворительно и не сопровождается разрушеніемъ тигля, такъ какъ смѣсь не содержитъ азотнокислыхъ солей; по той же причинѣ изъ полученнаго раствора осаждается сѣрнобаріевая соль въ чистомъ видѣ и легко можетъ быть промыта.

*Stock* (1874) смѣшиваетъ уголь съ равнымъ вѣсомъ гидрата окиси кальція, сушитъ, нагрѣваетъ затѣмъ до краснаго каленія до полнаго сгоранія топлива при постоянномъ помѣшиваніи. Затѣмъ къ прокаленной смѣси прибавляетъ азотноамміачной соли и воды, сушитъ, прокаливаетъ, растворяетъ въ соляной кислотѣ и осаждаютъ изъ раствора сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Способъ этотъ едва ли удобнѣе способа *Эшка*.

*Fahlberg* и *Jes* (1878) для опредѣленія сѣры въ летучихъ органическихъ веществахъ нагрѣваютъ 0,1—0,5 грам. названныхъ веществъ съ 25—50 грам. ѣдкаго кали въ серебряномъ тиглѣ до тѣхъ поръ, пока прекратится выдѣленіе газовъ и не исчезнетъ уголь. Послѣ охлажденія, сплавъ растворяется въ водѣ, образуя безцвѣтный растворъ, къ которому прибавляютъ 75—100 к. с. бромной воды, при чемъ образовавшаяся сѣрнисто-кислая соль превращается въ сѣрниокислую. Растворъ пересыщаютъ соляною кислотою, нагрѣваніемъ удаляютъ изъ него свободный бромъ и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. При помощи этого же способа можно опредѣлить сѣру въ сѣринистыхъ металлахъ, нагрѣвая ихъ съ такимъ количествомъ ѣдкаго кали, чтобы на 0,1 гр. сѣры приходилось бы не менѣе 25 грам. КНО. Примѣненіе этого способа для опредѣленія сѣры въ камен-

помъ углѣ неудобно, такъ какъ окисленіе каменнаго угля едва ли можетъ быть доведено до конца и во всякомъ случаѣ требуетъ очень большаго количества ѣдкаго кали.

*Atkinson* (1886) сѣдѣннваетъ 1 гр. высушеннаго при 100° топлива съ 5 гр. хорошо высушенной безводной угленатріевой соли въ платиновой чашкѣ и помещаетъ смѣсь въ муфель, черезъ который пропускаютъ токъ воздуха. Муфель постепенно въ теченіе получаса доводитъ до температуры краснаго каленія и поддерживаютъ эту температуру въ теченіе 10—15 минутъ. Спеканія или плавленія угленатріевой соли сѣдѣуетъ избѣгать. Послѣ указаннаго времени уголь и сѣра вполне окислены. Массу нагреваютъ съ 120—150 к. с. воды, даютъ отстояться нерастворимымъ веществамъ, свѣтлый растворъ пропускаютъ черезъ фильтръ, нерастворимый остатокъ два раза промываютъ декантацией горячею водою, къ которой прибавляютъ нѣсколько капель раствора поваренной соли, чтобы воспрепятствовать мелкимъ частицамъ золи проходить сквозь фильтръ, затѣмъ все собираютъ на фильтръ, промываютъ водою, содержащей поваренную соль, и въ полученномъ растворѣ осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ.

Изъ многочисленныхъ способовъ, предложенныхъ для опредѣленія всей сѣры въ топливѣ, пригодны для названной цѣли только тѣ, при которыхъ происходитъ полное окисленіе органической части топлива, такъ какъ только при этомъ условіи сѣра, содержащаяся въ топливѣ въ соединеніи съ углеродомъ, можетъ быть превращена въ сѣрную кислоту (*Bradbury*, 1878). Изъ способовъ же, удовлетворяющихъ этому условію, всего болѣе пригодны тѣ, при которыхъ окисленіе топлива происходитъ скоро и спокойно и въ результатѣ получается растворъ, изъ котораго хлористый барій осаждаютъ сѣрнобаріевую соль безъ примѣси другихъ солей, отдѣленіе которыхъ отъ сѣрнобаріевой соли было бы затруднительно, какъ это имѣетъ мѣсто при осажденіи хлористымъ баріемъ сѣрной кислоты изъ растворовъ, содержащихъ азотную кислоту или ея соли. Кромѣ того желательна, чтобы для окисленія топлива служилъ такой реактивъ, который встрѣчается въ продажѣ въ вполне чистомъ видѣ и безъ содержанія сѣрной кислоты, или, по крайней мѣрѣ, такой, который не легко измѣняется при сохраненіи (вслѣдствіе гигроскопичности, притягиванія углекислоты и т. д.), такъ что, опредѣливъ въ немъ разъ содержаніе сѣрной кислоты, это опредѣленіе не приходилось бы повторять. Всѣмъ указаннымъ условіямъ всего болѣе удовлетворяетъ способъ *Эшка* (1874), а потому онъ всего болѣе пригоденъ для опредѣленія всей сѣры въ топливѣ.

Способъ *Эшка* для опредѣленія всей сѣры въ каменномъ углѣ рекомендуется *Fresenius*'омъ, *Миск*'омъ (1881) и *В. Алексеевымъ* (1886).

Опредѣленіе сѣры по способу *Эшка*, видоизмѣненному *Фрезеніусомъ*, состоитъ въ слѣдующемъ.

1 граммъ топлива, *возможности* мелко истертаго, перемѣшиваютъ въ платиновомъ тиглѣ съ 1½ частями смѣси изъ 2 частей *хорошо обожженной* магнезій и 1 части *обезвоженной* угленатріевой соли и нагреваютъ смѣсь въ открытомъ наклонно-поставленномъ тиглѣ такимъ образомъ, чтобы

только нижняя половина этого послѣдняго была бы нагрѣта до краснаго каленія. Чтобы содѣйствовать болѣе скорому сгоранію угля, смѣсь во время нагрѣванія перемѣшиваютъ каждыя 5 минутъ. Нагрѣваніе продолжаютъ до полного сгоранія угля, что узнаютъ по переходу цвѣта смѣси изъ сѣраго въ желтоватый или бурый. Этотъ моментъ полного сгоранія угля наступаетъ обыкновенно послѣ  $\frac{3}{4}$ —1 часа нагрѣванія <sup>1)</sup>. Послѣ сжиганія угля тигель охлаждають и содержимое его растворяютъ въ соляной кислотѣ, въ которой растворенъ бромъ, при чемъ низшія окислы сѣры переходятъ въ сѣрную кислоту. Полученный растворъ нагрѣвають до удаленія брома, выпариваютъ до суха, смачиваютъ крѣпкою соляной кислотой, вновь выпариваютъ (для удаленія кремневой кислоты), остатки растворяютъ въ водѣ, фильтруютъ и въ полученномъ растворѣ опредѣляютъ сѣрную кислоту въ видѣ сѣрнокислаго барія, по общему способу. По полученному вѣсу сѣрнокислаго барія вычисляютъ процентное содержаніе сѣры въ изслѣдуемомъ углѣ.

Если при раствореніи массы, полученной послѣ прокалыванія угля со смѣсью изъ окиси магнія и угленатріевой соли, окажутся частицы несгорѣвшаго угля, то частицы эти слѣдуетъ собрать на фильтръ и вновь прокалить со смѣсью изъ окиси магнія и угленатріевой соли. При содержаніи сѣры въ свѣтильномъ газѣ, нагрѣваніе платиноваго тигля при опредѣленіи сѣры по способу *Эшка* слѣдуетъ производить на спиртовой лампѣ.

Для полученія точныхъ результатовъ по способу *Эшка Фрезениуса*, необходимо употреблять реактивы, не содержащіе сѣры, въ противномъ случаѣ сѣрная кислота должна быть въ нихъ опредѣлена предварительно и принята въ расчетъ при вычисленіи результата опыта. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ всего удобнѣе приготовить себѣ заразъ значительное количество смѣси изъ 2 частей окиси магнія и 1 части угленатріевой соли и сохранять эту смѣсь въ склянкѣ, закрытой пробкой, въ которую вставлена трубка, наполненная натристой известью и хлористымъ кальціемъ.

*Опредѣленіе сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ сернистыхъ металловъ и сернистыхъ органическихъ соединений*, или такъ называемой *вредной сѣры*, производятъ или косвенно, опредѣляя въ топливѣ содержаніе сѣры въ видѣ сульфатовъ и вычитая это количество сѣры изъ общаго количества сѣры, содержащейся въ топливѣ, или непосредственно, сжигая топливо въ струѣ кислорода и опредѣляя количество образующейся при этомъ сѣристой кислоты.

<sup>1)</sup> При опредѣленіи сѣры въ каменныхъ угляхъ, изслѣдованныхъ въ технической лабораторіи Университета св. Владимира, нагрѣваніе производилось 1—1 $\frac{1}{4}$  часа. При этомъ условіи при раствореніи смѣси въ СНН или вовсе не получалось несгорѣвшаго угля, или вѣсъ его не превышалъ десятой доли миллиграмма.

При опредѣленіи сѣры косвеннымъ путемъ пользуются способомъ *Кальверта* (Calvert, 1871), состоящимъ въ томъ, что навѣску мелко истертаго минеральнаго топлива кипятятъ въ теченіе 20 часовъ съ водою, въ которой растворена угленатріевая соль въ количествѣ, равномъ вѣсу топлива. Этимъ путемъ изъ топлива извлекается гипсъ, равно какъ и сѣрнистый кальцій (при анализѣ кокса), между тѣмъ какъ двусѣрное желѣзо остается неизмѣненнымъ. Послѣ кипяченія фильтруютъ, окисляютъ, если нужно, сѣрнистыя соединенія азотной кислотой и опредѣляютъ въ фильтратѣ сѣрную кислоту обыкновеннымъ способомъ, осаждавъ ее хлористымъ баріемъ. Общее количество сѣры въ углѣ можно опредѣлить по способу *Эшка* и на основаніи полученныхъ чиселъ вычислить процентное содержаніе сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей и въ видѣ сѣрнистыхъ соединеній (вредная сѣра). Способъ *Кальверта* хлопотливъ и едва ли точенъ.

Болѣе точные результаты даютъ *способы непосредственнаго опредѣленія вредной сѣры* въ топливѣ.

Способы этого рода предложили: *Warren* (1866), *Brügelmann* (1876), *Mixter* (1872) и *Sauer* (1873).

Изъ этихъ способовъ самый удобный способъ *Зауэра*, при которомъ изслѣдуемое вещество сжигается въ струѣ кислорода и образующаяся при этомъ сѣрнистая кислота улавливается соляной кислотой, содержащей бромъ. При этихъ условіяхъ сѣрнистая кислота окисляется въ сѣрную, которую опредѣляютъ обыкновеннымъ способомъ, осаждавъ хлористымъ баріемъ. Бромъ, какъ и соляная кислота, служащіе для поглощенія сѣрнистой кислоты, не должны содержать сѣрной кислоты, что понятно само собою.

Самое сжиганіе топлива производить различно, смотря по роду топлива.

При опредѣленіи вредной сѣры въ коксѣ и вообще въ искусственныхъ угляхъ, дающихъ мало продуктовъ сухой перегонки, навѣску въ платиновой или фарфоровой лодочкѣ *d* (фиг. 129, табл. XXXVII) вставляютъ въ стеклянную трубку (длиною 60—80 см.), помещенную въ печь для органическаго анализа. Одинъ конецъ трубки оттянуть и соединенъ съ поглотительной трубкой *c*, содержащей соляную кислоту и бромъ. Черезъ другой конецъ трубки пропускаютъ очищенный кислородъ и нагреваютъ лодочку до краснаго каленія. Для устраненія зловонія полезно присоединять къ поглотительной трубкѣ трубку съ гашеною известью для улавливанія паровъ брома, уносимыхъ струею кислорода. Когда органическая часть топлива сгорѣла, перегоняютъ жидкость, скопившуюся въ передней части сжигающей трубки въ поглотительную и вытѣсняютъ продукты горѣнія струею кислорода или воздуха. Такъ какъ въ передней части трубки осаждается иногда нѣкоторое количество ангидрида сѣрной кислоты, то полезно трубку, служившую для сжиганія, промыть послѣ опыта водою и промывными воды

прибавить къ содержимому трубки *c*. Изъ полученнаго раствора соляной кислоты удаляютъ бромъ и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Въ золь, оставшейся въ лодочкѣ, можно опредѣлить сѣрную кислоту, сохранившуюся въ топливѣ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей. Для этой цѣли золу обрабатываютъ соляною кислотою или непосредственно, или же послѣ предварительнаго сплавленія съ угленатро-каліевою солью, если зола содержитъ много окиси желѣза. Изъ полученнаго раствора осаждаютъ затѣмъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ.

При опредѣленіи вредной сѣры въ минеральномъ топливѣ, дающемъ при нагрѣваніи продукты сухой перегонки (торфъ, бурый уголь, каменный уголь), *Зауэръ* употребляетъ болѣе сложный аппаратъ, представленный на фиг. 130, табл. XXXVII. Трубка для сожиганія, длиною въ 85 см., отгнута и сужена по срединѣ до 5—6 мм. Изслѣдуемое вещество находится въ фарфоровой или платиновой лодочкѣ *d*; трубка для сожиганія помещена въ печь для органическаго анализа; трубка *x*, приводящая кислородъ въ трубку для сожженія, укрѣплена внѣ печи и конецъ ея нѣсколько расширенъ при *b*; каучуковая трубка *z* можетъ быть соединена, смотря по необходимости, съ газометромъ, наполненнымъ кислородомъ или воздухомъ. Трубка для поглощенія *y* наполнена соляною кислотою, содержащей бромъ, и соединена однимъ концомъ съ трубкой для сожиганія, а другимъ—съ трубкой, наполненной гашеною известью, для улавливанія брома. Промежутокъ между лодочкою и *b* полезно наполнить, хотя отчасти, прокаленнымъ азбестомъ. Послѣ того какъ приборъ составленъ, нагрѣваютъ суженное мѣсто трубки для сожиганія до краснаго каленія, пропускаютъ слабый токъ кислорода черезъ трубку *x*, а черезъ трубку *z*—слабый токъ воздуха и затѣмъ постепенно нагрѣваютъ вещество. Выдѣляющіеся изъ вещества пары и газы приходятъ въ соприкосновеніе съ кислородомъ въ суженной и нагрѣтой части трубки, вслѣдствіе чего они воспламеняются, и тогда усиливаютъ притокъ кислорода. Коль скоро выдѣленіе газовъ изъ вещества прекратится и вся трубка будетъ нагрѣта, тогда усиливаютъ еще нѣсколько притокъ кислорода черезъ трубку *x*, а затѣмъ, когда горѣніе при *b* не будетъ болѣе замѣтно, пропускаютъ черезъ *z* вмѣсто воздуха кислородъ для полнаго сожженія угля въ лодочкѣ, равно какъ и для сожженія веществъ, осѣвшихъ въ трубкѣ между *a* и *b*.

Только-что описанный способъ *Зауэра* для опредѣленія вредной сѣры въ топливѣ, дающемъ при нагрѣваніи продукты сухой перегонки, исполнѣнъ удовлетворителенъ, но самый приборъ нѣсколько сложенъ. Въ виду этого *Фишеръ* предлагаетъ употреблять для опредѣленія вредной сѣры въ каменномъ углѣ и т. д. такую же трубку, какъ и при опредѣленіи вредной сѣры въ коксѣ, помещая въ переднюю часть ея слой, въ 8 см. длины, азбеста, къ которому прибавлено нѣкоторое количество губчатой платины. Для

той же цѣли *Цирриковъ* (1882) предлагаетъ помѣщать за и передъ лодочкою по одному пыжу изъ платиновой сѣтки. Въ томъ и другомъ случаѣ можно достигнуть полнаго сжиганія топлива и воспрепятствовать переходу продуктовъ сухой перегонки въ поглотительную трубку.

Для поглощенія сѣрной кислоты при опредѣленіи сѣры по способу *Зауэра Лисенко* (1879) употребляетъ большой калиаппаратъ, вмѣщающій 200 к. с. воды и 20 к. с. соляной кислоты (какой крѣпости?) и нѣсколько капель брома. Чтобы быть увѣреннымъ, что употребляемый бромъ не содержитъ сѣрной кислоты, Лисенко совѣтуетъ насыщать слабую соляную кислоту бромомъ въ самомъ калиаппаратѣ слѣдующимъ образомъ: Калиаппаратъ съ соляною кислотою соединяется однимъ концомъ посредствомъ трубки и пробки (безъ каучука) съ колѣнчатой трубкой, содержащей нѣсколько капель брома; съ другимъ концомъ калиаппарата соединенъ аспираторъ; трубку съ бромомъ помѣщаютъ въ воду, нагрѣтую до 30°. Выпускная вода изъ аспиратора, заставляя бромъ вмѣстѣ съ воздухомъ проходить черезъ кислоту, которую онъ и поглощается.

Для опредѣленія вредной сѣры въ топливѣ можетъ служить также способъ *Rollet* (1879), предложенный имъ главнымъ образомъ для опредѣленія сѣры въ материалахъ и продуктахъ чугунаго и желѣзнаго производства, а между прочимъ и въ коксѣ. Способъ *Rollet* основанъ на предварительномъ превращеніи сѣры сѣрнистыхъ соединений топлива въ сѣрнистый водородъ и на улавливаніи этого послѣдняго растворомъ азотно-серебряной соли. Превращеніе сѣры въ сѣрнистый водородъ производится нагрѣваніемъ до краснаго каленія мелкоизмельченнаго вещества (0,5 гр. кокса) въ платиновой или фарфоровой лодочкѣ, помѣщенной въ фарфоровую трубкѣ, черезъ которую пропускаютъ струю изъ смѣси 1 об.  $\text{CO}_2$  и 3 об.  $\text{H}_2$ . Получающіеся при этомъ продукты горѣнія пропускаютъ черезъ растворъ азотно-серебряной соли, слабо подкисленный азотною кислотой. Когда весь уголь сгорѣлъ, отфильтровываютъ сѣрнистое серебро и по вѣсу его опредѣляютъ содержаніе вредной сѣры въ топливѣ. По даннымъ *Rollet*, способъ этотъ даетъ очень точные результаты, но онъ нѣсколько сложенъ и для опредѣленія сѣры въ каменныхъ угляхъ и вообще топливѣ, дающемъ продукты сухой перегонки, до сихъ поръ, на сколько мнѣ извѣстно, не примѣнялся.

Для опредѣленія сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ органическихъ сѣрнистыхъ соединений, *Друнь* (*Drown*, 1881) предложилъ способъ для совместнаго опредѣленія сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ неорганическихъ сѣрнистыхъ и сѣрнокислыхъ соединений. Зная это совместное количество сѣры и общее количество сѣры въ топливѣ, можно изъ разности опредѣлить количество сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ сѣрнистыхъ органическихъ соединений. Для совместнаго опредѣленія сѣры въ видѣ сѣрнокислыхъ и сѣрнистыхъ неорганическихъ соединений, *Друнь* окисляетъ эти послѣднія растворомъ брома въ ѣдкомъ кали, который не окисляетъ сѣры органическихъ сѣрнистыхъ соединений. Растворъ брома, служащій для названной цѣли, готовятъ, насыщая бромомъ растворъ ѣдкаго кали удѣльнаго вѣса 1,25 и прибавляя затѣмъ къ смѣси такое количество

ѣдкаго кали, чтобы растворъ не содержалъ свободнаго брома. При производствѣ опыта навѣску (1 гр.) тонкоизмельченнаго топлива смачиваютъ приблизительно 10 к. с. указанного выше раствора, нагреваютъ, подкисляютъ соляною кислотою, еще два раза (черезъ каждыя 10 минутъ) прибавляютъ по 20 к. с. раствора брома, поддерживая нагреваніе и подкисляя соляною кислотою послѣ cadaго прибавленія бромной жидкости. Затѣмъ выпариваютъ до-суха, нагреваютъ для отдѣленія кремневой кислоты до  $110\text{--}115^\circ$ , смачиваютъ соляною кислотою, разводятъ водою, фильтруютъ и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ.

Отдѣльное опредѣленіе сѣры, содержащейся въ топливѣ въ видѣ сѣрнистыхъ органическихъ соединений, представляетъ пока болѣе теоретической, чѣмъ практической интересъ, а потому опредѣленіе это обыкновенно не производятъ при техническомъ опредѣленіи достоинства топлива, и это тѣмъ болѣе, что способъ *Друна* не былъ еще изобрѣтенъ.

Опредѣленіе азота. Для опредѣленія азота въ топливѣ могутъ служить всѣ тѣ же способы, которые были предложены для опредѣленія азота въ органическихъ веществахъ вообще, но всего болѣе пригодны для названной цѣли различныя видоизмѣненія способа *Варрентранпа* и *Виля*<sup>1)</sup> и способъ *Кельдала* (*Kjeldhal*, 1883), измѣненный *Вильфартомъ* (1885) и примѣненный къ анализу топлива *Шмитцемъ* (1886). Этотъ способъ, рекомендуемый также *В. Алексѣевымъ* (1886), я опишу здѣсь подробно, какъ самый удобный для опредѣленія азота въ топливѣ.

Способъ *Кельдала* и всѣ его видоизмѣненія состоятъ въ томъ, что испытуемое вещество кипятятъ съ сѣрною кислотою, при чемъ азотъ переходитъ въ сѣрноаммоніевую соль, а углеродъ и водородъ окисляются въ углекислоту и воду. Полученный растворъ пересыщаютъ ѣдкимъ кали или натромъ и отгоняютъ амміакъ, улавливая его въ кислотѣ.

*Kjeldahl* (1883) кипятитъ изслѣдуемое вещество съ сѣрною кислотою, къ которой для ускоренія реакціи онъ прибавляетъ нѣкоторое количество ангидрида фосфорной кислоты и дымящейся сѣрной кислоты и оканчиваетъ окисленіе марганцовокислымъ калиемъ. Нагреваніе съ кислотою и отгонку амміака онъ ведетъ въ обыкновенныхъ колбахъ, прибавляя къ перегоняемой жидкости нѣкоторое количество металлическаго цинка для устраненія толчковъ при кипѣніи.

*Heffter, Höllrung* и *Morgen* (1884) въ лаборат. Маерскер'а подробно изслѣдовали этотъ способъ и признали его вполне пригоднымъ для опредѣленія азота во всѣхъ сельскохозяйственныхъ продуктахъ, при чемъ авторы подробно описали самый способъ, равно какъ и приборы и приспособленія для одновременнаго быстрого производства большаго числа анализовъ.

<sup>1)</sup> Желаящіе ближе познакомиться съ способомъ опредѣленія азота *Варрентранпа* и *Виля* найдутъ все необходимое въ аналитической химіи *Фрезениуса*; я замѣчу только, что при этомъ способѣ, согласно предложенію *Thibault* (1873), вмѣсто стеклянной трубки для нагреванія изслѣдуемаго вещества съ натристой известью можно употреблять желѣзную трубку, открытую съ обѣихъ концовъ, пропуская черезъ нее во время опыта струю водорода (*Wagner*, 1883) или свѣтильнаго газа (*Loges*, 1884), очищеннаго отъ амміака.



*Brunnemann* и *Seyfert* (1884) производятъ нагреваніе изслѣдуемаго вещества въ колбахъ съ круглымъ дномъ, такъ какъ колбы эти дольше выдерживаютъ нагреваніе, чѣмъ колбы съ плоскимъ дномъ.

*Wilfarth* (1885) для ускоренія окисленія изслѣдуемаго вещества предложилъ прибавлять къ смѣси кислотъ небольшое количество окисловъ металловъ, а именно окиси мѣди или окиси ртути. При этихъ условіяхъ окисленіе оканчивается скоро и при употребленіи одной крѣпкой сѣрной кислоты безъ прибавленія къ ней ангидрида фосфорной кислоты или дымящейся сѣрной и безъ послѣдующаго затѣмъ окисленія марганцовокальевой солью. При употребленіи окиси ртути, всего сильнѣе дѣйствующей, образуется меркураммоніевое соединеніе, вслѣдствіе чего отгонка амміака затрудняется. Для устраненія этого недостатка изъ кислой жидкости осаждаютъ ртуть, прибавляя къ ней сѣрнистаго кали; образующійся при этомъ осадокъ сѣрнистой ртути облегчаетъ кипѣніе жидкости, и отгонка амміака можетъ быть произведена безъ или только съ небольшимъ количествомъ цинка. По мнѣнію автора, при употребленіи окиси ртути реакція идетъ всего успѣшнѣе и получаютъ самыя точныя результаты.

*Maercker* (1885) совѣтуетъ производить нагреваніе изслѣдуемаго вещества съ сѣрною кислотою, а также отгонку амміака, въ металлической банѣ, употребляя для бани сплавъ изъ равныхъ частей олова, свинца и висмута. Употребленіе окиси мѣди для ускоренія окисленія онъ считаетъ очень полезнымъ. Трубка либиховскаго холодильника при отгонкѣ амміака должна быть изъ тугоплавкаго богемскаго стекла, такъ какъ натріевое стекло отдаетъ свою щелочь перегоняемымъ парамъ воды, чѣмъ уменьшается точность результата.

*Reitmair* и *Stutzer* (1885) не совѣтуютъ употреблять для ускоренія окисленія дымящуюся сѣрную кислоту, такъ какъ она часто содержитъ соединенія азота, а совѣтуютъ употреблять способъ *Wilfarth*'а (нагреваніе вещества съ крѣпкою сѣрною кислотою съ прибавленіемъ окиси ртути). Во время нагреванія съ кислотами колбы должны стоять наклонно и ихъ полезно закрывать стеклянными шарами; нагреваніе лучше производить на сѣткѣ, чѣмъ въ песчаной банѣ. При отгонкѣ амміака въ присутствіи цинка нерѣдко увлекается нѣкоторое количество жидкой щелочи. Для устраненія этого неудобства авторы предлагаютъ соединять колбу съ холодильникомъ при помощи изогнутой трубки, снабженной шаромъ (см. ниже); холодильникомъ можетъ служить прямая стеклянная трубка, не охлаждаемая водою.

*Grete* и *Bosshard* (1885) также замѣтили увлеченіе жидкой щелочи при отгонкѣ амміака и нашли, что она не предупреждается употребленіемъ трубокъ съ стеклянными шарами, наполненными биссеромъ, если выдѣленіе водорода происходитъ слишкомъ сильно.

*Pfeiffer* и *Lehmann* (1885), равно какъ и *Armsby* и *Short* (1886) предлагаютъ довольно сложныя приспособленія, чтобы устранить увлеченіе жидкой щелочи при отгонкѣ амміака. Приспособленія эти едва ли болѣе дѣйствительны, но, во всякомъ случаѣ, менѣе удобны, чѣмъ трубка *Reitmair*'а и *Stutzer*'а, которая, по частному заявленію *Райкевича*, предупреждаетъ увлеченіе жидкой щелочи.

*Kreusler* (1885) предлагаетъ приборъ для нагреванія значительнаго числа колбъ заразъ при обработкѣ изслѣдуемаго вещества сѣрною кислотою.

*Ulsh* (1886—87) совѣтуетъ измѣнить способъ *Kjeldahl*'я слѣдующимъ образомъ: 1 гр. вещества обливаютъ 20 к. с. кислотной смѣси (200 гр.  $P_2O_5$  въ 1 литрѣ крѣпкой сѣрной кислоты), прибавляютъ затѣмъ 0,05 гр. окиси мѣди и 5 капель раствора треххлористой платины, который содержитъ 0,04 гр. Pt. въ 1 к. с. Смѣсь нагреваютъ и поступаютъ далѣе, какъ обыкновенно. Окисленіе полное и имѣть необходимости прибѣгать къ марганцовоокислому кали.

*Schmitz* (1886) применилъ способ *Kjeldahl-Wilfarth*'а для опредѣленія азота въ каменномъ углѣ и коксѣ.

Вотъ подробности способа *Кельдала-Вильфарта*, какъ его употребляютъ при анализѣ топлива.

0,8—1,0 грам. каменнаго угля (0,5—0,7 гр. кокса), очень мелко истертаго, помѣщаютъ вмѣстѣ съ 1 грам. окиси ртути (приготовленной мокрымъ путемъ) и 20 к. с. крѣпкой сѣрной кислоты въ стеклянную колбу (емкостью  $\frac{1}{4}$  литра) съ круглымъ дномъ и все кипятятъ около 2-хъ—3-хъ часовъ до тѣхъ поръ, пока жидкость вполне обезцвѣтится. Колбу во время кипяченія помѣщаютъ наклонно и нагреваніе ведутъ на металлической сѣткѣ подъ хорошей тягой. Чтобы уменьшить улетучиваніе сѣрной кислоты полезно прикрывать колбу стекляннымъ шаромъ, къ которому припална стеклянная палочка (фиг. 131, табл. XXXVII). Когда жидкость обезцвѣтилась, ее охлаждаютъ и осторожно переливаютъ въ другую колбу (емкостью около  $\frac{3}{4}$  литра), содержащую воду и охлаждаемую снаружи водою. Затѣмъ прибавляютъ 120—140 к. с. чистаго натроваго щелока въ 30—32° Бомэ (1,257—1,279; 18—20% NaHO) и 35 к. с. раствора сѣрнистаго натрія (содержащаго 42 гр. Na<sub>2</sub>S въ литрѣ) для разложенія меркураммоніевыхъ соединеній, кладутъ кусочекъ цинка (чтобы жидкость хорошо кипѣла), закрываютъ горло колбы пробкой, черезъ которую проходитъ одинъ конецъ трубки либиховскаго холодильника; другой конецъ этой трубки загнуть внизъ и погруженъ въ колбу, содержащую или разбавленную соляную кислоту, или же отгѣренный объемъ (30 к. с. при углѣ, 20 к. с. при коксѣ) сѣрной кислоты опредѣленнаго титра (въ  $\frac{1}{20}$  нормальнаго). Трубка холодильника Либиха должна быть сдѣлана изъ богемскаго стекла, такъ какъ другіе сорта стекла отдають свою щелочь при пропусканіи черезъ нихъ водянаго пара и тѣмъ дѣлають опытъ неточнымъ. Такъ какъ при сколько нибудь сильномъ выдѣленіи водорода перегоняемая жидкость можетъ увлекать съ собою ѣдкій натръ, то для предупрежденія указаннаго увлеченія полезно соединять колбу съ холодильникомъ не непосредственно, а при помощи согнутой трубки, снабженной шаромъ *a*, въ который впаина трубка *b*, нижній конецъ которой нѣсколько оттогнуть въ сторону (фиг. 132, табл. XXXVII). Это приспособленіе вполне гарантируетъ перебрасываніе ѣдкаго натра. Отгонку амміака продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока перегонъ не будетъ болѣе показывать щелочной реакціи. Наступленіе этого момента обыкновенно предвѣщается тѣмъ, что кипѣніе жидкости начинается сопровождаться толчками. Когда весь амміакъ отогнанъ, приступаютъ къ опредѣленію количества его, уловленнаго кислотой, помѣщенной въ пріемникѣ. Если для улавливанія служила соляная кислота, то амміакъ опредѣляется въ видѣ хлороплатината, если же для улавливанія служила титрованная сѣрная кислота, избытокъ кис-

лоты титруютъ растворомъ барита, титръ котораго равенъ  $\frac{1}{20}$  нормальнаго.

Само собою разумѣется, что при употребленіи этого способа опредѣленія азота въ изслѣдуемомъ веществѣ, какъ сѣрная кислота, такъ и ѣдкій натръ, не должны содержать соединеній азота.

Если приходится одновременно производить много опредѣленій азота указаннымъ способомъ, то для нагрѣванія изслѣдуемаго вещества съ сѣрною кислотою, удобно употреблять подставку, представленную на фиг. 133, табл. XXXVII и помѣщенную на толстомъ слой песка подъ хорошей тягой; для одновременной отгонки амміака изъ нѣсколькихъ колбъ можетъ служить устройство, представленное на фиг. 134, табл. XXXVII.

О опредѣленіе углерода, водорода и кислорода<sup>1)</sup> въ топливѣ производится тѣми же способами, которыми эти элементы опредѣляются во всѣхъ другихъ органическихъ соединеніяхъ, содержащихъ сѣру и азотъ, т. е. такъ называемымъ элементарнымъ органическимъ анализомъ.

Элементарный анализъ топлива всего удобнѣе производить въ трубкѣ длиною въ 60—80 с. м., открытой съ обоихъ концовъ (фиг. 135, табл. XXXVII). Одна часть (А) этой трубки наполнена слоемъ зерновой окиси мѣди, длиною въ 25—30 с. м., другая (В)—слоемъ зерненаго сплава изъ 9 ч. средней и 1 ч. кислой хромовокалиевой соли, длиною отъ 10—15 с. м. Слой хромовокислыхъ солей служитъ для поглощенія окисловъ азота и сѣрнистой кислоты и для этой цѣли долженъ быть нагрѣтъ не выше краснаго каленія и при томъ такъ, чтобы смѣсь не сплавилась. Для удержанія въ трубкѣ окиси мѣди и хромовокислыхъ солей въ надлежащемъ положеніи служатъ пыжи (b, c, d), изготовленные или изъ азбеста, или же изъ мѣдной сѣтки, предварительно окисленной. Анализируемое вещество помѣщается въ платиновую лодочку, за которой кладутъ пробку изъ окисленной мѣдной проволоки (a), чтобы въ этомъ мѣстѣ ускорить токъ воздуха или кислорода и тѣмъ воспрепятствовать возгонкѣ продуктовъ сухой перегонки въ задній конецъ трубки. Передній конецъ трубки (В) соединяють съ трубкой съ хлористымъ кальціемъ и калиаппаратомъ, а задній (a) съ газометрами, приводящими въ трубку токъ сухаго и очищеннаго кислорода или воздуха. Трубка помѣщается въ печь для органическаго анализа и самое сжиганіе производится общеизвѣстнымъ путемъ.

Для улавливанія сѣрнистой кислоты и окисловъ азота, образующихся при элементарномъ анализѣ топлива, содержащаго сѣру и азотъ, было предложено (Liebig и Wöhler) помѣщать или непосредственно за сжигательной трубкой или между трубкой съ хлористымъ кальціемъ и калиаппаратомъ, трубку вида U, наполненную хорошо высушенною перекисью свинца, и нагрѣвать эту трубку въ воздушной банѣ до 180—200°. Этотъ спо-

<sup>1)</sup> Ср. руководство *Фрезеніуса*.

собъ, рекомендуемый также *Чириковымъ* (1880) и употребленный имъ при анализахъ каменныхъ углей, менѣе удобенъ, чѣмъ описанный выше: сушка перекиси свинца затруднительна (*Perkin*, 1880), при значительномъ содержаніи сѣры въ изслѣдуемомъ веществѣ улавливаніе  $\text{SO}_2$  бываетъ неполное (*Sartius*, 1860) и, наконецъ, перекись свинца поглощаетъ замѣтное количество углекислоты (*Bunsen*). По изслѣдованіямъ *Чирикова* (1883), впрочемъ, перекись свинца не поглощаетъ углекислоты при температурѣ около  $200^\circ$ .

Такъ какъ въ большей части случаевъ различные виды топлива содержатъ незначительное количество азота, то образующимися окислами азота можно пренебречь, и въ этомъ случаѣ для улавливанія сѣрнистой кислоты можно употреблять хромовокислый свинецъ, помѣщая его въ трубку для сожиганія вмѣсто хромовокаліевыхъ солей, слоюмъ отъ 15—20 с. м. Такъ какъ хромовокислый свинецъ при плавленіи въ гессенскомъ тиглѣ, повидимому, поглощаетъ углекислоту, и по охлажденіи удерживаетъ ее, выдѣляя ее опять при сильномъ нагрѣваніи въ сожигательной трубкѣ, то хромовокислый свинецъ, назначенный для анализа, не слѣдуетъ плавить при широкомъ доступѣ углекислоты, а слѣдуетъ прокалывать въ трубкѣ въ струѣ очищенного воздуха (*Любавинъ*, 1886).

По мнѣнію *Fischer'a* при анализѣ каменныхъ углей, не содержащихъ чрезмѣрнаго количества сѣры, нѣтъ необходимости употреблять специальныхъ веществъ для улавливанія сѣрнистой кислоты, а сожиганіе можетъ быть произведено въ открытой съ обоихъ концовъ трубкѣ, наполненной одною окисью мѣди, передняя часть которой должна быть нагрѣта только до слабокраснаго каленія. При сожиганіи, напр., 0,3 гр. каменнаго угля, содержащаго 2,6% вредной сѣры, въ трубкѣ, наполненной одною окисью мѣди и служившей уже для 20 сожиганій, выдѣляющийся газъ не содержалъ и слѣдовъ сѣрнистой кислоты, которая вся удерживалась слоюмъ слабо нагрѣваемой окиси мѣди. Въ виду этого *Фишеръ* предлагаетъ употреблять при анализахъ топлива одну окись мѣди, мѣняя ее послѣ каждыхъ 20—30 сожиганій.

Навѣску при анализѣ топлива берутъ обыкновенно въ 0,2—0,3 гр., при чемъ одни изслѣдователи употребляютъ для анализа топливо послѣ предварительной сушки (въ воздухѣ или въ струѣ азота), другіе же—безъ предварительной сушки, вычитая затѣмъ гигроскопическую воду (опредѣленную отдѣльнымъ опытомъ) изъ общаго количества воды, полученной при элементарномъ анализѣ. Этотъ послѣдній способъ предпочтительнѣе, такъ какъ сушка въ струѣ азота хлопотлива, а при сушкѣ въ воздухѣ происходитъ, какъ было сказано выше, нѣкоторое измѣненіе въ составѣ угля, которое можетъ оказать вліяніе на результатъ анализа. По той же причинѣ и при опредѣленіи золы, сѣры и т. д. въ топливѣ предпочтительнѣе брать навѣску невысушеннаго топлива.

Опредѣленіе вырочки кокса. Количество и качество кокса, даваемого топливомъ, зависитъ отъ величины навѣски, степени измельченія, влажности, быстроты и температуры нагрѣванія, а потому для полученія между собою сравнимыхъ результатовъ необходимо производить опыты при возможно одинаковыхъ условіяхъ.

*Hutchins* (1869) нагрѣваетъ 1—2 гр. каменнаго угля въ закрытомъ платиновомъ тиглѣ  $3\frac{1}{2}$  минуты обыкновенною горѣлкою Бунзена, а затѣмъ  $3\frac{1}{2}$  минуты на пламени паяльной лампы.

*Schondorff* (1875) нагреваетъ 2 гр. измельченнаго угля въ закрытомъ тиглѣ горѣлкой Бунзена до тѣхъ поръ, пока не перестануть выдѣляться горячіе газы. Пламя горѣлки имѣетъ въ высоту 20 см. и расходуетъ 150 литровъ газа въ часъ.

*Merz* (1876) нагреваетъ древеснымъ углемъ 5 гр. изслѣдуемаго угля въ закрытомъ фарфоровомъ тиглѣ, помѣщенномъ въ другой глиняный тигель, въ теченіе 3 часовъ.

*Мукъ*, много занимавшійся вопросомъ коксованія, даетъ слѣдующій самый точный и удобный способъ для опредѣленія количества кокса, даваемого каменнымъ углемъ.

1 граммъ (при изслѣдованіи спекающихся углей нѣсколько менѣе) невысушеннаго мелкоистертаго каменнаго угля помѣщаютъ въ платиновый тигель, высота котораго должна быть болѣе 30 мм. при изслѣдованіи сильно-вспучивающихся углей (обыкновенно 40 мм. высоты и 24 мм. діаметръ дна). Тигель прикрываютъ крышкой, помѣщаютъ на треугольникъ изъ тонкой платиновой проволоки и нагреваютъ горѣлкой Бунзена до тѣхъ поръ, пока между краями крышки и тигля не будетъ болѣе замѣтно выдѣленіе горячихъ газовъ. Верхнее отверстіе газовой горѣлки должно отстоять отъ дна тигля на 30 мм., а высота пламени должна быть не менѣе 18 см. Послѣ прокаливанія и охлажденія взвѣшиваютъ тигель и вычисляютъ количество кокса, даваемого 100 ч. угля. При соблюденіи всѣхъ вышеуказанныхъ условій получаются достаточно согласные результаты, разнящіеся для одного и того же образца угля не болѣе какъ на одинъ процентъ.

Тотъ же способъ можетъ быть употребленъ также при опредѣленіи количества угля, даваемого торфомъ и другими видами ископаемаго топлива.

Остатокъ (коксъ), получающійся при коксованіи ископаемаго топлива, состоитъ изъ нелетучихъ органическихъ и неорганическихъ веществъ (зола). Для полученія болѣе сравнимыхъ чиселъ вычитаютъ изъ общаго количества остатка золу и получаютъ такъ называемый чистый коксъ.

Зная количество кокса, даваемого топливомъ, нетрудно изъ разности опредѣлить общее количество летучихъ веществъ, даваемыхъ топливомъ при коксованіи, а вычитая изъ общаго количества летучихъ веществъ количество гигроскопической воды, можно опредѣлить количество летучихъ веществъ, даваемыхъ органической частью топлива.

Допустимъ, что изслѣдованный уголь содержалъ гигроскопической воды 3,15%, золы 5,25% и далъ кокса 85,78%. Въ такомъ случаѣ уголь содержалъ:

		На вещ. съ гигр. водой.	На вещ. безъ гигр. воды.
Летучихъ веществъ	воды . . . . .	3,15	—
	органич. веществъ . .	11,07	11,42
Нелетучихъ веществъ	органич.вещ. (чист. коксъ)	80,53	83,16
	золы . . . . .	5,25	5,42
		<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Степень спекаемости кокса опредѣляютъ обыкновенно по его наружному виду, такъ какъ до сихъ поръ нѣтъ удобнаго способа для болѣе точнаго опредѣленія этого важнаго свойства.

Единственный способъ, предложенный для названной цѣли, есть способъ *Richters'a* (1870), состоящій въ слѣдующемъ: 1 граммъ тонконстертаго и высушеннаго на воздухѣ угля смѣшиваютъ съ мелкимъ отмученнымъ порошкомъ кварца. Смѣсь помѣщаютъ рыхло въ платиновый тигель (высота 30 мм.), прикрываютъ крышкой и нагреваютъ горѣлкой Бунзена (высота пламени 18 см., расстояние верхняго отверстия отъ дна тигля 6 см.) до тѣхъ поръ, пока не перестанутъ выдѣляться изъ тигля горячіе газы. Затѣмъ коксовый пирога осторожно помѣщаютъ на желѣзный листъ, такъ чтобы нижняя часть пирога прикасалась къ желѣзному листу, и осторожно помѣщаютъ на пирога гирьку вѣсомъ въ 0,5 кило. Подъ дѣйствіемъ тяжести коксовый пирога или будетъ раздавленъ, или же выдержитъ давленіе. Въ первомъ случаѣ опытъ повторяютъ съ меньшимъ, во второмъ съ большимъ количествомъ кварцеваго песка, и притомъ до тѣхъ поръ, пока пирога не будетъ въ состояніи какъ разъ выдерживать давленіе гирьки, не будучи раздавленъ. Количество употребленнаго кварцеваго песка, которое уменьшаютъ или увеличиваютъ на 0,1 гр. при каждомъ опытѣ, служитъ мѣриломъ спекаемости угля. Для полученія коксоваго пирога, едва поддерживающаго гирьку въ 0,5 кило, на 1 граммъ каменнаго угля, дающаго сильно спекающійся коксъ, требуется прибавка 2,8 гр. кварцеваго песка (спекаемость = 2,8), на 1 граммъ угля слабо спекающагося—0,8 гр. кварцеваго песка, а на 1 граммъ тощаго угля—0,0 граммъ песка. Очевидно, что способъ *Richters'a* очень хлопотливъ, а потому и не получилъ примѣненія.

Быть можетъ степень спекаемости кокса удалось бы измѣрять достаточно точно и удобно, опредѣляя тяжесть, необходимую для раздавливанія коксоваго пирога, приготовленнаго при однихъ и тѣхъ же условіяхъ и изъ одного и того же вѣса угля.

Результаты, полученные при химическомъ изслѣдованіи топлива, различные изслѣдователи выражаютъ очень различно. Одни вычисляютъ процентный составъ топлива на вещество съ гигроскопической водою и золою, другіе на вещество безъ гигроскопической воды, третьи, наконецъ, приводятъ отдѣльно процентное содержаніе воды, золы и органической части топлива. Подобное разнообразіе въ выраженіи результатовъ анализа затрудняетъ сравненіе и группировку анализовъ, а потому было бы очень желательно, чтобы на будущее время всѣ изслѣдователи выражали результаты анализовъ топлива однообразно. По моему мнѣнію, всего удобнѣе было бы, если бы результаты анализа вычислялись на вещество безъ *гигроскопической воды* и затѣмъ, кромѣ того, приводился бы процентный составъ органической части топлива. Такое выраженіе результатовъ анализа удовлетворяло бы и техническимъ, и научнымъ требованіямъ.

Опредѣленіе количества кокса и летучихъ веществъ слѣдовало бы всегда сопровождать опредѣленіемъ процентнаго содержанія гигроскопической воды и золы въ топливѣ, а количество кокса и летучихъ веществъ слѣдовало бы вычислять на вещество безъ гигроскопической воды (срав. стр. 463),

**Опредѣленіе теплопроизводительной способности топлива** <sup>1)</sup>. Какъ сказано было выше (стр. 312), самый точный способъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива есть калориметрическій, первый разъ примененный надлежащимъ образомъ для названной цѣли *Шереръ-Кестнеромъ* (1868), употребившимъ при своихъ изслѣдованіяхъ калориметръ *Фавра* и *Зильбермана* (1852).

Главное неудобство калориметрическаго способа опредѣленія теплопроизводительной способности топлива заключается въ трудности достигнуть въ калориметрѣ полного сжиганія топлива, т. е. полного окисленія его органической части въ углекислоту и воду. Обыкновенно часть навѣски вовсе не сгораетъ и остается въ калориметрѣ въ видѣ кокса, а продукты сгорѣвшей части не состоятъ исключительно изъ углекислоты и воды (азота и сѣрнистаго ангидрида), а содержать почти всегда нѣкоторое количество окиси углерода и нѣрѣдко водорода, углеродистыхъ водородовъ и амміака. Поэтому для опредѣленія всей теплоты, которая могла бы выдѣлиться при сжиганіи даннаго вѣса топлива, приходится опредѣлять количество оставшагося кокса (прокаливаніемъ остатка при доступѣ воздуха—изъ разности), равно какъ пропускать продукты горѣнія, освобожденные предварительно отъ угольной кислоты и воды, черезъ раскаленную трубку съ окисью мѣди и вновь улавливать образовавшіяся при этомъ воду и угольную кислоту, чтобы на основаніи полученныхъ данныхъ, и пользуясь формулою Дюлонга и другими соображеніями, вычислить количество тепла, которое, такъ сказать, ускользнуло отъ непосредственнаго калориметрическаго опредѣленія. Понятно, что при такомъ способѣ работы калориметрическаго опредѣленія не только усложняются, но и теряютъ въ своей точности, такъ какъ часть теплоты, выдѣленной топливомъ, опредѣляется не изъ непосредственнаго наблюденія, а вычисленіемъ.

Въ виду этого всѣ видоизмѣненія калориметрическаго способа опредѣленія теплопроизводительной способности топлива касаются приспособленій и приемовъ для возможно полного сжиганія топлива въ калориметрѣ.

*Favre* и *Silbermann* (1852) помѣщаютъ навѣску изслѣдуемаго топлива въ платиновый цилиндръ съ продыравленнымъ дномъ (фиг. 136, табл. XXXVIII) и сжигаютъ ее въ камерѣ А (фиг. 137 А и В, табл. XXXVIII), сдѣланной изъ позолоченной мѣди и снабженной трубкой для выпусканія кислорода, змѣеникомъ для отвода продуктовъ горѣнія и трубкой

<sup>1)</sup> Литература.—*Favre* и *Silbermann*. Ann. Chim. Phys. 1852, 34, 357.—*Berthelot*. Essai de mécanique chimique. Paris, 1879, I, p. 137—274.—*Дулинскій*.—Объ измѣреніи теплоты сгорания органическихъ веществъ. Журн. Русск. Физ.-Химич. Общ. 1884, I (1), 598.—*Fischer*. Ueber die Bestimmung des Brennwerthes. Dingl. J. 1879, 234, 390; 1885, 257, 413, 517 (сопоставленіе калориметрическихъ способовъ, предложенныхъ для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива).

для наблюдёнія за ходомъ горѣнія. Продукты горѣнія послѣ удалёнія изъ нихъ углекислоты и воды подвергаются дополнительному сжиганію въ трубкѣ, наполненной окисью мѣди, и образующіеся при этомъ  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  улавливаются въ взвѣшенныхъ приборахъ. При этомъ способѣ сжиганія 7—12% всего углерода, содержащагося въ древесномъ углѣ, получаются въ видѣ окиси углерода.

*Scheurer - Kestner* и *Meunier* (1868—70) употребляютъ такую же сжигательную камеру, какъ и *Favre* и *Silbermann*, и помѣщаютъ не болѣе 0,5 гр. изслѣдуемаго топлива въ видѣ мелкаго порошка въ платиновую чашку *a* (фиг. 137 В, табл. XXXVIII), подвѣшенную при помощи платиновой проволоки къ нижнему концу платиновой трубки В, приводящей въ камеру быструю струю кислорода или смѣси изъ 60 частей кислорода и 40 частей азота. Воспламенёніе изслѣдуемаго топлива они производятъ при помощи кусочка раскаленнаго древеснаго угля вѣсомъ около 0,001 гр. Газы изъ сжигательной камеры, послѣ удалёнія изъ нихъ угольной кислоты и воды при помощи натристой павести, они пропускаютъ черезъ раскаленную трубку съ окисью мѣди и улавливаютъ затѣмъ углекислоту и воду въ взвѣшенныхъ приборахъ. Количество несгорѣвшаго твердаго остатка они опредѣляютъ прокаливаніемъ платиновой чашки изъ разности. При такомъ способѣ работы и устройствѣ прибора, газы, уходящія изъ сжигательной камеры, почти *всегда* не содержатъ углеродистыхъ водородовъ, и количество окиси углерода, въ нихъ содержащейся, не превышаетъ 2—3% углерода, содержащагося въ изслѣдуемомъ топливѣ.

*Fischer* (1879) производитъ сжиганіе топлива (навѣска до 1 гр.) въ платиновомъ тиглѣ, помѣщенномъ въ серебряной сжигательной камерѣ, приспособленной для болѣе полного смѣшенія продуктовъ горѣнія съ кислородомъ. Нижний платиновый конецъ трубки *a* (фиг. 138 А и В, табл. XXXVIII), приводящей кислородъ, имѣетъ отверстія *e* и погруженъ въ тигель, прикрытый платиновой сѣткой. Газы, образующіеся при горѣніи изслѣдуемаго топлива, уходятъ изъ сжигательной камеры черезъ отверстіе *i* въ пространство *c*, гдѣ особенная перегородка направляетъ ихъ къ вѣшнимъ стѣнкамъ передъ поступленіемъ въ отводящую трубку *g*. Платиновый тигель окруженъ азбестомъ, чтобы воспрепятствовать быстрому охлажденію. При такомъ устройствѣ прибора продукты горѣнія подымаются черезъ платиновую сѣтку, нагрѣвающую притекающую черезъ трубку *r* кислородъ, смѣшиваются съ кислородомъ, притекающимъ изъ отверстій *e*, направляются платиновыми пластинками *v* черезъ края нагрѣтой платиновой сѣтки *z* и вдоль раскаленныхъ стѣнокъ тигля къ выходному отверстію *i*. Охлажденіе газовъ происходитъ въ пространствѣ *c* и оно настолько совершенно, что газы уходятъ черезъ трубку *b* съ температурой, не превышающей  $0,1^{\circ}$  температуры воды калориметра. Газы, уходящія изъ *b*, послѣ удалёнія изъ нихъ углекислоты и воды, подвергаются дополнительному сжиганію.

*Чернай* (1883) сжигаетъ каменный уголь въ видѣ кусковъ, величиною въ просяное зерно, въ тиглѣ, помѣщенномъ въ серебряной сжигательной камерѣ и привѣшенномъ къ платиновой трубкѣ, приводящей кислородъ. Уголь вводится въ тигель по мѣрѣ его сгорания при помощи особеннаго приспособленія, что даетъ возможность въ теченіе 10—20 минутъ сжечь до 2 гр. угля. Дополнительнаго сжиганія авторъ не дѣлаетъ, хотя и указываетъ, что во время горѣнія угля образуется ничтожный палецъ сажи на крышкѣ камеры. Калориметръ автора не представляетъ никакихъ удобствъ передъ калориметромъ Фишера, а употребленіе угля въ видѣ зеренъ препятствуетъ полученію средней пробы, такъ какъ *Scheurer-Kestner* и *Meunier* показали, что при недостаточномъ измельченіи угля отдѣльными навѣсками, взятыя изъ одной и той же банки, даютъ различныя количества золы, чего не бываетъ при полномъ измельченіи угля въ тонкій порошокъ.



*Gottlieb* (1884) при опредѣленіи теплопроизводительной способности дерева употреблялъ калориметръ съ мѣдной сжигательной камерой и навѣску (2 грам.) сжигалъ въ платиновой чашкѣ въ струѣ кислорода.

*Schwaackhöfer* (1884) сжигалъ топливо въ металлической камерѣ въ струѣ кислорода, при чемъ для опыта бралъ навѣски отъ 5—6 гр., примѣшивая къ нимъ 2—4 гр. угля, полученнаго изъ сахара, для облегченія сжиганія.

*Дьяконовъ* (1885) предложилъ сжигать каменный уголь, смѣшивая его съ опредѣленнымъ вѣсомъ глицерина и мелкимъ асбестомъ. Смѣсь помѣщалась на слоѣ чистаго азбеста въ фарфоровый тигель и сжиганіе производилось въ струѣ кислорода въ нѣсколько измѣненной стеклянной камерѣ Бертело. Зажиганіе смѣси авторъ производитъ накаливаніемъ платиновой проволоки гальваническимъ токомъ. Продукты горѣнія подвергаются дополнительному сжиганію. Количество несгорѣшаго угля колеблется отъ 0,5—2,0% относительно всего количества взятой для опыта смѣси.

*В. Алексѣевъ* (1886) опредѣляетъ теплопроизводительную способность каменныхъ углей въ калориметрѣ Бертело съ стеклянной камерой и помѣщаетъ сжигаемый уголь въ мелкихъ зернахъ (діаметръ 2,5—3,5 мм.) въ узкую и длинную гильзу изъ платиновой сѣтки. Сжиганіе производилось въ струѣ кислорода, а зажиганіе угля или кусочкомъ раскаленнаго древеснаго угля, или же помѣщеніемъ на поверхности каменнаго угля губчатой платины, на которую направляли струю водорода. При этихъ условіяхъ горѣніе самыхъ разнообразныхъ каменныхъ углей идетъ само собою до конца и въ результатѣ получается чистая зола. При сжиганіи рыхлыхъ углей продукты горѣнія содержатъ самое незначительное количество СО, которую можно пренебречь; при сжиганіи же антрацитовъ получается много окиси углерода, а потому въ этомъ случаѣ продукты горѣнія должны быть подвергнуты дополнительному сжиганію.

*Berthelot* и *Vielle* (1885) предложили производить сжиганіе топлива въ калориметрической бомбѣ въ сжатомъ кислородѣ (7 атмосферъ). Зажиганіе производится посредствомъ металлической проволоки, накаляемой токомъ. Въ присутствіи достаточнаго количества кислорода получается полное окисленіе.

Наконецъ, *Stohmann* (1879) предложилъ способъ, отличающійся отъ всѣхъ предшествующихъ и состоящій въ сжиганіи изслѣдуемаго топлива не при помощи свободнаго кислорода, а при помощи хлорноватокалиевой соли, съ которой онъ смѣшиваетъ изслѣдуемое вещество.

Изъ всѣхъ разнообразныхъ калориметрическихъ способовъ, предложенныхъ для опредѣленія теплопроизводительной способности топлива, самыми удобными слѣдуетъ считать способы *В. Алексѣева* и *Бертело* и *Вейля*, которые я опишу здѣсь подробнѣе, включивъ въ описаніе способа Алексѣева всѣ условія, необходимыя для полученія точныхъ результатовъ при калориметрическихъ изслѣдованіяхъ.

Отдавая преимущество калориметрическому способу *В. Алексѣева*, я долженъ, однако, замѣтить, что употребленіе при его способѣ сжигаемаго угля въ видѣ мелкихъ зеренъ затрудняетъ отбираніе средней пробы, безупречное полученіе которой возможно только при превращеніи изслѣдуемаго топлива въ тонкій порошокъ, что, конечно, въ свою очередь, затрудняетъ полное и правильное сжиганіе взятой навѣски.

При своихъ опытахъ *В. Алексеевъ* пользовался калориметромъ Бертелло и стекляною сожигательною камерою (фиг. 139, табл. XXXVIII).

Въ этомъ приборѣ калориметромъ собственно служить тонкостѣнный латунный позолоченный и хорошо выполированный цилиндрическій сосудъ А (діаметръ 15,24 см., высота 16,51 см., вѣсъ 213,47 грам.), вмѣщающій въ себя 2500 к. с. воды <sup>1)</sup> и покоящійся на трехъ небольшихъ кружкахъ, сдѣланныхъ изъ пробки и укрѣпленныхъ на маленькихъ деревянныхъ треугольникахъ. Для уменьшенія потери тепла, калориметръ помѣщаютъ въ центрѣ другаго тонкостѣннаго латуннаго сосуда В, внутри посеребреннаго (первая оболочка калориметра) и покоящагося на трехъ тонкихъ пробковыхъ кружкахъ въ центрѣ жестянаго цилиндрическаго сосуда С съ двойными стѣнками (2-я оболочка калориметра), между которыми помѣщается 16 литровъ воды. Мѣшалка позволяетъ перемѣшивать эту воду отъ времени до времени и поддерживать въ ней равномерную температуру, опредѣляемую при помощи чувствительнаго термометра. Боковыя и нижняя стѣнки, равно какъ и кольцеобразная верхняя поверхность жестянаго сосуда С снаружи обложены плотнымъ войлокомъ и затѣмъ обшиты кожею. Весь приборъ укрѣпляется винтами на деревянной доскѣ, прикрѣпленной къ столу, на которомъ производить опытъ. Сверху калориметръ остается открытымъ, чтобы возможно было слѣдить за ходомъ горѣнія. Кольцеобразныя пространства между стѣнками сосудовъ А и В и В и С остаются наполненными воздухомъ, который, по опытамъ *Бертелло*, оказывается лучшимъ изоляторомъ, чѣмъ пухъ, хлопчатая бумага и другія подобныя вещества.

Въ калориметръ помѣщаютъ стекляную сожигательную камеру D (вѣсомъ 102,3 гр.), снабженную стекляннымъ змѣвикомъ для отвода продуктовъ горѣнія и двумя тубусами. Камера эта поддерживается латуннымъ кольцомъ, выложеннымъ внутри пробкой и прикрѣпленнымъ къ эбонитовому стержню, который, въ свою очередь, прикрѣпленъ къ мегаллическому крючку, при помощи котораго вся система утверждается на вертикальной колоннѣ и притомъ такимъ образомъ, что при помощи зубчатки камера можетъ быть болѣе или менѣе погружена въ воду калориметра. Во время опыта камера должна быть погружена такъ, чтобы пробки, помѣщенные въ тубусахъ, были покрыты слоемъ воды около 8 мм. Если не принять этой предосторожности, то часть теплоты теряется, и потеря эта можетъ дойти до двухъ и даже до четырехъ процентовъ всего количества тепла, выдѣленнаго во время горѣнія. Одинъ изъ тубусовъ сожигательной камеры закрыть каучуковою пробкой, черезъ которую

<sup>1)</sup> Для калориметрическихъ опредѣленій мокрымъ путемъ калориметръ дѣлаютъ изъ платины; для опредѣленія теплоты горѣнія платиновый калориметръ представляетъ излишнюю роскошь.

проходить стеклянная палочка, поддерживающая гильзу (длина 4—5 см., диаметр 4—6 мм.) из платиновой сѣтки <sup>1)</sup>, въ которую помѣщают навѣску (0,4—0,8 гр.) исследуемаго угля въ видѣ небольшихъ зеренъ (величина 2,5—3,5 мм.). Черезъ ту же каучуковую пробку проходитъ стеклянная трубка *a*, которая можетъ быть соединена попроизволу или съ большимъ газометромъ, содержащимъ кислородъ, или же съ газометромъ, содержащимъ воздухъ, служащій для вытѣсненія кислорода изъ аппарата послѣ окончанія опыта. Какъ кислородъ, такъ и воздухъ, передъ впусканіемъ ихъ въ сожигательную камеру должны быть очищены и для этой цѣли ихъ пропускаютъ черезъ нѣсколько склянокъ съ растворомъ ѣдкаго кали, далѣе черезъ трубку вида *U*, содержащую натристую известь, и черезъ вторую такую же трубку, наполненную хлористымъ кальціемъ, и, наконецъ, черезъ небольшую трубку, содержащую ртуть, служащую запоромъ той части аппарата, гдѣ происходитъ горѣніе. Такимъ образомъ газы, находящіеся въ камерѣ, не могутъ диффундировать въ сторону очистительнаго аппарата. Для того чтобы газы вытекали изъ газометра подъ одинаковымъ давленіемъ въ теченіе всего опыта, верхняя часть газометровъ постоянно получаетъ струю воды, избытокъ которой удаляется черезъ трубку, придѣланную къ газометру. Благодаря этому, уровень воды въ верхней части газометра остается неизмѣннымъ въ теченіе опыта, и давленіе газовъ измѣняется только подъ дѣйствіемъ воды, замѣняющей въ нижней части газометра газъ, употребленный во время опыта. Если объемъ газометра великъ, то измѣненіе въ давленіи, происходящее отъ этой причины, не особенно значительно. Для зажигания угля помѣщаютъ на верхъ его въ гильзу небольшое количество губчатой платины, а черезъ боковое горлышко сожигательной камеры вставлена тонкая стеклянная трубка *b* съ платиновымъ накопникомъ, приводящимъ очищенный и сухой водородъ. Пустивъ струю водорода на губчатую платину, получается пламя, которое зажигаетъ уголь. Пламя водорода поддерживается еще нѣсколько мгновеній послѣ того, когда уголь загорѣлся, что значительно способствуетъ полному сгоранію угля. Горѣніе угля идетъ затѣмъ сверху внизъ, какъ у свѣчки, и, регулируя притокъ кислорода, можно легко достигнуть правильнаго, спокойнаго сгоранія всей навѣски безъ разбрасыванія. Количество водорода, потребнаго для зажигания угля, очень невелико (часто не болѣе 15 к. с.) и объемъ его измѣряется въ газометрѣ *G*, соединенномъ при помощи крана *h* съ постоянно дѣйствующимъ приборомъ для полученія водорода. Закрывъ кранъ *h* и открывъ кранъ *i*, водородъ поступаетъ черезъ промывательную склянку съ

<sup>1)</sup> Такая сѣтка употребляется при дробной перегонкѣ жидкостей и имѣется въ продажѣ.

сѣрною кислотою по трубкѣ *b* въ сожигательную камеру. При отгѣриваніи водорода, конечно, нужно приводить воду въ *G* и *G*<sub>1</sub> къ одному уровню. Поправкою на барометръ и термометръ можно пренебречь, и для опредѣленія количества тепла, выдѣлившагося отъ сожиганія водорода въ калориметръ, умножаютъ вѣсъ чистаго водорода, содержащагося въ одномъ к. с. водорода, насыщеннаго водяными парами при 15° съ 760 мм. давленія <sup>1)</sup>, на 34500 (колич. ед. тепла выдѣл. водородомъ), при чемъ получаютъ множитель, отвѣчающій тепловому значенію одного куб. см. водорода, отгѣриваемаго въ газометръ *G*. Даже при дурно удавшихся опытахъ, теплота, выдѣлившаяся отъ сгоранія водорода, не превышаетъ 6% всего наблюдаемаго выдѣленія тепла. Зажиганіе угля можетъ быть произведено также кусочкомъ (4—9 миллигр.) раскаленнаго древеснаго угля, вѣсъ котораго извѣстенъ.

Перемѣшиваніе воды въ калориметръ производится винтообразною мѣшалкою Бертело изъ позолоченной латуни и приводимой въ движеніе или рукою, или при помощи электромагнитнаго двигателя.

Для измѣренія температуры воды въ калориметръ служитъ термометръ *Бодена* (*Baudin*), раздѣленный на  $\frac{1}{50}^{\circ}$  и дающій при отсчитываніи лупой точность до 0,005°. Промежутки времени, въ которые производится отсчитываніе термометра (черезъ каждую минуту) отгѣчаются на секундомѣръ *Бреге*.

Поправку на охлажденіе производятъ при помощи формулы *Реньо-Ифаундлера*, такъ какъ въ калориметръ Бертело потери тепла вообще ничтожна и опытъ не продолжается болѣе 6—8 минутъ. Способъ этотъ представляетъ то удобство, что при его употребленіи нѣтъ необходимости принимать въ расчетъ температуру окружающей среды, а можно ограничиться опредѣленіемъ пониженія (или повышенія) температуры воды калориметра въ теченіе пяти минутъ до и послѣ опыта. Поправка эта дѣлается въ пред-

<sup>1)</sup> Этотъ вѣсъ чистаго водорода (*p*) можетъ быть вычисленъ по формулѣ

$$p = \frac{v (H-b) \times 0,00089758}{(1 + 0,00366 t) \times 760},$$

въ которой *v* обозначаетъ наблюдаемый объемъ водорода, *t*—температуру, *H*—давленіе атмосфернаго воздуха, а *b* —упругость водяныхъ паровъ при температурѣ *t*; 0,00089758— вѣсъ одного куб. сантиметра чистаго водорода при 0° и давленіи 760 мм. Такъ какъ въ нашемъ случаѣ *v* = 1, *H* = 760 мм., *b* = 12,7 мм., *t* = 15°, то

$$p = \frac{(760 - 12,7) \times 0,00089758}{(1 + 0,00366 \times 15) \times 760} = 0,000836649;$$

откуда искомый множитель будетъ равенъ:

$$p \times 34500 = 0,000836649 \times 34500 = 28,86.$$

положеніи, что приращеніе потери тепла (или, точнѣе говоря, пониженіе температуры) въ теченіе единицы времени пропорціонально разности средней температуры въ этотъ періодъ надъ начальной температурой. Пусть среднія температуры въ каждый періодъ будутъ:  $t_0$   $t_1$   $t_2$  . . . .  $t_n$ ; означимъ паденія температуръ въ первую, вторую и т. д. минуты черезъ  $\Delta t_0$ ,  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  . . . .  $\Delta t_n$ , тогда, по сказанному,

$$\Delta t_n - \Delta t_0 = K (t_n - t_0) \text{ или } K = \frac{\Delta t_n - \Delta t_0}{t_n - t_0}.$$

Коэффициентъ  $K$  опредѣляютъ изъ наблюденія температуры за 5 минутъ до начала опыта и въ теченіе 5 минутъ послѣ опыта.

Отсюда паденіе температуры въ теченіе  $n$ -ой минуты будетъ равно  $\Delta t_0 + K (t_n - t_0)$  и потому, чтобы найти поправку термометра для опыта, продолжавшагося  $q$  минутъ, надо сложить потери въ теченіе каждой изъ этихъ  $q$  минутъ, т. е. поправка =  $q\Delta t_0 + \Sigma K (t_n - t_0)$ . Назвавъ черезъ  $\Theta_0$ ,  $\Theta_1$  . . . . температуры въ началѣ каждой минуты и черезъ  $\Theta q$  конечную температуру, получимъ, что поправка (Correct) будетъ:

$$\text{Correct} = qv + K (\Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \dots + \frac{\Theta_0 + \Theta q}{2} - qt_0) \quad (1)$$

гдѣ  $v$  есть паденіе температуры въ теченіе одной минуты во время періода, предшествовавшаго опыту, а  $v'$ —такое же паденіе температуры послѣ опыта;  $t$  и  $t'$  среднія температуры начального и конечнаго періодовъ. Тогда поправка

$$\text{Correct} = qv + \frac{v' - v}{t' - t} (\Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \dots + \frac{\Theta_0 + \Theta q}{2} - qt_0). \quad (2)$$

Если въ начальный періодъ температура постоянна, т. е.  $v = 0$ , то

$$\text{Correct} = \frac{v'}{t' - t} (\Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 + \dots + \frac{\Theta_0 + \Theta q}{2} - qt_0). \quad (3)$$

Для большаго поясненія способа вычисленія поправки можетъ служить слѣдующій примѣръ:

*Температура воды калориметра при началѣ каждой минуты:*

До начала опыта.	Во время опыта.	Послѣ опыта.
13,74	13,73	15,26
13,74	13,88	15,255
13,74	14,50	15,25
13,735	15,00	15,24
13,735	15,26 уголь погасъ.	15,235
13,73	15,265	15,23
	15,26	15,22
$v = \frac{13,74 - 13,73}{6} = 0^0,0017.$	$\frac{v' - v}{t' - t} = \frac{0,007 - 0,0017}{15,24 - 13,735} = 0,0035.$	$v' = 0,007$ $t' = 15,24.$
$t = 13^0,735$		

Отсюда поправка по формуль (2) будетъ:

$$\text{Correct} = 0,0017 \times 6 + 0,0035 (13,88 + 14,5 + 15,0 + 15,26 + 15,265 + \\ + \frac{15,26 + 13,73}{2} - 13,735 \times 6) = 0,0102 + 0,0035(88,4 - 82,41) = 0,0102 + 0,021 = 0,0312.$$

Слѣдовательно, исправленная температура въ концѣ опыта =  $15,26 + 0,031 = 15,291$  и приращеніе температуры калориметра =  $15,291 - 13,73 = 1,561^\circ$  (В. Алексѣевъ).

Значеніе калориметра въ водѣ опредѣляютъ, умножая вѣсъ отдѣльныхъ составныхъ частей его (латуннаго позолоченнаго цилиндрическаго сосуда, мѣшалки, стеклянной камеры, пробокъ, латуиннаго кольца и эбонитоваго стержня, поддерживающаго стеклянную камеру, платиновой гильзы, стеклинной палочки, ее поддерживающей, погруженной части термометра) на соотвѣтствующія имъ теплоемкости и прибавляютъ полученное этимъ путемъ число къ вѣсу воды, помѣщенной въ калориметръ собственно.

Допустимъ, что значеніе вѣсхъ составныхъ частей калориметра будетъ равно 51 гр., а вѣсъ воды калориметра 2500 гр., то весь калориметръ будетъ соотвѣтствовать 2551 гр. воды. При такомъ водяномъ вѣсѣ калориметра и при употребленіи для опыта навѣски отъ 0,4 до 0,8 гр. каменнаго угля, температура воды въ калориметрѣ повысится всего на  $1,3 - 2,3^\circ$ , что значительно уменьшаетъ поправку на охлажденіе.

Значеніе калориметра въ водѣ можетъ быть опредѣлено и изъ непосредственнаго наблюденія, помѣщая въ него опредѣленный вѣсъ воды съ температурой болѣе высокой (или низкой) чѣмъ температура окружающей среды и наблюдая затѣмъ пониженіе (или повышеніе) температуры воды въ калориметрѣ. Допустимъ, что въ калориметрѣ, виолиѣ составленный и имѣющій температуру  $14,64^\circ$ , влито 1500 гр. воды съ температурой  $20^\circ,50$  и что температура воды въ калориметрѣ будетъ:

	Температура.
Пустой калориметръ . . . . .	14°,64
Калориметръ съ водою послѣ 2 минутъ . . . . .	20,09
"    4    "    . . . . .	20,02
"    6    "    . . . . .	19,97
"    8    "    . . . . .	19,93
"    10   "    . . . . .	19,90
"    12   "    . . . . .	19,86
"    14   "    . . . . .	19,84
"    16   "    . . . . .	19,81

Послѣ 6 минутъ наступило, слѣдовательно, равновѣсіе между температурой воды и температурой составныхъ частей калориметра, а затѣмъ температура воды въ калориметрѣ начала понижаться вслѣдствіе охлажденія извнѣ приблизительно на  $0,03^\circ$  въ теченіе каждыхъ 2 минутъ. Если бы этого охлажденія не происходило, то температура воды въ калориметрѣ, спустя 6 минутъ, понизилась бы не до  $19^\circ,97$ , а всего до  $20^\circ,06$ . Чтобы нагрѣть, слѣдовательно, составныя части калориметра съ  $14^\circ,64$  до  $19,97$  (т. е. на  $5^\circ,33$ )

вода охладилась съ 20°,50 до 20°,06 (т. е. на 0°,44). Такимъ образомъ значеніе всѣхъ отдѣльныхъ составныхъ частей калориметра въ водѣ будетъ равно

$$\frac{0,44 \times 1500}{5,33} = 123,8 \text{ ед. т.}$$

Газы, выходящіе изъ сожигательной камеры, пропускаются черезъ хлоркальціевую трубку для поглощенія воды и черезъ калиаппаратъ для поглощенія углекислоты. За калиаппаратомъ помѣщаютъ еще трубку съ натристой известью для улавливанія воды, увлеченной изъ калиаппарата, и для удержанія послѣднихъ слѣдовъ углекислоты. Всѣ названныя трубки подвѣшиваются другъ надъ друга на горизонтальномъ стержнѣ, прикрѣпленномъ къ вертикальной колоннѣ, и соединяются каучуковыми перемычками, покрытыми мастикой. Трубка съ хлористымъ кальціемъ соединяется съ сожигательной камерой при помощи болѣе длинной каучуковой трубки, дающей возможность подымать и опускать сожигательную камеру, не перемѣщая приборовъ для поглощенія. Газы, пройдя черезъ поглотительные приборы, могутъ содержать продукты неполнаго сгоранія, напр. окись углерода, болотный газъ и т. д. Чтобы убѣдиться въ присутствіи этихъ веществъ и опредѣлить ихъ количества, газы проводятъ стекляною трубкою въ другую сосѣдную комнату, гдѣ они пропускаются черезъ трубку, наполненную окисью мѣди и нагрѣваемую въ печи для органическаго анализа. Вода и угольная кислота, образующіеся при этомъ сожиганіи, улавливаются: первая въ трубкѣ съ хлористымъ кальціемъ, вторая—въ трубкѣ съ натристой известью. Полученныя количества углекислоты и воды принимаютъ затѣмъ въ расчетъ при вычисленіи анализовъ.

Вмѣсто непосредственнаго сожиганія продуктовъ неполнаго сгоранія *В. Алексеевъ* (1886) совѣтуетъ собирать въ стеклянный газометръ (около 5 литр. емкости) надъ водою и затѣмъ уже (послѣ предварительной сушки) подвергать ихъ сожиганію. Способъ этотъ безспорно удобнѣе перваго, требующаго для производства опыта двухъ экспериментаторовъ, но онъ можетъ дать вполне точный результатъ только при собираніи газовъ надъ ртутью, такъ какъ вода поглощаетъ нѣкоторое количество продуктовъ неполнаго сгоранія топлива. Такъ какъ количество ртути, для этого необходимой, довольно значительно, то едва ли не проще подвергать продукты неполнаго сгоранія непосредственному сожиганію, какъ было описано выше.

Температуру газовъ, выходящихъ изъ сожигательной камеры, полезно контролировать и для этой цѣли можетъ служить чувствительный термометръ, помѣщенный въ трубкѣ, отводящей газы къ поглотительнымъ приборамъ. При надлежащемъ веденіи опыта температура уходящихъ газовъ превышаетъ температуру самаго калориметра не болѣе какъ на 3—4°, а потому (принимая во вниманіе малую теплоемкость газовъ) въ большей части случаевъ количество теплоты, уносимой газами изъ калориметра, весьма незначительно и имъ можно пренебречь. Большее вліяніе ока-

зываетъ теплота, уносимая изъ калориметра въ видѣ скрытой теплоты водяными парами, образующимися при сожиганіи топлива, и это количество теплоты слѣдуетъ принять въ расчетъ при вычисленіи результатовъ опыта.

*Производство опыта состоитъ въ слѣдующемъ* <sup>1)</sup>. Всѣ приборы, навѣску угля, равно какъ и отмѣренное количество воды, предназначенной для наполненія калориметра, помѣщаютъ на 24 часа въ отдѣльную комнату, окно которой обращено на сѣверъ, для того чтобы всѣ тѣла, участвующія въ опытѣ, приняли бы температуру окружающаго воздуха. Опытъ начинаютъ съ взвѣшиванія поглотительныхъ аппаратовъ, служащихъ какъ для поглощенія воды и углекислоты, образующихся въ калориметрѣ, такъ и образующихся при дополнительномъ сожиганіи продуктовъ горѣнія. Затѣмъ устанавливаютъ въ калориметрѣ сожигательную камеру, помѣстивъ въ нее навѣску угля (всею лучше высушенную въ струѣ азота при 100°) и вливаютъ въ калориметрѣ 2500 к. с. воды, отмѣренной въ колбѣ. Когда колба опорожнена, ее ставятъ на  $\frac{1}{4}$  часа въ наклонномъ положеніи на кружокъ изъ соломы, чѣмъ облегчается собираніе послѣднихъ частицъ воды, которыя также выливаютъ въ калориметрѣ; при такихъ же условіяхъ опредѣляютъ первоначально размѣръ колбы посредствомъ взвѣшиванія. Послѣ этого соединяютъ всѣ части аппарата каучуковыми перемычками, покрытыми мастикой. Чтобы убѣдиться въ томъ, что всѣ части аппарата соединены между собою герметически, аппаратъ испытываютъ ртутнымъ манометромъ или другимъ какимъ нибудь образомъ. Наконецъ, устанавливаютъ термометрѣ калориметра. Когда все такимъ образомъ приготовлено для опыта, нагреваютъ трубку съ окисью мѣди, пропускаютъ кислородъ изъ газометра и приводятъ въ движеніе мѣшалку калориметра. По прошествіи нѣсколькихъ минутъ, когда вода хорошо перемѣшана, начинаютъ наблюдать термометрѣ калориметра. Эти наблюденія производятъ или помощью луны, или, лучше, помощью зрительной трубки и повторяютъ ихъ каждую минуту въ теченіе пяти или болѣе минутъ. Эти данныя необходимы для вычисленія потери на охлажденіе. Послѣ указаннаго промежутка времени зажигаютъ уголь и регулируютъ притокъ кислорода изъ газометра такъ, чтобы горѣніе изслѣдуемаго вещества шло по возможности правильно. Во всякомъ случаѣ теченіе кислорода должно быть гораздо быстрѣе чѣмъ при органическомъ анализѣ, такъ какъ кислородъ служитъ въ данномъ случаѣ не только для сожиганія вещества, но и для того, чтобы вытѣснить изъ камеры образующуюся углекислоту, которая препятствуетъ правильному горѣнію.

---

<sup>1)</sup> Заимствовано изъ статьи *Лукина*.



Наблюдателя, слѣдящаго за ходомъ горѣнія и регулирующаго притокъ кислорода, полезно отдѣлить отъ калориметра зеркальнымъ стекломъ, установленнымъ вертикально на вѣшной оболочкѣ, окружающей калориметръ, чтобы устранить вліяніе тѣла наблюдателя на калориметръ. Температура наблюдается каждую минуту. Въ туманные дни удобно освѣщать термометръ трубкой Гейслера, изъ урановаго стекла, соединенной съ 6 элементами Грене и большой катушкой Румкорфа (Лугининъ, 1882). Трубка подобнаго рода не оказываетъ вліянія на показаніе термометра. Послѣ того какъ изслѣдуемое вещество потухло, термометръ продолжаетъ повышаться въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, а затѣмъ начинаетъ понижаться неправильно, такъ какъ вода калориметра еще получаетъ теплоту отъ частей прибора, въ нее погруженныхъ. Моментъ, когда начинается правильное пониженіе температуры, показываетъ, что вся теплота передана водѣ калориметра. Послѣ этого термометръ наблюдаютъ еще въ теченіе 5—15 минутъ и затѣмъ опытъ оканчиваютъ пропусканіемъ черезъ аппаратъ струи сухаго и очищеннаго воздуха для вытѣсненія всего кислорода изъ поглотительныхъ приборовъ.

По окончаніи опыта взвѣшиваютъ всѣ поглотительные приборы, какъ расположенные около калориметра, такъ и служащіе для поглощенія продуктовъ, образующихся при дополнительномъ сожиганіи, при чемъ получаютъ: 1) количество воды, уловленной въ видѣ пара, 2) количество углекислоты, происшедшей отъ сожиганія изслѣдуемаго вещества въ камерѣ, 3) количество воды и 4) количество углекислоты, образовавшихся при дополнительномъ сожиганіи.

Иногда случается, что часть угля просыпается въ сожигательную камеру, тогда по окончаніи опыта споласкиваютъ камеру водою, собираютъ уголь на фильтръ, сушатъ, взвѣшиваютъ и вычитаютъ полученный вѣсъ угля изъ взятой для опыта навѣски.

На основаніи полученныхъ данныхъ вычисляютъ результатъ опыта слѣдующимъ образомъ:

Взято для опыта 0,858 каменнаго угля, который весь сгорѣлъ.

*Аналитическая часть опыта.*

Въ поглотительныхъ приборахъ, соединенныхъ съ камерой, уловлено:

H <sub>2</sub> O . . . . .	0,104
CO <sub>2</sub> . . . . .	2,490

При дополнительномъ сожиганіи получено:

H <sub>2</sub> O . . . . .	0,0018
CO <sub>2</sub> . . . . .	0,045

*Калориметрическая часть опыта.*

Значеніе калориметра въ водѣ . . . .	2551 гр.
Температура возвысилась на . . . . .	2,5°
Поправка на охлажденіе . . . . .	0,100.

Откуда количество тепла, непосредственно переданное калориметру, равно:

$$2551 \times 2,6 = 6632,6 \text{ ед. тепла.}$$

Къ этому числу слѣдуетъ прибавить:

1) Количество тепла, отнятое у калориметра водянымъ паромъ. Общее количество воды, увлеченное изъ калориметра, равно 0,104 гр. Часть этой воды перешла изъ калориметра въ видѣ пара безъ предварительнаго сгущенія въ калориметръ. другая же часть послѣ сгущенія въ калориметръ вновь превращена въ паръ струею газомъ. Теплота, пошедшая на превращеніе этой послѣдней части воды въ паръ уже принята во вниманіе при опредѣленіи поправки на охлажденіе, а потому вода эта должна быть вычтена изъ общаго количества воды, ушедшей изъ калориметра, чтобы опредѣлить дѣйствительное количество теплоты, ускользнувшее отъ непосредственнаго калориметрическаго опредѣленія. Часть воды, увлеченная струей газомъ, опредѣлена особеннымъ опытомъ, который показалъ, что при открытіи крана, соотвѣтствующемъ начальному и окончательному періоду опыта, за все время, въ которое длится опытъ, изъ камеры увлекается струею газомъ количество водяныхъ паровъ, равное 0,04480 гр.; такимъ образомъ количество воды, унесенное изъ камеры въ видѣ пара безъ предварительнаго сгущенія, равно  $0,104 - 0,04480 = 0,0592$ . Помножая это количество воды на полную теплоту испаренія воды при средней температурѣ опыта ( $19,00^\circ$ ), мы получимъ, что количество тепла, унесенное парами воды, равно

$$(606,5 + 0,305 \times 19,00) 0,0592 = 36,2.$$

2) Количество тепла, ускользнувшее отъ калориметрическаго опредѣленія вслѣдствіе образованія продуктовъ неполнаго сгоранія.

Количество воды, образовавшейся при дополнительномъ сжиганіи, равно 0,0018 гр., что соотвѣтствуетъ 0,0002 гр. водорода. Предполагая, что вся эта вода образовалась отъ сжиганія водорода, и принимая, что при сжиганіи одной вѣсовой единицы водорода выдѣляется 34500 ед. тепла, получимъ, что отъ неполнаго сгоранія водорода потеря тепла равна:

$$0,0002 \times 34500 = 6,9 \text{ ед. тепла.}$$

Количество углекислоты, образовавшейся при дополнительномъ сжиганіи, равно 0,045 гр., что соотвѣтствуетъ 0,029 окиси углерода. А потому, принимая, что вся угольная кислота, полученная при дополнительномъ со-

жиганіи, образовалась изъ окиси углерода и принимая, что 1 вѣсов. ед. окиси углерода выдѣляетъ при сжиганіи 2403 ед. тепла, получимъ, что отъ неполнаго сгоранія окиси углерода потеря тепла равна

$$2403 \times 0,029 = 69,7 \text{ ед. тепла.}$$

Складывая всѣ эти количества тепла, получимъ:

Колич. теплоты, поглощ. калориметромъ . . . . .	6632,6
Колич. теплоты, унесенной воднымъ паромъ . . . . .	36,2
Колич. тепла вслѣдствіе неполн. сгоранія водорода . . . . .	6,9
Колич. тепла вслѣд. неполн. сгоранія окиси углерода . . . . .	69,7
	6745,4 ед. т.,

которыя выдѣлились при сжиганіи 0,858 гр. каменнаго угля. Слѣдовательно, теплопроизводительная способность изслѣдуемаго угля будетъ

$$\frac{6745,4}{0,858} = 7861,8 \text{ ед. тепла.}$$

Если изслѣдованный уголь содержалъ 2% золы, то въ такомъ случаѣ теплопроизводительная способность органической части угля будетъ равна 8022,2 ед. тепла.

Несравненно точнѣе, удобнѣе и проще *калориметрической способъ Бертело и Вьейля* (1885 <sup>1)</sup>) для опредѣленія теплопроизводительной способности органическихъ соединеній вообще и различныхъ видовъ топлива въ частности, такъ какъ способъ этотъ значительно упрощаетъ производство опыта и дѣлаетъ излишнимъ дополнительное сжиганіе продуктовъ горѣнія изслѣдуемаго вещества. *Бертело и Вьейль* предложили именно производить сжиганіе не въ открытомъ сосудѣ, а въ калориметрической бомбѣ въ сжатомъ кислородѣ. Въ бомбу вносится отвѣшенное количество (около 0,5 гр.) высушеннаго угля, наполняется она кислородомъ подъ давленіемъ 7 атмосферъ и герметически закрывается. Количество кислорода должно быть такое, чтобы послѣ сжиганія исчезло не болѣе 30—40% его; тогда, какъ показали анализы, *не получится вовсе продуктовъ неполнаго сгоранія*. Если же количество кислорода меньше, такъ-что при сгораніи исчезнетъ болѣе половины первоначальнаго количества его, то горѣніе бываетъ неполно и между продуктами находится окись углерода и другія соединенія. Зажиганіе производится посредствомъ металлической проволоки, накаливаемой гальваническимъ токомъ. Для воспламененія угля служитъ желѣзная спираль, вѣсящая не болѣе 2—3% вѣса взятаго угля и выдѣляющая при своемъ

<sup>1)</sup> Ann. Chim. Phys. (Ser. 6) VI, 546.

сгораниі не болѣе 2,0% всего тепла, образующагося отъ сгораниі угля. Сгораніе оканчивается въ нѣсколько секундъ, иногда съ такимъ же шумомъ, какъ при взрывѣ въ закрытомъ сосудѣ. Весь калориметрическій опытъ длится 3—4 минуты, вмѣсто 15—20 минутъ, потребныхъ при сожиганіи въ струѣ кислорода. Теплота сгоранія получается въ данномъ случаѣ при постоянномъ объемѣ и для перевода ея въ теплоту при постоянномъ давленіи слѣдуетъ сдѣлать опредѣленную поправку, но поправка эта при опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива такъ мала, что ею можно пренебречь.

Для перечисленія теплоты сгоранія при постоянномъ объемѣ въ теплоту при постоянномъ давленіи можно пользоваться слѣдующей формулой Бертело (1881 <sup>1)</sup>):

$$Q_{tp} = Q_{tv} + 0,5424 (n - n') + 0,002 (n - n') t,$$

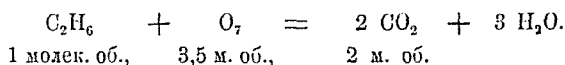
въ которой  $Q_{tp}$  выражаетъ количество тепла, выдѣляющееся при известной реакціи подъ постояннымъ давленіемъ при температурѣ  $t$ , считая ее отъ 0°;

$Q_{tv}$  — количество тепла, выдѣляющееся при той же реакціи и той же температурѣ при постоянномъ объемѣ;

$n$  — число единицъ молекулярныхъ объемовъ, занимаемыхъ тѣлами, вступающими въ реакцію, принимая единицу молекулярнаго объема равною 22,32 литрамъ при давленіи 760 мм. рт. ст. и при 0°.

$n'$  — число единицъ молекулярныхъ объемовъ, занимаемыхъ продуктами реакціи.

Такъ, напр., при сожиганіи этана изъ одного молекулярнаго объема этана и 3,5 м. объемовъ кислорода образуется два м. объема углекислоты, принимая, что вся вода получается въ жидкомъ состояніи:



Отсюда слѣдуетъ, что

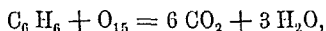
$$\begin{array}{l} n = 1 + 3,5 \\ n' = 2 \end{array} \quad (n - n') = 2,5$$

и разица между молекулярною теплопроизводительною способностью этана при постоянномъ объемѣ и при постоянномъ давленіи, и при температурѣ 0°, будетъ равна

$$0,5424 \times 2,5 = 1,357 \text{ больш. калорій.}$$

Та же формула съ услѣхомъ можетъ быть употреблена и для твердыхъ и для жидкихъ тѣлъ, если известенъ ихъ молекулярный вѣсъ, пренебрегая объемомъ, занимаемымъ этими тѣлами въ жидкомъ или твердомъ состояніи.

Сгораніе, напр., бензола происходитъ по формулѣ:



<sup>1)</sup> Mécanique chimique, I, 115.—Ann. Chim. Phys. (5) XXIII, 168.

откуда

$$n = 7,5 \text{ (принимая объемъ бензола въ жидк. сост. равнымъ 0),}$$

$$n' = 6 \text{ (принимая полное сгущеніе воды),}$$

$$(n-n') = (7,5-6) = 1,5,$$

а поправка при температурѣ 15° будетъ равна:

$$(0,5424 \times 1,5) + (0,002 \times 1,5 \times 15) = 0,859 \text{ калорій.}$$

Этотъ примѣръ показываетъ также, что при сжиганіи углеродистыхъ водородовъ въ твердомъ и жидкомъ состояніи ( $n-n'$ ) равно числу молекулъ кислорода, необходимыхъ для окисленія водорода, заключающагося въ одной молекулѣ изслѣдуемаго тѣла.

Если молекулярный вѣсъ изслѣдуемаго тѣла неизвѣстенъ (какъ это имѣетъ мѣсто для каменнаго угля и другихъ видовъ топлива), то въ такомъ случаѣ нужно принять, что  $Q_{tr}$  и  $Q_{lv}$  выражаютъ количества тепла, выдѣляющіяся при сжиганіи одной вѣсовой единицы топлива, а  $n$  и  $n'$  — молекулярные объемы тѣла до и послѣ реакціи при сжиганіи одной вѣсовой единицы изслѣдуемаго тѣла.

Пусть элементарный составъ каменнаго угля будетъ

С . . . . .	0,832
Н . . . . .	0,051
О . . . . .	0,117
	1,000.

Отчитывая отъ общаго количества водорода ту часть его, которая можетъ быть окислена кислородомъ, содержащимся въ самомъ топливѣ, составъ этого послѣдняго будетъ

С . . . . .	0,832
Н . . . . .	0,036
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,132
	1,000.

Такъ какъ для окисленія одной молекулы (2 гр.) водорода требуется  $\frac{1}{2}$  молекулы (16 гр.) кислорода, а для окисленія одного грамма ( $\frac{1}{2}$  молек.) водорода нужно 8 грам. ( $\frac{1}{4}$  молек.) кислорода, то на окисленіе какого бы то ни было количества водорода въ граммахъ требуется кислорода одна четвертая часть водорода. Значитъ, въ данномъ примѣрѣ разность

$$(n-n') = \frac{0,036}{4} = 0,009,$$

а при 0° разица между теплопроизводительными способностями угля при постоянномъ давленіи и при постоянномъ объемѣ для температуры 0° будетъ:

$$0,009 \times 0,542 = 0,004878 \text{ калорій.}$$

Очевидно, что поправка такъ мала, что при калориметрическихъ изслѣдованіяхъ топлива ею можно пренебречь.

Если газы для опыта были употреблены въ сухомъ видѣ, то послѣ сжиганія не вся вода, образовавшаяся при реакціи, будетъ въ жидкомъ состояніи, а часть ея будетъ находиться въ видѣ пара; часть эта легко мо-

жетъ быть вычислена и принята въ расчетъ. Для избѣжанія, однако, этой поправки кислородъ въ этихъ опытахъ берется насыщенный водянымъ паромъ и потому при вычисленіи можно принять, что вся вода, образующаяся при реакціи, получается въ жидкомъ состояніи.

Калориметрическая бомба Бертело изображена на табл. XXXVIII.

Фиг. 140, А, представляетъ бомбу вполне собранную такъ, какъ она помѣщается въ калориметръ.

Фиг. 140, В, изображаетъ нижнюю часть бомбы (пріемникъ), сдѣланную изъ платины и покрытую кожухомъ изъ стального листа.

Фиг. 140, С, представляетъ крышку бомбы, хорошо подходящую къ пріемнику, сдѣланную изъ платины и покрытую сверху стальной пластинкою. Въ центрѣ крышки укрѣплена трубка S, въ которую входитъ винтъ K, снабженный головкой С и внутреннимъ каналомъ КК'. Поворачивая этотъ винтъ, можно какъ герметически закрыть бомбу, такъ и сообщить внутреннюю полость ея или съ наружнымъ воздухомъ, или съ аппаратомъ, приводящимъ въ бомбу кислородъ, или съ приборомъ для собиранія газовъ, образовавшихся въ бомбѣ, или съ приборомъ, выкачивающимъ воздухъ изъ бомбы. Черезъ крышку же бомбы проходитъ платиновая проволока f, служащая для зажигания изслѣдуемаго тѣла. Проволока эта снабжена небольшою винтовою нарезкою и герметически входитъ въ трубку, сдѣланную изъ слоновой кости и соединяющую проволоку отъ стѣнокъ бомбы.

Фиг. 140, D, представляетъ зажимъ F, при помощи котораго крышка плотно придавливается къ пріемнику.

Фиг. 140, E, представляетъ ключъ для привинчиванія зажима къ кожуху бомбы.

Изслѣдуемое вещество помѣщается или на платиновой пластинкѣ, или на стѣнкѣ, и притомъ такъ, чтобы облегчить воспламененіе вещества при помощи желѣзной спирали, какъ сказано выше. Наполненіе бомбы кислородомъ производится при помощи насоса, при чемъ для удаленія изъ бомбы воздуха газъ нѣсколько разъ выкачиваютъ.

Вмѣстимость бомбы 200—250 куб. см., при чемъ объемъ ея таковъ, что она можетъ быть помѣщена въ калориметръ (емкостью въ 1 литръ), содержащій 550 гр. воды.

Измѣреніе количества образующагося тепла и поправку на охлажденіе производятъ вышеуказаннымъ образомъ.

Послѣ опыта слѣдуетъ убѣдиться, не содержатъ ли газы, образовавшіеся въ бомбѣ при сгораніи топлива, окиси углерода. Для этой цѣли нѣкоторое количество этихъ газовъ собираютъ въ эвдиометръ, удаляютъ изъ нихъ углекислоту, прибавляютъ  $\frac{1}{2}$  объема гремучаго газа (полученнаго электролизомъ воды, подкисленнѣй сѣрной кислотой) и производятъ взрывъ, при чемъ

не должно образоваться и слѣдовъ углекислоты, если опытъ былъ произведенъ удачно.

Даже и въ этомъ упрощенномъ видѣ калориметрической способъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива довольно сложенъ и требуетъ дорогихъ и спеціальныхъ приборовъ и отдѣльнаго помѣщенія, а потому до настоящаго времени *теплопроизводительную способность топлива* (W) всего чаще *опредѣляютъ изъ элементарнаго анализа*, пользуясь формулой Дюлонга (стр. 315):

$$W = 8100 C + 34500 (H - \frac{1}{8} O),$$

гдѣ С, Н и О выражаютъ вѣсовые количества углерода, водорода и кислорода <sup>1)</sup> въ 1 вѣсовой единицѣ топлива. Если желаютъ принять во вниманіе и количество сѣры, содержащейся съ топливѣ, въ такомъ случаѣ формула преобразуется въ слѣдующую:

$$W = 8100 C + 34500 (H - \frac{1}{8} O) + 2500 S,$$

гдѣ S выражаетъ содержаніе сѣры въ 1 вѣсовой единицѣ топлива, а 2500—среднее количество тепла, выдѣляющееся при окисленіи 0,5 ч. сѣры въ сѣрнистую и 0,5 ч. сѣры въ сѣрную кислоту.

Къ сожалѣнію, далеко не всѣ изслѣдователи пользуются формулою Дюлонга въ вышеприведенномъ видѣ для опредѣленія теоретической теплопроизводительной способности топлива изъ его элементарнаго состава.

Формулы, употребляемыя различными изслѣдователями, отличаются отъ вышеприведенной какъ числами, принятыми для теплопроизводительной способности водорода и углерода, такъ и самымъ способомъ вычисленія теплопроизводительной способности топлива.

Теплопроизводительную способность углерода одни изслѣдователи принимаютъ равною 8000 ед., другіе—8080 ед., третьи, наконецъ, 8100 ед., а теплопроизводительную способность водорода одни принимаютъ равною 34462 ед., другіе—34400, третьи, наконецъ, 34220. Изъ этихъ чиселъ для теплопроизводительной способности углерода всего правильнѣе принять число 8100, полученное *Scheurer-Kestner*'омъ и довольно близкое къ числу (8080), найденному *Favre*'омъ и *Silbermann*'омъ. Для теплопроизводительной способности водорода я принялъ число 34500, какъ болѣе простое и ближе подходящее къ числамъ, принятымъ другими изслѣдователями, хотя, быть можетъ, правильнѣе было бы замѣнить его числомъ 34220. *Thom* (1881) подвергъ именно новому перечисленію результатовъ, полученные прежними изслѣдователями для теплопроизводительной способности водорода, при чемъ получалъ слѣдующія числа, принимая теплоемкость воды при 15° за единицу и приводя воду, образующуюся при горѣніи водорода, къ температурѣ 0°.

<sup>1)</sup> Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ изслѣдуемомъ углѣ азотъ не опредѣляется отдѣльно, О выражаетъ сумму кислорода и азота.

	Теплопроизв. спо- собность водорода.
По Than'y . . . . .	34218 ед. т.
„ Andrews'y . . . . .	34230 „
„ Thomsen'y . . . . .	34297 „
„ Favre и Silbermann'y . . . . .	34154 „
„ Schuller'y и Wartha . . . . .	34199 „
Среднее . . . . .	34220 ед. т.

Способы вычисления теоретической теплопроизводительной способности топлива, принятые различными исследователями, отличаются от вышеприведенной формулы следующими.

Одни принимают во внимание количество гигроскопической воды топлива и вычитают из теплопроизводительной способности топлива количество тепла, необходимое для превращения гигроскопической воды в парь с температурой 100°, т. е. принимают:

$$W = 8100 C + 34500 (H - \frac{1}{8}O) - 637 w,$$

гдѣ  $w$  выражаетъ содержание гигроскопической воды въ 1 вѣсов. единицѣ топлива, а 637— есть полная теплота испаренія воды при 100°.

Другіе (Schwackhöfer, 1880) принимаютъ, что весь кислородъ содержится въ топливѣ въ видѣ воды и вычитаютъ изъ теплопроизводительной способности топлива количество теплоты, необходимой для превращенія въ парь температуры 100°, какъ гигроскопической, такъ и „химически связанной“ воды:

$$W = 8080 C + 34462 (H - \frac{1}{8}O) - 637 (w + \frac{9}{8}H).$$

Третьи (Kerl <sup>1)</sup>, Ferrini <sup>2)</sup>, Balling <sup>3)</sup> берутъ во внимание все количество воды, образующееся при горѣніи топлива, принимая полную теплоту испаренія воды равной то 540 (Kerl), то 600 (Ferrini), то 652 (для температуры 150° Balling), такъ что

$$\text{по Ferrini } W = 8100 C + 34500 H - 600 (w + 9 H)$$

$$\text{по Balling'y } W = 8080 C + 34462 (H - \frac{1}{8}O) - 652 (w + 9 H).$$

Наконецъ, Fischer (1882) предлагаетъ вычислять теплопроизводительную способность топлива по формулѣ:

$$W = 8100 C + 34220 (H - \frac{1}{8}O) + 2500 S - 600 (w + 9 H).$$

Всѣ эти видоизмѣненія формулы Дюлонга не заслуживаютъ, по моему мнѣнію, вниманія, такъ какъ они не выражаютъ теоретической теплопроизводительной способности топлива, т. е. того количества тепла, которое выдѣляется при полномъ окисленіи 1 вѣсов. единицы топлива и при охлажденіи продуктовъ горѣнія до температуры 0° или 15°, совершенно независимо отъ того, на что будетъ употреблена эта теплота—на нагреваніе продуктовъ горѣнія или на нагреваніе другихъ тѣлъ. Формулы эти имѣютъ нѣкоторое значеніе при опредѣленіи „полезнаго дѣйствія“ топлива, о чемъ будетъ сказано ниже.

<sup>1)</sup> Kerl и Stohmann. Techn. Chemie, Bd. 3, p. 867.

<sup>2)</sup> Ferrini. Technolog. d. Wärme.

<sup>3)</sup> Balling. Metallurgische Chemie. Bonn, 1882, p. 224.



Теоретическая теплопроизводительная способность дерева, торфа, бурныхъ и каменныхъ углей, вычисленная по формулѣ Дюлонга, почти всегда меньше теплопроизводительной способности тѣхъ же образцовъ топлива, опредѣленной калориметрическимъ путемъ, на что было указано въ первый разъ *Шереръ-Кестнеромъ* и *Менье* (стр. 316) и что подтверждено новѣйшими изслѣдованіями, которые, кромѣ того, показали, что теплопроизводительная способность антрацитовъ и хорошо обожженныхъ искусственныхъ углей (коксъ, черный древесный уголь), вычисленная по формулѣ Дюлонга, больше теплопроизводительной способности, опредѣленной калориметрическимъ путемъ.

Изслѣдованія надъ разницей, получающейся при опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива по формулѣ Дюлонга и калориметрическимъ путемъ, были первый разъ произведены *Scheurer-Kestner'омъ* и *Meunier* (1868), а затѣмъ *Чернаемъ* (1883), *Schwachhöfer'омъ* (1884), *Gottlieb'омъ* (1884), *Scheurer-Kestner'омъ* (1885), *Berthelot* и *Vielle'омъ* (1885) и *В. Алексеевымъ* (1886). Изъ этихъ изслѣдованій самыя интересныя изслѣдованія *Scheurer-Kestner'a* и *Meunier*, о которыхъ уже сказано выше (стр. 316), изслѣдованія *Gottlieb'a* надъ теплопроизводительной способностью дерева, *Scheurer-Kestner'a* — надъ каменнымъ углемъ, *Berthelot* и *Vielle'a* — надъ древеснымъ углемъ, и *В. Алексеева* — надъ каменнымъ углемъ и антрацитомъ. Этотъ послѣдній изслѣдователь указалъ также вышеприведенную зависимость между природою топлива и разницею, получающеюся при опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива по формулѣ Дюлонга и калориметрическимъ способомъ.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены результаты изслѣдованій только-что названныхъ изслѣдователей, при чемъ при вычисленіи теплопроизводительной способности органической части топлива я пользовался формулою Дюлонга, въ томъ видѣ, въ какомъ она приведена на стр. 481, а именно:

$$W = 8100 C + 34500 (H - \frac{1}{8}O).$$

Название топлива.	Удельный весъ.	Гигроскопич. вода %.	100 частей топлива содержатъ:					Количество кокса въ %.	100 ч. органич. массы топлива содержатъ.				Теплопронзв. спо- собн. орг. массы.		А—В.	Имя исследова- теля.	
			С	Н	О	Н	S		Золы.	С	Н	О	Н	По калори- метричск. опредѣлен.			По форму- лѣ Дюлонга
<i>Дерево.</i>																	
Дубъ . . . . .	—	13,30	50,16	6,02	43,45	—	0,37	—	50,35	6,04	43,61	—	4637	4282	355	Gottlieb (1834).	
Ясень . . . . .	—	11,80	49,18	6,27	43,98	—	0,57	—	49,46	6,31	44,23	—	4738	4276	462		
Букъ 60-лѣтній . . . . .	—	13,95	49,14	6,16	44,07	0,09	—	0,54	—	49,41	6,19	44,31	0,09	4792	4226,5		565,5
„ 130-лѣтній . . . . .	—	12,95	49,03	6,06	44,36	0,11	—	0,44	—	49,24	6,09	44,56	0,11	4806	4168		638
„ 100-лѣтній . . . . .	—	13,75	48,87	6,14	44,29	0,06	—	0,64	—	49,18	6,18	44,58	0,06	4801	4193		608
Береза . . . . .	—	11,83	48,88	6,06	44,67	0,10	—	0,29	—	49,03	6,07	44,80	0,10	4785	4133,6		651,4
Ель . . . . .	—	12,17	50,36	5,92	43,39	0,05	—	0,28	—	50,50	5,94	43,51	0,05	5049	4263		786
Сосна . . . . .	—	11,80	50,31	6,20	43,08	0,04	—	0,37	—	50,50	6,22	43,24	0,04	5104	4372	732	
Среднее . . . . .	—	12,69	49,49	6,10	43,97	—	0,44	—	49,71	6,13	44,16	—	4839	4239,3	+599,7		
<i>Древесный уголь.</i>																	
Бурый (1) . . . . .	—	—	69,35	5,28	24,74	—	—	0,63	—	69,79	—	24,90	—	6642	6412	+230	Berthelot (1885).
„ (2) . . . . .	—	—	64,82	5,50	23,85	—	—	0,83	—	65,36	5,31	29,09	—	6020	5954	+66	
Черный (1) . . . . .	—	—	90,13	3,37	4,74	—	—	1,76	—	91,74	5,55	4,83	—	8240	8406	—166	
„ (2) . . . . .	—	—	90,92	3,35	4,25	—	—	1,48	—	92,29	3,43	4,31	—	8212	8462	—250	
Уголь изъ сердцевинъ бу- зины . . . . .	—	—	70,90	5,06	21,83	—	—	2,21	—	72,50	5,18	22,32	—	6243	6697	—454	
<i>Каменный уголь.</i>																	
Ronchamp . . . . .	—	—	89,09	5,09	3,49	1,30	1,03	—	—	90,02	5,14	3,53	1,31	9130	8913	+217	Scheurer-Kestner (1885).
Altendorf (Руръ) . . . . .	—	—	89,92	4,11	3,97	1,00	1,00	—	—	90,83	4,15	4,01	1,01	9121	8616,5	+504,5	

Название топлива.	Удельный весъ.	100 частей топлива содержать.						Количество кокса въ %.	100 ч. органич. массы топлива содержать.				Теплопроизв. способн. орг. массы.		А—В.	Имя исследователя.	
		Водородной воды.	С	Н	О	N	S		Золы.	С	Н	О	N	По калори- метрич. опредѣлен.			По форму- лѣ Дюлонга
<i>Каменные угли Донецкаго бассейна.</i>																	
Рутченковский уг. шахта № 18	—	1,70	81,41	4,85	10,38	0,96	0,70	69,14	84,24	5,02	10,74	8232	8093	+139	Алексѣевъ (1886).		
Рутченк. уг. шахта № 19 (1)	—	1,32	79,93	4,69	10,72	0,97	2,37	66,78	83,84	4,92	11,24	8257	8003,7	+253,3			
Рутченк. уг. шахта № 19 (2)	—	1,10	80,67	4,71	10,50	0,98	2,04	66,72	84,14	4,91	10,95	8115	8036,6	+73,4			
Коксъ изъ того же угля № 18	—	—	91,90	1,39	2,58	2,10	0,60	1,43	100,00	93,804	1,42	2,633	2,143	7815,6	7974	-158,4	
<i>Ферганскій уголь</i>	1,388	8,51	66,01	4,82	25,75	0,68	0,73	2,00	59,50	67,865	4,96	26,475	0,70	6821	6066,6	+754,4	
<i>Антрациты Грушевскіе</i>																	
пласть 1-й	—	3,50	88,61	1,51	3,70	0,86	1,82	—	94,45	1,61	3,94	7473	8036,8	-563,8			
<i>Антрациты Грушевскіе</i>																	
пласть 2-й	—	3,24	90,64	1,51	1,92	1,78	0,91	—	96,35	1,61	2,04	7532,4	8273,5	-741,1			
<i>Антрациты Грушевскіе</i>																	
рыхлый	—	3,64	88,76	1,39	3,24	1,55	1,42	—	95,04	1,49	3,47	7404	8064	-660			
<i>Киргизскіе лигниты (Томской губ.)</i>																	
Худай-Кульскій (древовидный)	1,280	7,17	56,70	5,84	34,51	0,24	0,65	2,06	32,56	58,28	6,00	35,47	0,25	5448	5261	+187	
" " (черный)	1,520	8,28	52,39	4,38	36,97	0,38	0,86	5,02	34,20	55,66	4,65	39,28	0,404	4860	*)		
<i>Рязанскій бжегедъ (I)</i>	—	1,91	62,29	7,84	18,04	0,74	1,99	9,10	21,72	70,06	8,82	20,29	0,83	8286	7843	+443	
" " (II)	—	0,32	58,87	7,76	9,27	0,50	слѣд.	23,60	38,77	77,06	10,16	12,13	0,65	9104	9224	-120	
<i>Алтайскій к. у. (Соснинскій)</i>	—	5,00	73,66	5,79	16,63	2,27	—	1,65	54,30	74,89	5,89	16,91	2,31	7226	7370	-144	
<i>Уральскій у. съ вост. склона (Каменскій)</i>	—	—	79,31	3,465	3,505	0,87	1,94	10,91	86,41	91,00	3,98	4,02	1,00	8452	8571	-119	
<i>Шумиинскій антрацитъ</i>	—	1,87	93,45	0,99	5,56	—	—	2,02	91,80	93,45	0,99	5,56	—	7417	7671	-254	

\*) Теплопроизводительная способность по формулѣ Дюлонга не могла быть вычислена, такъ какъ величина  $(H - 1/8O)$  получилась отрицательная.

Для быстрого и приблизительнаго опредѣленія теплопроизводительной способности топлива еще и въ настоящее время нерѣдко употребляютъ способъ Бертье, который при опредѣленіи теплопроизводительной способности близкихъ между собою видовъ топлива, даетъ результаты, пригодные для практическихъ цѣлей (срав. стр. 316).

Опредѣленіе теплопроизводительной способности по способу Бертье производится слѣдующимъ образомъ.

Испытываемый горючій матеріалъ превращаютъ въ мелкій порошокъ и 1 граммъ его смѣшиваютъ съ 40 гр. чистаго, свѣженепрешлавленнаго, измельченнаго и просѣяннаго глета; смѣсь помѣщаютъ въ тигель изъ очень огнеупорной глины и покрываютъ приблизительно такимъ же количествомъ глета, какое было взято для смѣси. Тигель долженъ быть такой величины, чтобы засыпь наполняла его только до половины. Тигель закрываютъ крышкой, примазываютъ глиною и ставятъ въ горнъ самодувной печи, или, лучше, въ муфельную печь. Сначала нагрѣваютъ слабо, а подѣ конецъ въ продолженіе 10 минутъ доводятъ тигель до яркаго каленія. При этомъ нагрѣваніи углеродъ и водородъ изслѣдуемаго топлива окисляются насчетъ кислорода окиси свинца, которая возстаповляется въ металлическій свинецъ, собирающійся на днѣ тигля въ видѣ чистаго королька. По окончаніи прокаливанія тиглю даютъ остыть, разбиваютъ его, отбиваютъ молоткомъ окисъ свинца отъ металлическаго королька и взвѣшиваютъ этотъ послѣдній. По вѣсу королька ( $a$ ) опредѣляютъ количество кислорода ( $\Lambda$ ), употребленнаго на окисленіе взятаго вѣса топлива. Такъ какъ въ глетѣ на 103,5 свинца приходится 8 ч. кислорода, то искомое количество кислорода будетъ:

$$\Lambda = \frac{8 \times a}{103,5}$$

Принимая, что 1 ч. кислорода, употребленная на горѣніе, даетъ 3000 ед. тепла, получимъ, что  $\Lambda \times 3000$  будетъ количество тепла, выдѣленнаго вѣсомъ топлива, взятымъ для опыта.

*Faisst* (1855) и *Stölzel* (1857) приводятъ данныя въ пользу пригодности *способа Бертье* для практическихъ цѣлей. *Rivot* (1862) указываетъ условія, которыя должны бытъ соблюдены при употребленіи *способа Бертье* для полученія возможно точныхъ результатовъ. *Mingos* (1881) и *Lebaigue* (1881) предлагаютъ измѣненія *способа Бертье*, не заслуживающія вниманія.

Опредѣленіе теплопроизводительной способности топлива, сожиганіемъ его подѣ паровикомъ<sup>1)</sup>. Теплопроизводительная способность топлива, опредѣленная калориметрическимъ путемъ

<sup>1)</sup> *Fischer*. Ueber die Ausführung von Heizversuche in Dampfkesselbetriebe. Dingl. J. 1879, 232, 237, 336; 1882, 245, 357, 397, 437.—*Давыдовъ*. Какъ производить испытаніе каменнаго угля заграницей. Харьковъ, 1881 (8<sup>о</sup>, 15).—*Bunte*. I—III. Berichte der Heizversuchstation München. München, 1879—1882.

или вычисленіемъ по формулѣ Дюлонга, не опредѣляетъ еще вполне его практическаго достоинства, такъ какъ на полезное дѣйствіе топлива имѣетъ вліяніе крупность кусковъ, большая или меньшая спекаемость, большая или меньшая его способность растрескиваться въ огнѣ и выдѣлять продукты сухой перегонки. Въ виду этого практика рѣдко довольствуется для опредѣленія достоинства топлива аналитическими и калориметрическими данными, а требуетъ непосредственнаго опыта, показывающаго, сколько пара производитъ единица вѣса топлива, при сжиганіи его подѣ паровикомъ опредѣленнаго устройства.

Какъ сказано было выше (стр. 318), въ изслѣдованіяхъ подобнаго рода имѣютъ въ виду или *опредѣлить только количество воды, испаряемой топливомъ при сжиганіи его подѣ паровикомъ*, или же также количество тепла, теряющееся при этомъ въ продуктахъ горѣнія и черезъ теплопроводимость и лученспусканіе сжигательнаго прибора, и тѣмъ *опредѣлить общее количество тепла*, образующееся при горѣніи топлива.

Чтобы дать понятіе о томъ, какъ должны быть произведены *изслѣдованія перваго рода*, я опишу здѣсь способъ изслѣдованія, употребленный при испытаніи германскихъ углей, на верфи въ Вильгельмсгафенѣ, по порученію германскаго адмиралтейства съ 1874—1876 годъ.

Для опыта служилъ трубчатый паровикъ, вмѣщавшій въ себѣ около 9000 кило воды. Остальные размѣры его были слѣдующіе:

Толщина щитовыхъ стѣнокъ (передней и задней) . . . . .	16 мм.
„ котельнаго желѣза въ топкѣ . . . . .	11 мм.
„ прочихъ стѣнокъ котла . . . . .	10 мм.
Наружный діаметръ дымог. трубокъ изъ желтой мѣди . . . . .	75 мм.
Внутренній „ „ „ „ „ „ . . . . .	70 мм.
Поверхность нагрѣва котла составляетъ:	
Въ топкахъ . . . . .	6,560 кв. м.
Въ заднихъ дымовыхъ камерахъ . . . . .	8,196 кв. м.
Въ переднихъ дымовыхъ камерахъ . . . . .	4,350 кв. м.
Въ дымогарныхъ трубкахъ . . . . .	81,600 кв. м.

Всего . . 100,706 кв. м.

Вся поверхность рѣшетки равна была 3,52 м., поверхность прозоровъ—0,824 м.

Дымовая труба имѣла въ діаметрѣ: внизу 800 мм., а сверху 700 мм.; высота ея 12 м. надѣ паровымъ котломъ. Котель помѣщался въ просторномъ зданіи и не былъ обложенъ никакой кладкой.

Для питанія котла водою были устроены изъ толстаго листоваго желѣза два бака и притомъ на такой высотѣ, что вода собственнымъ давленіемъ

ніем могла притекать въ котель. Притокъ воды регулировался клапаномъ, помѣщеннымъ въ водопроводной трубѣ близъ самаго котла. Особенное приспособленіе дозволяло соединить баки то съ трубой, ведущей воду въ котель, то съ трубой, приводящей воду въ бакъ, такъ что попеременно можно было котель наполнять водою изъ одного бака, въ то время какъ другой бакъ наполнялся свѣжею водою. Баки имѣли водомѣрные трубки съ тщательно изготовленными шкалами. Дѣленія шкалъ были опредѣлены изъ непосредственнаго опыта, наливая послѣдовательно извѣщенные количества воды опредѣленной температуры, что давало возможность во всякое время отсчитывать вѣсъ воды, поступившей въ котель. При питаніи наблюдалась температура воды, соответственно коей вводилась поправка для ея количества. Точно такимъ же образомъ изготовленная шкала находилась при водомѣрной трубкѣ котла. Бакъ № 1 былъ измѣренъ водою при температурѣ  $14,5^{\circ}$ , а бакъ № 2—при  $16,5^{\circ}$ .

Съ цѣлью достиженія возможно правильныхъ результатовъ, испытываемые угли употреблялись равной степени измелченія и сухости. Высушиваніе угля при возвышенной температурѣ было отвергнуто, и угли, смоченные дождемъ или отсырѣвшими, раскладывались тонкимъ слоемъ на два или три дня въ помѣщеніи, занимаемомъ котломъ. Средняя температура помѣщенія была  $20^{\circ}$  Ц. Для ускоренія сушки угли часто перемѣшивались. Послѣ того, какъ угли потеряли поглощенную ими воду, крупные куски разбивались на болѣе мелкіе, величиною въ кулакъ, и отсылались черезъ наклонное рѣшето (подъ угломъ  $40^{\circ}$ ) длиною въ 1,75 м. и шириною въ 1 метръ съ отверстіями въ 30 мм. въ квадратъ. Изъ отсыбенаго угля брали нужное для испытанія количество. При испытаніи смѣшаннаго угля крупный и мелкій уголь отвѣшивали отдѣльно и затѣмъ смѣшивали.

Испытаніе нагрѣвательной способности производилось слѣдующимъ образомъ.

Сначала отвѣшивали такое количество угля, которое могло бы нагрѣть воду, содержащуюся въ котлѣ, до кипѣнія. Уголь этотъ забрасывался въ топку на тонкій слой дровъ съ древесными стружками и только тогда зажигали послѣдніе. Если забросанное количество угля было недостаточно, чтобы довести воду въ котлѣ до кипѣнія, то прибавляли новое отвѣщенное количество угля. Опытъ начинался лишь тогда, когда вода закипѣла и на рѣшеткѣ оставалось лишь столько угля, чтобы жаръ его могъ воспламенить забрасываемый испытываемый уголь.

Кипѣніе наблюдалось по термометру, помѣщенному въ котлѣ, а также по температурѣ пара, выходящаго изъ паропроводной трубы, и по водомѣрной трубкѣ, въ которой замѣчалось колебаніе воды. При началѣ испытанія на

рѣшетку забрасывалось отвѣшенное количество угля и наблюдалась температура питающей воды въ бакѣ, равно какъ и высота ея уровни какъ въ бакѣ, такъ и въ котлѣ. Во время самыхъ испытаній опредѣленіе температуры питающей воды повторялось каждую четверть часа, чтобы въ послѣдствіи можно было ввести въ вычисленіе среднюю ея температуру; точно также притокъ воды въ котель регулировался такимъ образомъ, чтобы уровень ея въ немъ былъ по возможности постоянный.

Кромѣ того обращали большое вниманіе на правильный уходъ за топкой и поддерживали слой угля на рѣшеткѣ всегда надлежащей толщины, въ большей части случаевъ 100—120 мм. Спекающіеся угли перемѣшивали въ надлежащее время, а топче и сухіе—трогали возможно меньше. Шлаки, засаривающіе рѣшетку, удалялись насколько возможно, а негорѣвшіе куски угля, провалившіеся сквозь рѣшетку, по временамъ снова бросали въ топку. При забрасываніи новаго количества угля наблюдалась продолжительность и густота дыма, отдѣляющагося изъ трубы.

Когда внесена на рѣшетку послѣдняя засыпъ угля, отвѣшеннаго для опыта, тогда огонь поддерживали до тѣхъ поръ, пока остатокъ раскаленныхъ углей на рѣшеткѣ не сдѣлается равнымъ (приблизительно) тому остатку, который былъ на рѣшеткѣ при началѣ опыта. Затѣмъ приводили воду въ котлѣ къ первоначальному уровню и записывали показанія водомѣрныхъ трубокъ баковъ, равно какъ и среднюю температуру воды, служившей для питанія паровиковъ. Количество шлаковъ и золы опредѣлялось непосредственнымъ взвѣшиваніемъ послѣ охлажденія топки и котла. Небольшія количества негорѣвшихъ частицъ угля, заключавшихся въ шлакахъ и золѣ, въ расчетъ вовсе не принимались.

Опытъ продолжали обыкновенно 6 часовъ; срокъ этотъ полезно было бы увеличить до 12—24 часовъ, для полученія болѣе точныхъ результатовъ.

На основаніи полученныхъ данныхъ вычислялось количество воды ( $p$ ) съ температурой  $0^{\circ}$ , превращенной въ насыщенный паръ, съ температурою  $100^{\circ}$ , одною вѣсовой единицею топлива.

Пусть  $P$  будетъ вѣсъ воды съ среднею температурою  $t$ , испаренной вѣсовой единицею топлива по показанію водомѣрныхъ стеколъ баковъ. Такъ какъ для превращенія 1 вѣсовой единицы воды съ температурою  $0^{\circ}$  въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$  нужно 637 ед. тепла, то для превращенія  $P$  количества воды съ температурою  $t$  въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$  нужно:

$$637 P - Pt \text{ ед. тепла.}$$

Раздѣляя это число на полную теплоту испаренія воды съ температурою  $0^{\circ}$

въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$ , т. е. на 637, получимъ:

$$p = \frac{637 P - Pt}{637} \text{ кило.}$$

Умножая  $p$  на полную теплоту испаренія воды при  $0^{\circ}$  (637), мы получимъ число единицъ тепла, которое съ пользою было употреблено при сжиганіи 1 вѣсов. единицы топлива въ данномъ приборѣ.

Зная теоретическую теплопроизводительную способность топлива, не трудно опредѣлить изъ разности количество тепла, которое было унесено дымогарными газами и потеряно вслѣдствіе теплопроводности и лучеиспусканія сжигательнаго прибора.

*Примѣръ.* Сожжено каменнаго угля 1800 кило.

Испарено воды изъ бака № I 6633 кило по показ. шкалы.

„ „ „ „ № II 8785 „ „ „

15418 кило.

Средняя температура питающей воды  $16^{\circ},0$ . Такъ какъ шкалы баковъ были изготовлены для воды съ температурою  $14^{\circ},5$  (бакъ № I) и  $16^{\circ},5$  (бакъ № II), то для получения дѣйствительнаго вѣса испаренной воды, необходимо сдѣлать соответственную поправку; но поправка эта такъ невелика, что ею можно пренебречь, и въ такомъ случаѣ получимъ, что 1800 кило угля превратило 15418 кило воды съ температурою  $16^{\circ},0$  въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$ ; слѣдовательно, то же количество топлива превратило бы въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$ :

$$\frac{(15418 \times 637) - (15418 \times 16,0)}{637} = 15031$$

кило воды съ температурою  $0^{\circ}$ . Раздѣляя полученное число на вѣсъ топлива, получимъ количество воды съ температурою  $0^{\circ}$ , превращенное въ насыщенный паръ съ температурою  $100^{\circ}$  однимъ кило топлива:

$$\frac{15031}{1800} = 8,35 \text{ кило.}$$

Умножая 8,35 на полную теплоту испаренія воды, окажется, что при сжиганіи 1 кило изслѣдуемаго каменнаго угля подъ паровикомъ указаннаго устройства съ пользою было употреблено 5319 ед. тепла. Если теплопроизводительная способность изслѣдуемаго угля была равна 7000 ед. тепла, то изъ 100 ед. тепла, развитаго топливомъ, на испареніе воды пошло всего 76%.

Понятно, что при испытаніи топлива непосредственнымъ сжиганіемъ его подъ паровикомъ нѣтъ необходимости производить опытъ при условіяхъ вполне тождественныхъ тѣмъ, которыя были указаны выше. При производствѣ подобныхъ опытовъ могутъ быть сдѣланы тѣ или другія измѣненія, а также испареніе воды въ котлѣ можетъ быть ведено подъ извѣстнымъ давленіемъ, употребляя паръ для работы паровой машины. Во всякомъ случаѣ, однако, при опытахъ подобнаго рода необходимо:



1) Точно определить условия работы, равно какъ и устройство и размеры паровика и сожигательнаго прибора, которые должны быть принаровлены къ роду сожигаемаго топлива.

2) Передъ опытомъ тщательно очистить паровикъ и дымовые ходы.

3) Для питанія паровика употреблять воду по возможности чистую, не дающую накипи.

4) Сожигаемое топливо должно представлять по возможности среднюю пробу, химическій составъ которой долженъ быть извѣстенъ.

5) Производить самое испытаніе достаточно продолжительное время (10 часовъ и болѣе) и начинать опытъ не ранѣе того, когда котелъ придетъ въ состояніе установившейся работы.

6) Определение количества сожженного топлива, количества испаренной воды, температуры питающей воды, равно какъ и давленія пара въ паровикѣ должно быть произведено съ возможной тщательностью, а уходъ за тонкой порученъ опытному кочегару.

Какое вліяніе на полезное дѣйствіе топлива при сожиганіи его подъ паровикомъ оказываетъ опытность кочегара, могутъ служить результаты конкурсовъ между кочегарами, устраиваемыхъ Мюльгаузенскимъ техническимъ обществомъ съ 1860 года. Кочегары были предварительно обучаемы по одинаковой системѣ и затѣмъ имъ поручали уходъ за тождественными котлами въ теченіе продолжительнаго времени, определяли во время конкурса вѣсъ сожженного топлива, вѣсъ получаемыхъ шлаковъ и вѣсъ полученнаго пара. Нижеслѣдующая таблица показываетъ среднее изъ полученныхъ результатовъ.

Годъ.	% содержа- ніе золы въ углѣ.	1 кило угля испарило воды		Разница между резуль- татами, до- стигнутыми отдѣльными кочегарами въ %.
		Считая на уголь съ 10% золы.	Считая на ор- ганическую часть угля.	
1861	9,6	6,93	7,68	15,3
1862	10,8	7,59	8,35	4,2
1863	12,4	7,43	8,25	18,7
1864	13,3	7,55	8,39	10,4
1865	21,6	7,67	8,51	9,6
1866	20,9	6,47	7,18	28,2
1867	17,7	7,64	8,48	16,6
1868	11,0	7,41	8,22	7,5
1869	16,1	7,24	8,02	8,0
1873	23,4	8,40	9,33	—
1874	17,1	8,31	9,22	7,1
1875	18,4	9,03	10,02	10,0
1877	7,6	8,74	9,69	8,5

Такимъ образомъ разница въ результатахъ, достигнутыхъ различными кочегарами, доходила до 28%.

Еще большія разницы получились при состязаніи истонниковъ въ магдебургскомъ паровичномъ обществѣ (Magdeburg-er Kesselverein). Такъ въ 1886 году изъ одиннадцати истонниковъ самый лучший испарилъ однимъ кило каменнаго угля 6,89 кило, самый худшій всего 4 кило воды (разница въ  $47^{\circ}$ ), а 1 кило бураго угля самый лучший истонникъ испарилъ 2,32 кило, а самый худшій всего 1 кило воды.

7) Уровень воды и давленіе пара въ котлѣ слѣдуетъ держать во время опыта по возможности на одной и той же высотѣ, а уровень воды въ котлѣ кромѣ того не долженъ быть слишкомъ высокъ, чтобы по возможности уменьшить увлеченіе воды въ капележидкомъ состояніи парами, уходящими изъ котла <sup>1)</sup>. Для этой послѣдней цѣли полезно снабжать котлы приспособленіями, удерживающими воду, увлеченную паромъ (*осушители пара*).

При болѣе точныхъ опытахъ *влажность пара должна быть опредѣлена изъ непосредственнаго опыта*. Если условія горѣнія въ теченіе опыта постоянны, и влажность пара можетъ быть принята постоянной, въ такомъ случаѣ опредѣляютъ ее разъ для всего опыта или же нѣсколько разъ черезъ опредѣленные промежутки времени. Если же влажность пара не можетъ быть принята постоянной, въ такомъ случаѣ въ теченіе всего опыта отводятъ изъ паровика опредѣленную часть пара и опредѣляютъ въ ней ея влажность.

Для опредѣленія влажности пара пользуются *калориметрическими и химическими способами*.

*Калориметрическій способъ опредѣленія влажности пара*, предложенный *Гирномъ* (Hirn) и примѣненный *Галлоэ* (Hallauer, 1874), состоитъ въ опредѣленіи количества теплоты, содержащейся въ данномъ вѣсѣ пара. для чего нѣкоторая часть пара впускается въ сосудъ (калориметръ) съ опредѣленнымъ количествомъ воды, и изъ возвышенія температуры этой послѣдней и увеличенія ея вѣса выводится вѣсъ сгущеннаго пара и (при помощи вычисленія) степень его влажности. Для полученія точныхъ результатовъ взвѣшиваніе производится на чувствительномъ гидростатѣ *Кёпелена* (Körrelin, 1859), а возвышеніе температуры измѣряютъ помощью дифференціального воздушнаго термометра *Гирна*.

Фиг. 141 табл. XXXIX представляетъ устройство прибора въ томъ видѣ, въ какомъ имъ пользовался *Галлоэ* при своихъ опытахъ надъ влажностью пара, даваемого паровиками.

О—паропроводная труба, А—калориметръ, GR—дифференціальный термометръ *Гирна*.

<sup>1)</sup> Количество воды, увлекаемой паромъ изъ котла, можетъ доходить при неблагоприятныхъ условіяхъ до 20% по вѣсу смѣси. Въ большей части случаевъ она не превышаетъ 10%; въ опытахъ *Hallauer* (1875) она равнялась 2—5%; въ опытахъ *Linde* (1878) она равнялась 7—12%.

*Термометръ Гирна* состоитъ изъ трехъ стеклянныхъ трубокъ  $R$ ,  $E$  и  $E'$ , укрѣпленныхъ на вертикальной доскѣ и сообщающихся другъ съ другомъ нижними своими концами. Трубка  $R$  снабжена въ верхней своей части открытымъ шаромъ  $r$  (діаметръ 10 см.), который служитъ резервуаромъ для жидкости манометра (спирта или мыльной воды). Трубки  $E$  и  $E'$  снабжены шкалами, раздѣленными на  $\frac{1}{2}$  мм., считая отъ уровня жидкости въ  $r$ , который можно принять постояннымъ, такъ какъ вслѣдствіе большаго діаметра сосуда  $r$  уровень этотъ измѣняется незначительно даже при самыхъ большихъ разницѣхъ въ высотахъ столбовъ жидкости въ трубкахъ  $E$  и  $E'$ . Трубки  $E$  и  $E'$  соединены съ кранами о трехъ ходахъ, при помощи которыхъ они могутъ быть соединены съ сосудами  $B$  и  $B'$ , наполненными воздухомъ, температура котораго должна быть измѣрена. Пониженіе столбовъ жидкости въ трубкахъ  $E$  и  $E'$  относительно уровня жидкости въ  $r$ , опредѣляетъ упругость, а слѣдовательно и температуру воздуха въ сосудахъ  $B$  и  $B'$ . Этимъ путемъ можетъ быть опредѣлена одновременно температура жидкостей, помѣщенныхъ въ сосудахъ  $A$  и  $A'$ . Если же желаютъ опредѣлить только разность температуры жидкостей въ сосудахъ  $A$  и  $A'$ , то въ этомъ случаѣ поворачиваютъ кранъ  $F$  и разобщаютъ трубку  $R$  отъ трубки  $E$  и  $E'$ . Такъ какъ въ нашемъ случаѣ дѣло касается опредѣленія температуры воды въ калориметрѣ  $A$ , то сосудъ  $B'$  исключаютъ изъ цѣпи и сообщаютъ трубку  $E'$  съ воздухомъ, соответственнымъ поворотомъ крана  $D'$ .

Если  $V$  обозначаетъ объемъ сосуда  $B$ ,

$s$ —поперечный разрѣзъ трубки  $E$ ,

$\Delta$ —удѣльный вѣсъ ртути при  $0^\circ$ ,

$\delta$ —удѣльный вѣсъ, а  $\beta$ —коэффициентъ расширенія жидкости манометра,

$\lambda$ —коэффициентъ куб. расширенія матеріала, изъ котораго сдѣланъ сосудъ  $B$ ,

$a$ —коэффициентъ расширенія воздуха,

$h_0$ —высота столба жидкости въ трубкѣ  $E$ ,

$B$ —высота барометра во время соедин. сосуда  $B$  съ манометромъ,

$B'$ —высота барометра во время отсчитыванія высоты столба  $h_0$ ,

$i$ —температура воды калориметра при началѣ опыта,

$t$ —температура воды калориметра послѣ опыта,

$a$ —температура жидкости манометра,

то получимъ слѣдующее уравненіе, данное *Гирномъ*:

$$\frac{\Delta}{\delta} B' + \frac{h_0}{1 + \beta a} = \frac{\Delta}{\delta} \left( \frac{BV}{V + sh_0} \right) \left( \frac{1 + \lambda i}{1 + \lambda t} \right) \left( \frac{1 + at}{1 + \lambda t} \right),$$

изъ котораго можно точно опредѣлить  $t$ , если всѣ другія величины извѣстны

*Калориметръ*, употребленный *Галлоэ*, былъ сдѣланъ изъ цинковаго листа и вмѣщалъ въ себѣ 25 литр. воды. Змѣеникъ, приводившій паръ изъ паропроводной трубы, былъ закрытъ и только на своемъ концѣ снабженъ отверстіемъ въ 4 мм., чтобы уменьшить шумъ, происходящій при сгущеніи пара. Для равномернаго распредѣленія теплоты въ калориметрѣ служила мѣшалка *КК*. Соединеніе капиллярной трубки *С* съ сосудомъ *В* производилось при помощи металлическаго конуса, покрытаго каучукомъ, и гайки, обхватывающей обѣ трубки, чѣмъ достигался герметическій затворъ.

Взвѣшиваніе калориметра производилось при помощи *идростата Кёпелли*, основаннаго на законѣ Архимеда и представляющаго собою при-мѣненіе волчка съ постояннымъ объемомъ къ взвѣшиванію тѣлъ. Приборъ этотъ представленъ на фиг. 142, табл. XXXIX. *А*—плавунъ, состоящій изъ двухъ мѣдныхъ полыхъ цилиндровъ; *В*—сосудъ, наполненный водою, въ который погруженъ плавунъ. Сосудъ *В* окруженъ войлокомъ и латуннымъ чехломъ *Н*, чтобы воспрепятствовать быстрому измѣненію температуры воды, содержащейся въ сосудѣ. *аа*—палочки изъ позолоченной стали, поддерживающія плавунъ и снабженныя чертою, указывающей нормальный уровень воды въ сосудѣ *В*; *bb*—трехплечая горизонтальная перекладина (арматура—*Beschlage*), къ которой привинчены палочки; *с*—вертикальный стержень, укрѣпленный по срединѣ перекладины *bb* и доходящій до нижней части сосуда черезъ трубку, служащую ему чехломъ и защищающую его отъ соприкосновенія съ водою; *Д*—чашка для разновѣсокъ, прикрѣпленная къ стержню *с* и движущаяся внизъ и вверхъ, слѣдуя движенію плавуну; *Е*—чашка съ меньшимъ діаметромъ, помѣщенная на чашкѣ для разновѣсокъ и служащая для воспріятія взвѣшиваемаго тѣла; *FF*—стѣнки стеклянаго шкафа, окружающаго нижнюю часть прибора; *dd*—шкалы, неподвижно укрѣпленныя по обѣимъ сторонамъ стержня *с* въ верхней части шкафа. Нулевая точка этихъ шкалъ находится по срединѣ ихъ и соотвѣтствуетъ нормальному уровню воды въ сосудѣ *В*; *е*—линейка, неподвижно прикрѣпленная къ стержню *с* и указывающая колебанія плавуну на шкалахъ *dd*, линейка эта снабжена надставками *ff*, оканчивающимися вилками, охватывающими стеклянные стержни *gg*, привѣшенные къ верхней крышкѣ шкафа при помощи колецъ и крючковъ и снабженные на нижнихъ концахъ мѣдными шарами. Цѣль этихъ приспособленій воспрепятствовать вращательному движенію висящей части прибора; *Г*—крышка, которая почти совпадаетъ съ уровнемъ воды въ сосудѣ *В* и служитъ для уменьшенія испаренія воды. Она снабжена отверстіями для прохода палочекъ *аа*; *ii*—упорки (задержки), препятствующія слишкомъ сильному поднятію и опусканію плавуну.

Взвѣшиваніе на этомъ приборѣ производится слѣдующимъ образомъ:

на чашку *D* нагружаютъ разновѣски до тѣхъ поръ, пока линейка не дойдетъ до нулевой черты шкаль, затѣмъ на чашку *E* помѣщаютъ взвѣшиваемый предметъ (въ нашемъ случаѣ калориметръ) и снимаютъ съ вѣсовъ столько гирь, чтобы линейка опять поднялась до нулевой черты шкаль. Количество снятыхъ гирь и укажетъ вѣсъ взвѣшиваемаго тѣла. Чувствительность вѣсовъ подобнаго рода очень велика, а именно при нагрузкѣ 25 кило они показываютъ еще 0,1 грамъ.

Помощью вышеописанныхъ приборовъ опредѣляютъ влажность пара слѣдующимъ образомъ.

Прежде всего тщательно осушаютъ сосудъ *B* термометра. Для этой цѣли нагреваютъ его до 200°, пропускаютъ черезъ него сухой воздухъ при помощи трубки, доходящей до дна сосуда, вбрасываютъ въ него нѣсколько кусковъ обезвоженнаго хлористаго кальція и укрѣпляютъ въ крышкѣ калориметра. Затѣмъ взвѣшиваютъ калориметръ, опредѣливъ предварительно значеніе составныхъ частей его въ водѣ. Пусть вѣсъ калориметра будетъ равенъ 7,0540 кило, а значеніе его въ водѣ 0,5980. Далѣе наполняютъ калориметръ водою и вновь взвѣшиваютъ. Пусть вѣсъ наполненнаго калориметра будетъ равенъ 22,5364 кило, слѣдовательно въ немъ помѣщено воды 15,4824 кило. Подготовивъ такимъ образомъ калориметръ, соединяютъ сосудъ *B* съ трубкою *E*, а змѣвикъ его *M* при помощи гайки и короткой трубки *H* съ паропроводной трубкой *O*. Трубка *H* снабжена двумя кранами: верхнимъ *L'* и нижнимъ *L*; кранъ *L* имѣетъ три хода, изъ которыхъ одинъ открывается въ отверстіе *i*, сообщающее трубку *H* съ наружнымъ воздухомъ. Передъ началомъ опыта открываютъ кранъ *L'* и выпускаютъ паръ изъ трубки *H* черезъ отверстіе *i* въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, чтобы нагрѣть трубку *H*. Въ то же время измѣряютъ при помощи чувствительнаго ртутнаго термометра температуру воды въ калориметрѣ (пусть она будетъ равна 18,6°) и отмѣчаютъ высоту столба жидкости въ манометрѣ диф. термометра (пусть она будетъ равна 10,27 мм.). Затѣмъ пускаютъ паръ въ змѣвикъ *M*, повернувъ соответственнымъ образомъ кранъ *L*. Паръ, вступающій въ змѣвикъ, сгущается и нагреваетъ воду калориметра, вследствие чего столбъ жидкости въ трубкѣ *E* понижается. Когда высота столба уменьшится до 300 мм., тогда прекращаютъ притокъ пара въ калориметръ и переключаютъ воду калориметра, при чемъ столбъ жидкости въ трубкѣ *E* будетъ продолжать понижаться и дойдетъ, допустимъ, до 121 мм. Когда пониженіе столба жидкости въ *E* прекратится, калориметръ вновь взвѣшиваютъ и пусть вѣсъ его будетъ равенъ 23,2830 кило; слѣдовательно, количество сгустившагося пара будетъ равно 0,7466 кило. Сгустившійся паръ будетъ состоять изъ *M* кило чистаго пара и *m* кило увлеченной имъ воды. При сгущеніи *M* кило чистаго пара выдѣлится коли-

чество тепла, равно:

$$M(606,5 + 0,305 t_0 - t_2),$$

гдѣ  $t_0$  есть начальная температура пара, а  $t_2$  температура воды калориметра послѣ опыта. Количество тепла, отданное калориметру  $m$  кило воды, содержащейся въ парѣ, равно:

$$m(q_0 - t_2),$$

гдѣ  $q_0$  есть количество теплоты, содержащейся въ 1 вѣсовой единицѣ воды съ температурой, равной температурѣ пара <sup>1)</sup>, а  $t_2$  температура воды въ калориметрѣ послѣ опыта.

Очевидно, что сумма теплоты, отданной калориметру паромъ и въ немъ содержащейся водою, должна быть равна количеству теплоты, приобретенной калориметромъ во время опыта, а именно:

$$N(t_2 - t_1),$$

гдѣ  $N$  есть количество воды, содержащейся въ калориметрѣ послѣ опыта,  $t_1$  температура воды калориметра до опыта, а  $t_2$  температура воды калориметра послѣ опыта.

Такимъ образомъ получимъ уравненіе:

$$M(606,5 + 0,305 t_0 - t_2) + m(q_0 - t_2) = N(t_2 - t_1),$$

изъ котораго не трудно опредѣлить  $m$ , подставляя вмѣсто  $M$  равную ей величину  $(M+m)-m$ ;

$$m = \frac{(M+m)(606,5 + 0,305 t_0 - t_2) - N(t_2 - t_1)}{606,5 + 0,305 t_0 - q_0}.$$

Въ нашемъ случаѣ:

$N = 16,0804$  килогр. (значеніе калориметра въ водѣ + вѣсъ воды въ калорим.),

$M + m = 0,7466$  килогр. (вѣсъ сгустившагося пара),

$t_0 = 160,00$  (температура пара),

$q_0 = 1,0294 \times 160 = 164,70$ ,

$t_1 = 18,60$  (начальная температура калориметра),

$t_2 = 46,03$  (температура калориметра послѣ опыта, съ поправкой на охлажденіе).

Подставляя эти величины въ вышеприведенную формулу, получимъ, что

$$m = 0,0281,$$

<sup>1)</sup> Число это получается, умножая температуру на соответствующую ей теплоемкость воды. Если температура воды равна  $150^\circ$ , то теплоемкость ея равна  $1,0262$ , а  $q_0 = 150 \times 1,0262 = 153,96$ . Теплоемкость воды при различныхъ температурахъ приведена въ первой части этого труда (Химическая технология воды, стр. 155).

или что влажность пара равна:

$$\frac{m}{M+m} \times 100 = \frac{0,0281 \times 100}{0,7466} = 3,76\%.$$

Понятно, что при опредѣленіи влажности пара указаннымъ способомъ вмѣсто диф. термометра можетъ быть употребленъ чувствительный ртутный термометръ, а вмѣсто гидростата—обыкновенные чувствительные вѣсы.

Такъ какъ чувствительные вѣсы для большихъ нагрузокъ очень дороги, то *Линде* (Linde, 1878) предлагаетъ замѣнить взвѣшивание воды измѣреніемъ ея объема, а для сгущенія пара предлагаетъ калориметръ, устройство котораго представлено на фиг. 143, табл. XXXIX, и который очень пригоденъ въ томъ случаѣ, если опредѣленіе влажности пара должно продолжаться въ теченіе всего опыта. Калориметръ *Линде* состоитъ изъ закрытаго цилиндрическаго сосуда, включеннаго въ водопроводъ. Въ этомъ сосудѣ помѣщенъ змѣвикъ *S*, соединенный при помощи крана съ паропроводной трубкою и снабженный внизу другимъ краномъ для выпусканія сгущившагося пара. Температура воды, служащей для охлажденія, при входѣ и выходѣ изъ холодильника, равно какъ и температура сгущающагося пара, опредѣляются термометрами  $t'$ ,  $t''$  и  $t'''$ . Потерю теплоты черезъ охлажденіе уменьшаютъ по возможности тщательнымъ окутываніемъ аппарата дурными проводниками. Открывая кранъ паропроводной трубы, паръ, вмѣстѣ съ увлеченной имъ водою, направляется въ змѣвикъ и здѣсь сгущается; выдѣляющаяся при этомъ теплота поглощается охлаждающей водою и можетъ быть опредѣлена, зная объемъ охлаждающей и конденсаціонной воды и среднія температуры  $t'$ ,  $t''$  и  $t'''$ . На основаніи полученныхъ данныхъ вышеуказаннымъ способомъ можетъ быть опредѣлена влажность пара.

*Химическій способъ опредѣленія влажности пара* основанъ на томъ, что чистый и сухой паръ не содержитъ плотныхъ веществъ. Поэтому, если опредѣлить процентное содержаніе плотныхъ веществъ или одной изъ составныхъ частей ихъ (напр. хлора) въ водѣ паровика, а затѣмъ процентное содержаніе тѣхъ же веществъ въ сгущенномъ парѣ, то, обозначивъ черезъ:

$K$ —содержаніе плотныхъ веществъ или хлора въ одной вѣсов. единицѣ воды паровика,

$a$ —содержаніе плотныхъ веществъ или хлора въ одной вѣсов. единицѣ сгущеннаго пара,

$(M+m)$ —вѣсъ сгущеннаго влажнаго пара, состоящаго изъ вѣса сухаго и насыщеннаго пара ( $M$ ) и увлеченной имъ воды ( $m$ ), то:

$$(M+m)a = mK,$$

откуда:

$$m = \frac{(M+m)a}{K},$$

а влажность пара въ процентахъ:

$$\frac{m}{M+m} \times 100.$$

*Примѣръ.*

$(M+m) = 5$  кило.

$$m = \frac{5 \times 0,03}{0,25} = 0,6$$

$K = 0,25$  гр. въ 1 кило.

$a = 0,03$  гр. въ 1 кило.

$$\frac{m}{M+m} \times 100 = \frac{0,6}{5,0} \times 100 = 12\%.$$

Химическій способъ опредѣленія влажности пара, хотя по виду и очень простой, но на дѣлѣ довольно хлопотливъ, такъ какъ требуетъ очень тщательнаго химическаго анализа, въ виду незначительнаго содержанія плотныхъ веществъ въ вслѣ, получающейся отъ сгущенія влажнаго пара, и въ виду того, что незначительныя погрѣбности въ анализѣ сильно вліяютъ на результатъ опыта.

Въ заключеніе слѣдуетъ замѣтить, что опредѣленіе влажности пара какъ калориметрическимъ, такъ и химическимъ путемъ, не даетъ вполне точныхъ результатовъ, въ виду трудности отбиранія дѣйствительно вѣрныхъ среднихъ пробъ пара изъ напропроводныхъ трубъ. вполне точные результаты могутъ быть получены только при конденсаціи всего пара, даваемого паровикомъ, что, конечно, возможно только при употребленіи маленькихъ паровиковъ, или же котловъ, специально устроенныхъ для опыта (Linde, 1878).

Чтобы упростить опредѣленіе количества воды, испаренной въ паровикѣ опредѣленнымъ вѣсомъ испытываемаго топлива, предложенъ химическій способъ, состоящій въ опредѣленіи плотныхъ веществъ или одной изъ ея составныхъ частей (напр. хлора) въ водѣ, служащей для питанія паровика, и въ водѣ, оставшейся въ котлѣ послѣ опыта.

Если  $p$  будетъ выражать содержаніе плотныхъ веществъ въ одной вѣсовой единицѣ питающей воды,  $p'$ —содержаніе плотныхъ веществъ въ водѣ, содержащейся въ котлѣ послѣ опыта,  $Q$ —вѣсъ воды, оставшейся въ котлѣ послѣ опыта,  $X$ —искомое количество испаренной воды. Въ такомъ случаѣ:

$$Xp = Qp',$$

откуда:

$$X = \frac{Qp'}{p}.$$

*Примѣръ:*

$p = 0,2$  гр. въ кило воды.

$p' = 3,2$  гр. въ кило воды.

$Q = 9000$  кило воды.

$$X = \frac{9000 \times 3,2}{0,2} = 14400 \text{ кило.}$$



Описанный способ опредѣленія количества испаренной воды очень простъ, но, на сколько мнѣ извѣстно, не получая еще примѣненія. Во всякомъ случаѣ онъ требуетъ точнаго химическаго анализа и при примѣненіи его для питанія паровика слѣдуетъ употреблять воду вполнѣ прозрачную и не дающую твердыхъ осадковъ ни при нагреваніи, ни при испареніи до извѣстнаго предѣла. Кроме того котлы должны быть снабжены хорошими осушителями пара, чтобы воспрепятствовать пару улекать съ собою частицы воды, содержащей плотныя вещества.

Опредѣленіе количества воды, испаряемаго вѣсовой единицею топлива при сжиганіи его подъ паровикомъ, даетъ нѣкоторое понятіе о практической пригодности топлива, но не указываетъ, конечно, его дѣйствительной теплопроизводительной способности. Чтобы непосредственнымъ сжиганіемъ топлива подъ паровикомъ опредѣлить его теплопроизводительную способность, необходимо принять во вниманіе не только количество теплоты, идущее на образованіе пара, но и то количество его, которое теряется въ дымогарныхъ газахъ (въ видѣ живноты теплоты, теплоты испаренія и продуктовъ неполнаго сгоранія), въ золѣ и вслѣдствіе теплопроводности и лучеиспусканія котла и очага, т. е. превратить паровикъ въ калориметръ большихъ размѣровъ (срав. стр. 318).

Изслѣдованія подобнаго рода всего лучше производить по способу, предложенному Лораномъ (Laurent, 1878 <sup>1)</sup>) и примѣненному Бунте (Bunte, 1879—80) въ широкихъ размѣрахъ на Мюнхенской опытной станціи съ нѣкоторыми измѣненіями.

Приборъ, служащій для изслѣдованія и схематическое изображеніе котораго представлено на фиг. 146, табл. XL, состоитъ изъ очага АВ и 2-хъ, одинъ надъ другимъ поставленныхъ, вертикальныхъ трубчатыхъ котловъ  $W_1$  и  $W_2$ .

Очагъ, имѣющій 3,6 м. длины, 1,5 м. ширины и 1,85 м. вышины, имѣетъ двѣ топки, одну съ горизонтальною, другую съ наклонною рѣшетками. Короткопламенные угли сжигаются въ топкѣ А, дающіе же длинное пламя—въ топкѣ В.

Кирпичная кладка очага, вѣсомъ въ 4700 кило, окружена двойнымъ кожухомъ изъ желѣза, между стѣнками котораго, отстоящими другъ отъ друга на 11 см., помѣщается вода. Вода эта находится подъ давленіемъ атмосферы и потому при дѣйствіи прибора имѣетъ постоянно температуру 100°. Топочныя дверцы пустотѣлыя, и пустое пространство ихъ наполнено водою, имѣющей сообщеніе съ водою, наполняющей кожухъ очага. Дверцы поддувала для уменьшенія лучеиспусканія сдѣланы не цѣльныя, а изъ нѣсколькихъ рядовъ полосокъ, одинъ рядъ которыхъ закрываетъ про-

<sup>1)</sup> Оригинальная статья Лорана помѣщена въ „Bayerisches Industrie—und Gewerbe—Blatt“ за 1878 г., стр. 161. Извлеченія, довольно неполныя, помѣщены въ Dingl. J. за 1880, 236, р. 396, и въ Wagner's Jahresb. 1880, р. 925.

межутки предшествующаго, вслѣдствіе чего воздухъ, необходимый для горѣнія, проходя между полосками, охлаждаетъ ихъ. Во время производства испытанія отверстія топки, не находящейся въ дѣйствиі, задѣлывается каменною кладкою, топочныя же дверцы и дверцы поддувала замѣняются пустотѣлюю стѣнкою, наполненной водою. *C*—паровой колпакъ, снабженный лазомъ. Въ этотъ колпакъ открывается труба, приводящая питающую воду, равно какъ и труба, отводящая паръ въ конденсаторъ.

Оба котла имѣютъ діаметръ, равный 1,2 м., и снабжены каждый 73 дымогарными трубками, діаметръ которыхъ равенъ 50 мм. Первый котелъ  $W_1$  имѣетъ вышину въ 2,07 м., вмѣстимость его 1,9 куб. метр., общая нагрѣвательная поверхность 24, а дѣйствительная поверхность нагрѣва, обхватываемая огнемъ при нормальномъ горизонтѣ воды, 20 кв. м. Общій вѣсъ котла равенъ 2290 кило. Второй котелъ  $W_2$ , служащій подогревателемъ, при 1,5 м. вышины, 1,3 куб. м. вмѣстимости и 17 кв. м. общей нагрѣвательной поверхности, имѣетъ 13 кв. м. обхватываемой огнемъ площади нагрѣва; онъ вѣситъ 1803 кило. Котелъ  $W_1$  соединенъ съ очагомъ при помощи гидравлическаго затвора. Между обоими котлами оставлено пространство *F* для помѣщенія термометра. Чистка дымогарныхъ трубокъ производится изъ дымовой коробки *G*, снабженной крышкой съ гидравлическимъ затворомъ. Газообразные продукты горѣнія по трубкѣ *J* проводятся или къ эксгаустеру (для отбиранія средней пробы), или же черезъ *K* непосредственно въ дымовую трубу.

Вода, питающая оба котла, равно какъ и чехоль очага, приводится изъ общаго резервуара  $R_1$ , изъ котораго она по отдѣльнымъ трубкамъ стекаетъ сначала въ три ящика *F*<sup>1)</sup>, а оттуда отдѣльными насосами (*P*) накачивается въ паровики и собственнымъ давленіемъ стекаетъ въ чехоль очага, такъ какъ въ немъ вода кипитъ подъ атмосфернымъ давленіемъ. Паръ, образующійся въ котлахъ  $W_1$  и  $W_2$ , равно какъ и въ чехлѣ очага, сгущается въ отдѣльныхъ конденсаторахъ *D* водою, притекающею изъ общаго резервуара *R*, а затѣмъ направляется въ ящики *F* и оттуда—въ три отдѣльные калориметра.

Резервуары *R* и  $R_1$ , ящики *F*, конденсаторъ *D* и калориметръ *F'* представлены на табл. XL.

Фигура 147 *a* и *b* представляетъ резервуары *R* и  $R_1$  спереди и съ боку; фигура 148 *a* и *b*—въ поперечномъ разрѣзѣ. Вода вгоняется въ резервуаръ *R* при помощи насоса черезъ трубку *e*, которая подымается въ резервуарѣ до известной высоты и выпускаетъ воду въ резервуаръ черезъ нѣсколько отверстій,

<sup>1)</sup> На фиг. 146 представлены: ящикъ *F*, конденсаторъ *D* и калориметръ  $F_1$  только для котла  $W_1$ . Тѣ же приборы для котла  $W_2$  и для чехла очага на фигурахъ не представлены.

тѣмъ устраняется волненіе воды въ резервуарѣ. *f*—сливная труба, предохраняющая переполненіе резервуара, въ случаѣ засоренія выпускныхъ отверстій. Выпускныя отверстія эти размѣщены тремя группами *ggg*, *hhh*, *iii*. Всѣ они лежатъ въ одной плоскости и устроены такъ, что въ нихъ могутъ быть вставлены мундштуки, пропускающіе опредѣленное количество воды въ единицу времени при извѣстной высотѣ уровня жидкости въ резервуарѣ. Количество воды, пропускаемое мундштуками, опредѣляется предварительными опытами, а уровень воды въ резервуарѣ измѣряется водомѣрнымъ стекломъ, раздѣленнымъ на мм. Каждая отдѣльная изъ трехъ группъ трубъ принадлежитъ одному изъ трехъ калориметровъ. Такимъ образомъ можно достаточно точно знать количество воды, доставленное каждому изъ калориметровъ въ единицу времени изъ резервуара *R*<sup>1)</sup>.

*Гсервуаръ R<sub>1</sub>*, предназначенный для помѣщенія питающей воды, снабженъ, подобно резервуару *R*, тремя группами трубъ *hhh*, *iii*, *kkk*. Группа *hhh* служитъ для питанія чехла очага, двѣ другія—для питанія обоихъ котловъ. Въ *g* поступаетъ вода въ резервуаръ, *f*—сливная труба, *e*—трубка, назначеніе которой будетъ указано впослѣдствіи. Резервуаръ снабженъ водомѣрнымъ стекломъ, и количество воды, пропускаемое выпускными отверстиями въ единицу времени, опредѣлено предварительными опытами.

*DDD* (фиг. 147 *a* и *b*) представляетъ три конденсатора, изъ которыхъ каждый получаетъ воду, необходимую для сгущенія пара, изъ одной изъ трехъ группъ трубъ резервуара *R*. Фиг. 149 (*a* и *b*) представляетъ продольный разрѣзъ конденсатора. Вода, служащая для сгущенія пара, втекаетъ черезъ воронку *E* и попадаетъ черезъ рѣшетку *c* въ полость конденсатора въ видѣ дождя. Паръ приводится въ конденсаторъ черезъ трубку *G*. Пространство *D* наполнено отчасти кусками кокса для облегченія конденсаціи пара. Внизу теплая вода проходитъ черезъ рѣшетку *g* въ 4-хъ угольный ящикъ *F*, въ который погруженъ нижній конецъ конденсатора.

*FFF* (фиг. 147 *a* и *b*)—4-хъ угольные ящики, раздѣленные на двѣ неравныя части перегородками, не достигающими до верхнихъ краевъ ящика. Меньшее отдѣленіе черезъ воронку *C* принимаетъ питающую воду изъ резервуара *R<sub>1</sub>*. Часть этой воды идетъ черезъ нижнюю трубку къ питающему насосу, доставляющему ее паровику. Избытокъ же воды переливается черезъ перегородку и примѣшивается къ теплой водѣ сосѣдняго отдѣленія. Смѣсь направляется черезъ трубку *k* къ калориметру. Четырехугольный ящикъ, предназначенный для чехла очага, отличается отъ другихъ двухъ ящиковъ тѣмъ, что онъ снабженъ краномъ *H* съ тремя ходами, дающимъ возможность

<sup>1)</sup> Непосредственное измѣриваніе или измѣреніе воды дало бы болѣе точные результаты.

(при помощи трубки  $i$ , соединенной съ трубкой  $e$ , идущей отъ резервуара  $R_1$ ) впускать воду изъ резервуара  $R_1$  въ чехоль очага, минуя ящикъ  $F$ . Подобное устройство даетъ возможность по окончаніи опыта продолжать питание чехла очага, до охлажденія этого послѣдняго.

*Калориметръ* состоитъ изъ чугунаго сосуда  $A$  (фиг. 150), въ который притекаетъ теплая вода изъ ящика  $F$  (фиг. 146) черезъ боковую трубку  $a$  и вытекаетъ черезъ трубку  $b$ .  $C$ —мѣдный баллонъ воздушнаго термометра. Емкость баллона равна 40 литрамъ. Воздушный термометръ наполняется сухимъ азотомъ черезъ трубки  $d$  и  $e$ .  $F$ —чугунная чашка, содержащая ртуть и соединенная при помощи желѣзной трубки съ другою чугуною чашкою  $G$ , въ которой помѣщается желѣзный поплавокъ  $H$ , снабженный длиннымъ и тонкимъ стержнемъ  $I$ , удерживаемымъ въ вертикальномъ положеніи кулисами (Führung).  $J$ —чугунный столикъ, прикрѣпленный къ вертикальной подставкѣ такимъ образомъ, что онъ можетъ быть установленъ на любой высотѣ при помощи винта  $K$ . Столикъ этотъ служитъ для помѣщенія планиметра Амслера (Amsler), регистрирующаго движеніе стержня  $I$ , а слѣдовательно, и температуру воды, протекающей черезъ калориметръ. При употребленіи названнаго планиметра давленіе газа въ термометрѣ должно быть такое, чтобы при повышеніи температуры на  $100^{\circ}$  поплавокъ  $H$  поднялся бы на 0,15 м.; слѣдовательно, давленіе газа въ термометрѣ должно быть значительно меньше атмосфернаго, а потому сосудъ  $G$  долженъ быть помѣщенъ значительно ниже сосуда  $F$ . Поперечный разрѣзъ поплавка  $H$  равенъ 10 кв. см. Чтобы перемѣщенія поплавка  $H$  были бы строго пропорціональны температурѣ, объемъ газа въ термометрѣ долженъ быть постоянный. Въ дѣйствительности этого нѣтъ, такъ какъ при поднятіи поплавка объемъ газа увеличивается и наоборотъ. Кромѣ того объемъ газа измѣняется вслѣдствіе расширенія мѣднаго баллона. Увеличеніе объема газа отъ обѣихъ причинъ равно при возвышеніи температуры отъ  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$ :

Объемъ вытѣсненной ртути (10 см.  $\times$  15 см.) = 0,150 литр.

Расширеніе баллона (0,003  $\times$  40 л.) = 0,120

0,270 л.

Относительное увеличеніе объема равно, слѣдовательно,  $\frac{0,270}{40} = 0,007$ , и

перемѣщеніе поплавка на  $1^{\circ}$  при температурѣ  $100^{\circ}$  будетъ на  $\frac{1}{1,007}$  меньше,

чѣмъ при  $0^{\circ}$ . Съ другой стороны теплоемкость воды при  $100^{\circ}$  приблизительно на 0,01 болѣе, чѣмъ при  $0^{\circ}$ , въ виду этого перемѣщеніе поплавка должно быть значительно больше при высокихъ, чѣмъ при низкихъ температурахъ.

Чтобы уравновѣсить эти погрѣшности Лоранъ нѣсколько измѣнилъ планиметръ, чѣмъ удается, если не уничтожить погрѣшность, то уменьшить ее

настолько, что ея можно пренебречь. Измѣненіе высоты барометра во время опыта имѣетъ вліяніе на показанія вышеуказаннаго прибора. Чтобы принять въ расчетъ это вліяніе *Ларанъ* употребляетъ барометръ, соединенный съ плагиметромъ такимъ же образомъ, какъ и описанный выше термометръ калориметра. Показанія плагиметра барометра вычитаются затѣмъ изъ показаній плагиметра калориметра.

Очагъ, котель и паропроводы окружены дурными проводниками. Всѣ насосы приводятся въ движеніе небольшою паровою машиною, снабженною регуляторомъ. Чтобы уравнивать небольшія разности въ скоростяхъ, котлы могутъ имѣть мѣсто даже при употребленіи регулятора, употребляютъ для насосовъ и плагиметровъ одинъ и тотъ же приводъ (трансмиссія). Паровая машина приводится въ движеніе паромъ изъ котла  $W_1$ , при чемъ, конечно, обратный паръ паровой машины отводится въ конденсаторъ котла и дѣлается поправка на количество тепла, израсходованнаго паровою машиною. Поправка эта, впрочемъ, не велика и опредѣляется изъ предварительныхъ опытовъ.

*Количество тепла, теряемое очагомъ и котлами отъ охлажденія*, опредѣляется слѣдующимъ образомъ. Такъ какъ очагъ окруженъ чехломъ, наполненнымъ водою, то количество тепла, теряемое очагомъ отъ лучеиспусканія и теплопроводимости, распадается на двѣ части: одна часть идетъ на испареніе воды и измѣряется особеннымъ калориметромъ, какъ сказано было выше, другая же часть передается стѣнками чехла, нагрѣтыми до  $100^\circ$ , окружающему воздуху. Эту послѣднюю часть опредѣляютъ изъ предварительныхъ опытовъ, выпуская въ чехолъ очага паръ съ температурою  $100^\circ$  и опредѣляя количество сгустившагося пара въ теченіе единицы времени при опредѣленной температурѣ паровичной. Допустимъ, что средняя температура паровичной  $30^\circ$ , и что въ теченіе одного часа паръ съ температурою  $100^\circ$  далъ 14 кило воды съ температурою  $90^\circ$ . Въ этомъ случаѣ часовая потеря отъ охлажденія наружныхъ стѣнокъ чехла будетъ:

$$(606,5 + 0,305 \times 100 - 90) 14 = 7658 \text{ ед. т.}$$

Потеря теплоты отъ охлажденія котловъ опредѣляется такимъ образомъ, что послѣ достиженія въ нихъ опредѣленнаго давленія пара прекращаютъ дальнѣйшее нагрѣваніе, и черезъ каждую четверть часа опредѣляютъ показанія манометровъ, а по нимъ, пользуясь таблицами Ренъо, соответственные температуры. Допустимъ, что часовое охлажденіе котла  $W_1$  будетъ  $5,2^\circ$ , что котель содержитъ 977 кило воды, вѣсъ его желѣза равенъ 2290 кило, вѣсъ глиняной обкладки 850, теплоемкость желѣза 0,113, а теплоемкость глины 0,23, въ такомъ случаѣ значеніе котла въ водѣ будетъ:

$$977 + 2290 \times 0,113 + 850 \times 0,23 = 1421,3,$$

а часовая потеря тепла отъ охлажденія:

$$1421,3 \times 5,2 = 7390,86 \text{ ед. тепла.}$$

Точно также опредѣляется потеря тепла для котла  $W_2$ .

Количество тепла, теряющееся отъ лучеиспусканія во время открыванія топочныхъ дверецъ очага, было также опредѣлено изъ непосредственнаго опыта, но оказалось настолькоъ незначительнымъ, что имъ можно пренебречь.

*Потеря тепла въ дымогарныхъ газхъ* слагается: 1) изъ явной и скрытой теплоты, содержащейся въ газовой смѣси, и 2) изъ теплоты, которая могла-бы развиться при полномъ окисленіи продуктовъ неполнаго сгорания, содержащихся въ дымогарныхъ газхъ ( $\text{CO}$ ,  $\text{CN}^4$ ,  $\text{H}$ , сажа).

Для опредѣленія этихъ потерь тепла необходимо знать температуру, объемъ (или вѣсъ) и ближайшій химическій составъ образующихся дымогарныхъ газозъ, предполагая, что намъ извѣстна теплоемкость и теплопроизводительная способность ближайшихъ составныхъ частей дымогарныхъ газозъ, которыя представлены въ нижеслѣдующихъ таблицахъ, къ которымъ присоединена еще таблица, показывающая содержаніе воды въ одномъ куб. метрѣ воздуха, насыщеннаго водяными парами при различныхъ температурахъ. Послѣдняя таблица понадобится при нижеслѣдующихъ вычисленіяхъ.

*Теплоемкость газозъ при постоянномъ давленіи по Реньо:*

	Теплоемкость	Вѣсъ 1 к. м. при 0° и 760 мм.	Теплоемкость 1 куб. метра.
	А.	В.	А+В.
Азотъ отъ 0° до 200° . . . . .	0,2138	1,2562 К.	0,3063
Водородъ отъ 10° до 200° . . . . .	3,4090	0,0896 „	0,3054
Водяной паръ отъ 10° до 200° . . . . .	0,4805	0,8046 „	0,3866
Воздухъ отъ 0° до 200° . . . . .	0,2375	1,2922 „	0,3069
Кислородъ отъ 10° до 200° . . . . .	0,2175	1,4300 „	0,3110
Метанъ отъ 10 до 200° . . . . .	0,5929	0,7154 „	0,4242
Окись углерода отъ 10° до 200 . . . . .	0,2450	1,2512 „	0,3065
Сѣрнистая кислота отъ 10° до 200° . . . . .	0,1553	2,8627 „	0,4446
Углекислота отъ 10° до 150° . . . . .	0,2091	1,9663 „	0,4112
„ „ „ „ 200° . . . . .	0,2156	„ „	0,4239
„ „ „ „ 250° . . . . .	0,2220	„ „	0,4365
„ „ „ „ 300° . . . . .	0,2281	„ „	0,4485
„ „ „ „ 350° . . . . .	0,2341	„ „	0,4603
„ „ „ „ 1000° . . . . .	0,2891	„ „	0,5685
„ „ „ „ 1500° . . . . .	0,3180	„ „	0,6253
„ „ „ „ 2000° . . . . .	0,3290	„ „	0,6469

*Примѣчаніе.* При вычисленіи вѣса 1 куб. метра газозъ принято, что воздухъ содержитъ среднимъ числомъ 20,745 объем. % кислорода.

*Теплопроизводительная способность газовъ.*  
(отношенная къ жидкой водѣ съ температурою 0°).

	1 килограммъ.	1 куб. метр.
Окись углерода . . . . .	2430 ед. т.	3060 бол. кал.
Метанъ . . . . .	13250 "	9480 "
Водородъ . . . . .	34220 "	3060 "
Углеродъ . . . . .	8100 "	—

*Содержаніе воды въ 1 куб. метрѣ воздуха, насыщеннаго водяными парами при различныхъ температурахъ.*

Темп.	Вода.	Темп.	Вода.	Темп.	Вода.
1°	5,2 гр.	11°	10,0 гр.	21°	18,2 гр.
2	5,6	12	10,6	22	19,3
3	6,0	13	11,3	23	20,4
4	6,4	14	12,0	24	21,5
5	6,8	15	12,8	25	22,9
6	7,3	16	13,6	26	24,2
7	7,7	17	14,5	27	25,6
8	8,1	18	15,1	28	27,0
9	8,8	19	16,2	29	28,6
10	9,4	20	17,2	30	30,1

Температура дымогарныхъ газовъ опредѣляется ртутнымъ термометромъ  $t_3$  (фиг. 146, табл. XL).

Количество дымогарныхъ газовъ, образующихся при сжиганіи одного кило топлива, всего точнѣе опредѣляется изъ химическаго состава сжигаемаго топлива и химическаго состава дымогарныхъ газовъ, при чемъ этотъ послѣдній служитъ также для опредѣленія потери тепла вслѣдствіе неполнаго окисленія продуктовъ горѣнія. Слѣдующій примѣръ послужитъ для поясненія этого химическаго способа опредѣленія количества дымогарныхъ газовъ и количества уносимаго ими тепла.

Допустимъ, что сжигаемый каменный уголь и образующіеся при этомъ сухіе дымогарные газы имѣютъ слѣдующій составъ:

<i>Каменный уголь.</i>	<i>Дымогарные газы.</i>
Углеродъ . . . . . 80,00	Углекислота . . . . . 15,00 об.
Водородъ . . . . . 4,00	Окись углерода . . . . . 4,00 " } 20,00
Кислородъ . . . . . 8,00	Метанъ . . . . . 1,00 "
Азотъ . . . . . 1,00	Сѣрнист. кислота . . . . . 1,00 "
Сѣра . . . . . 2,00	Водородъ . . . . . 1,00 "
Гигроскопич. вода . . . . . 3,00	Кислородъ . . . . . 2,00 "
Зола . . . . . 2,0	Азотъ . . . . . 76,00 "
100,00	100,00 об.

Кромѣ того въ 1 куб. метрѣ дымогарныхъ газовъ содержится 0,0011 кило сажи.

Такъ какъ въ одномъ куб. метрѣ (при 0° и 760 мм.) углекислоты, окиси углерода или болотнаго газа содержится 0,5364 кило углерода <sup>1)</sup>, то въ одномъ куб. метрѣ сухихъ дымогарныхъ газовъ вышеуказаннаго состава содержится углерода:

$$0,2 \times 0,5364 + 0,0011 = 0,1084 \text{ кило.}$$

Такъ какъ далѣе 1 кило изелѣдуемаго угля содержитъ 0,800 кило углерода <sup>2)</sup>, то при сжиганіи одного кило угля образуется:

$$\frac{0,800}{0,1084} = 7,382 \text{ куб. метр. (при 0° и 760 мм.)}$$

дымогарныхъ газовъ, которые содержатъ:

Углекислоты . . . . .	1,107 куб. метр.
Окиси углерода . . . . .	0,295 „
Метана . . . . .	0,074 „
Сѣрнистой кислоты . . . . .	0,074 „
Водорода . . . . .	0,074 „
Кислорода . . . . .	0,148 „
Азота . . . . .	5,610 „

---

7,382 куб. метр.

Если температура уходящихъ дымогарныхъ газовъ будетъ 320°, температура воздуха 20°, то количество тепла, уносимое 7,4 куб. метрами сухихъ дымогарныхъ газовъ, получится, складывая произведенія, получающіяся отъ умноженія указанныхъ выше количествъ составныхъ частей дымогарныхъ газовъ, на соответственныя имъ теплоемкости 1 куб. метра и на разность температуры между наружнымъ воздухомъ и отходящими дымогарными газами (320—20 = 300).

---

<sup>1)</sup> Это число принято *Бунте* и хорошо согласуется съ числами, приведенными на таблицѣ (стр. 504), въ которой указаны всѣ 1 куб. метра газовъ. *Fischer* (1882) принимаетъ, что въ 1 куб. метрѣ углекислоты, окиси углерода и метана среднимъ числомъ содержится 0,5395 кило углерода. Трудно рѣшить, откуда взято это число, такъ какъ вычисляя среднее содержаніе углерода въ 1 куб. метрѣ углекислоты, окиси углерода и метана по таблицѣ, приведенной Фишеромъ же, для всѣа 1 куб. метра газовъ получается число 0,5429.

<sup>2)</sup> Если уголь не вполне сгорѣлъ, и зола содержитъ углеродъ, то въ такомъ случаѣ этотъ несгорѣвшій углеродъ долженъ быть принятъ въ расчетъ. Допустимъ, что 100 кило угля указаннаго состава дали 2,5 кило золы и шлаковъ, содержащихъ 20% углерода; въ такомъ случаѣ при сжиганіи 1 кило угля перешло въ дымогарные газы не 0,800 кило углерода, а всего 0,795 кило, и объемъ дымогарныхъ газовъ будетъ  $\frac{0,795}{0,1084} = 7,335$ .



	Куб. мет- ровъ.	Теплоем- кость куб. метровъ.	Разн. темпе- ратуры	Потеря тепла въ бол. калор.
Углекислота . . . . .	1,107 ×	0,4485 ×	300 =	148,98
Окись углерода . . . . .	0,295 ×	0,3065 ×	300 =	27,15
Метанъ . . . . .	0,074 ×	0,4242 ×	300 =	9,39
Сѣрнист. кислота . . . . .	0,074 ×	0,4446 ×	300 =	9,85
Водородъ . . . . .	0,074 ×	0,3054 ×	300 =	6,76
Кислородъ . . . . .	0,148 ×	0,3110 ×	300 =	13,77
Азотъ . . . . .	5,610 ×	0,3063 ×	300 =	515,43
				731,33

Такимъ образомъ общее количество тепла, теряющееся при сжиганіи 1 кило угля въ сухихъ дымогарныхъ газахъ, равно 731,33.

Уходящіе дымогарные газы содержатъ, кромѣ составныхъ частей, уже принятыхъ въ расчетъ, еще пары воды, часть которыхъ содержалась въ воздухѣ, впускаемомъ въ печь, другая же часть образовалась при сжиганіи топлива вслѣдствіе испаренія гигроскопической воды, такъ и вслѣдствіе сжиганія водорода.

Если допустимъ, что объемъ воздуха, употребленный для сжиганія 1 кило угля, равенъ объему дымогарныхъ газовъ, что воздухъ этотъ имѣлъ температуру 20° и былъ насыщенъ водяными парами при той же температурѣ<sup>1)</sup>, то количество водяныхъ паровъ, въ немъ содержащихся, будетъ равно:

$$7,382 \times 0,0172 = 0,13 \text{ кило.}$$

Такъ какъ 1 кило сжигаемаго угля содержитъ 0,03 кило гигроскопической воды, то то же количество воды перейдетъ въ видѣ пара въ дымогарные газы.

Такъ какъ, наконецъ, 1 кило сжигаемаго угля содержитъ 0,04 кило водорода, то при сжиганіи его въ дымогарные газы перешло бы:

$$0,04 \times 9 = 0,36 \text{ кило}$$

воды въ видѣ пара, если бы весь водородъ окислился. Въ дѣйствительности же часть водорода угля перешла въ дымогарные газы въ видѣ метана, а потому эта часть водорода должна быть вычтена изъ 0,04 кило водорода, содержащихся въ сжигаемомъ углѣ. Какъ сказано было выше, въ 7,382 куб. метр. дымогарныхъ газовъ, образующихся при сжиганіи одного кило угля, содержится 0,074 куб. метр. водорода и 0,074 куб. метр. болотнаго газа, а такъ какъ одинъ объемъ болотнаго газа содержитъ два объема водорода, то общее количество неокисленного водорода, содержащееся въ

<sup>1)</sup> Въ противномъ случаѣ влажность воздуха опредѣляется при помощи гигрометра.

7,382 куб. метрахъ дымогарныхъ газовъ, будетъ равно:

$$0,074 + 0,148 = 0,222 \text{ куб. метр. или } 0,222 \times 0,0896^1) = 0,02 \text{ кило.}$$

Отсюда слѣдуетъ, что количество воды, которое должно образоваться при сжиганіи одного кило угля на счетъ водорода, въ немъ содержащагося, равно:

$$(0,04 - 0,02) 9 = 0,18 \text{ кило,}$$

и что общее количество воды, содержащейся въ дымогарныхъ газахъ, будетъ:

Вода въ видѣ паровъ изъ воздуха . . . . .	0,13 кило.
Вода гигроскопическая . . . . .	0,03 „
Вода отъ сжиганія водорода угля . . . . .	0,18 „
	<hr/>
	0,34 кило.

Вода, попавшая въ дымогарные газы изъ воздуха, находится въ видѣ пара съ температурою  $20^{\circ}$ , а потому при нагрѣваніи до температуры отходящихъ дымогарныхъ газовъ ( $320^{\circ}$ ) она поглотитъ:

$$0,13 \times 0,4805^2) \times (320 - 20) = 18,7 \text{ ед. тепла.}$$

Гигроскопическая же вода угля и вода, образующаяся при окисленіи водорода этого послѣдняго (всего 0,21 кило), должна быть нагрѣта съ  $20^{\circ}$  до  $320^{\circ}$  и превращена въ паръ съ тою же температурою и поглотитъ:

$$0,21 (606,5 + 0,305 \times 320 - 20) = 143,7 \text{ ед. тепла.}$$

Слѣдовательно, все количество тепла, теряющееся въ водяныхъ парахъ, образующихся при сжиганіи одного кило угля, равно:

$$18,7 + 143,7 = 162,4 \text{ ед. тепла.}$$

Количество тепла, теряющееся въ дымогарныхъ газахъ вслѣдствіе неполнаго окисленія продуктовъ горѣнія 1 кило угля, можетъ быть опредѣлено, умножая содержаніе неокисленныхъ продуктовъ въ 7,382 куб. метрахъ дымогарныхъ газовъ на соответствующую имъ теплопроизводительную способность.

Окись углерода . . . . .	$0,295 \times 3060 = 902,70$	ед. тепла.
Металъ . . . . .	$0,074 \times 9480 = 701,52$	„
Водородъ . . . . .	$0,074 \times 3060 = 226,44$	„
Сажа . . . . .	$0,00812 \times 8100 = 65,77$	„
	<hr/>	

1896,43 ед. тепла.

1) Въсь одного кубическаго метра водорода.

2) Теплоемкость воднаго пара.

Такимъ образомъ общее количество тепла, теряющееся въ дымогарныхъ газахъ на каждое кило сжигаемаго угля, будетъ въ нашемъ случаѣ слѣдующее:

Потери тепла въ сухихъ дымогарныхъ газахъ . . . . .	731,3 ед. т.
„ „ въ водяныхъ парахъ . . . . .	162,4 „
„ „ въ продуктахъ неполнаго окисленія . . . . .	1896,4 „
	2790,1 „

Только что описанный способъ опредѣленія потери тепла въ дымогарныхъ газахъ требуетъ полного химическаго анализа газовъ, выполнение котораго довольно сложно, какъ мы увидимъ ниже. Въ виду этого *Бунте* въ своихъ опытахъ нѣсколько упростилъ химическій способъ опредѣленія потери въ дымогарныхъ газахъ, а именно: 1) при опредѣленіи потери тепла въ сухихъ дымогарныхъ газахъ, онъ принялъ для средней теплоемкости 1 куб. метра дымогарныхъ газовъ одно и то же число, а именно 0,31, чѣмъ, понятно, упрощается вычисленіе и устраняется необходимость въ полномъ химическомъ анализѣ газовъ; 2) при опредѣленіи тепла, теряющагося въ парахъ воды, онъ не принимаетъ во вниманіе влажности воздуха; 3) при опредѣленіи средняго состава дымогарныхъ газовъ *Бунте* въ теченіе всего опыта протягиваетъ, при помощи аспиратора, часть (10—18 литр.) дымогарныхъ газовъ изъ того мѣста, гдѣ помѣщенъ термометръ  $t_3$ , черезъ абсорбціонные аппараты  $r$  (фиг. 146, табл. XL), въ которыхъ поглощается содержащаяся въ газахъ вода и углекислота <sup>1)</sup>, черезъ раскаленную трубку  $o$ , наполненную окисью мѣди, въ которой газы подвергаются дополнительному сжиганію, а затѣмъ черезъ абсорбціонные аппараты  $s$ , въ которыхъ поглощается вода и углекислота, образовавшіяся при дополнительномъ сжиганіи. Остатки газовъ (N и O) собираются въ аспираторъ  $a$  и въ немъ, если нужно, опредѣляютъ содержаніе кислорода и азота отдѣльно <sup>2)</sup>. На основаніи полученныхъ данныхъ, и зная, кромѣ того, температуру дымогарныхъ газовъ, давленіе и температуру воздуха, равно какъ и объемъ воды, вытекшей изъ аспиратора, *Бунте* вычисляетъ составъ дымогарныхъ

<sup>1)</sup> Такъ какъ газы содержатъ обыкновенно сажу и другія механическія примѣси, то передъ абсорбціонными приборами помѣщаютъ трубку, содержащую слой асбеста, длиною въ 10 см., который удерживаетъ эти механическія примѣси. Если количество сажи должно быть опредѣлено, то трубку послѣ опыта помѣщаютъ въ печь для органическаго анализа и сжигаютъ содержащуюся въ ней сажу въ струѣ кислорода, вычисляя вѣсъ сажи по количеству образовавшейся углекислоты.

<sup>2)</sup> Въ позднѣйшихъ своихъ опытахъ *Бунте* отбираетъ среднюю пробу дымогарныхъ газовъ указаннымъ выше образомъ въ газометръ и затѣмъ подвергаетъ ее анализу вышеуказаннымъ образомъ.

газовъ, предполагая, что вся углекислота и вода, полученныя при дополнительномъ сжиганіи, образовались отъ окисленія водорода и окиси углерода, содержащихся въ дымогарныхъ газахъ въ свободномъ состояніи. Теллотой, теряющей въ сажѣ дымогарныхъ газовъ, *Бунте* также въ большей части случаевъ пренебрегаетъ.

Примѣняя способъ *Бунте* для вычисленія потери тепла въ дымогарныхъ газахъ къ приведенному выше примѣру, составъ дымогарныхъ газовъ преобразится въ слѣдующій:

Углекислоты . . . . .	14,78 об.
Окиси углерода . . . . .	4,93 „
Водорода . . . . .	2,96 „
Сѣрнистой кислоты . . . . .	0,98 „
Кислорода . . . . .	1,48 „
Азота . . . . .	74,87 „
	100,00 об.

Общее количество дымогарныхъ газовъ будетъ:

$$\frac{0,800}{(0,1478 + 0,0493) 0,5364} = 7,57 \text{ куб. метр (10}^0 \text{ и 760 мм.)},$$

а потеря тепла въ дымогарныхъ газахъ выразится слѣдующимъ образомъ:

	По Бунте ед. т.	Вычисл. по перв. способу. ед. т.
Потери тепла въ сухихъ дымогарныхъ газахъ		
$7,57 \times 0,31 \times 300 =$	$= 704,0$	731,3
Потери тепла въ водяныхъ парахъ . . . . .	143,7	162,4
Потери тепла въ продуктахъ не вполне окисл.		
$(0,0493 + 0,0296) 7,57 \times 3060 =$	$= 1827,6$	1896,4
	2675,3	2790,1

Присоединяя къ общей потерѣ тепла, вычисленной по способу *Бунте*, еще количество тепла, теряющееся въ водѣ изъ воздуха (19,0 ед. т.) и въ сажѣ (66,00 ед. т.), потери, которыя легко могутъ быть приняты въ расчетъ при способѣ *Бунте*, мы получимъ общую потерю тепла въ дымогарныхъ газахъ, равную 2743,4 ед. т., т. е. число довольно близкое къ тому (2790,1), которое получается при вычисленіи потери тепла въ дымогарныхъ газахъ по первому способу. Въ виду этого въ большей части случаевъ упрощенный способъ *Бунте* можетъ быть примѣненъ безъ особенной погрѣшности, и это тѣмъ болѣе, что рѣдко содержаніе углекислоты, окиси углерода, водорода, метана и сажи въ дымогарныхъ газахъ бываетъ такъ велико, какъ въ приведенномъ примѣрѣ, а съ уменьшеніемъ содержанія названныхъ тѣлъ въ дымогарныхъ газахъ, средняя удѣльная теплоемкость ихъ болѣе прибли-

жается къ 0,31, и количество тепла, теряющееся въ продуктахъ неполнаго окисленія уменьшается, а слѣдовательно, уменьшаются и погрѣшности способа *Бунте*.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда анализъ дымогарныхъ газовъ не можетъ быть произведенъ, потеря тепла въ дымогарныхъ газахъ можетъ быть опредѣлена, хотя не вполне точно, *калориметрическимъ способомъ*. При примѣненіи этого способа опредѣляютъ пониженіе температуры, претерпѣваемое газами при своемъ прохожденіи черезъ котель  $W_1$  или  $W_2$  (фиг. 146), и вычисляютъ вѣсь ихъ изъ теплоемкости по формулѣ *Линде* (Linde, 1876).

Если температура газовъ въ очагѣ будетъ  $t_1$ , при переходѣ въ котель  $W_2$ — $t_2$ , а при выходѣ изъ котла  $W_2$ — $t_3$ , и количество тепла, переданное нижнему котлу, будетъ  $W_1$ , а верхнему  $W_2$ ; въ такомъ случаѣ

$$\frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_3} = \frac{W_1}{W_2}.$$

Температура  $t_3$  можетъ быть опредѣлена ртутнымъ термометромъ, температура  $t_2$  при помощи пирометра; температура же  $t_1$  можетъ быть вычислена изъ приведеннаго выше равенства:

$$t_1 = \frac{W_1}{W_2} (t_2 - t_3) + t_2.$$

Принимая среднюю удѣльную теплоемкость газовъ, равною  $c$ , вѣсь дымогарныхъ газовъ  $L$  будетъ равенъ:

$$L = \frac{W_1}{c(t_1 - t_2)} = \frac{W_2}{c(t_2 - t_3)} \text{ кילו,}$$

а количество теплоты, уносимой дымогарными газами ( $R$ ), будетъ:

$$R = L \times c(t_3 - t_0) = W_1 \frac{t_3 - t_0}{t_1 - t_2} = W_2 \frac{t_3 - t_0}{t_2 - t_3},$$

гдѣ  $t_0$  обозначаетъ температуру воздуха, поступающаго въ топку.

Калориметрической способъ опредѣленія количества теплоты, уносимой дымогарными газами, очень простъ и удобенъ, но онъ предполагаетъ, что количество тепла, передаваемого дымогарными газами котламъ, строго пропорціонально температурѣ газовъ, чего въ дѣйствительности нѣтъ, вслѣдствіе вліянія, оказываемаго на передачу тепла сажею, ржавчиной, котловыми накипями и т. д. Кромѣ того удѣльная теплоемкость газовъ непостоянна при всѣхъ температурахъ, и температура газовъ, идущихъ во второй котель ( $W_2$ ), должна быть опредѣляема пирометромъ, не дающимъ вполне точныхъ результатовъ.

Еще менѣе точенъ способъ *опредѣленія потери тепла въ дымогарныхъ газахъ* по количеству воздуха, впускаемаго въ топку и измѣряемаго анемометромъ и средней теплоемкостью дымогарныхъ газовъ, какъ вслѣдствіе несовершенства анемометровъ, такъ и вслѣдствіе трудности устроить стѣнки очага, вполне непроницаемыми для воздуха. Если  $Q$  объемъ воздуха, въ куб. метр., приходящійся на каждое кило сжигаемаго топлива и который можно безъ большой погрѣшности принять равнымъ объему образующихся при этомъ дымогарныхъ газовъ,  $0,31$  средняя теплоемкость 1 куб. метра дымогарныхъ газовъ, а  $t$  ихъ температура, въ такомъ случаѣ  $Q \times 0,31 \times t$  будетъ потеря тепла въ дымогарныхъ газахъ на каждое кило сжигаемаго топлива.

Понятно, что при этомъ, какъ и при калориметрическомъ способѣ опредѣленія потери тепла въ дымогарныхъ газахъ, не принимается въ расчетъ ни количество скрытаго тепла, теряющееся въ водяныхъ парахъ, ни количество тепла, теряющееся въ продувкахъ неполнаго сгоранія. Для опредѣленія первой потери необходимо знать химическій составъ сжигаемаго топлива, для опредѣленія второй, кромѣ того, и химическій составъ дымогарныхъ газовъ,—а если оба фактора извѣстны, то, понятно, въ самыхъ описанныхъ способахъ нѣтъ необходимости и они съ успѣхомъ могутъ быть замѣнены химическимъ.

*Количество тепла, теряющаяся въ золѣ* (шкалахъ, огаркахъ) въ видѣ кокса, опредѣляется изъ количества углерода, содержащагося въ золѣ, получающейся на каждой кило сжигаемаго топлива, умножая это количество углерода на его теплопроизводительную способность, т. е. на 8100. Для полученія по возможности вѣрныхъ результатовъ, все количество золы, образовавшееся во время опыта, перемишиваютъ, измельчаютъ и отбираютъ среднюю пробу, какъ это было указано раньше при отбираниі средней пробы угля для анализа (стр. 437).

Ходъ работы при опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива по способу *Лорана-Бунте* слѣдующій:

Передъ началомъ опыта разводятъ огонь подъ паровиками и продолжаютъ нагрѣваніе до тѣхъ поръ, пока (спустя 2—4 часа) во всѣхъ частяхъ прибора не наступитъ равновѣсіе, и температура калориметровъ не станетъ почти постоянной. Во время этого предварительнаго нагрѣванія паровиковъ, изъ дымоваго канала отбираютъ отъ времени до времени пробы газовъ, опредѣляютъ въ нихъ содержаніе углекислоты и по полученнымъ результатамъ измѣняютъ положеніе заслонки до тѣхъ поръ, пока содержаніе углекислоты въ газахъ будетъ требуемое, т. е. пока количество воздуха, притекающее въ топку на каждое кило сжигаемаго топлива, не будетъ желанное. Когда все приготовлено къ опыту, выгребаютъ раскаленный уголь съ рѣшетки въ тарированный желѣзный ящикъ, взвѣшиваютъ и снова по-

мѣщаютъ на рѣшетку и съ этого времени точно опредѣляютъ количество забрасываемаго топлива. Для этой послѣдней цѣли отвѣшиваютъ заразъ отъ 50—60 кило изслѣдуемаго топлива и изъ этого количества, помѣщенного около топки, замѣняютъ сгорѣвшую часть топлива новою черезъ каждыя 15 минутъ, наблюдая при этомъ, чтобы рѣшетка была покрыта топливомъ равномернo и чтобы высота насыпи была бы надлежащая (0,1—0,2 м.). Передъ началомъ опыта очищаютъ зольникъ и отмѣчаютъ уровень воды въ котлѣ. Опытъ продолжаютъ обыкновенно отъ 7—8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> часовъ, такъ какъ это время вполне достаточно для получения всѣхъ необходимыхъ данныхъ. Въ исключительныхъ случаяхъ опытъ приходится вести болѣе продолжительное время (до 24 часовъ) или менѣе продолжительное—первое, если желаютъ увеличить точность результатовъ, второе—если имѣется для опыта недостаточное количество топлива. Послѣ окончанія опыта раскаленные угли вновь сгребаютъ съ рѣшетки и взвѣшиваютъ въ тарированномъ желѣзномъ ящикѣ. Въ теченіе всего опыта показанія термометровъ у калориметровъ и термометровъ  $t_2$  и  $t_3$  (фиг. 146) отчитываютъ черезъ каждыя 10—20 минутъ и изъ полученныхъ данныхъ выводятъ среднее. Кромѣ того отмѣчаютъ температуру паровичной и температуру воды, служащей для питанія очага и паровиковъ, а также для конденсаціи пара. Далѣе въ теченіе всего опыта протягиваютъ часть дымогарныхъ газовъ (10—18 л.) черезъ абсорбционную и сжигательную трубку для опредѣленія ихъ средняго химическаго состава, о чемъ было сказано выше. Наконецъ, послѣ опыта отмѣчаютъ уровень воды въ котлахъ и опредѣляютъ вѣсъ золы (и шлаковъ, огарковъ) и содержаніе въ ней углерода. Если затѣмъ элементарный составъ изслѣдуемаго топлива, потеря тепла отъ охлажденія приборовъ и количество воды, вытекающей въ единицу времени изъ резервуаровъ  $R$  и  $R_1$  (стр. 501), намъ извѣстны, то мы будемъ имѣть всѣ необходимыя данныя для опредѣленія количества тепла, образующагося при сжиганіи каждаго кило изслѣдуемаго топлива, какъ это покажетъ намъ нижеслѣдующій примѣръ, заимствованный у *Бунте*.

Для опыта былъ употребленъ рурскій уголь. Рѣшетка съ крупными прозорами (ширина прозоровъ 12,5 мм.), съ общею поверхностью въ 0,4 кв. м. Нагрузка производилась черезъ каждыя 10 минутъ.

Количество раскаленного угля на рѣшеткѣ до опыта . . . . .	6,50 к.
Забросано угля во время опыта . . . . .	172,30 к.
Количество раскаленного угля на рѣшеткѣ послѣ опыта . . . . .	26,20 к.
Сожжено угля во время опыта, продолжавшагося 7 часовъ . . . . .	152,60 к.
Вѣсъ золы, собравшейся въ зольникѣ, равнялся 15,3% сожженного угля.	

Такъ какъ поверхность рѣшетки равнялась 0,4 кв. м., а опытъ продолжался 7 часовъ, то, на основаніи вышешприведенныхъ данныхъ, вѣсъ сож-

женнаго угля въ часъ будетъ 21,8 к., а на каждый кв. метръ рѣшетки въ часъ сожжено 54,5 к. угля.

Теплота, выдѣлявшаяся при сжиганіи угля, распредѣляется по выше-сказанному:

1) на теплоту, переданную сѣжигательному прибору, а именно очагу и котламъ  $W_1$  и  $W_2$ ;

2) на теплоту, содержащуюся въ дымогарныхъ газахъ:

а) въ видѣ явной и скрытой теплоты,

б) въ видѣ продуктовъ неполнаго окисленія;

3) на теплоту, содержащуюся въ горючей части золы.

1) Для опредѣленія количества теплоты, переданной сѣжигательному прибору, служатъ слѣдующія данныя:

*Наблюденная средняя температура:*

Калориметра очага . . . . .	31,5°
„ котла $W_1$ . . . . .	33,1
„ котла $W_2$ . . . . .	23,3
Питающей и конденсаціонной воды . . . . .	9,3
Дымогарныхъ газовъ позади котла I . . . . .	380,0
„ „ „ котла II . . . . .	243,0
Царовичной . . . . .	19,0
<i>Количество воды, протекшей въ часъ черезъ:</i>	
Калориметръ очага . . . . .	962 л.
„ котла $W_1$ . . . . .	2973 „
„ котла $W_2$ . . . . .	1079 „

Принимая во вниманіе потери тепла отъ охлажденія отдѣльныхъ аппаратовъ и котловъ, равно какъ и разности температуры воды калориметровъ до и послѣ опыта, получаютъ слѣдующія числа:

а) Очагъ (962 литр. воды въ часъ).	ед. теп.
Количество тепла, принятое калориметромъ	
$7 \times 962(31,5 - 9,3)$ . . . . .	149495
Осталось въ калориметрѣ 92(29,0—26,2) . . . . .	258
Осталось въ очагѣ 2660(28,5—43,5) . . . . .	—39900
Потеря отъ охлажденія очага $7 \times 500$ . . . . .	3500
„ „ „ калориметра $7 \times 350$ . . . . .	2450
	<hr/>
	115803
б) Котель $W_1$ (2973 л. воды въ часъ).	
Принято калориметромъ $7 \times 2973(33,1 - 9,3)$ . . . . .	495302
Осталось въ калориметрѣ 252(31,2—21,0) . . . . .	2570
Теплота (или паръ), израсходованная паровою машиною 7 .900 . . . . .	6300
Потеря тепла отъ охлажденія котла $7 \times 7068$ . . . . .	49476
„ „ „ „ калориметра $7 \times 350$ . . . . .	2450
„ „ „ „ резервуара $7 \times 250$ . . . . .	1750
	<hr/>
	557848



с) Котель $W_2$ (1079 л. воды въ часть).	ед. теп.
Принято калориметромъ $7 \times 1079(23,3-9,3)$ . . . . .	105742
Осталось въ калориметрѣ $252(21,5-12,0)$ . . . . .	2394
Осталось въ котлѣ $99 \times 0,3 (100-9,3)$ . . . . .	2694
Потеря отъ охлажденія котла $7 \times 3872$ . . . . .	27104
	137934

На основаніи приведенныхъ данныхъ, количество тепла, которое было передано сжигательному прибору при сжиганіи 152,6 кило рурскаго угля, распредѣляется между отдѣльными частями этого прибора слѣдующимъ образомъ:

	Всего.	На 1 кило угля.
Очагъ . . . . .	115803 ед. т.	759
Котель I . . . . .	557848 „	3656
Котель II . . . . .	137934 „	904
	811585 ед. т.	5319

2) Количество тепла, переданное топливомъ дымогарнымъ газамъ, опредѣляется изъ состава угля и названныхъ газовъ.

Химич. составъ угля.	Химич. составъ газовъ.
Углеродъ . . . . . 81,60%	Углекислота . . . . . 6,12 об.
Водородъ . . . . . 4,21	Окись углерода . . . . . 0,89
Кислородъ и сѣра . . . . . 5,48	Водородъ . . . . . 0,10
Зола . . . . . 6,04	Кислородъ . . . . . 14,21
Гигроскоп. вода . . . . . 2,67	Азотъ . . . . . 78,68
	100,00
100,00	100,00

Пользуясь упрощеннымъ способомъ вычисленія *Бунте* (стр. 509), количество тепла, переданное 1 кило угля дымогарнымъ газамъ, равно:

$$\frac{0,8160 \times 0,31 \times 224}{(0,0612 + 0,0089) 0,5364} + 0,4056 [(606,5 + 0,305 \times 243) - 19] + (0,0089 + 0,0010) 3060 = 1805,57 \text{ ед. тепла,}$$

которыя распредѣляются:

Въ сухихъ дымогарныхъ газахъ . . . . .	1506,93
Въ водяныхъ парахъ . . . . .	268,35
Въ продуктахъ неполнаго окисленія . . . . .	30,29
	1805,57 ед. т.

По формулѣ *Линде* (стр. 511) первоначальная температура дымогарныхъ газовъ ( $t_1$ ) будетъ:

$$t_1 = \frac{557848}{137934} (380 - 243) + 380 = 934^\circ,$$

а потеря тепла ( $R$ ) въ дымогарныхъ газахъ будетъ равна:

$$R = 137934 \left( \frac{243 - 19,0}{380 - 243} \right) = 225522 \text{ ед. т.}$$

или на каждое кило сжигаемаго топлива

$$R' = \frac{225522}{152,6} = 1478 \text{ ед. т.}$$

3) Количество тепла, потерянное въ золѣ, вычисляется изъ количества углерода, въ ней содержащагося. Количество этого углерода было равно 0,041 кило на каждое кило сжигаемаго угля, откуда потери тепла въ золѣ на каждое кило сжигаемаго топлива равна:

$$0,041 \times 8100 = 332,1 \text{ ед. тепла.}$$

Такимъ образомъ, на основаніи непосредственнаго наблюденія общее количество тепла, выдѣленное 1 кило сжигаемаго угля, равняется 7457 ед. и изъ этого общаго количества:

	На 1 кило угля.	Въ процентахъ.
Передано сжигательному прибору . .	5319 ед. т.	71,33
Потеряно въ дымогарныхъ газахъ . .	1806 „	24,22
Потеряно въ золѣ . . . . .	332 „	4,45
	7457 ед. т.	100,00

Только-что описанный способъ опредѣленія теплопроизводительной способности топлива непосредственнымъ сжиганіемъ его подъ паровикомъ, превращеннымъ въ калориметръ, даетъ числа близкія, и притомъ, въ большей части случаевъ, нѣсколько меньшія тѣхъ, которыя получаютъ для того же топлива при вычисленіи теплопроизводительной способности его изъ элементарнаго состава по формулѣ Дюлонга. Способъ этотъ, очевидно, не можетъ дать вполнѣ точныхъ чиселъ и менѣе удобенъ и точенъ для опредѣленія *теоретической теплопроизводительной способности* топлива, чѣмъ способъ *Дюлонга* и въ особенности калориметрической, тѣмъ не менѣе, онъ не замѣнимъ для опредѣленія *практическаго* достоинства топлива и наивыгоднѣйшихъ условій его сжиганія, равно какъ (въ нѣсколько упрощенномъ видѣ) для опредѣленія полезнаго дѣйствія сжигательныхъ приборовъ и для подлежащаго за ними контроля, о чемъ будетъ сказано ниже. Въ этомъ-то и заключается главное достоинство и значеніе способа, созданнаго *Шёреръ-Кестнеромъ* и измѣненнаго *Бунте*.

Какъ уже сказано было выше (стр. 318), калориметрическое опредѣленіе теплопроизводительной способности топлива, сжиганіемъ его подъ паровикомъ, было въ первый разъ примѣнено *Deville* (1868—69) и затѣмъ значительно усовершенствовано *Scheurer-Kestner* (1868—69), который первый указалъ, какимъ образомъ могутъ быть опредѣлены отдѣльныя потери тепла, происходящія при сжиганіи топлива подъ паровикомъ, при чемъ, однако, потери тепла отъ лученспусканія и теплопроводности приборовъ не были измѣряемы *Scheurer-Kestner* (1868—69) непосредственно, а опредѣлялись изъ разности. *Bunte* (1879) усовершенствовала способъ *Scheurer-Kestner* и указала способъ для непосредственнаго измѣренія теплоты, теряющей отъ лученспусканія и теплопроводности сжигательныхъ приборовъ. Способы *Scheurer-Kestner* и *Bunte* не были сразу оцѣнены

по достоинству, а, напротивъ того, были встрѣчены недружелюбно въ технической литературѣ. Способъ перваго былъ подвергнуть строгой, хотя и неосновательной, критикѣ *Schinz'*омъ (1870—71), которая вызвала отвѣтъ *Scheurer-Kestner'*а (1871). Способъ втораго былъ подвергнуть односторонней критикѣ *Wagner'*омъ (1880—81), *Lüders'*омъ (1882), а также *Fischer'*омъ <sup>1)</sup>, на которую *Bunte* далъ довольно пространные отвѣты. Polemica эта не представляетъ интереса; она показываетъ только, что критики не поняли или не хотѣли понять значенія способа *Scheurer-Kestner'*а и *Bunte*, и что *Bunte* (1881—82) преувеличилъ точность своего способа, полагая, что при сжиганіи топлива подъ паровикомъ можно получить числа болѣе точныя, чѣмъ при помощи калориметра.

Сопоставляя все вышесказанное объ *опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива*, не трудно сдѣлать заключеніе, что изъ всѣхъ способовъ, предложенныхъ для названной цѣли, самый удобный, и въ большей части случаевъ достаточно точный для практическихъ цѣлей, есть способъ *Дюлонна*, конечно, въ томъ случаѣ, если проба топлива для элементарнаго анализа была отобрана, а самый анализъ произведенъ *со всевозможною тщательностью*.

Въ тѣхъ случаяхъ, если желаютъ получить болѣе точныя числа, слѣдуетъ прибѣгать къ *калориметрическому* способу, а именно—къ способу *Бертелло* и *Вьелля*, какъ единственному, при которомъ происходитъ полное сгораніе взятой навѣски топлива, превращеннаго въ мелкій порошокъ, и *все количество тепла*, выдѣленное топливомъ, *опредѣляется* изъ непосредственнаго наблюденія, безъ всякихъ дополнительныхъ сжиганій и гипотетическихъ предположеній. Для *опредѣленія практическаго достоинства* топлива самый совершенный способъ есть способъ *Кестнера-Бунте*.

**Пирометрическое дѣйствіе топлива.** Способы *опредѣленія пирометрическаго дѣйствія* топлива были уже достаточно подробно изложены выше (стр. 324), что-же касается до описанія пирометровъ, всего болѣе пригодныхъ для *опредѣленія высокихъ температуръ*, то они будутъ описаны въ прибавленіи къ этой главѣ вмѣстѣ съ другими приборами, служащими для *измѣренія температуры*.

<sup>1)</sup> *Fischer*. Die chemische Technologie der Brennstoffe. 1 и 2 Lief. Braunschw. 1880—1887.

## ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПОЛЕЗНАГО ДѢЙСТВІЯ СОЖИГАТЕЛЬНЫХЪ ПРИВООРОВЪ И КОНТРОЛЬ ЗА НИМИ.

Литература.

*Thielmann.* Handbuch über vollständige Dampfkessel-Anlagen. 2 Auflage. Leipzig, 1881—82.

*Fischer.* Taschenbuch für Feuerungstechniker. Stuttg. 1883.

*Бородинъ.* Производство изслѣдованій качествъ потребляемаго паровозами топлива и условий наибъгоднѣйшаго пользованія таковыми. Кіевъ, 1881.

*Мальцовъ.* Объ изслѣдованіи правильности устройства и выгодности дѣйствія паровыхъ котловъ и паровыхъ машинъ. Вѣстн. Промышл. 1884, Май, Іюль, Августъ.

Подъ полезнымъ дѣйствіемъ сожигательнаго прибора подразумѣваютъ отношеніе между всѣмъ количествомъ тепла, выдѣляющимся при сожиганіи одной вѣсовой единицы топлива, и тою частью этого послѣдняго, которая передается нагрѣваемому тѣлу. Если  $Q$  выражаетъ все количество тепла, которое получается при полномъ сожиганіи 1 вѣсовой единицы топлива, а  $q$ —ту часть этого тепла, которая передана нагрѣваемому тѣлу, то полезное дѣйствіе сожигательнаго прибора ( $E$ ) будетъ равно:

$$E = \frac{q}{Q} \text{ или въ процентахъ } E = \frac{q}{Q} \times 100.$$

Такъ какъ  $q$  всегда будетъ меньше  $Q$ , то  $E$  будетъ всегда меньше 1 или 100. Разность  $Q - q$  или  $(Q - q) 100$  выражаетъ количество тепла, которое не было употреблено съ пользой, или такъ-называемую потерю тепла.

Для опредѣленія полезнаго дѣйствія сожигательнаго прибора можно или только опредѣлить количество тепла, переданнаго нагрѣваемому тѣлу, или же, кромѣ того, и то количество тепла, которое не было употреблено съ пользою. Такъ, наприимѣръ, при опредѣленіи полезнаго дѣйствія паровика можно или ограничиться только опредѣленіемъ вѣса воды, испаряемой однимъ кило топлива, или же, кромѣ того, опредѣлить также потери тепла, причиняемыя дымогарными газами, золою, лучеиспусканіемъ и теплопроводимостью. Очевидно, что второй способъ даетъ намъ гораздо болѣе полное понятіе о достоинствѣ сожигательнаго прибора, а потому онъ въ

настоящее время все чаще и чаще применяется, пользуясь приемами, указанными выше. Такъ какъ, однако, непосредственное опредѣленіе потери тепла отъ лучеиспусканія и теплопроводимости сожигательнаго прибора очень сложно и даже не всегда возможно, то эту потерю опредѣляютъ обыкновенно не непосредственно, а изъ разности. Если  $Q$  есть все количество тепла, которое можетъ выдѣлиться при полномъ окисленіи 1 кило топлива,  $a$ —явная и скрытая теплота, уносимыя дымогарными газами,  $b$ —потеря тепла отъ неполнаго окисленія продуктовъ горѣнія,  $c$ —потеря тепла въ золѣ, а  $q$ —количество тепла, переданное нагреваемому тѣлу, то потеря тепла отъ лучеиспусканія и теплопроводимости сожигательнаго прибора на 1 кило топлива будетъ равна:

$$Q - (a + b + c + q) = d$$

Изъ всѣхъ сожигательныхъ приборовъ полезное дѣйствіе паровиковъ изслѣдовано всего болѣе. На основаніи этихъ изслѣдованій оказывается, что полезное дѣйствіе паровиковъ колеблется между 30—80%. Полезное дѣйствіе другихъ сожигательныхъ приборовъ обыкновенно меньше полезнаго дѣйствія паровиковъ и въ рѣдкихъ случаяхъ доходитъ до вышеуказаннаго для паровиковъ максимума.

По изслѣдованіямъ *Scheurer-Kestner*'а при сожиганіи различныхъ видовъ каменнаго угля подъ паровикомъ изъ 100 ед. тепла, даваемаго углемъ, шло среднимъ числомъ:

На образованіе пара . . . . .	60,5%
Потеря въ золѣ . . . . .	1,5
„ въ дымогарныхъ газахъ . . . . .	13,0
„ въ сажѣ . . . . .	0,5
„ вслѣдствіе лучеиспусканія и теплопров. . . . .	24,5
	100,0

Многочисленныя изслѣдованія *Bunte* (1879) надъ сожиганіемъ различныхъ пѣмекныхъ углей, подъ паровикомъ указаннаго выше устройства и при различныхъ видоизмѣненіяхъ топки, дали результаты, помѣщенные въ нижеслѣдующей таблицѣ.



При сжиганіи различныхъ углей подъ паровиками и подъ сковородами для выпариванія соляныхъ растворовъ *Vinte* (1882) получилъ слѣдующіе результаты:

	Изъ 100 ед. тепла, выдѣ- ленного топливомъ,			
	Потеряно		Другія потери.	Употреблено съ пользою.
	Въ дымогар- ныхъ газахъ.	Въ твердыхъ остаткахъ.		
Сковороды для выпариванія соляныхъ растворовъ; топка полугазовая; топливо—торфъ (сред. изъ 2 оп.) . . . . .	18,61	1,35	7,32	72,72
Корнвалійскій паровикъ съ двумя подогревателями и рѣ- шеткой Мейл'я; топливо—каменный уголь:				
крупный саарбрюксій . . . . .	14,25	1,5	14,30	69,95
мелкій верхнебаварскій . . . . .	25,75	6,95	6,75	60,55
Паровикъ цилиндрическій, газовая топка Наурт'а, топливо— мелкій каменный уголь . . . . .	25,1	14,9	19,3	40,7
Паровикъ цилиндр., рѣшетка обыкновенная, топливо—мел- кій каменный уголь . . . . .	17,1	29,5	6,3	47,1
Котель Теп-Brink'а, топливо—каменный уголь . . . . .	21,9	1,5	4,9	71,7
Котель съ горизонтальной рѣшеткой . . . . .	30,6	2,0	4,9	62,5
Котель съ двумя пролетными трубами, топливо—бурый уголь . . . . .	26,1	6,8	15,4	51,7

*Фишеръ* (1885) для трехъ различныхъ котловъ получилъ слѣдующія числа:

Изъ 100 ед. тепла, выдѣленныхъ топливомъ:	I.	II.	III.
	Воспринято водою . . . . .	74,9	68,4
Потеряно въ золѣ . . . . .	2,1	3,6	0,9
„ въ продуктахъ неполнаго сгорания . . . . .	—	—	0,3
„ въ дымогарныхъ газахъ . . . . .	16,7	19,3	10,6
„ вследствие теплопроводимости и лученспусканія	6,3	8,7	4,6
	100,0	100,0	100,0

Большія колебанія въ полезномъ дѣйствіи сжигательныхъ приборовъ зависятъ какъ отъ качества топлива, такъ и въ особенности отъ устройства самаго прибора и надлежащаго за нимъ ухода. Очевидно, что потеря тепла будетъ тѣмъ меньше, тѣмъ правильнѣе происходитъ горѣніе топлива при возможно меньшемъ избыткѣ воздуха, и тѣмъ при болѣе низкой температурѣ будутъ уходить дымогарные газы въ трубу. Въ виду этого, надлежащій контроль за дѣйствіемъ сжигательнаго прибора является существенною необходимостью во всѣхъ случаяхъ, гдѣ желаютъ уменьшить потери тепла до возможнаго предѣла.

Контроль за дѣйствіемъ сожигательнаго прибора долженъ состоятъ:

1) Въ опредѣленіи температуры отходящихъ газовъ, помѣщая для этой цѣли термометръ или пирометръ (см. ниже) въ томъ мѣстѣ, гдѣ дымогарные газы оставляютъ нагрѣвательное пространство, и во всякомъ случаѣ передъ заслонкой, регулирующей тягу. Температура отходящихъ дымогарныхъ газовъ должна быть настолько низка, насколько это только допускаетъ родъ операціи.

2) Въ опредѣленіи состава дымогарныхъ газовъ. Для этой цѣли въ опредѣленные промежутки отбираютъ пробы дымогарныхъ газовъ и опредѣляютъ въ нихъ углекислоту, окись углерода, кислородъ и азотъ и по полученнымъ результатамъ, зная составъ сжигаемаго топлива, опредѣляютъ какъ полноту сгорания, такъ и избытокъ воздуха, впускаемаго въ топку по способу, указанному выше.

Если изъ предварительныхъ опытовъ разъ опредѣлено количество воздуха, необходимое для полного и надлежащаго сжиганія 1 кило даннаго топлива въ данномъ сожигательномъ приборѣ, — въ такомъ случаѣ химическій контроль можетъ состоятъ только въ опредѣленіи углекислоты въ дымогарныхъ газахъ. Допустимъ, что для даннаго топлива и прибора необходимо впускать въ топку 10 куб. метровъ воздуха на каждое кило сжигаемаго топлива (срав. стр. 326), и что сжигаемое топливо содержитъ среднимъ числомъ 75% углерода, въ такомъ случаѣ процентное содержаніе углекислоты въ дымогарныхъ газахъ должно быть равно приблизительно:

$$\frac{75}{10 \times 0,5364} = 10,2\% \text{ по объему,}$$

гдѣ весь контроль за химическимъ составомъ дымогарныхъ газовъ будетъ состоятъ въ томъ чтобы отъ времени до времени повѣрять, дѣйствительно ли дымогарные газы содержатъ, требуемое количество углекислоты.

3) Въ наблюденіи за тягою въ трубѣ при помощи манометра или анемометра. Изъ *манометровъ* самымъ удобнымъ и чувствительнымъ слѣдуетъ считать манометръ *Шёреръ-Кестнера* (1871), представленный на фиг. 144, табл. XXXIX. Въ немъ двуколѣнчатая трубка обыкновеннаго манометра замѣнена ящикомъ съ значительнымъ горизонтальнымъ сѣченіемъ, въ который вставлена въ наклонномъ положеніи узкая стеклянная трубка, открытая съ обоихъ концовъ. Такое расположеніе прибора увеличиваетъ линейное передвиженіе столба жидкости въ стеклянной трубкѣ, а слѣдовательно, и чувствительность прибора. Четыреугольный ящикъ *R* сдѣланъ изъ жести, имѣетъ 260 мм. длины и 80 мм. высоты и ширины; онъ снабженъ винтами *S*, при помощи которыхъ ему придаютъ горизонтальное положеніе, пользуясь уровнями, прикрѣпленными къ ящику. Въ крышкѣ ящика помѣщена трубка *O*, служащая для наполненія прибора водою или лучше керосиномъ (для увеличенія чувствительности прибора), и латунный кранъ,



конецъ котораго, при помощи каучуковой и стеклянной трубокъ, соединяется съ топкой, тяга которой должна быть измѣрена. Въ передней части прибора укрѣплена стеклянная трубка *M*, служащая для измѣренія высоты уровня жидкости; трубка эта наклонена къ горизонту въ отношеніи 1:10, нижній конецъ ея сообщается съ внутреннимъ пространствомъ ящика, а верхній, также открытый конецъ—съ атмосфернымъ воздухомъ. Рядомъ съ стеклянной трубкой *M* помѣщенъ масштабъ для отчитыванія положенія жидкости. Послѣ того, какъ аппаратъ установленъ горизонтально, наполняютъ его черезъ отверстие *O* керосиномъ до тѣхъ поръ, пока стеклянная трубка *M* не будетъ наполнена жидкостью до 0° черты масштаба, помѣщенный около ея верхняго конца. Затѣмъ герметично закрываютъ отверстие *O*, открываютъ кранъ *H* и соединяютъ такимъ образомъ пространство ящика съ топкой; разрѣженіе воздуха, существующее въ этой послѣдней, передается во внутрь ящика и вызываетъ пониженіе столба жидкости въ трубкѣ *M*, пропорціональное разрѣженію воздуха въ топкѣ. Если изъ предварительныхъ опытовъ разъ установлено, при какомъ положеніи манометра горѣніе даннаго топлива въ данной топкѣ идетъ всего лучше, то тогда остается только регулировать тягу воздуха такимъ образомъ, чтобы манометръ сохранялъ требуемое положеніе.

Для наблюденія за скоростью движенія воздуха, поступающаго въ топку, служатъ *анемометры*, между которыми однимъ изъ самыхъ удобныхъ считаютъ статическій *анемометръ Волперта* (Wolpert), представленный на фиг. 145, табл. XXXIX. Онъ состоитъ изъ небольшого алюминіеваго крылатаго колеса, которое давленіемъ движущагося воздуха можетъ быть повернуто на 110° вправо и влѣво, и изъ двухъ пружинъ, помѣщенныхъ по обѣ стороны колеса. Пружины эти, изъ которыхъ одна сильнѣе, другая слабѣе, служатъ для уравновѣшиванія давленія воздуха и каждая изъ нихъ можетъ быть по желанію вставлена въ аппаратъ. Къ оси колеса прикрѣплены два указателя, задніе концы которыхъ виллообразно раздвоены и принимаютъ пружину. Колесо съ крыльями окружено кольцомъ, которое защищаетъ колесо отъ поврежденія и которое, кромѣ того, снабжено съ наружной и внутренней сторонъ шкалами, показывающими скорость движенія воздуха въ секундахъ. Шкала состоитъ изъ нѣсколькихъ круговыхъ линій, на которыхъ обозначена температура, и изъ косыхъ линій, обозначающихъ скорость движенія воздуха. Если желаютъ измѣрить скорость движенія струи воздуха, то помѣщаютъ приборъ такъ, чтобы ось колеса находилась бы по направленію движенія воздуха, а пружина (обыкновенно болѣе слабая) и соотвѣтственная ей шкала была бы обращена къ наблюдателю. При точныхъ наблюденіяхъ принимаютъ во вниманіе температуру воздуха,

которую измѣряютъ термометромъ. Если анеометръ не въ употребленіи, или если онъ долженъ быть перевезенъ, въ него вставляютъ болѣе толстую пружину для предохраненія его отъ порчи.

При рѣшеткахъ среднихъ размѣровъ скорость движенія воздуха въ прозорахъ бываетъ отъ 1—1,5 м. въ секунду; при наименьшей величинѣ рѣшетки (напримѣръ, въ локомотивахъ) скорость движенія воздуха въ прозорахъ доходитъ до 5 м. въ 1 секунду (*Тиме.*—Паровые котлы, стр. 40).

---

## Прибавленія къ главѣ пятой.

### 1. Анализъ дымогарныхъ газовъ.

Литература.

*Bunsen. Gasometrische Methoden. 2 Aufl. Braunsch. 1877.*

Аналитическая химія, издавшаяся подъ редакцію Менделѣева. Т. III, р. 229—290 (Анализъ газовъ—переводъ Г. Густавсона изъ сочиненій Бунзена и Шанселя и Жерара).

*Ogier. Analyse des Gaz. Paris, 1885.*—Содержитъ описаніе методовъ анализа газовъ, примѣняемыхъ въ французскихъ лабораторіяхъ.

*Алексеевъ. Анализъ газовъ. Кіевъ, 1877.*—Содержитъ описаніе новѣйшихъ способовъ анализа газовъ.

*Winkler. Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industrie-Gaze. 2 Bände. Freiberg, 1876—79.*—Очень обстоятельное сопоставленіе и описаніе всѣхъ техническихъ способовъ и приборовъ, предложенныхъ для качественного и количественного анализа газовъ, съ указаніемъ литературы.

*Winkler. Lehrbuch der technischen Gasanalyse. Freiberg, 1885.*—Краткое и основательное руководство къ техническому анализу газовъ, примѣненное къ потребностямъ учащихся и техникумовъ. Сочиненіе это переведено на французскій языкъ въ 1886 г.

*Fischer. Ueber die Untersuchung der Rauchgase. Dingl. J. 1878, 227, 171 и 250.*—Сопоставленіе способовъ и приборовъ.

Производство анализа дымогарныхъ газовъ. Точный анализъ газовой смѣси можетъ быть произведенъ только надъ ртутью, употребляя для поглощенія отдѣльныхъ составныхъ частей смѣси реактивы или въ твердомъ видѣ, или въ видѣ концентрированныхъ растворовъ въ возможно меньшемъ количествѣ и точно опредѣляя температуру и давленіе измѣряемыхъ газовъ. Такіе точные способы анализа газовъ были созданы *Бунзеномъ* (1839—57)<sup>1)</sup>, *Реньо* (1849) и *Дойеромъ* (1850), которые въ различныхъ измѣненіяхъ и употребляются въ настоящее время при научныхъ изслѣдованіяхъ. Тѣмъ не менѣе, однако, эти строго научные способы анализа газовъ требуютъ много времени, сложныхъ приборовъ и дорогой ртути, а потому, когда газовый анализъ стали употреблять въ технику (ана-

---

<sup>1)</sup> Въ 1839 году появились первыя изслѣдованія Бунзена надъ доменными газами, а въ 1857 году появилось первое изданіе его сочиненія „Gasometrische Methoden“, въ которомъ Бунзень изложилъ свой способъ анализа газовъ въ видѣ стройнаго цѣлага.

лизъ свѣтильныхъ, камерныхъ, генераторныхъ, дымогарныхъ газовъ и пр.), было придумано огромное число различныхъ способовъ и приборовъ, имѣющихъ цѣлью ускорить и упростить производство анализа газовъ, хотя бы въ ущербъ его точности.

Изъ многочисленныхъ приборовъ для анализа дымогарныхъ газовъ всего чаще употребляютъ въ настоящее время различныя видоизмѣненія прибора *Orsat* (*Orsat*, 1874).

*Orsat* взялъ привилегію на свой аппаратъ въ 1874 г., т. е. въ то время, когда въ технику сознали пользу анализа дымогарныхъ газовъ. Благодаря этому, аппаратъ *Orsat* обратилъ на себя вниманіе, получилъ быстрое распространеніе и былъ измѣненъ многими техниками и учеными, а именно: *Salleron'*омъ (1875), *Aron'*омъ (1875), *Fischer'*омъ (1876--80), *Muenke* (1877), *Schwabhöfer'*омъ (1877), *Kasalovsky'*мъ (1878), *Lunge* (1882) и *Heintz'*омъ (1887).

Изъ многочисленныхъ видоизмѣненій аппарата *Orsat* самымъ удобнымъ для анализа дымогарныхъ газовъ слѣдуетъ считать аппаратъ *Orsat-Fischer* и почти тождественный съ нимъ аппаратъ *Orsat-Muenke*, представленный на фиг. 151, табл. ХLІ.

Аппаратъ *Orsat-Muenke* состоитъ изъ измѣрительной трубки *a* и изъ сосудовъ для поглощенія *b*, *c*, *d*.

*Измѣрительная трубка a* вмѣщаетъ въ себѣ 100 к.с. газа и только ея нижняя, болѣе узкая часть, емкостью въ 50 к.с., раздѣлена на  $\frac{1}{5}$  или  $\frac{1}{10}$  части к.с., такъ какъ содержаніе углекислоты, окиси углерода и кислорода въ дымогарныхъ газахъ не превышаетъ 40%. Чтобы предохранить измѣрительную трубку отъ вліянія внѣшней температуры, она укрѣплена при помощи каучуковой пробки внутри широкой каучуковой трубки, наполненной водою. Нижний конецъ измѣрительной трубки соединенъ при помощи каучуковой трубки съ сосудомъ *A*, до  $\frac{2}{3}$  наполненнымъ водою, а верхній конецъ ея—при помощи каучуковой трубки съ толстостѣнной волосной трубкой *C*. Трубка *C* сообщается съ краномъ *K* о трехъ ходахъ, который защищенъ отъ поврежденій деревянной оправой. Къ волосной трубкѣ *C* припаяны три волосныя же стекляныя трубки, снабженныя стеклянными кранами (*e*) и соединенныя при помощи каучуковыхъ перемычекъ съ сосудами для поглощенія. Кранъ *K* соединенъ съ трубою вида *U* (*D*) и каучуковой сосулькой (*B*). Трубка *D* служитъ для удаленія изъ дымогарныхъ газовъ сажи и другихъ механическихъ примѣсей, и для этой цѣли колѣно ея наполнено хлопчатой бумагой, а нижній изгибъ ея—водою, чѣмъ, кромѣ того, обезпечивается полное насыщеніе газовъ парами воды. Сосулька *B* служитъ для предварительнаго удаленія воздуха изъ трубки, служащей для набора изслѣдуемаго газа, и трубки *D*—и для наполненія этихъ трубокъ газомъ.

*Сосуды для поглощенія* имѣютъ форму трубокъ вида *U*, одно колѣно которыхъ вытянуто въ тонкую трубку, снабженную мѣткою *m*. Другой ко-

нецъ поглотительныхъ трубокъ закрыть пробкой, черезъ которую проходитъ тонкая стеклянная трубка, на которую насаженъ тонкій спавшійся каучуковый пузырь, предохраняющій реактивъ отъ непосредственнаго соприкосновенія съ воздухомъ. Сосуды для поглощенія наполняются до половины реактивомъ и для увеличенія поверхности соприкосновенія переднее колѣно наполнено кусочками стеклянныхъ трубокъ. Сосудъ *b* наполняется растворомъ ѣдкаго кали (25° Б., уд. в. 1,26—1,28) для поглощенія углекислоты, сосудъ *c*—растворомъ пирогалловаго кали <sup>1)</sup> для поглощенія кислорода, а сосудъ *d*—растворомъ полухлористой мѣди <sup>2)</sup> для поглощенія окиси углерода. Въ этотъ послѣдній сосудъ вмѣстѣ съ стеклянными трубочками помѣщаютъ еще спирали изъ мѣдной проволоки, чтобы предохранить реактивъ отъ измѣненія.

Чтобы сдѣлать приборъ удобнымъ для переноски и перевозки всѣ части его укрѣплены неподвижно въ деревянномъ ящикѣ съ двумя выдвижными боковыми стѣнками и расположены такъ, что весь приборъ имѣетъ 60 см. высоты и 40 см. ширины <sup>3)</sup>.

При употребленіи прибора прежде всего наполняютъ водою цилиндръ, окружающій измѣрительную трубку, и сосудъ *A*. Для наполненія сосудовъ для поглощенія снимаютъ пробки съ каучуковыми пузырями, поворачиваютъ краны *e*, такъ чтобы воздухъ изъ сосудовъ могъ выходить наружу, и наполняютъ сосуды реактивами до половины. Затѣмъ закрываютъ всѣ три крана *e*, поворачиваютъ кранъ *K* такъ, чтобы воздухъ изъ измѣрительной трубки могъ бы выходить наружу и трубка могла бы быть наполнена водою, подымая сосудъ *A*. Когда измѣрительная трубка наполнена водою, зажимаютъ каучуковую трубку зажимомъ *S*, сообщаютъ кранъ *K* съ трубкою вида *U* (*D*), а сосудъ для поглощенія *b*—съ капиллярною трубкою *C*, открываютъ затѣмъ зажимъ *S*, вслѣдствіе чего вода будетъ вытекать изъ измѣрительной труб-

<sup>1)</sup> Растворъ пирогалловаго кали готовятъ, растворяя 18 гр. пирогалловой кислоты въ 40 гр. горячей воды и прибавляя 70 к.с. раствора ѣдкаго кали уд. в. 1,26—1,28.

<sup>2)</sup> Реактивъ этотъ готовятъ: или насыщая соляную кислоту (уд. в. 1,10) полухлористою мѣдью, или смѣшивая въ склянкѣ съ притертою пробкою 35 гр. хлористой мѣди, 200 к.с. соляной кислоты (уд. в. 1,19) и около 50 гр. мѣдныхъ стружекъ; смѣсь оставляютъ стоять два дня, часто взбалтывая ее, и затѣмъ разводятъ 120 к.с. водн. — Въ виду наблюдений, сдѣланныхъ одновременно (1877) *Hempel* емъ, *Drehschmidt* омъ и *Лоначевскимъ Петрунякой*, что кислые растворы полухлористой мѣди послѣ поглощенія изъ газовой смѣси окиси углерода вновь выдѣляютъ эту послѣднюю въ атмосферѣ водорода и азота, кислые растворы полухлористой мѣди при анализѣ газовъ полезно замѣнить аммиачнымъ, которые, кромѣ того, поглощаютъ болѣе объемъ окиси углерода и значительно меньше выдѣляютъ ее въ атмосферу водорода. Щелочный растворъ полухлористой мѣди всего удобнѣе готовить по *Лоначевскому*, растворяя хлористую мѣдь въ аммиакѣ (у. в. 0,91) до насыщенія и прибавляя къ полученному раствору избытокъ мѣдныхъ стружекъ. По истеченіи двухъ—трехъ дней растворъ можетъ быть употребленъ въ дѣло.

<sup>3)</sup> Приборъ Фишера занимаетъ еще меньшій объемъ—высота его 50, а ширина 25 см.

ки, а жидкость въ сосудѣ *b* будетъ подыматься. Коль скоро уровень жидкости въ сосудѣ *b* достигнетъ мѣтки *m*, закрываютъ край трубки *e* и зажимаютъ *S*. Этимъ путемъ реактивъ подымаютъ до мѣтки *m* также въ двухъ другихъ сосудахъ и затѣмъ закрываютъ широкія отверстія сосудовъ для поглощенія пробками, снабженными каучуковыми пузырями. Въ трубку вида *U* (*D*) вливаютъ одинъ куб. см. воды, наполняютъ оба колѣна хлопчатую бумагою и соединяютъ (при помощи трубки *n*) съ трубкою, приводящей изслѣдуемую газовую смѣсь. Чтобы испытать, держитъ-ли приборъ, сообщаютъ край *K* съ трубкою *D*, закрываютъ трубку *n* и открываютъ зажимъ *S*. При этихъ условіяхъ столбъ воды въ трубкѣ *a* сначала нѣсколько понизится, а затѣмъ долженъ оставаться постояннымъ, если приборъ держитъ. Стеклянные краны смазываютъ тонкимъ слоемъ вазелина, чтобы они лучше держали. Послѣ того, какъ измѣрительная трубка *a* (подымая сосудъ *A*) наполнена водою до черты 100, закрываютъ зажимъ *S* и поворачиваютъ край *K* такъ, чтобы сообщить трубку, приводящую изслѣдуемый газъ, съ каучуковой сосулькой *B*, и, приводя въ дѣйствіе сосульку, наполняютъ всѣ приводящія трубки изслѣдуемымъ газомъ. Затѣмъ при помощи крана *K* устанавливаютъ сообщеніе между трубкою, приводящей газъ, и измѣрительною трубкою, открываютъ зажимъ *S*, опускаютъ сосудъ *A* и такимъ образомъ наполняютъ изслѣдуемымъ газомъ измѣрительную трубку ниже черты *O*, закрываютъ край *K*, сжимаютъ газъ, подымая сосудъ *A* выше черты *O*, закрываютъ затѣмъ *S*, опускаютъ сосудъ *A* и осторожнымъ открываніемъ зажима выпускаютъ избытокъ воды до черты *O*. Въ заключеніе открываютъ на мгновеніе край *K*, чтобы установить въ трубкѣ атмосферное давленіе, послѣ чего измѣрительная трубка будетъ содержать ровно 100 к.с. газа. Затѣмъ приступаютъ къ опредѣленію отдѣльныхъ составныхъ частей газовой смѣси и начинаютъ съ поглощенія углекислоты, переводя газъ изъ измѣрительной трубки въ сосудъ *b*. Для этой цѣли подымаютъ сосудъ *A* и одновременно открываютъ зажимъ *S* и соотвѣтственно поворачиваютъ край *e*. Для ускоренія поглощенія переводятъ газъ нѣсколько разъ изъ сосуда *b* въ измѣрительную трубку и обратно, и въ заключеніе въ сосудѣ *b* доводятъ уровень реактива до черты *m*. Послѣ этого приступаютъ къ отчитыванію объема газа въ измѣрительной трубкѣ, подынявши сосудъ *A* настолько, чтобы жидкость въ немъ и въ измѣрительной трубкѣ находилась на одномъ уровнѣ. Уменьшеніе объема газа показываетъ прямо процентное содержаніе углекислоты въ немъ. Совершенно такимъ же образомъ опредѣляютъ въ изслѣдуемомъ газѣ содержаніе кислорода, переводя его въ сосудъ *c*, а затѣмъ содержаніе окиси углерода, переводя газъ въ сосудъ *d*. Содержаніе азота опредѣляется изъ разности.

Такъ какъ дымогарные газы содержатъ обыкновенно мало окиси угле-

рода, то во многихъ случаяхъ можно ограничиться опредѣленіемъ въ нихъ углекислоты и кислорода, употребляя для этого аппараты съ двумя сосудами для поглощенія. Въ тѣхъ случаяхъ, когда дѣло касается только опредѣленія углекислоты въ дымогарныхъ газахъ, какъ это бываетъ при контролѣ за топками (срав. стр. 522), тогда можно употреблять приборы еще болѣе простаго устройства.

Если дымогарные газы содержатъ значительное количество окиси углерода, то они почти всегда содержатъ также водородъ и углеродистые водороды, для опредѣленія которыхъ газы должны быть собраны не надъ водою и самый анализъ произведенъ въ лабораторіи надъ ртутью.

Для такого полного анализа дымогарныхъ газовъ *Fischer* устроилъ аппаратъ, очень сходный съ аппаратомъ *Regnault* и *Reiset'a*. Для полного анализа дымогарныхъ газовъ можетъ служить также способъ *Геммеля* (1880<sup>1)</sup>, дающій возможность произвести анализъ съ достаточной точностью безъ употребленія ртути. Способъ этотъ описанъ на русскомъ языкѣ въ сочиненіи *Алексева* (Анализъ газовъ), а потому считаю излишнимъ излагать его здѣсь.

Взятіе пробы дымогарныхъ газовъ для анализа. Анализъ дымогарныхъ газовъ, какъ ясно изъ вышесказаннаго, производится или для опредѣленія *средняго* количества воздуха, притекающаго въ топку, и *средней* потери тепла, причиняемой отходящими дымогарными газами, или для опредѣленія названныхъ факторовъ въ *данный моментъ*.

Въ первомъ случаѣ, напр., при опредѣленіи теплопроизводительной способности топлива непосредственнымъ сжиганіемъ его подъ паровикомъ или при опредѣленіи полезнаго дѣйствія сжигательнаго прибора, необходимо собрать газъ для анализа такимъ образомъ, чтобы отобранная проба представляла по возможности точно средній составъ газовъ въ теченіе всего опыта или въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени.

Изъ многочисленныхъ способовъ, предложенныхъ для достиженія названной цѣли, самымъ совершеннымъ слѣдуетъ считать способъ *Шёреръ-Кестнера* (1868), по которому изъ опредѣленнаго сѣченія дымоваго хода и изъ разныхъ точекъ этого сѣченія отводятъ непрерывно въ теченіе всего опыта опредѣленную и довольно значительную часть (около  $\frac{1}{1000}$  об.) всѣхъ дымогарныхъ газовъ и затѣмъ изъ этой части также непрерывно отбираютъ въ газометръ опредѣленную (отъ  $\frac{1}{250}$ — $\frac{1}{500}$ ) часть газовъ для анализа.

Приборъ *Шёреръ-Кестнера* состоитъ изъ *газоотборной* (всасывающей) трубы и изъ *аспиратора*.

*Газоотборная* труба (фиг. 152, табл. XLI) состоитъ изъ платиновой трубы (діаметръ 1 см., длина 70 см.) *ab*, которая снабжена по всей своей длинѣ узкою щелью, шириною въ нѣсколько десятыхъ долей миллиметра. Задній конецъ платиновой трубки закрытъ платиновою пробкою *b*, а пе-

<sup>1)</sup> *Hemmel. Neue Methoden zur Analyse der Gase. Braunsch. 1880.*

редней припаянъ къ мѣдной трубкѣ *ae*, помѣщенной въ холодильникъ Либиха *fg*, въ который при помощи трубокъ *o* и *r* притекаетъ и вытекаетъ вода, служащая для охлаждения. Трубка *ae* открыта при *e* и къ ней придѣлана трубка *h*, служащая для отбирания „малой пробы“, между тѣмъ, какъ главная масса отсасываемыхъ газовъ отводится черезъ *e*. Всасываніе газовъ производится при помощи аспиратора черезъ щель платиновой трубки, и такъ какъ щель эта легко можетъ засориться сажей, то для очищенія щели къ трубкѣ придѣланъ подвижной стержень *ik*, на которомъ насажено лезвіе *k*, укрѣпленное въ кольцѣ *l*. Подвижной стержень двигается въ кольцахъ *m* и *n* и проходитъ черезъ каучуковый сальникъ въ шейбѣ *p*, которая служитъ для укрѣпленія газоотборной трубки въ стѣнкахъ печи. Газоотборная трубка помѣщается въ дымовой ходъ въ плоскости поперечнаго его сѣченія, а мѣдная герметически задѣлывается въ стѣнкѣ дымоваго хода, такъ чтобы изъ печи выходила только пластинка *q*, конецъ трубки *ae*, трубки *h*, *r* и *o*, равно какъ и рукоятка стержня *ik* (фиг. 153, табл. XLI).

*Всасываніе газовъ* производится истеченіемъ жидкости. Конецъ газоотборной трубки *e* соединенъ при помощи каучуковой трубки съ свинцовой трубкою *v*, которая, въ свою очередь, припаяна къ свинцовой трубкѣ *yz*. Если открыть кранъ *y*, то по трубкѣ *yz* станетъ протекать струя воды или изъ резервуара, поставленнаго на нѣкоторой высотѣ, или изъ водопровода, и, регулируя положеніе крановъ *y* и *x*, можно установить всасываніе газа черезъ трубку *e*, сила котораго будетъ зависѣть отъ длины трубки *yz* и отъ количества воды, протекающаго черезъ нее въ единицу времени. Газы, всасываемые черезъ трубки *e*, *v* и *x*, идутъ вмѣстѣ съ водою въ жестяной резервуаръ, въ которомъ происходитъ отдѣленіе воды отъ газовъ, при чемъ первая стекаетъ по трубкѣ *o*, а второй—по трубкѣ *t* направляется сначала въ газовые часы, а затѣмъ въ воздухъ. Этимъ путемъ въ теченіе опыта извлекаютъ изъ дымоваго хода нѣсколько куб. метровъ газа, образующихъ такъ-называемую „большую пробу“.

Одновременно съ этою главною газовой струею, отсасываютъ изъ нея же черезъ трубку *h* небольшую побочную струю въ ртутный газометръ, сдѣланный изъ толстаго стекла и устроенный на подобіе Мариоттова сосуда (фиг. 154, табл. XLI). Емкость газометра около 3-хъ литровъ и онъ вмѣщаетъ 40 кило ртути. Верхнее горло газометра закрыто пробкой, черезъ которую проходятъ двѣ трубки *b* и *a*; первая изъ этихъ трубокъ доходитъ до нижней поверхности пробки, а вторая—до дна сосуда и, благодаря смазкѣ, можетъ быть легко передвигаема въ дырѣхъ пробки безъ потери газа. Трубка *c* служитъ манометромъ для опредѣленія давленія внутри сосуда, а трубка *d* служитъ для истеченія ртути изъ прибора во время наполненія его газомъ и можетъ быть направляема, поворачиваніемъ въ пробкѣ, вверхъ и внизъ. Описанный га-



зомеръ помѣщаютъ на желѣзный листъ съ поднятыми краями, чтобы предупредить разливаніе ртути; разлитая ртуть съ желѣзнаго листа стекаетъ по трубкѣ *a'b'* въ поставленный сосудъ. Полки *c'c'* служатъ для помѣщенія сосудовъ съ ртутью, служащей для наполненія газометра. Трубка *d'* приводитъ, а трубка *e'* отводитъ воду изъ холодильника. Всасываніе газа изъ дымового хода происходитъ черезъ щель газоотборной трубки при уменьшеніи въ ней давленія на нѣсколько мм. рт. ст. Положеніе крановъ *x* и *y* регулируется по объему газовъ, вытекающихъ черезъ *t* въ единицу времени, и измѣряемому газовыми часами; въ опытахъ Шереръ-Кестера это количество равнялось 4—5 литрамъ въ минуту. Когда надлежащее всасываніе газовъ установлено, отводятъ небольшую часть этихъ газовъ въ газометръ, служащій одновременно аспираторомъ. Для этой цѣли соединяютъ трубку *h* съ трубкою *a* газометра, при томъ такъ, чтобы воздухъ не могъ взойти въ этотъ послѣдній. Открываютъ именно краны трубокъ *b* и *c*, закрываютъ *d* и вливаютъ черезъ трубку *a* ртуть въ газометръ до тѣхъ поръ, пока она не начнетъ вытекать при *b*; тогда закрываютъ кранъ *b* и продолжаютъ приливать ртуть черезъ *a*, пока ртутью не будетъ вполне наполненъ газометръ, равно какъ и его трубки. Затѣмъ выдвигаютъ вверхъ трубку *a* и соединяютъ ее при помощи каучуковой перемычки съ трубкой *h*, высосавши предварительно ртомъ воздухъ изъ каучуковой трубки и зажавши конецъ ея пальцами. При выпусканіи ртути черезъ трубку *d* газъ будетъ входить въ газометръ. Для того чтобы притеканіе газа было равномерное, нижній конецъ трубки *a* оттягиваютъ.

Если аппаратъ разъ пущенъ въ ходъ, то нужно только отъ времени до времени прочищать щель газоотборной трубки, засариваніе которой легко узнать, наблюдая за разницею въ высотахъ уровня ртути въ газометрѣ и манометрической трубкѣ *c*. При правильномъ ходѣ аппарата эта разница въ высотахъ равна 2—3 мм., но увеличивается замѣтно при засореніи газоотборной трубки и опять достигаетъ прежней величины послѣ прочистки щели.

Когда опытъ оконченъ, закрываютъ кранъ трубки *d*, поворачиваютъ ее вверхъ, погружаютъ нижній конецъ трубки *a* въ оставшуюся ртуть, снимаютъ каучукъ *ah*, наливаютъ немного ртути въ сосудъ черезъ *a*, чтобы увеличить въ немъ давленіе и воспрепятствовать входу воздуха и переносить газометръ, наполненный газомъ, въ помѣщеніе, предназначенное для анализа газа.

Только-что описанный способъ отбирания средней пробы дымогарныхъ газовъ очень рационаленъ, но онъ требуетъ дорогой ртути и дорогой платиновой трубки, которая, кромѣ того, быстро портится, если отбираемый газъ содержитъ цианистыя, мышьяковистыя и т. п. соединенія.

Въ виду этого, въ тѣхъ случаяхъ, когда не требуется очень большой точности, употребляютъ вмѣсто ртутнаго газометра-аспиратора водяной и вмѣсто платиновой газоотборной трубки—трубки изъ тугоплавнаго стекла и фарфора. Перваго рода трубки употребляются при отборѣ газовъ, температура которыхъ ниже  $600^{\circ}$ , а втораго рода трубки—при отборѣ газовъ съ болѣе высокой температурой. Стекланные и фарфоровыя газоотборныя трубки имѣютъ обыкновенно въ діаметрѣ 10—15 мм., а въ длину 1 м.

Нерѣдко для отбирания пробъ дымогарныхъ газовъ употребляютъ также желѣзныя трубы (длиною 1 м., діаметръ 10—15 мм.), и для защиты отъ окисленія покрываютъ эти трубы смѣсью изъ мелкорастертаго песка и буры. При отборѣ газовъ съ очень высокою температурою употребляютъ металлическія трубы, охлаждаемая водою. Фиг. 155, табл. ХLI, представляетъ такую трубу, въ которую вода приводится по трубкѣ *d* и отводится по трубкѣ *e*. Тѣмъ не менѣе, употребленіе желѣзныхъ трубъ нельзя совѣтовать, такъ какъ онѣ легко могутъ измѣнить составъ газовъ; при извѣстныхъ условіяхъ онѣ, окисляясь, отнимаютъ кислородъ у газовъ, при чемъ образуется окись желѣза, которая, въ свою очередь, можетъ окислять не вполне окисленные продукты, содержащіеся въ отбираемыхъ газахъ.

Если отбираемые газы содержатъ много сажи и другихъ механическихъ примѣсей, то въ передней части газоотборной трубки помѣщаютъ пробки (пыжи) изъ азбеста.

При отбирании пробъ дымогарныхъ газовъ, съ цѣлью опредѣлить ихъ составъ въ данный моментъ, нѣтъ необходимости употребить столь сложные приборы для отсасыванія газовъ, и отсасываніе можетъ быть произведено при помощи каучуковой сосульки и при томъ такъ, чтобы проба газовъ попадала непосредственно въ приборъ, служащій для анализа газа, какъ это было сказано выше.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда желаютъ подвергнуть дымогарные газы полному точному химическому анализу, ихъ собираютъ или надъ ртутью, или же въ стеклянную трубку, снабженную по срединѣ шаромъ въ 100 к.с. емкости (ф. 156, табл. ХLI). Въ этомъ послѣднемъ случаѣ для наполненія стеклянной трубки газомъ соединяютъ одинъ конецъ ея съ газоотборной трубкой, а другой—съ каучуковой сосулькой, при помощи которой протягиваютъ дымогарные газы черезъ стеклянную трубку до тѣхъ поръ, пока весь воздухъ не будетъ изгнанъ изъ трубки и она не наполнится изслѣдуемымъ газомъ. Затѣмъ концы стеклянной трубки запаиваютъ при *се* и собранный газъ анализируютъ надъ ртутью по одному изъ извѣстныхъ способовъ.

Составъ дымогарныхъ газовъ, образующихся при сжиганіи топлива въ обыкновенныхъ топкахъ съ рѣшетками, былъ предметомъ многочисленныхъ изслѣдованій. Первое изслѣдованіе подобнаго рода было произведено *Péclet* (1827), который набиралъ газъ для

анализа изъ дымовой трубы, опараживая въ нее бутылку, наполненную водою, по направлению противоположному движению газовъ. При анализѣ онъ поглощала углекислоту жѣдкимъ кали, а кислородъ фосфоромъ. За изслѣдованіями *Péclet* послѣдовали изслѣдованія *Ebelmen*'а (1844) и *Ebelmen*'а и *Sauvage* (1853), которые производили отсасываніе газовъ при помощи фарфоровой трубы и водянго аспиратора. Составъ дымогарныхъ газовъ они опредѣляли дополнительнымъ сжиганіемъ. Аналогичнымъ образомъ поступалъ и *Combes* (1847) при своихъ изслѣдованіяхъ надъ устраненіемъ дыма. *Marsilly* (1862) при своихъ изслѣдованіяхъ надъ составомъ дымогарныхъ газовъ для набора пробъ газовъ употреблялъ жѣдные цилиндры 10 литровъ вместимости, изъ которыхъ былъ предварительно выкаченъ воздухъ. *Scheurer-Kestner* (1868) усовершенствовалъ какъ способъ отбирания пробъ дымогарныхъ газовъ, такъ и анализъ ихъ, и когда въ 1874 г. *Orsat* придумалъ удобный приборъ для анализа дымогарныхъ газовъ, тогда анализъ дымогарныхъ газовъ сталъ достояніемъ техники и получилъ широкое примѣненіе.

---

## 2. Приборы для измѣренія температуры

Л и т е р а т у р а .

*Fischer.* Ueber Thermometer und Pyrometer. Dingl. J. 1877, 225, 272, 463; 1878, 230, 319; 1879, 233, 400; 1880, 236, 303; 1882, 244, 438; 1884, 251, 412; 254, 158.

Изъ приборовъ, придуманныхъ для измѣренія температуры, только немногіе получили широкое примѣненіе.

Для измѣренія температуры до  $250^{\circ}$  всего удобнѣе употреблять ртутные термометры. Ртутные термометры, служащіе для измѣренія температуры дымогарныхъ газовъ, имѣютъ въ длину 0,75—1,0 м., и дѣленія на нихъ начинаются на разстояніи 0,4 м. отъ нижняго конца, чтобы возможно было отсчитывать показанія термометра, не вынимая его изъ канала, отводящаго дымогарные газы. Такое расположеніе термометра показано на фиг. 157, табл. XLII. *R*—дымовой каналъ, *S*—заслонка, регулирующая тягу, *e*—стеклянная трубка (діаметръ 2—3 см.), герметически вдѣланная въ сводъ дымоваго канала и закрытая пробкой, черезъ которую проходятъ: термометръ *t*, газоотборная трубка *r*, а также, если нужно, трубка отъ манометра для измѣренія силы тяги.

Чтобы при измѣреніи ртутнымъ термометромъ высокихъ температуръ предупредить возгонку ртути въ верхнюю часть трубки, *Гейслеръ* въ Боннѣ предложилъ наполнять эту часть азотомъ, и термометры подобнаго рода могутъ быть употребляемы для измѣренія, съ достаточной точностью, температуры до  $350^{\circ}$ .

Для измѣренія температуры до  $500^{\circ}$  можетъ служить графитный пирометръ *Стейнле* и *Гартунга* (Steinle und Hartung, 1877). Пирометръ этотъ состоитъ изъ трубки-чехла *a* (фиг. 158, табл. XLII), на верхнемъ концѣ которой укрѣплена коробка со шкалой, а къ нижнему *и* припаяна металлическая продыравленная трубка *c*. На верхней части трубки *c* помѣщенъ механизмъ указателя, который соединенъ также съ графитнымъ стержнемъ *g* при помощи продыравленной трубки *d*. Коль скоро трубка *l* подъ вліяніемъ температуры измѣнитъ свою длину, приходитъ въ движеніе графитный стержень, и это движеніе передается черезъ трубку *d* указателю (стрѣлкѣ). Измѣненіе длины трубки-чехла не оказываетъ никакого вліянія на пока-

запіл прибора, а трубки *c* и *d* имѣютъ всегда равную длину, такъ какъ онѣ продыравлены, окружены большимъ объемомъ воздуха, а потому имѣютъ одинаковую температуру. Установка указателя производится при помощи ключа, ослабивъ винтъ *z*.

Этотъ и ему подобные пирометры вполнѣ точныхъ показаній давать не могутъ, а потому для измѣренія высокихъ температуръ всего болѣе пригодны воздушные термометры, электрической пирометръ *Сименса* и калориметрической способъ.

Воздушные термометры бываютъ двухъ родовъ: въ однихъ температура измѣряется по расширенію даннаго объема воздуха при постоянномъ давленіи, въ другихъ—по увеличенію упрукости воздуха при постоянномъ объемѣ.

Представителемъ перваго рода термометровъ можетъ служить термометръ *Рудберга* (1837). Термометръ этотъ, видоизмѣненный *Реньо*, представленъ на фиг. 159, табл. XLII. Онъ состоитъ изъ сосуда *B*, который оканчивается длинною и узкою трубкою. Сосудъ *B* наполняютъ воздухомъ, высушеннымъ и лишеннымъ углекислоты. Для этой цѣли соединяютъ сосудъ *B* съ двумя трубками вида *U*, наполненными хлористымъ кальціемъ и ѣдкимъ кали, выкачиваютъ изъ сосуда воздухъ ручнымъ насосомъ *P* и наполняютъ сосудъ вновь воздухомъ, прошедшимъ черезъ трубки вида *U*. Эту операцію повторяютъ нѣсколько разъ. Сосудъ, наполненный такимъ образомъ вполнѣ чистымъ и сухимъ воздухомъ, помѣщается въ пространство, температуру котораго желаютъ опредѣлить. Когда сосудъ приметъ измѣряемую температуру, запаиваютъ конецъ стеклянной трубки и, погрузивъ въ ртуть (фиг. 160, табл. XLII), отламываютъ запаянный конецъ трубки, окружаютъ сосудъ льдомъ и опредѣляютъ вѣсь *p* ртути, вошедшей въ сосудъ и соотвѣтствующій объему воздуха, вытѣсненнаго изъ сосуда *B* при нагреваніи. Затѣмъ вполнѣ наполняютъ сосудъ ртутью при 0° и опредѣляютъ ея вѣсь *P*. Искомую температуру (*t*) находятъ по уравненію:

$$PH(1+kt) = (P-p)(H'-h)(1+\alpha t),$$

въ которомъ *k*—коэффициентъ расширенія матеріала, изъ котораго изготовленъ сосудъ *B*, *H*—высота барометра въ моментъ запаиванія сосуда, *H'*—высота барометра при наполненіи сосуда *B* ртутью, *h*—разница въ высотахъ уровней ртути въ *B* и *C* (фиг. 160) и  $\alpha$ —коэффициентъ расширенія воздуха при постоянномъ давленіи, который по *Маллусу* равенъ 0,003665.

Представителемъ воздушныхъ термометровъ, при помощи которыхъ температура измѣряется по увеличенію упрукости воздуха, можетъ служить термометръ *Реньо* (1850), измѣненный *Жоли* (*Jolly*, 1874) и представленный на фиг. 161 *a*, *b*, *c*, табл. XLII. Онъ состоитъ изъ двухъ трубокъ *a* и *b*, имѣющихъ

одинаковый діаметръ и соединенныхъ между собою каучуковою трубкою *k*, наполненною ртутью; трубка *b*, кромѣ того, соединена при помощи капиллярной трубки съ баллономъ. Обѣ трубки могутъ быть передвигаемы внизъ и вверхъ при помощи салазокъ и установлепы на любой высотѣ при помощи винтовъ. Внутри трубки *b* въ верхнемъ ея концѣ припаяно стеклянное остріе, какъ это показано на фиг. 161 *b*, табл. XLII. Если приподнять трубку *a* настолько, чтобы ртуть въ трубкѣ *b* прикоснулась острію, то разность въ высотахъ столбовъ ртути въ *a* и *b*, сложенная съ высотой барометра въ моментъ наблюденія, выразитъ давленіе, подъ которымъ находится газъ въ баллонѣ. При возвышеніи температуры увеличивается упругость воздуха, а слѣдовательно, нужно поднять вверхъ трубку *a*, чтобы опять привести въ соприкосновеніе поверхность ртути въ *b* съ остріемъ. Точную установку значительно облегчаетъ микрометрической винтъ *c*. Давленіе, которое обнаруживаетъ газъ при этой, болѣе высокой, температурѣ, отсчитывается также, какъ и въ первомъ случаѣ, и для этого отсчитыванія приборъ снабженъ шкалой *AB*, раздѣленной на мм. Нижній конецъ трубки *b* соединенъ при помощи гайки съ стальной надставкой, на которой укрѣплена каучуковая трубка *k* и при томъ такъ, что трубка *b* можетъ быть отвинчена, не измѣняя всего остальнаго. Для наполненія аппарата сухимъ воздухомъ отвинчиваютъ трубку *b* и при помощи той же гайки соединяютъ съ воздушнымъ насосомъ. Баллонъ затѣмъ разъ 10—12 выкачиваютъ и наполняютъ воздухомъ, изъ котораго углекислота удалена ѣдкимъ кали, а влага—твердою фосфорною кислотою. При помощи крана, находящагося въ нижней части трубки *b* и изображеннаго въ увеличенномъ видѣ на фиг. 161 *c*, закрываютъ трубку, отвинчиваютъ ее отъ насоса и соединяютъ съ каучуковою трубкою *k*. Затѣмъ, поднимая трубку *a*, выпускаютъ нѣсколько капель ртути черезъ *a*, поворачиваютъ кранъ на 90° и тѣмъ сообщаютъ сосудъ *a* съ *b*. Аппаратъ готовъ тогда къ употребленію. Погружаютъ баллонъ до опредѣленной черты въ толченый ледъ, затѣмъ до той же черты въ пространство, температуру котораго желаютъ измѣрить. Если въ обоихъ случаяхъ ртуть была приведена въ соприкосновеніе съ остріемъ, то получимъ давленія *d* и *D* газа, содержащагося въ аппаратѣ, при температурѣ 0° и *T*. Если объемъ *V* шара до черты *n*, а равно объемъ *v* капиллярной трубки и верхней части трубки *b*, ненаполненной ртутью, былъ предварительно тщательно опредѣленъ при температурѣ 0°, въ такомъ случаѣ по закону Дюлонга и Гэ-Люссака мы получимъ:

$$Vd + \frac{vd}{1+\alpha t} = VD \frac{(1+\gamma T)}{(1+\alpha T)} + \frac{vD}{1+\alpha t_1},$$

гдѣ  $\alpha$ —коэффициентъ расширенія воздуха при постоянномъ объемѣ,  $\gamma$ —коэф-

коэффициентъ расширения матеріала, изъ котораго сдѣланъ баллонъ;  $t$  — температура капиллярной трубки при опредѣленіи давленія  $d$ ,  $t_1$  — температура ея при опредѣленіи давленія  $D$ ,  $T$  — температура газа въ баллонѣ при давленіи  $D$ . Изъ приведеннаго уравненія опредѣляютъ искомую температуру:

$$T = \frac{D - d + \frac{v}{V} \left( \frac{D}{1 + \alpha t_1} - \frac{d}{1 + \alpha t} \right)}{\alpha \left[ d - \frac{v}{V} \left( \frac{D}{1 + \alpha t_1} - \frac{d}{1 + \alpha t} \right) \right] - \gamma D}.$$

При опредѣленіи высокихъ температуръ баллонъ, содержащій воздухъ, всего лучше изготовить изъ фарфора, такъ какъ стекло слишкомъ легкоплавко, а металлы при высокихъ температурахъ проницаемы для газовъ. *Фишеръ* при своихъ опытахъ употреблялъ фарфоровый баллонъ, снабженный фарфоровой трубкой, длиною въ 13 см.

Показанія воздушнаго термометра слѣдуетъ считать, если не абсолютно точными (въ виду неполной точности закона Мариотта и измѣненія коэффициента расширения воздуха съ температурой), то во всякомъ случаѣ самыми точными, какія мы можемъ достигнуть. Такъ какъ, однако, опредѣленіе температуры при помощи воздушныхъ термометровъ довольно хлопотливо и требуетъ сложныхъ приспособленій, то на практикѣ этотъ способъ рѣдко употребляется.

Электрической пирометръ Сименса. Уже давно старались воспользоваться электрическими явленіями для измѣренія температуры, но только *Сименсу* (C. W. Siemens, 1869) удалось придумать приборъ, пригодный для практическихъ цѣлей. Пирометръ Сименса основанъ на томъ, что электропроводимость металловъ уменьшается съ возвышеніемъ температуры, и что отношеніе между температурою ( $t$ ) и сопротивленіемъ ( $R$ ) металловъ достаточно точно выражается формулою:

$$R = \alpha T^{1/2} + \beta Tt + \gamma,$$

въ которой  $T$  выражаетъ абсолютную температуру ( $t + 273$ ), а  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  — коэффициенты, зависящіе отъ природы и чистоты металла. Для пирометрическихъ цѣлей можетъ быть употреблена только платина, сопротивленіе которой замѣтно измѣняется съ ея чистотой, при чемъ самую большую электропроводимостью обладаетъ платина, полученная свариваніемъ губчатой платины, какъ самая чистая. Такую платину и употребляетъ *Сименсъ* для своихъ пирометровъ, превращая ее въ проволоку, имѣющую 0,4 мм. толщины, и сопротивленіе которой равно 10 ед. Сименса. Для подобной платиновой проволоки постоянными въ вышеприведенной формулѣ слѣдующія:

$$\alpha = 0,039369, \beta = 0,00216407 \text{ и } \gamma = -0,24127.$$

Платиновая проволока вышеуказанных размѣровъ помѣщена въ тонкую бороздку, расположенную по спиральной линіи вокругъ цилиндра *e* (фиг. 162, табл. XIII), изготовленнаго изъ обожженной огнеупорной глины. Къ одному концу тонкой платиновой проволоки припаяна одна, а къ другому концу двѣ болѣе толстыхъ проволоки, къ тремъ свободнымъ концамъ которыхъ, въ свою очередь, припаяны мѣдные проволоки, служащія для прохождения тока. Тонкая платиновая проволока навита на глиняный цилиндръ *e* такимъ образомъ, что небольшая часть ея при помощи зажима можетъ быть включена и выключена изъ цѣпи съ цѣлью сдѣлать ея сопротивленіе равнымъ точно 10 единицамъ. Всѣ три проволоки, предназначенныя для проведенія тока, помѣщены каждая отдѣльно въ фарфоровыя трубки, служащія изоляторами. Глиняный цилиндръ, обвитый тонкою платиновою проволокою, равно какъ и толстыя проволоки, помѣщаются въ крѣпкую желѣзную трубку, одинъ конецъ которой заваренъ, между тѣмъ какъ другой снабженъ мѣдной оправой, въ которой помѣщена глиняная пластинка съ тремя зажимами для укрѣпленія въ нихъ трехъ проволокъ, идущихъ отъ тонкой платиновой проволоки, навитой на глиняный цилиндръ *e*. Глиняный цилиндръ *e* окруженъ платиновою пластинкою, которая, въ свою очередь, окружена асбестомъ для уединенія отъ стѣнокъ желѣзной трубки. Въ тѣхъ случаяхъ, когда измѣреніе очень высокихъ температуръ должно быть производимо продолжительное время, *Сименсъ* замѣняетъ часть желѣзной трубки, подвергающейся сильному нагрѣванію, платиновою трубкою, такъ какъ въ желѣзной трубкѣ образуются газы, возстановляющіе кремневую кислоту глины и образующіися при этомъ кремній загрязняетъ платину и измѣняетъ ея электропроводимость. Для измѣренія силы тока *Сименсъ* употребляетъ дифференціальный вольтметръ. Токъ небольшой гальванич. батареей (6 элем. Лекляншэ, помѣщенныхъ въ ящикѣ *m*, фиг. 163) раздѣляются на двѣ вѣтви, изъ которыхъ каждая проходитъ черезъ одинъ вольтметръ, и, кромѣ того, одна черезъ извѣстное и постоянное, а другая черезъ измѣряемое сопротивление. Такъ какъ сила тока въ обѣихъ вѣтвяхъ обратно пропорціональна сопротивленію и прямо пропорціональна количеству газовъ, выдѣляющихся въ вольтметрахъ, то количество выдѣляющихся газовъ въ вольтметрахъ будетъ обратно пропорціонально сопротивленію. Въ дифференціальномъ вольтметрѣ *Сименса* сопротивленіе каждаго изъ вольтметровъ, вмѣстѣ съ соединительными проволоками, равно 3, а постоянное сопротивленіе (проволоки изъ нейзильбера) равно 17 ед. Сименса. Если обозначимъ черезъ *V* объемъ газовъ, выдѣлившихъ въ вольтметрѣ, въ цѣпь котораго включено постоянное сопротивленіе, а черезъ *V'*—объемъ газовъ, выдѣлившихся въ вольтметрѣ, въ цѣпь котораго включено измѣряемое сопротивленіе *R*, въ такомъ случаѣ:



$$(17+3):(R+3) = V': V,$$

откуда:

$$R = 20 \frac{V}{V'} - 3.$$

Общій видъ дифференціального вольтамметра представленъ на фиг. 164, табл. XLIII, а схематическое расположеніе отдѣльныхъ частей всего прибора и проводниковъ на фиг. 165, табл. XLIII. На деревянномъ штативѣ  $FF'$  укрѣплены двѣ узкія стеклянныя трубки  $A$  и  $B$ , имѣющія одинаковый діаметръ и снабженныя внизу расширеніемъ. Въ расширенныя части помѣщены электроды и онѣ соединены при помощи каучуковыхъ трубокъ съ стеклянными сосудами  $G$  и  $G'$ , которые укрѣплены на небольшихъ салазкахъ, при помощи которыхъ сосуды могутъ быть передвигаемы въ рѣхъ и внизъ. Какъ сосуды  $G, G'$ , такъ и трубки  $A$  и  $B$  сверху открыты, но верхнія отверстія трубокъ  $A$  и  $B$  могутъ быть по желанію герметически закрыты при помощи каучуковыхъ подушекъ, укрѣпленныхъ на горизонтальныхъ плечахъ двухъ колѣнчатыхъ рычаговъ  $h$  и  $h'$ , имѣющихъ одну общую ось. Противовѣсы  $L$  и  $L'$  прижимаютъ подушки къ отверстіямъ трубокъ. Если желаютъ открыть отверстія трубокъ  $A$  и  $B$ , то приближаютъ вертикальныя колѣна рычаговъ другъ къ другу, вслѣдствіе чего подушки поднимаются. Позади трубокъ  $A$  и  $B$  помѣщена шкала, нулевая черта которой находится близко верхняго конца трубокъ. На лѣвой сторонѣ шкалы обозначены величины  $V$ , а на правой—величины для  $V'$ . Лѣвый вольтамметръ соединенъ съ сопротивленіемъ изъ 17 ед., помѣщеннымъ въ ящикѣ  $X'$ , а правый— съ зажимомъ  $X$  и, кромѣ того, оба вольтамметра соединены съ коммутаторомъ, и именно съ заднимъ его зажимомъ. Къ лѣвому и правому зажимамъ коммутатора  $B$  и  $B'$  прикрѣплены проволоки отъ батареи. Къ переднему зажиму коммутатора  $C$  и къ зажимамъ  $X$  и  $X'$  прикрѣпляются проволоки, идущія отъ желѣзной трубки, содержащей платиновую проволоку. Двѣ проволоки, идущія отъ одного конца платиновой проволоки, прикрѣплены къ зажимамъ  $X'$  и  $C$ , а проволока, идущая отъ другаго конца платиновой проволоки, соединена съ зажимомъ  $X$ . Проволоки, идущія отъ желѣзной трубки къ вольтамметру, соединены въ небольшую кабель и имъ придають длину 23 м., что позволяетъ помѣщать вольтамметръ на довольно значительномъ разстояніи отъ мѣста, температуру котораго желаютъ измѣрить. При употребленіи прибора соединяютъ отдѣльныя его части, какъ показано на фиг. 165, наполняютъ сосуды  $G$  и  $G'$  разбавленною сѣрною кислотою (1 объемъ  $H_2SO_4$  и 9 об. воды), открываютъ верхнія отверстія трубокъ  $A$  и  $B$ , поднимаютъ сосуды  $G$  и  $G'$  вверхъ такъ, чтобы жидкость въ трубкахъ  $A$  и  $B$  поднялась до черты  $0^0$  шкалы. Коммутаторъ устанавливають при этомъ такъ, чтобы токъ былъ прерванъ. Затѣмъ помѣщаютъ желѣзную трубку съ платиною проволокою въ простран-

ство, температуру котораго желаютъ измѣрить, замыкаютъ токъ и измѣняютъ направленіе его при помощи коммутатора каждыя 10 секундъ, чтобы уменьшить вліяніе поляризаціи. Коль скоро трубки  $A$  и  $B$  будутъ наполнены до половины (не менѣе) гремучимъ газомъ, прекращаютъ токъ, перемываютъ внизъ сосуды  $G$  и  $G'$  до тѣхъ поръ, пока жидкость въ нихъ не будетъ находиться на одномъ уровнѣ съ жидкостью въ трубкахъ  $A$  и  $B$ , и отсчитываютъ объемы образовавшихся гремучихъ смѣсей. Такъ какъ въ данномъ случаѣ дѣло касается только отношеній между объемами гремучихъ смѣсей въ обѣихъ трубкахъ  $A$  и  $B$ , и такъ какъ отсчитываніе газовъ въ обѣихъ трубкахъ происходитъ одновременно, а слѣдовательно при одной и той же температурѣ и давленіи, то нѣтъ необходимости приводить газы къ давленію 760 мм. ртутнаго столба и къ темпер.  $0^\circ$ . Чтобы, кромѣ того, сдѣлать излишнимъ всякія вычисленія, къ прибору приложена таблица, въ которой указана температура ( $T$ ), соотвѣтствующая любымъ наблюденнымъ объемамъ  $V$  и  $V'$ .

*Sphor* (1885) предложилъ для упрощенія устройства электрическаго пирометра Сименса замѣнить въ этомъ послѣднемъ вольтметры—телефономъ, а гальваническую батарею изъ 6 элементовъ индуктивной катушкой и однимъ небольшимъ элементомъ. Насколько это предложеніе окажется практичнымъ, долженъ рѣшить еще опытъ.

Калориметрической способъ. Описанный пирометръ Сименса, какъ ясно изъ вышесказаннаго, очень удобенъ, но онъ довольно дорогой и, кромѣ того, даетъ вѣрныя показанія только для температуры до  $1100^\circ$ . Въ виду этого въ настоящее время для измѣренія высокихъ температуръ употребляютъ всего чаще *калориметрической способъ*, основанный на измѣреніи количества тепла, поглощеннаго извѣстнымъ вѣсомъ твердаго тѣла при нагрѣваніи его до измѣряемой температуры. Если  $P$  обозначаетъ вѣсъ нагрѣваемого твердаго тѣла,  $G_s$ —значеніе калориметра въ водѣ,  $W$ —вѣсъ воды въ калориметрѣ,  $t_0$ —первоначальную температуру калориметра,  $t_1$ —температуру калориметра послѣ опыта,  $C_m$ —среднюю теплоемкость нагрѣваемого твердаго тѣла между  $T$  и  $t_1$ , а  $T$ —искомую температуру, до которой было нагрѣто твердое тѣло; въ такомъ случаѣ:

$$PC_m(T - t_1) = (G_s + W)(t_1 - t_0),$$

откуда:

$$T = \frac{(G_s + W)(t_1 - t_0)}{PC_m} + t_1.$$

Такимъ образомъ вся задача калориметрическаго способа опредѣленія температуры сводится къ устройству удобнаго калориметра для опредѣленія количества тепла, отдаваемого нагрѣтымъ твердымъ тѣломъ при охлажденіи его отъ  $T$  до  $t_1$ , и къ избранію для нагрѣванія такого твердаго тѣла, которое по возможности мало измѣнялось бы отъ нагрѣванія, и теплоемкость

котораго измѣнялась бы по возможности правильно съ температурою. Изъ твердыхъ тѣлъ всего болѣе удовлетворяють этимъ условіямъ желѣзо и платина.

По *Weinhold*'у (1873) теплоемкость желѣза при температурѣ  $t$  можетъ быть вычислена по формулѣ:

$$c_t = c_0 + \alpha t + \beta t^2,$$

а средняя теплоемкость между температурами  $t_1$  и  $t_2$  при помощи формулы:

$$\frac{W}{t_2 - t_1} = c_0 + \frac{\alpha}{2} (t_2 + t_1) + \frac{\beta}{3} \frac{t_2^2 + t_1^2 + (t_2 + t_1)^2}{2}.$$

Постоянныя этихъ формулъ слѣдующія:

$$c_0 = 0,105907, \alpha = 0,00006538 \text{ и } \beta = 0,0000066477.$$

По *Vielle* удѣльная теплоемкость платины между  $0^\circ$  и  $1200^\circ$  равна:

$$c_0^t = 0,0317 + 0,000006 t$$

Помощью этой формулы получимъ:

$c_0^{100} = 0,0323$	$c_0^{500} = 0,0347$	$c_0^{900} = 0,0371$
$c_0^{200} = 0,0329$	$c_0^{600} = 0,0353$	$c_0^{1000} = 0,0377$
$c_0^{300} = 0,0335$	$c_0^{700} = 0,0359$	$c_0^{1100} = 0,0383$
$c_0^{400} = 0,0341$	$c_0^{800} = 0,0365$	$c_0^{1200} = 0,0389$

Дѣйствительная теплоемкость платины при  $t^0$  между тѣми же предѣлами слѣдующая:

$$\gamma_t = 0,0317 + 0,000012 t,$$

откуда получимъ:

$$\gamma_{100} = 0,0329, \gamma_{500} = 0,0377, \gamma_{1000} = 0,0437, \gamma_{1200} = 0,0461.$$

Изъ многочисленныхъ калориметрическихъ способовъ для опредѣленія высокихъ температуръ и опишу здѣсь способъ *Фишера* (1877), какъ болѣе простой. Калориметръ Фишера (фиг. 166, табл. XLIII) состоитъ изъ цилиндрическаго сосуда  $A$ , сдѣланнаго изъ тонкаго мѣднаго листа, имѣющаго въ діаметрѣ 50 мм. Цилиндрическій сосудъ этотъ помѣщенъ въ деревянномъ сосудѣ  $B$ , и промежутокъ между стѣнками обоихъ сосудовъ наполненъ азбестомъ или стеклянною ватою. Калориметръ закрытъ сверху тонкою латунною пластинкою, которая снабжена большимъ отверстіемъ  $d$  въ 20 мм. для помѣщенія мѣшалки и нагрѣтыхъ металлическихъ цилиндровъ, и небольшимъ отверстіемъ для помѣщенія ртутнаго термометра  $t$ . Термометръ снабженъ дѣленіями отъ 0—50 и раздѣленъ на 0,1<sup>0</sup>; онъ защищенъ снизу отъ поврежденія дугообразною мѣдною пластинкою  $a$ . Мѣшалка состоитъ изъ круглой мѣдной пластинки, къ которой прикрѣплена мѣдная проволока, къ верхнему концу которой припаяна стеклянная палочка, служащая рукояткою. Мѣдный цилиндръ вѣситъ 35,905 грам., мѣшалка безъ стеклянной палочки вѣситъ 6,445 грам., поэтому значеніе калориметра въ водѣ (принимая теплоемкость мѣди въ 0,094) будетъ 3,98 или вмѣстѣ съ термометромъ 4,0 грам. Вѣсъ воды, помѣщаемой въ калориметръ, равенъ

246 грам., такъ что значеніе наполненнаго калориметра въ водѣ равно 250 грам. или 0,25 кило. Для измѣренія температуры служитъ цилиндръ изъ кованаго желѣза вдвойнѣ пробурованный, діаметръ котораго равенъ 13 мм., длина 20 мм., а вѣсъ 20 грам. Цилиндръ этотъ вводится въ пространство, температура котораго должна быть измѣрена, въ желѣзномъ закрытомъ сосудѣ (фиг. 167, табл. XLIII), снабженномъ желѣзнымъ стержнемъ, длиною 0,5—1 м., съ деревянною рукояткою. Послѣ того какъ цилиндръ принялъ измѣряемую температуру, его подносятъ къ калориметру, снимаютъ крышку *c* и вбрасываютъ въ воду калориметра черезъ отверстие *d*. Желѣзный цилиндръ падаетъ на пластинку мѣшалки, при подыманіи и опусканіи которой теплота желѣзнаго цилиндра быстро и равномерно передается водѣ, такъ что, спустя 1 минуту, термометръ достигаетъ конечной температуры. Поправку на испареніе воды изъ калориметра и на охлажденіе не производятъ, такъ какъ она, какъ показали непосредственный опытъ, ничтожна. При производствѣ значительнаго числа опытовъ за разъ, вода въ калориметрѣ должна быть замѣнена свѣжей, коль скоро температура ея дойдетъ до 40°. При опредѣленіи высокихъ температуръ трудно избѣжать окисленія желѣзнаго цилиндра, а потому послѣ каждаго опыта цилиндръ долженъ быть очищенъ и вновь взвѣшенъ, такъ что для устраненія остановокъ слѣдуетъ имѣть въ запасѣ нѣсколько цилиндровъ. Для избѣжанія непріятной работы очищенія и взвѣшиванія желѣзныхъ цилиндровъ, ихъ замѣняютъ платиновыми, вѣсомъ въ 18,472 грам.

Пользуясь только что описаннымъ приборомъ, опредѣляютъ температуру по вышеуказанной формулѣ (стр. 540):

$$T = \frac{(Gs + W)(t_1 - t_0)}{PCm} + t_1.$$

Въ этой формулѣ  $Cm$  выражаетъ среднюю теплоемкость желѣза между температурами  $T$  и  $t_1$ , а слѣдовательно есть функція неизвѣстной еще температуры  $T$ . Для упрощенія вычисленія опредѣляютъ не температуру  $T$ , а величину  $Cm(T - t_1)$ , т. е. количество тепла, которое теряетъ цилиндръ при охлажденіи его отъ  $T$  до  $t_1$ , и по заранѣ составленной таблицѣ (стр. 548) температуру, соответствующую этой величинѣ.

Допустимъ, что въ нашемъ случаѣ при употребленіи желѣзнаго цилиндра

$Gs + W = 0,25$  кило (значеніе наполненнаго калориметра въ водѣ),

$P = 0,02$  кило (вѣсъ желѣзнаго цилиндра),

$t_0 = 12,0^{\circ}$  (температура калориметра до опыта),

$t_1 = 20,3^{\circ}$  (температура калориметра послѣ опыта),

$T$  — искомая температура,

$Cm$  — средняя теплоемкость желѣза между  $T$  и  $t_1$ ;

въ такомъ случаѣ:

$$C_m(T-t_1) = \frac{0,25 \times 8,3}{0,02} = 103,75 \text{ ед. т.}$$

Такъ какъ въ нижеприведенной таблицѣ температура  $t_1(20,3)$  не указана, то вмѣсто нея слѣдуетъ взять температуру  $21,0^\circ$  и прибавить къ полученному нами количеству тепла (103,75) еще то количество его, которое выдѣлилось бы при охлажденіи 1 кило желѣза отъ  $21,0$  до  $20,3^\circ$ , т. е. на  $0,7^\circ$ . Изъ таблицы видно, что при охлажденіи 1 кило желѣза отъ  $20-30^\circ$  на  $0,1^\circ$  выдѣляется 0,0108 ед. т., слѣдовательно, при охлажденіи того же кило желѣза на  $0,7^\circ$  выдѣлится 0,076 ед. т., а слѣдовательно, уравненіе наше преобразится въ слѣдующее:

$$C_m(T-21) = 103,75 + 0,076 = 103,83 \text{ ед. т.}$$

Отыскивая въ горизонтальной строкѣ таблицы противъ  $t_1 = 21,0^\circ$  ближайшее меньшее къ нашему (103,83 ед.) числу, пайдемъ 95,514, соответствующее  $T = 700^\circ$ . Такъ какъ изъ таблицы видно, что при пониженіи температуры  $T$  между  $700-750^\circ$  на  $1^\circ$  выдѣляется 0,1883 ед. т., и такъ какъ разность между нашимъ числомъ (103,83) и найденнымъ равна 8,32, то дѣйствительная искомая нами температура будетъ равна:

$$700 + 44,2 = 744,2^\circ.$$

Если при калориметрическомъ способѣ опредѣленія температуры употребляютъ калориметръ, значеніе котораго въ водѣ будетъ постоянное, если далѣе вѣсъ нагрѣваемаго желѣзнаго или платиноваго цилиндра также постояненъ, и если, наконецъ, въ выраженіи:

$$C_m(T-t_1)$$

величиною  $t_1$  или пренебречь, или принять ее постоянною, въ такомъ случаѣ можно составить таблицу, при помощи которой температура  $T$  можетъ быть найдена по величинѣ  $t_1 - t_0$ , гдѣ  $t_1$  обозначаетъ температуру воды въ калориметрѣ послѣ опыта, а  $t_0$  — температуру той же воды до опыта. Таковую таблицу составилъ *Фишеръ* для желѣзнаго и платиноваго цилиндра вѣсомъ въ 20 гр., предполагая, что значеніе калориметра въ водѣ будетъ всегда равно 250 гр., а  $t_1$  въ выраженіи  $C_m(T-t_1)$  всегда  $= 15^\circ$ .

T	При 1 кило воды и 1 кило металла ( $t_1 - t_0$ ) равно		При 250 гр. воды и 20 гр. металла ( $t_1 - t_0$ ) равно		Разница на каждое $10^\circ$	
	Для жел.	Для плат.	Для жел.	Для плат.	Для жел.	Для плат.
400	47,4	13,6	3,8	1,09	0,12	0,03
500	62,3	17,4	5,0	1,39	0,13	0,03
600	78,5	21,2	6,3	1,70	0,14	0,03
700	96,2	25,1	7,7	2,01	0,15	0,03
800	115,4	29,2	9,2	2,34	0,17	0,03
900	136,4	33,4	10,9	2,67	0,18	0,04
1000	159,2	37,7	12,7	3,02		

Таблицею этою пользуются слѣдующимъ образомъ:

Допустимъ, что для опыта употребленъ желѣзный цилиндръ; температура воды калориметра до опыта  $t_0 = 12,0^{\circ}$ , температура той же воды послѣ опыта  $t_1 = 20,3$ ; въ такомъ случаѣ  $(t_1 - t_0) = 8,3$ . Ближайшее меньшее къ 8,3 число въ таблицѣ для желѣза есть 7,7, которое соответствуетъ  $T = 700$ . Для остатка  $(8,3 - 7,7) = 0,6$  получимъ  $\frac{0,6}{0,15} \times 10 = 40^{\circ}$ ; слѣдовательно, искомая температура будетъ  $740^{\circ}$ , т. е. температура, близкая къ той, какая была нами найдена выше для того же примѣра<sup>1)</sup>.

#### Л и т е р а т у р а

*Fischer, F.*—Chemische Technologie der Brennstoffe, 1 и 2 Lief. Braunsch. 1880—1887.

<sup>1)</sup> Въ Taschenbuch f. Feuerungstechniker *Fischer* считается искомую температуру равною  $T + t_1$ , т. е. въ данномъ случаѣ  $740 + 20 = 760$ . Очевидно, что это обмолвка.

## VI. Источники тепла, помимо топлива, и применение ихъ къ нагрѣванію.

Кромѣ горѣнія топлива источниками тепла могутъ служить другія химическія реакціи, равно какъ и механическая сила и электричество.

*Теплота, выделяющаяся при различныхъ химическихъ реакціяхъ*, во многихъ случаяхъ могла бы быть употреблена для нагрѣванія, но техника пользуется этимъ источникомъ теплоты рѣдко.

Выше было упомянуто (стр. 418), что для возвышенія температуры отработавшаго пара *Гониманъ* воспользовался отчасти теплотою, выделяющеюся при соединеніи ѣдкаго натра съ водою. Подобнымъ же образомъ уже въ 1835 г. *Тома* и *Лоранъ* (*Thomas* и *Laurens*) предложили воспользоваться теплотою, выделяющеюся при соединеніи извести съ уксусной кислотой для сгущенія растворовъ соли, при этомъ получающейся. Какъ извѣстно, при полученіи чистой уксусной кислоты изъ древесной, перегоняютъ эту послѣднюю, перегонъ насыщаютъ известью и выпариваютъ полученный растворъ уксуснокислой извести до извѣстной степени. Для уменьшенія расхода на выпариваніе раствора *Тома* и *Лоранъ* предложили не охлаждать паровъ, получающихся при перегонкѣ древесной кислоты, въ холодильникѣ, а непосредственно впускать ихъ въ известковое молоко, при чемъ уксусная кислота соединяется съ известью, и теплота, выделяющаяся отъ сгущенія паровъ и отъ химическаго соединенія, выпариваетъ растворъ уксуснокислой соли. Предложеніе это дало удовлетворительные результаты.

Было предложено также воспользоваться теплотою, выделяющеюся при кристаллизаціи нѣкоторыхъ солей (уксуснонатріевая соль), расплавленныхъ въ собственной кристаллизаціонной водѣ.

*Анселін* (1880) предложилъ воспользоваться теплотою, выделяющеюся при кристаллизаціи уксуснокислаго натра, расплавленнаго въ кристаллизаціонной водѣ, для нагрѣванія вагоновъ и другихъ помѣщеній. Соль, помѣщенную въ металлическій сосудъ, расплавляютъ, помѣщая въ горячую воду, и послѣ расплавленія помѣщаютъ вмѣстѣ съ сосудомъ въ нагрѣваемое помѣщеніе. При охлажденіи соль кристаллизуется и отдаетъ теплоту постепенно въ теченіе продолжительнаго времени. Для той же цѣли *Nieske* (1880) предло

жиль употребляют смѣсь изъ уксусонатріевой и сѣрноватонатріевой солей и устроили даже (1882) специальную компактную желѣзную печь, равномерная отдача теплоты которой обуславливается помещеніемъ въ особенномъ отдѣленіи печи названной смѣси солей.

Незначительное примѣненіе также получила *механическая сила для производства тепла*. Давно извѣстно, что при ударѣ и при треніи твердыхъ тѣлъ, равно какъ и при сжатіи газовъ, выдѣляется тепло, и въ виду этого во всѣхъ случаяхъ, когда имѣется значительное количество даровой механической силы (текущая вода, вѣтеръ), является возможность указанными средствами производить теплоту въ любомъ количествѣ. И, дѣйствительно, начиная съ 30-хъ годовъ, были предложены приборы для нагреванія помещеній, для перегонки воды и даже для нагреванія паровиковъ теплотою, выдѣляющеюся при треніи твердыхъ тѣлъ. Тѣмъ не менѣе предложенія эти не получили примѣненія, такъ какъ механической эквивалентъ тепла очень великъ, а именно равенъ 425 килогр. метр., т. е. работа, равная 425 килогр. метр., въ состояніи нагрѣтъ 1 кило воды на  $1^{\circ}$ , т. е. произвести тотъ же эффектъ, какой производитъ 0,12 гр. чистаго углерода. Въ одномъ только случаѣ производство тепла механическою даровою силою получило примѣненіе, а именно въ выпарныхъ аппаратахъ, устроенныхъ по системѣ *Пикара* (ср. стр. 417).

Гораздо большаго вниманія заслуживаетъ примѣненіе *электричества къ нагреванію*, а именно для полученія очень высокихъ температуръ, такъ какъ температура, достижимая при помощи электричества, ограничивается только огнеупорностью матеріала, изъ котораго сдѣлана печь, между тѣмъ, какъ температура, получаемая при сжиганіи обыкновеннаго топлива, ограничивается диссоціаціею продуктовъ горѣнія и не можетъ быть поэтому возвышена до любого предѣла (ср. стр. 330).

Электрическая печь для плавки желѣза, стали, платины, придуманная *Сименсомъ* (C. W. Siemens, 1882), представлена на фиг. 168, табл. XLIII. Она состоитъ изъ графитоваго тигля *C*, дно котораго просверлено и въ полученное такимъ образомъ отверстіе пропущенъ положительный электродъ *n*. Отрицательный электродъ *m* сдѣланъ изъ плотнаго угля, проходитъ черезъ отверстіе крышки тигля и прикрѣпленъ при помощи проводника къ одному концу подвижнаго коромысла, другой конецъ котораго соединенъ съ толстымъ цилиндромъ изъ мягкаго желѣза (*B*), свободно движущимся въ вертикальномъ направленіи въ проволочной катушкѣ *A*. При пропусканіи тока, идущаго отъ динамо-электрической машины, черезъ катушку и электроды, желѣзный цилиндръ втягивается въ катушку, и сила этого втягиванія можетъ быть уравнирована гирею *g*, передвигаемою по коромыслу. Притягательная сила, которую катушка оказываетъ на цилиндръ, пропорціональна сопротивленію въ электрической дугѣ. Такимъ образомъ



при уменьшеніи сопротивленія въ дугѣ болѣе желаемого предѣла сила тока въ катушкѣ ослабѣваетъ, и цилиндръ *B* опускается внизъ, раздвигая въ то же время электроды и увеличивая сопротивленіе въ дугѣ до требуемаго предѣла; при увеличеніи же сопротивленія въ дугѣ увеличивается сила тока въ катушкѣ *A* и вмѣстѣ съ тѣмъ втягивается цилиндръ, при чемъ онъ подымается, и электроды сближаются. Слѣдовательно, сопротивленіе дуги регулируется здѣсь автоматически, что чрезвычайно важно, такъ какъ съ возвышеніемъ температуры безъ подобнаго регулированія въ тиглѣ сопротивленіе дуги быстро уменьшилось бы, что повлекло бы за собою развитіе теплоты въ электродинамической машинѣ въ ущербъ температуры электрической печи. Тигель помѣщаютъ въ металлическій кожухъ и наполняютъ промежутокъ между стѣнками тигля и кожуха дурнымъ проводникомъ тепла (уголь, песокъ). Отрицательный электродъ дѣлаютъ изъ плотнаго угля, употребляющагося при электрическомъ освѣщеніи, положительный же электродъ дѣлаютъ изъ того же угля, или же при плавкѣ металловъ—изъ того же металла, который подвергаютъ плавленію. Результаты, достигаемые печью Сименса, настолько удовлетворительны, что она получила уже примененіе при плавкѣ дорогихъ металловъ.

Было предложено также (Davis, 1879, O. Rose, 1882, Sellon, 1883, Storbeck, 1883, Tommasi, 1885) примѣнять электричество для нагрѣванія комнать, воды, календровъ, аппаратовъ для высушиванія яицъ и даже паровиковъ, но всѣ эти предложенія не имѣютъ серьезнаго значенія, но крайней мѣрѣ при употребленіи пара какъ двигателя динамоэлектрическихъ машинъ, такъ какъ теплота, доставляемая электричествомъ, обходится слишкомъ дорого. По вычисленію *Росси* (Ross, 1883), электрическая печь, при самыхъ выгодныхъ условіяхъ, утилизируетъ всего 3,3% всей теплоты, развиваемой каменнымъ углемъ, и для нагрѣванія 1 литра воды въ теченіе 10 минутъ съ 0 до 100° потребовалось бы, принимая вышешприведенный расчетъ—1,5 паровыхъ силъ. Бѣльшее значеніе для техники можетъ приобрести, повидимому, предложеніе *Бенардоса* (1885—7) употреблять вольтовую дугу для спаиванія и свариванія желѣза и другихъ металловъ. Способъ Бенардоса состоитъ въ томъ, что обрабатываемый предметъ соединяется съ отрицательнымъ, а уголь, съ другой стороны, съ положительнымъ полюсомъ электрическаго источника (аккумуляторная баттарей, заряжаемая динамоэлектрической машиной), и образующеюся между обрабатываемымъ предметомъ и углемъ вольтовой дугою производятъ дѣйствіе, подобное тому, которое производится пламенемъ напительной трубки при накаливаніи и спаиваніи металловъ. Приборъ свой Бенардосъ назвалъ *электросифестомъ* (электр. богомъ кузнецовъ).

Таблица, показывающая количество тепла, теряемого

(Составлена Schnei

$T =$	300°	350°	400°	450°	500°	550°	600°	650°	700°	750°
$t_1 = 10$	34,250	40,959	47,949	55,235	62,833	70,762	79,036	87,674	96,691	106,104
11	34,143	40,853	47,842	55,128	62,726	70,655	78,929	87,567	96,584	105,997
12	34,036	40,746	47,735	55,021	62,620	70,548	78,823	87,460	96,477	105,890
13	33,929	40,639	47,628	54,914	62,513	70,441	78,716	87,353	96,370	105,783
14	33,823	40,532	47,521	54,807	62,406	70,334	78,609	87,246	96,263	105,676
15	33,716	40,425	47,414	54,700	62,299	70,227	78,502	87,139	96,156	105,569
16	33,609	40,318	47,307	54,593	62,192	70,120	78,395	87,032	96,049	105,462
17	33,502	40,211	47,201	54,486	62,085	70,013	78,288	86,925	95,942	105,355
18	33,395	40,104	47,094	54,379	61,978	69,907	78,181	86,819	95,836	105,249
19	33,288	39,997	46,987	54,273	61,871	69,800	78,074	86,712	95,729	105,142
20	33,181	39,890	46,880	54,166	61,764	69,693	77,967	86,605	95,622	105,035
21	33,074	39,783	46,772	54,058	61,657	69,585	77,860	86,497	95,514	104,927
22	32,966	39,675	46,665	53,950	61,549	69,478	77,752	86,390	95,407	104,820
23	32,858	39,568	46,557	53,842	61,442	69,370	77,644	86,282	95,299	104,712
24	32,751	39,460	46,450	53,735	61,334	69,262	77,537	86,174	95,191	104,605
25	32,643	39,353	46,342	53,628	61,226	69,155	77,429	86,067	95,084	104,497
26	32,536	39,245	46,234	53,520	61,119	69,147	77,322	85,959	94,976	104,389
27	32,428	39,137	46,127	53,413	61,011	68,940	77,214	85,852	94,869	104,282
28	32,321	39,030	46,019	53,305	60,904	68,832	77,107	85,744	94,761	104,174
29	32,213	38,922	45,912	53,197	60,796	68,724	76,999	85,637	94,653	104,067
30	32,105	38,815	45,804	53,090	60,689	68,617	76,891	85,529	94,546	103,959
31	31,997	38,706	45,696	52,982	60,580	68,509	76,783	85,421	94,438	103,851
32	31,889	38,598	45,588	52,873	60,472	68,400	76,675	85,312	94,329	103,742
33	31,781	38,490	45,479	52,765	60,364	68,292	76,567	85,204	94,221	103,634
34	31,672	38,382	45,371	52,657	60,255	68,184	76,458	85,196	94,113	103,526
35	31,564	38,273	45,263	52,548	60,147	68,075	76,350	84,988	94,005	103,418
36	31,456	38,165	45,154	52,440	60,039	67,967	76,242	84,879	93,896	103,309
37	31,348	38,057	45,046	52,332	59,931	67,859	76,134	84,771	93,788	103,201
38	31,239	37,948	44,938	52,224	59,822	67,751	76,025	84,663	93,680	103,093
39	31,130	37,840	44,830	52,115	59,714	67,642	75,917	84,554	93,571	102,985
40	31,023	37,732	44,721	52,007	59,606	67,534	75,809	84,446	93,463	102,876
41	30,914	37,623	44,612	51,898	59,497	67,425	75,700	84,337	93,354	102,767
42	30,805	37,514	44,503	51,789	59,388	67,316	75,591	84,228	93,245	102,658
43	30,696	37,405	44,394	51,680	59,279	67,207	75,482	84,119	93,136	102,549
44	30,587	37,296	44,285	51,571	59,170	67,098	75,373	84,010	93,027	102,440
45	30,478	37,187	44,176	51,462	59,061	66,989	75,264	83,901	92,918	102,331
46	30,369	37,078	44,067	51,353	58,952	66,880	75,155	83,792	92,809	102,222
47	30,260	36,969	43,958	51,244	58,843	66,771	75,046	83,683	92,700	102,113
48	30,151	36,860	43,849	51,135	58,734	66,662	74,937	83,574	92,591	102,004
49	30,042	36,751	43,740	51,026	58,625	66,553	74,828	83,465	92,482	101,895
50	29,933	36,642	43,631	50,917	58,516	66,444	74,719	83,356	92,373	101,786

однимъ кило желѣза при охлажденіи его отъ  $T$  до  $t_1^0$ .

(де'омъ, 1875 г.).

$T =$	800°	850°	900°	950°	1000°	1050°	1100°	1150°	1200°
$t_1 = 10$	115,930	126,185	136,886	148,050	159,698	171,831	184,483	197,668	211,389
11	115,823	126,078	136,779	147,943	159,586	171,724	184,376	197,556	211,282
12	115,716	125,971	136,672	147,836	159,479	171,617	184,269	197,449	211,174
13	115,609	125,864	136,565	147,729	159,372	171,511	184,162	197,342	211,068
14	115,502	125,757	136,458	147,622	159,265	171,404	184,055	197,235	210,961
15	115,395	125,650	136,351	147,515	159,158	171,297	183,948	197,128	210,854
16	115,288	125,543	136,245	147,408	159,051	171,190	183,841	197,021	210,747
17	115,181	125,437	136,138	147,301	158,944	171,083	183,734	196,914	210,640
18	115,074	125,330	136,031	147,195	158,837	170,976	183,627	196,807	210,533
19	114,968	125,223	135,924	147,088	158,730	170,869	183,520	196,701	210,426
20	114,861	125,116	135,817	146,981	158,624	170,762	183,414	196,594	210,320
21	114,753	125,008	135,709	146,873	158,516	170,655	183,306	196,486	210,212
22	114,646	124,901	135,602	146,766	158,408	170,547	183,198	196,379	210,104
23	114,538	124,793	135,494	146,658	158,301	170,440	183,091	196,271	209,997
24	114,430	124,686	135,387	146,550	158,193	170,332	182,983	196,163	209,889
25	114,323	124,578	135,279	146,443	158,086	170,224	182,876	196,056	209,782
26	114,215	124,470	135,171	146,335	157,978	170,117	182,768	195,948	209,674
27	114,108	124,363	135,064	146,228	157,870	170,009	182,660	195,841	209,566
28	114,000	124,255	134,956	146,120	157,762	169,902	182,553	195,733	209,459
29	113,892	124,148	134,849	146,012	157,655	169,794	182,445	195,625	209,351
30	113,785	124,040	134,741	145,905	157,548	169,686	182,338	195,518	209,244
31	113,677	123,932	134,633	145,799	157,439	169,578	182,229	195,410	209,135
32	113,568	123,823	134,525	145,688	157,331	169,470	182,121	195,301	209,027
33	113,460	123,715	134,416	145,580	157,223	169,362	182,013	195,193	208,919
34	113,352	123,607	134,308	145,472	157,115	169,253	181,905	195,085	208,811
35	113,244	123,499	134,200	145,363	157,006	169,145	181,796	194,976	208,702
36	113,135	123,390	134,091	145,255	156,898	169,037	181,688	194,868	208,594
37	113,027	123,282	133,983	145,147	156,790	168,928	181,580	194,760	208,486
38	112,919	123,174	133,875	145,039	156,681	168,820	181,471	194,651	208,378
39	112,811	123,065	133,767	144,930	156,573	168,712	181,363	194,543	208,269
40	112,702	122,957	133,658	144,822	156,465	168,604	181,255	194,435	208,161
41	112,593	122,848	133,549	144,713	156,356	168,495	181,146	194,326	208,052
42	112,484	122,739	133,440	144,604	156,247	168,386	181,037	194,217	207,943
43	112,375	122,630	133,331	144,495	156,138	168,277	180,928	194,108	207,834
44	112,266	122,521	133,222	144,386	156,029	168,168	180,819	193,999	207,725
45	112,157	122,412	133,113	144,277	155,920	168,059	180,710	193,890	207,616
46	112,048	122,303	133,004	144,168	155,811	167,950	180,601	193,781	207,507
47	111,939	122,194	132,895	144,059	155,702	167,841	180,492	193,672	207,398
48	111,830	122,085	132,786	143,950	155,593	167,732	180,383	193,563	207,289
49	111,721	121,976	132,677	143,841	155,484	167,623	180,274	193,454	207,180
50	111,612	121,867	132,568	143,732	155,375	167,514	180,165	193,345	207,071

## ВАЖНѢЙШІЯ ОПЕЧАТКИ.

стр.	строка.	Напечатано.	Должно быть.
1	10 стр.	Violette	Villette
3	1 св.	исочинки	источинки
—	2 "	механичная	механическая
—	7 "	показали при	показали, что при
—	3 стр.	княжкѣ	княжкѣ
4	4 "	4 10%	4 до 10%
6	1 св.	изслѣдовать.	изслѣдователь.
—	10 св.	Cevandier	Chevandier
9	10 и 11 стр.	г.г. Люссакомъ	Гѣ-Люссакомъ
14	12 св.	воды и воздуха	водою и воздухомъ
15	10 "	Koelreuteria	Koelreuteria.
—	12 "	Pyru	Pyrus
—	13 "	подубъ	падубъ
—	14 "	Cystisus	Cytisus
—	14 и 15 св.	Pteslea	Ptelea
—	7 стр.	rubicunda	rubicunda
23	7 "	Bull'емъ	Bull'емъ (1827)
30	2 "	6 милл. кровъ	6 милл. кровъ
33	8 св.	Celluna	Calluna
—	4 стр.	непреступныя	неприступныя
36	10 "	между $\frac{1}{2}$ —50%	между $\frac{1}{2}$ —50%, на сухое вещество.
46	2 "	ограниченное	ограниченное
48	7 "	женін	движеніи
52	3 "	Jacobi	Jacobi
56	12 св.	образующаго	образующему
61	13 "	тонокъ	тонокъ и
65	17 "	перменной	пермской
72	14 и 15 св.	(Піотровская губ.)	(Петроковская губ.)
76	2 стр.	Гельмеринъ	Гельмерсенъ
77	5 св.	Манджурин	Манджурин
79	6 св.	было только стояніе воды.	были только стоячія воды.
80	16 "	черемхой	черемухой
86	4 "	ayser (1876)	Kayser (1876)
105	8 св. и слѣд.	въ шталлю, въ шталль	въ штольню, въ штольнѣ
—	15 стр.	организмовъ	организмів
106	6 "	(Knapp, I, 198)	(Knapp, Lehrb. I, 198)
107	4 и 5 стр.	двуслѣмянныхъ.	двуудольныхъ
108	1 св.	1,16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,16% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
109	9 св.	борма	брома
—	16 стр.	и 13,22%	и 13,22% Н
110	20 "	окиси графита	графитовой кислоты
111	23 "	въ 1886 г.	въ 1866 г.
114	9 "	въ разрѣзанномъ	въ разрѣженномъ
115	5 св. табл.	грам, куб. саж.	грам, куб. сантим.
—	3 стр.	Vinsen'омъ	Vinsen'омъ (1851)
116	11 св.	штоллъ	штоленъ.
145	4 св.	Піотриковская	Петроковская
174	табл., загол.	S	S <sup>1)</sup>

стр.	строка.	Н а п е ч а т а н о .	Д о л ж н о б ы т ь .
159	4 св.	Днмянова	Вандименова
198	16 и 17 св.	исобладаемое	наблюдаемое
201	19 св.	Heinrichs'омъ (1869),	Heinrichs'омъ (1869), Лисенко (1874)
207	17 св.	Assmuss	Assmuss
210	въ табл.	Вирюшна, Верекледь, Вязь	Вирюшина, Верескледь, Вязь.
215	16 св.	строить какъ	строить такъ
223	1 св.	пологой	пологой
—	7 "	отъ 100—200	отъ 100—120
226	10 св.	закрываютъ	покрываютъ
—	18 св.	фиг. 22	фиг. 22 а
236	10 св.	Crataegus Oxycantha	Crataegus oxycantha.
—	19 "	Taxus baccata	Taxus baccata
239	6 и 14 св.	буксового	буксового
240	8 и 9 св.	поглощающая	выделяющая
254	18 св.	даетъ торфъ	даетъ уголь
257	18 св.	контингентъ	контингентъ
260	1 "	Флишваръ	Флишваръ
261	6 "	Дезинтеграторъ	Дезинтеграторъ
267	20 "	Мойка Эврара	Мойка Эврарда
270	15 св.	формали	формовали
314	11 "	2220	2473
318	1 "	при T°	при T
—	3 "	$C = 606,5 + 0,305 T + 0,4805 (T' - T) t.$	$C = [606,5 + 0,305 T + 0,4805 (T' - T)] - t.$
326	табл. загол.	1 в ч. топлива	1 кило топлива
333	4 св.	Ваг'а	Ваег'а
339	15 св.	затрудняетъ	затрудняется
348	15 "	на углеродистый водородъ	на углеродистые водороды
392	17 св.	(10% всего количества пара,	(5—10% всего количества пара,
387	1 и 2	по трубкѣ	въ трубкѣ
390	11 св.	расходится	расходуется
465	8 "	(фиг. 137 А и В,	(фиг. 137 А,
499	14 св. св.	его	ел
523	10 и 11 св.	помѣщенный	помѣщенной
—	14 св.	обѣ стороны	обѣмъ сторонамъ
530	15 "	а второй	а вторые

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГІЯ.

**Н. А. Бунге,**

ПРОФЕССОРА УНИВЕРСИТЕТА СВ. ВЛАДИМИРА,

---

**Часть II.**

**Выпускъ 1-й.**

**ТОПЛИВО.**

**АТЛАСЪ**

**(18 таблицъ).**

---

**КИЕВЪ.**

ВЪ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ТИПОГРАФИИ (Л. І. ЗАВАДСКАГО).

1883.

Оттискъ изъ Университетскихъ Извѣстій за 1882 г.  
Печатано по опредѣленію Совѣта Университета Св. Владиміра.

## ОГЛАВЛЕНІЕ.

### *Брикеты.*

- Мѣситель Циммерманна, 52, XVII.
- Прессъ Мазелена, 54, XVII, 55, XVIII.
- Прессъ Middleton'a, 56, XVIII.
- Прессъ Револье, 53, XVII.

### *Коксъ.*

- Куча для коксованія, 43, XIV.
- Мойка Берара, 40, XIII.
- „ Лакретеля, 39, XIII.
- „ Рекрота, 41, XIV.
- „ Эврара, 42, XIV.
- Печь английская, 46, XV.
- „ Аппольта, 51, XVI.
- „ Костровая, 44, XIV.
- „ Коппе, 50, XVI.
- „ Jones, 48, XV.
- „ Саарбрюкенская, 45, XIV.
- „ Этьенская, 47, XV.
- „ Смита, 49, XVI.
- Ящики нѣмецкія для промывки угля, 38, XIII.

### *Теплота солнечная.*

- Аппараты Mouchot, таб. I.

### *Торфъ.*

- Машина Вебера-Гиссера, 4, II.
- „ Eichhorn'a, 11, III.

Машина Клейтона, 5, II.

- „ съ 2-я нажев. валами, 7, III.
- Сушильня Вебера, 12—13, IV.
- Телѣжка Ingermann'a, 6, III.
- Формы торф. машинъ, 8—10, III.
- Цилиндры формовал. Вебера, 3, II.

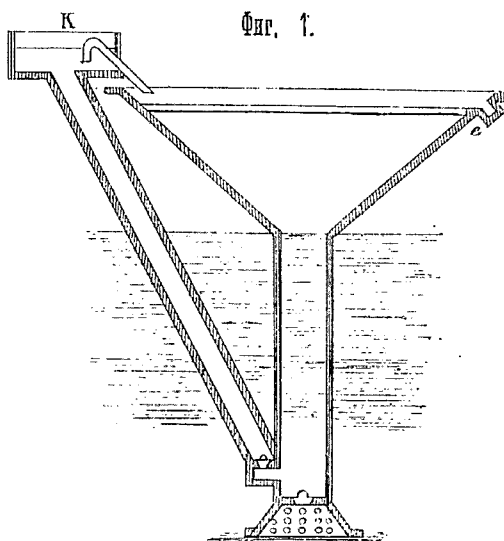
### *Уголь древесный.*

- Кучи лежація, 17—19, VI.
- „ стояція, 14—16, V.
- Куча Фишбаха, 20—21, VII.
- Печь американская, 22 а., VII.
- „ Гиссера, 27, IX.
- „ Дромара, 29, IX, 30, X.
- „ Нѣмецкая, 24, VIII.
- „ Рейхенбаха, 31, X.
- „ Соколовскаго, 22, VII.
- „ Христіана, 28, IX.
- „ Шабосьера, 23, VIII.
- „ Шварца, 26, VIII.
- „ Шеффера, 25, VIII.

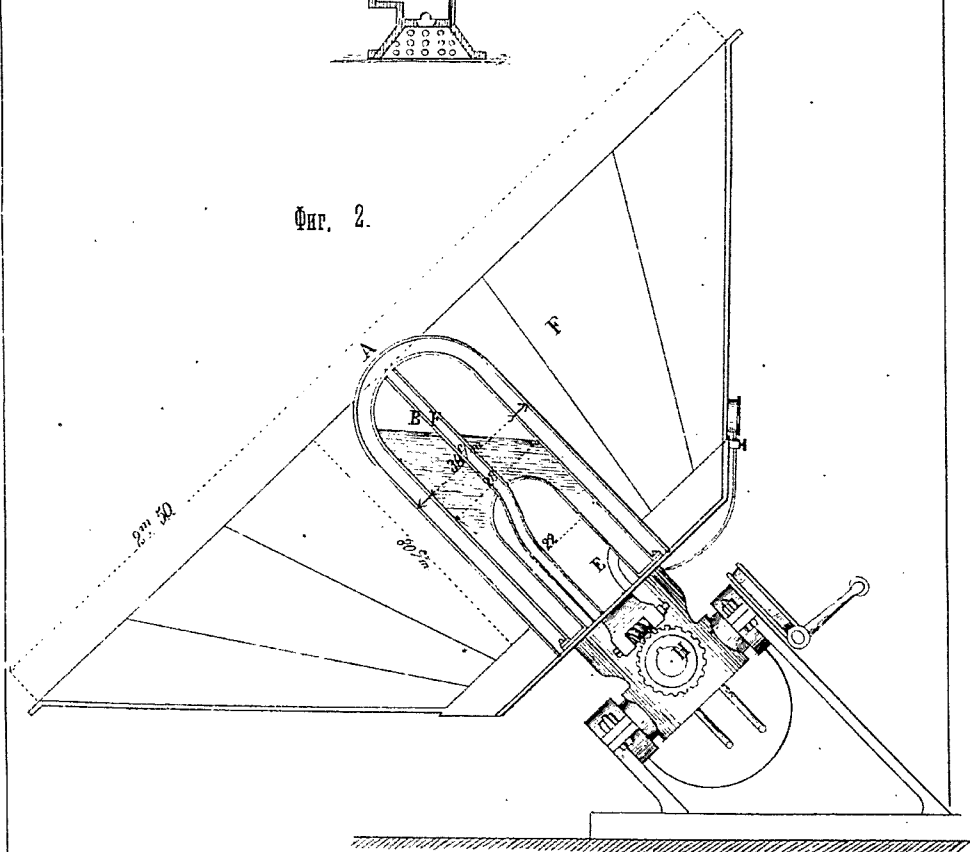
### *Уголь торфяной.*

- Печь Вагемана, 33, XI.
- „ Вебера, 34, XI.
- „ Лоттманна, 36, XII.
- „ Оберндорфская, 32, XI.
- „ Тениуса, 37, XII.
- „ Юнгста, 35, XII.

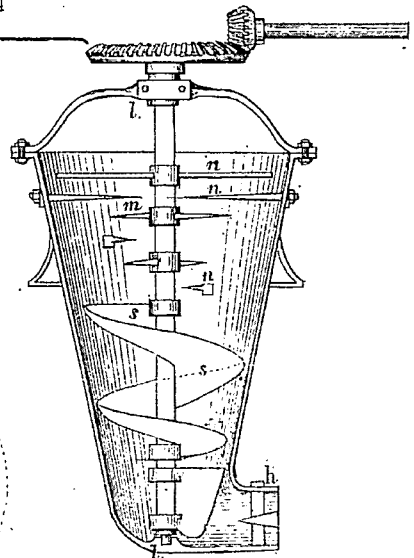
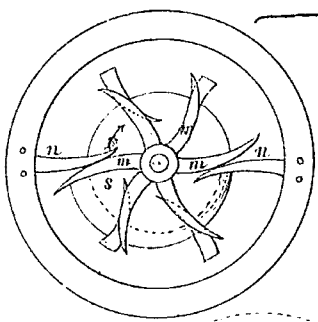




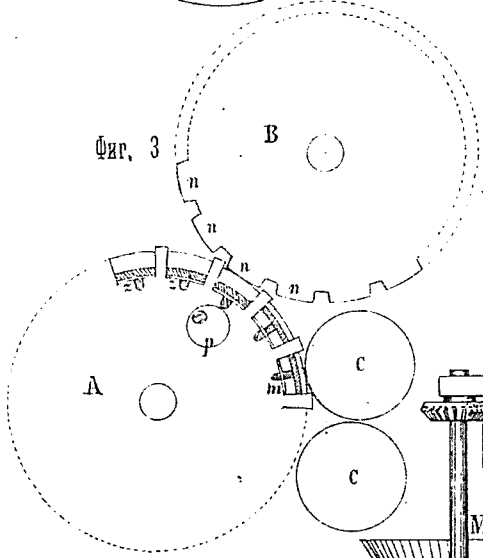
Фиг. 2.



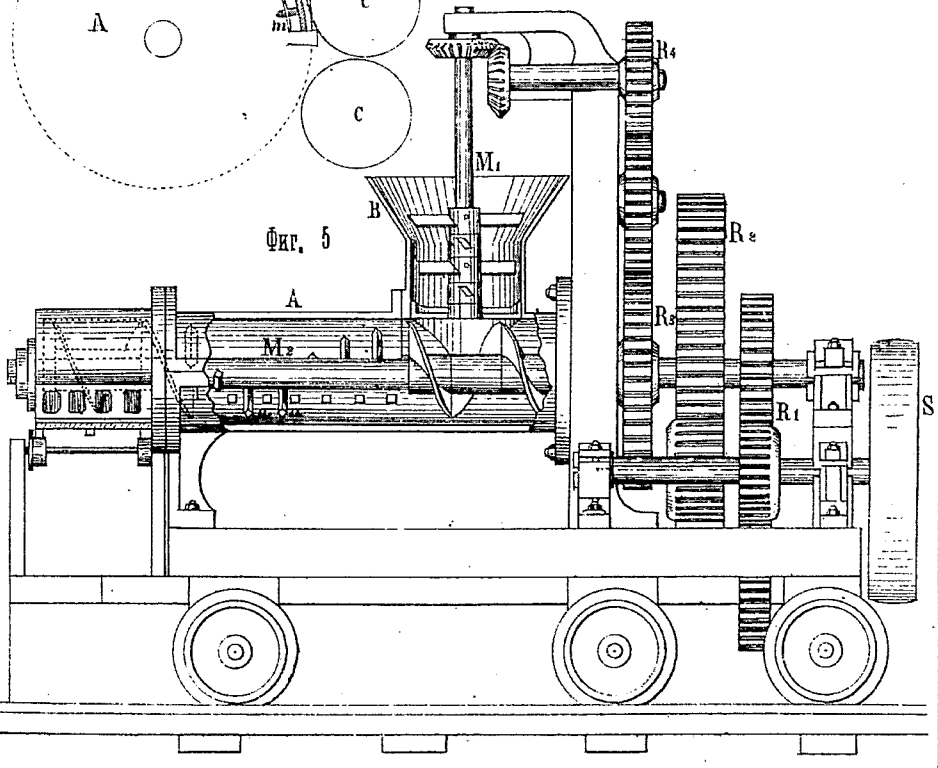
Фиг. 4



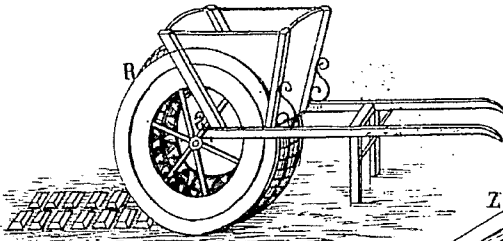
Фиг. 3



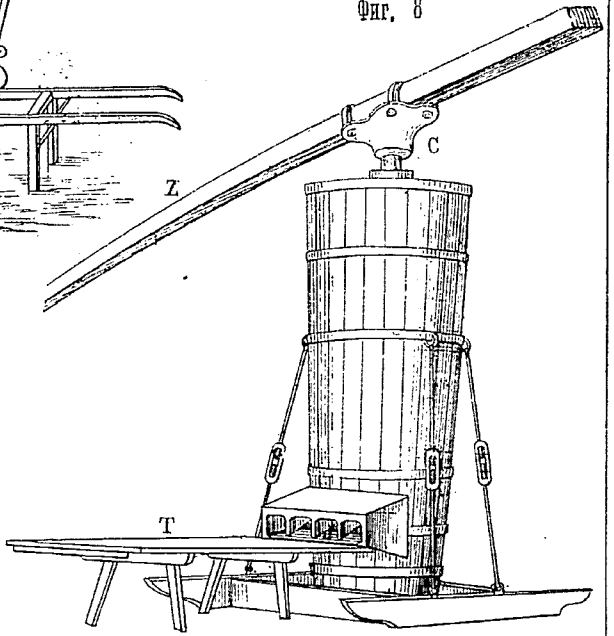
Фиг. 5



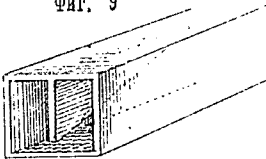
Фиг. 6



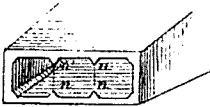
Фиг. 8



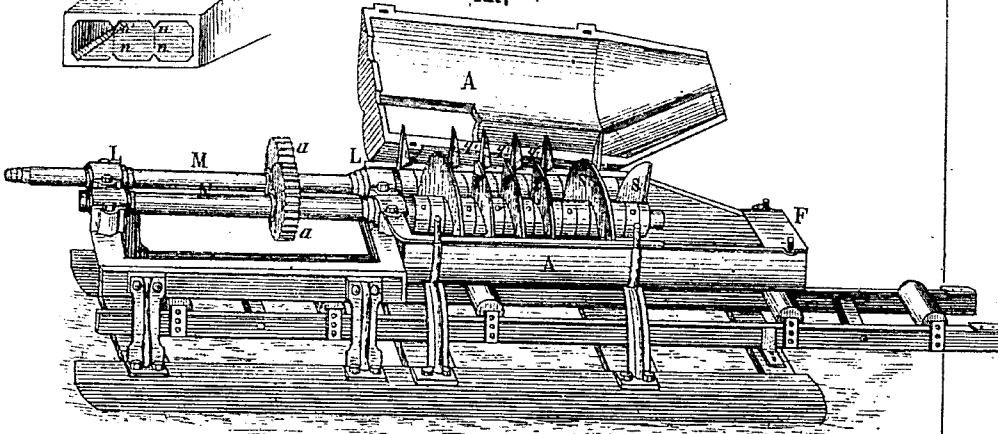
Фиг. 9



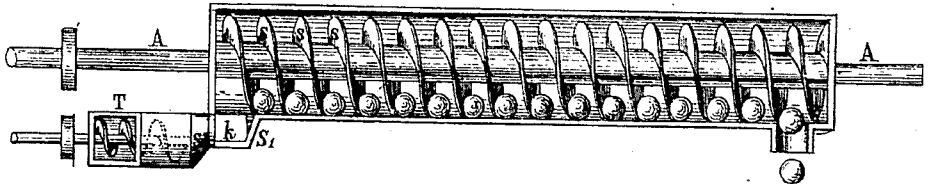
Фиг. 10



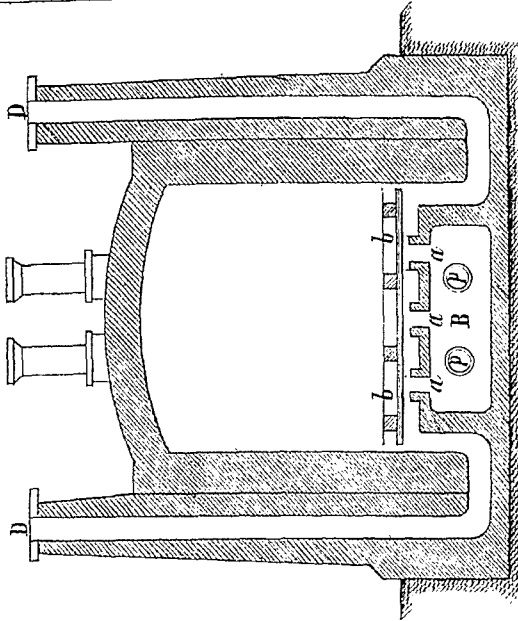
Фиг. 7



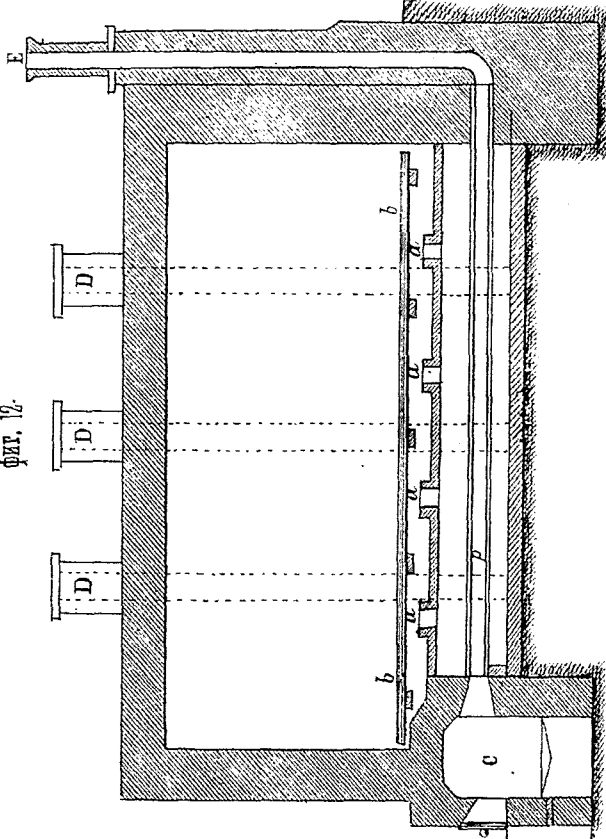
Фиг. 11



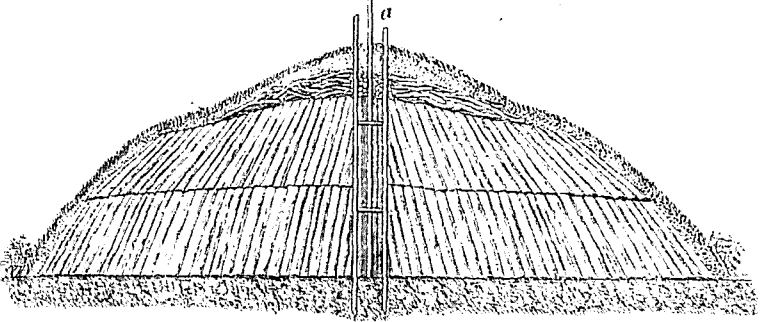
Фиг. 13



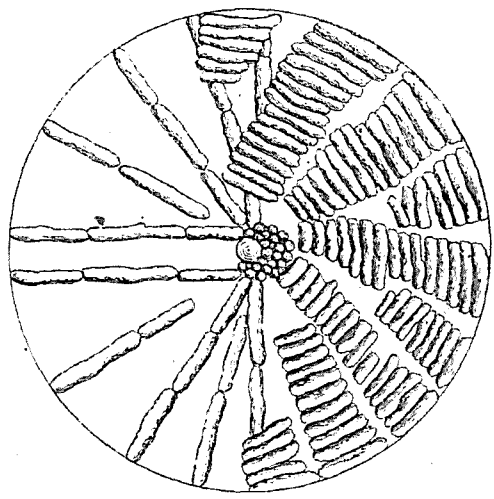
Фиг. 12.



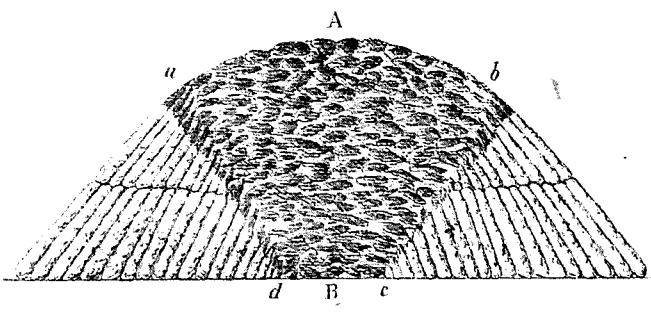
Фиг. 15



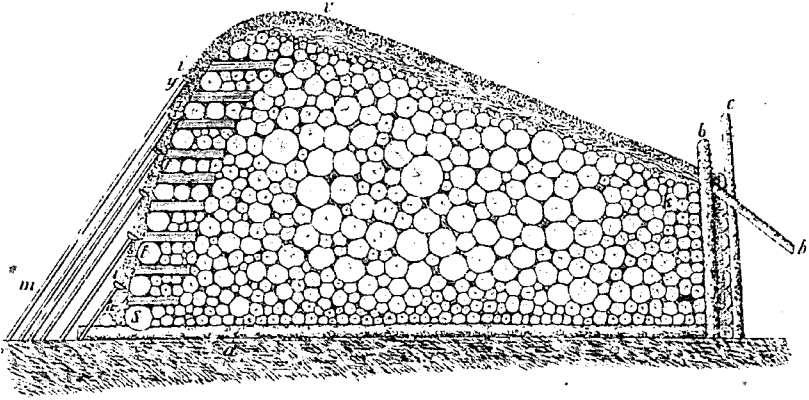
Фиг. 14



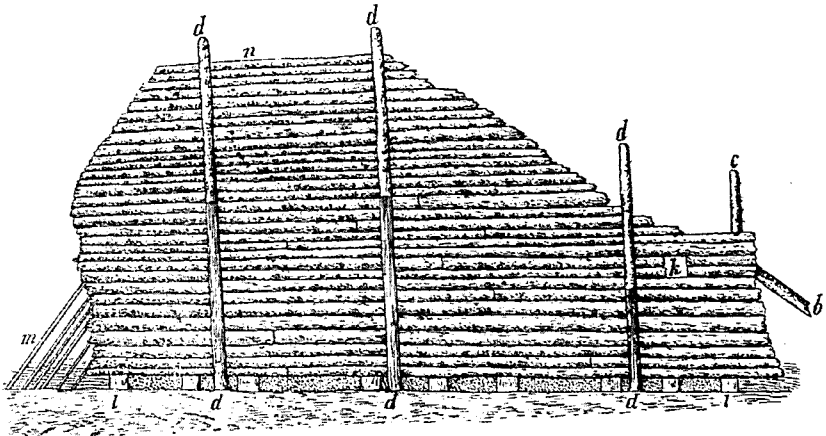
Фиг. 16



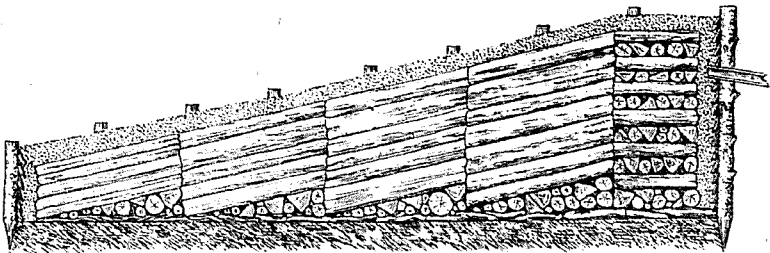
Фиг. 17



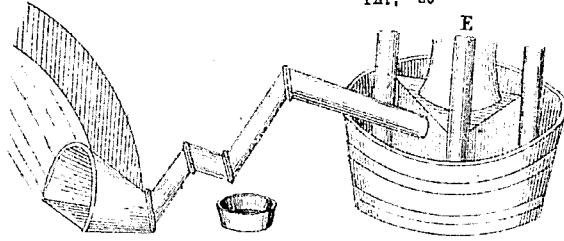
Фиг. 18



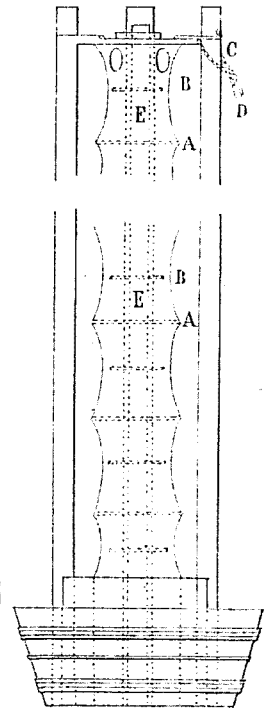
Фиг. 19



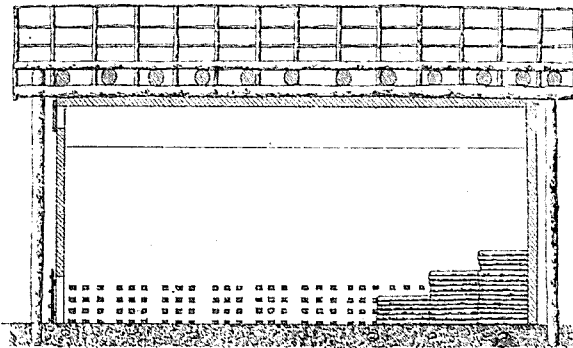
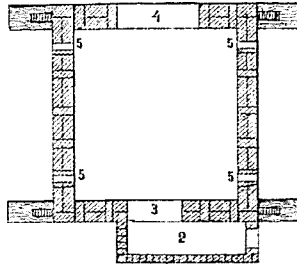
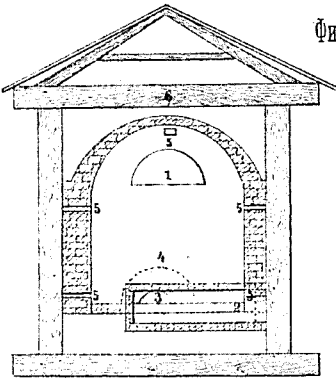
Фиг. 20



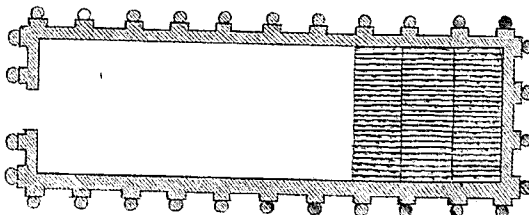
Фиг. 21



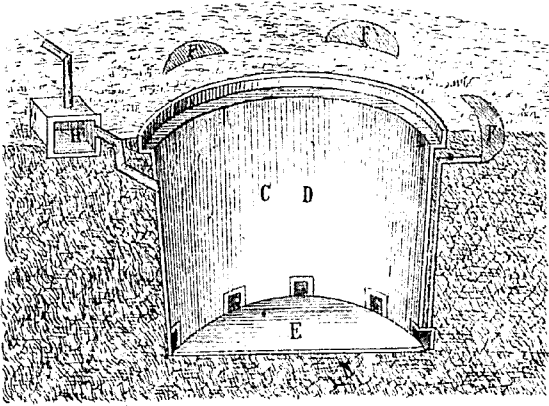
Фиг. 22.



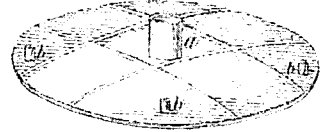
Фиг. 22.



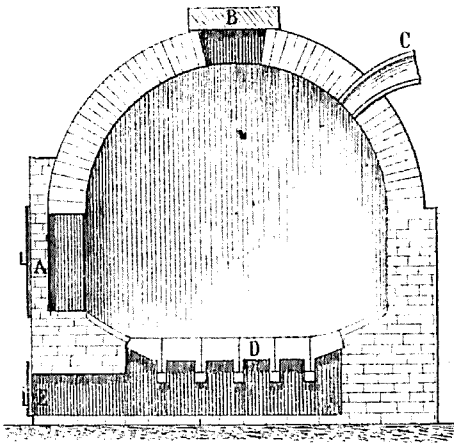
Фиг. 23



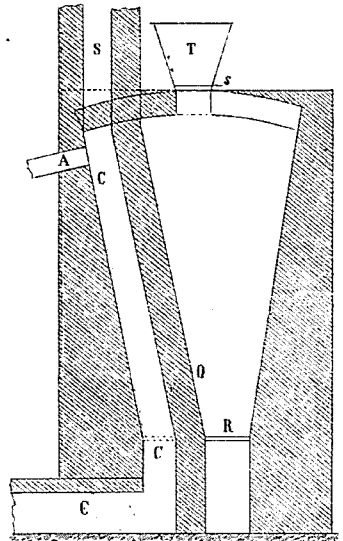
Фиг. 23



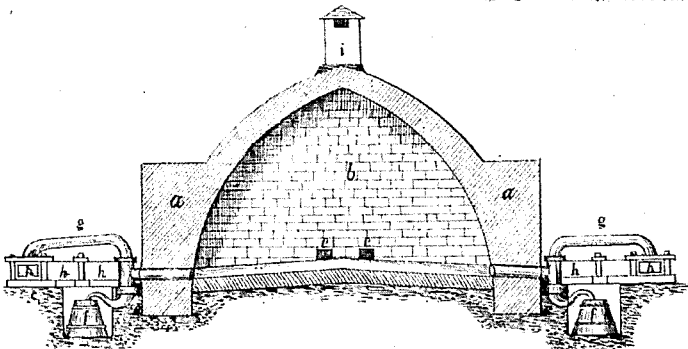
Фиг. 24



Фиг. 25

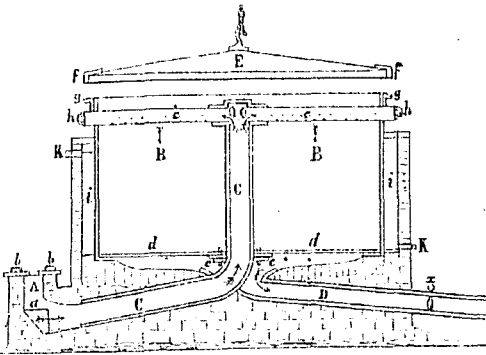


Фиг. 26

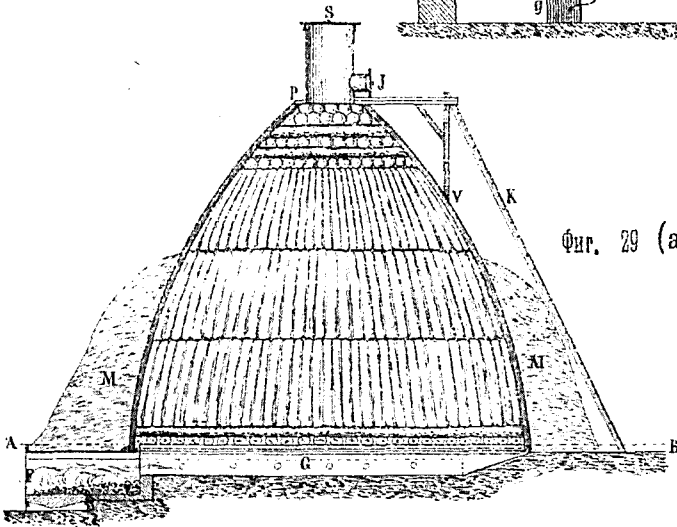
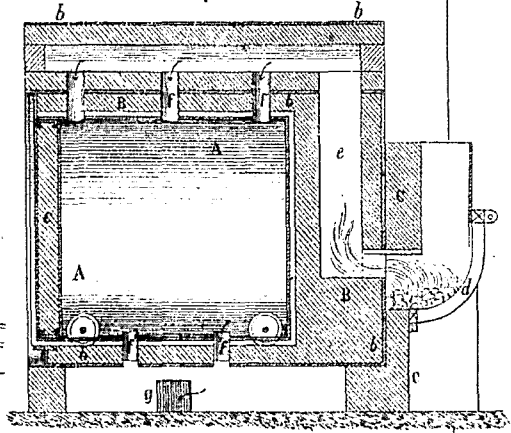




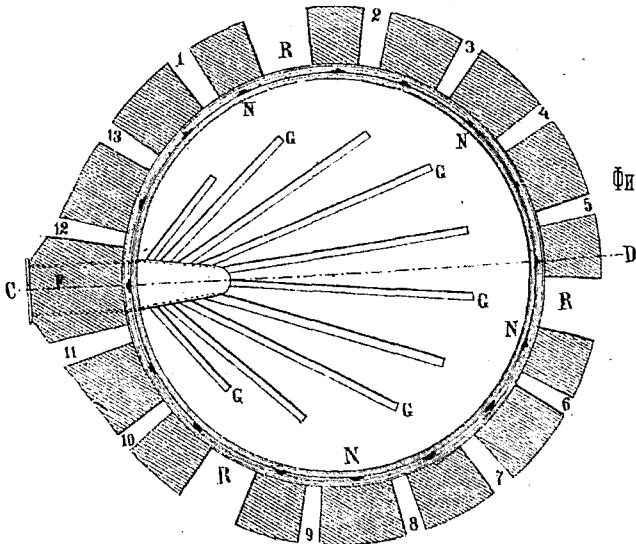
Фиг. 27



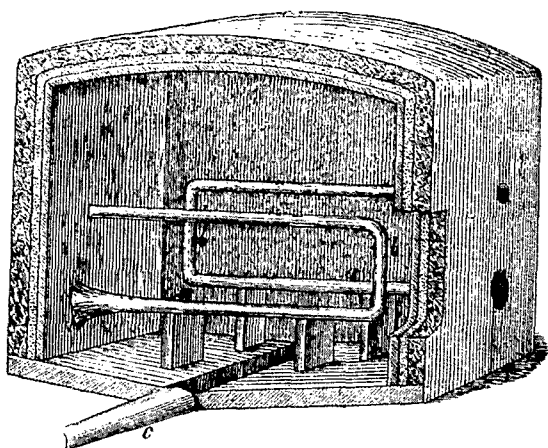
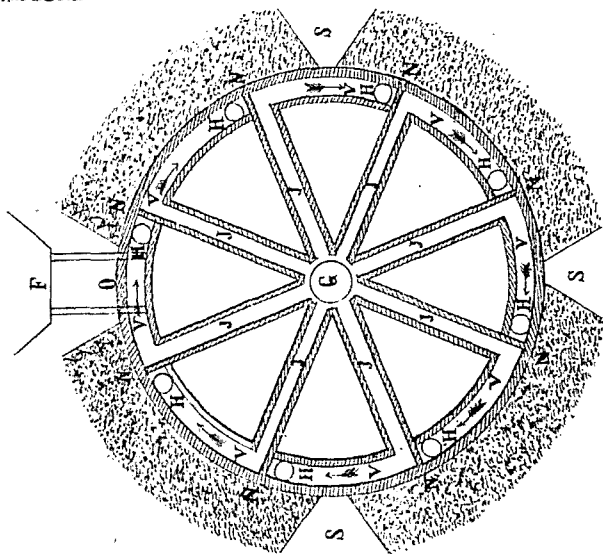
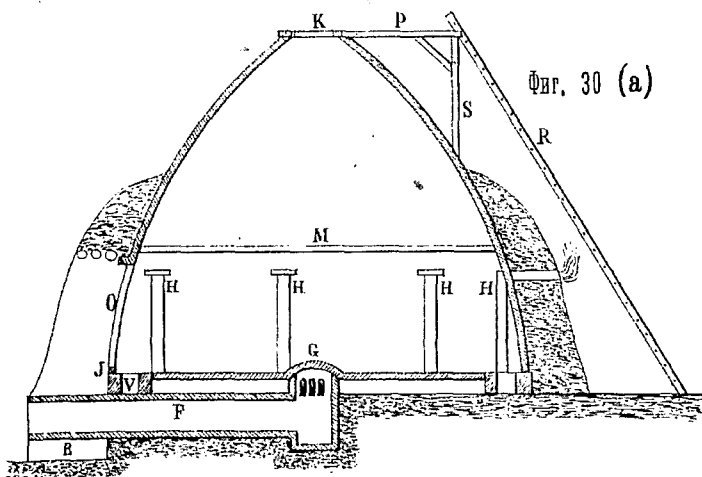
Фиг. 28



Фиг. 29 (a)

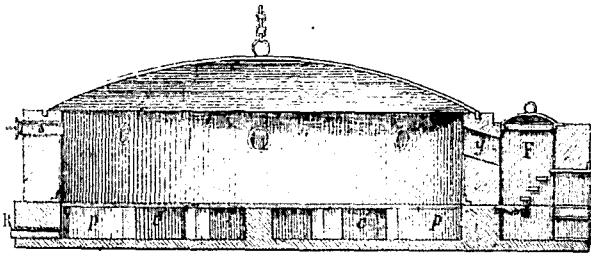
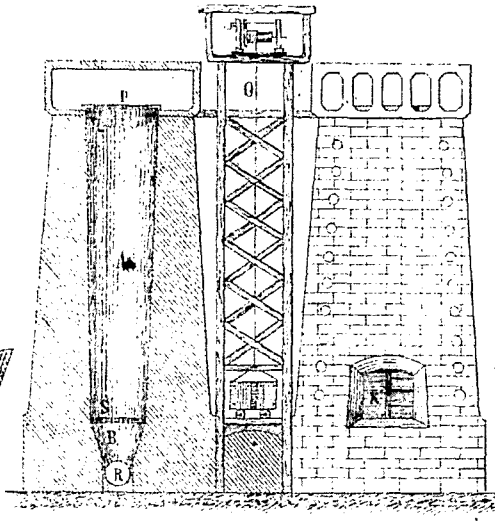
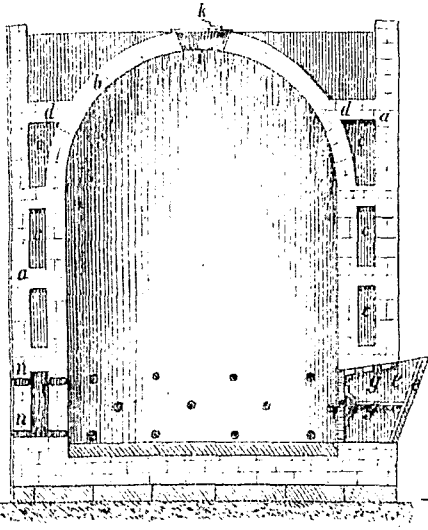


Фиг. 29 (b)

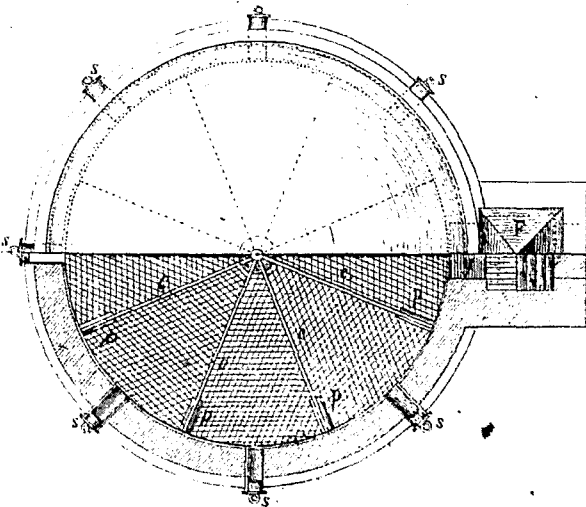


Фиг. 32

Фиг. 33

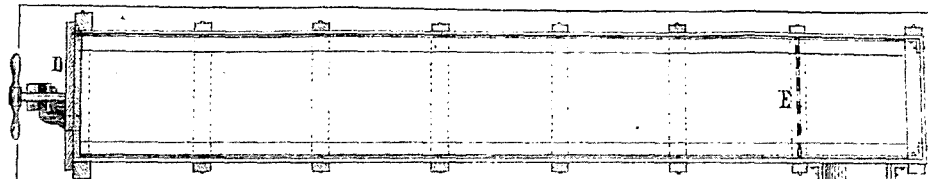


(a)

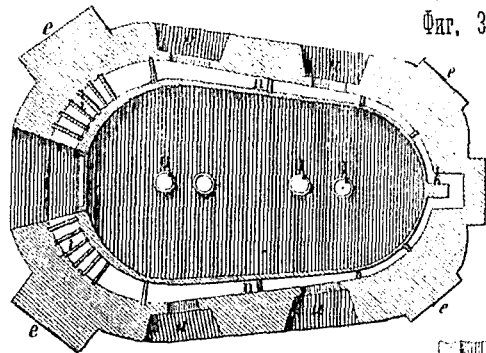


Фиг. 34

(b)



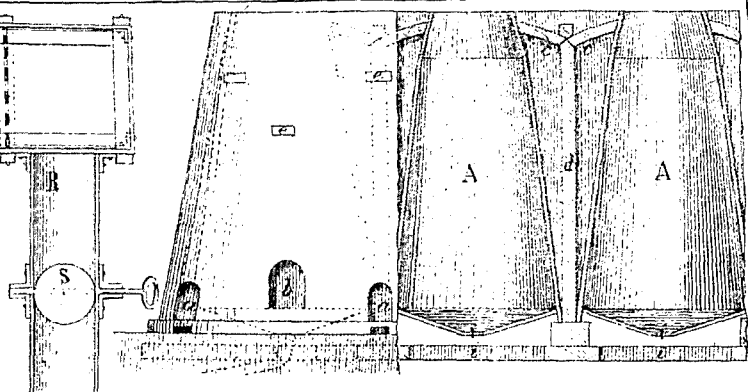
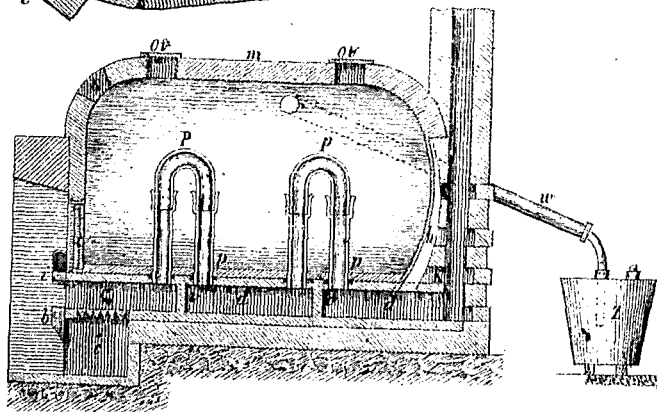
Фиг. 37



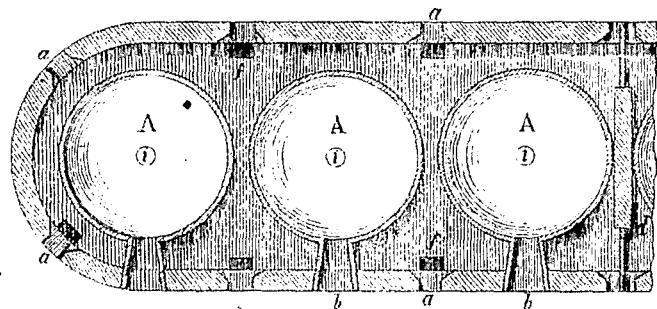
(a)

Фиг. 36

(b)

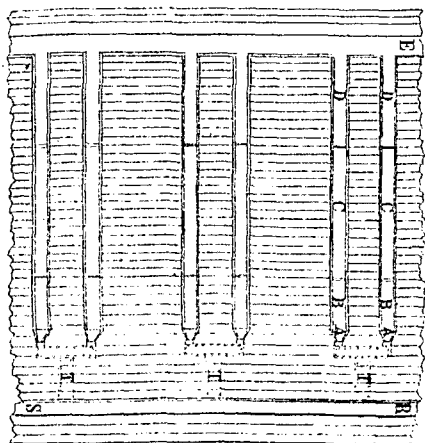


Фиг. 35 (a)

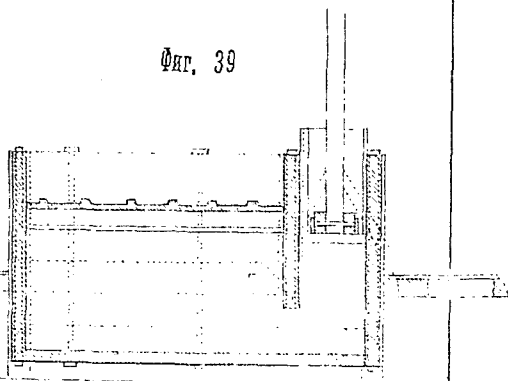


Фиг. 35 (b)

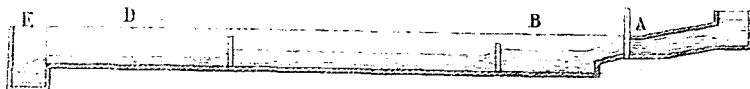
Фиг. 38 (а)



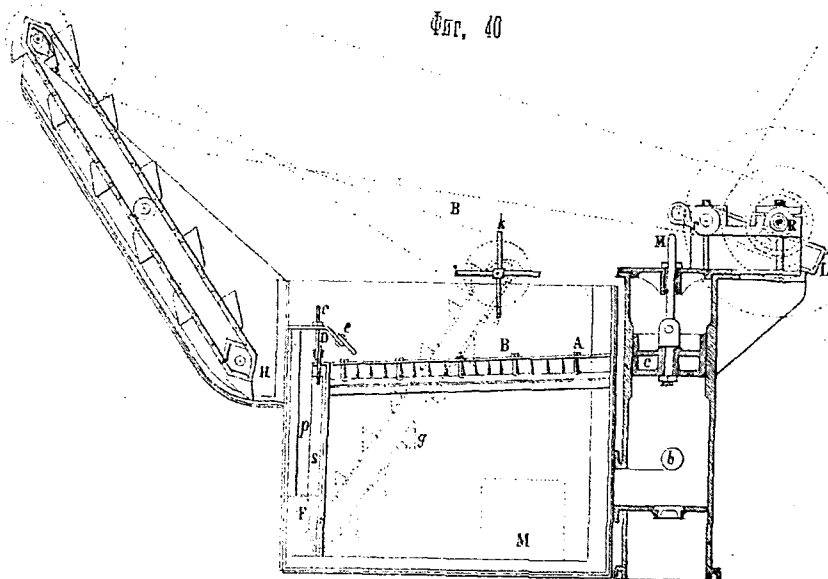
Фиг. 39



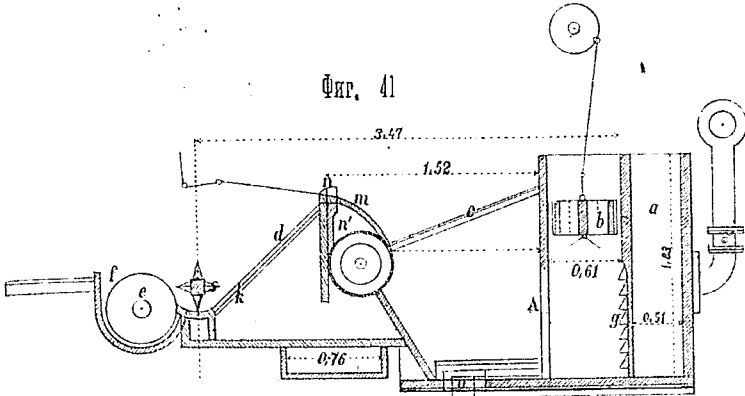
Фиг. 38 (b)



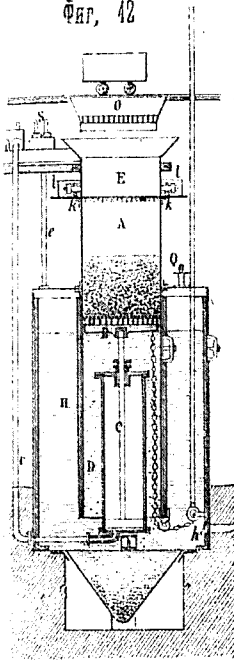
Фиг. 40



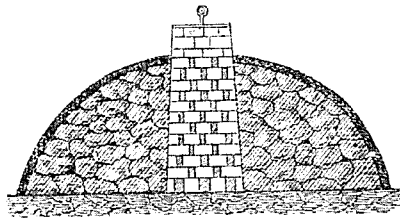
Фиг. 41



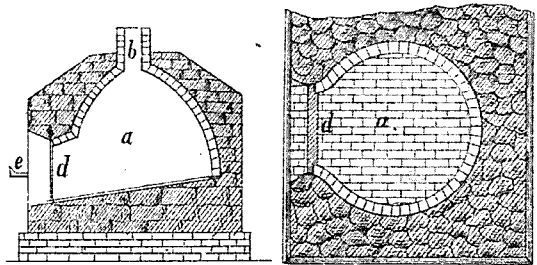
Фиг. 42



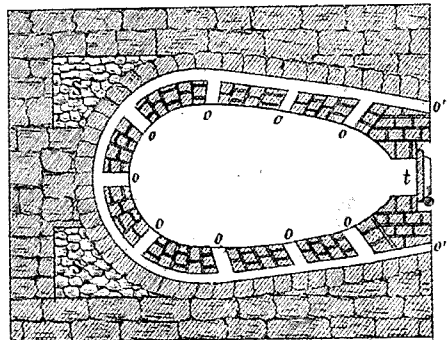
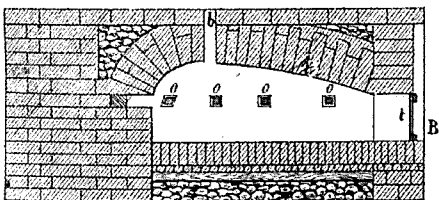
Фиг. 43



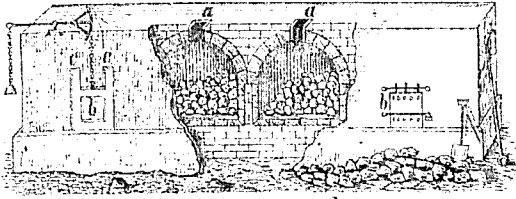
Фиг. 44



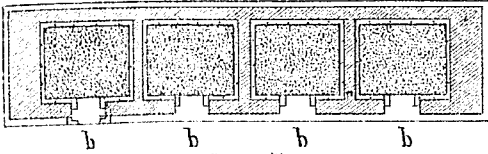
Фиг. 45



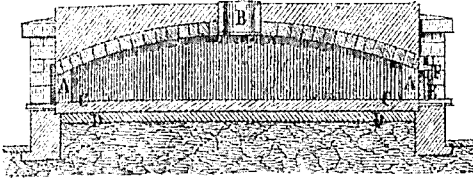
Фиг. 46 (а)



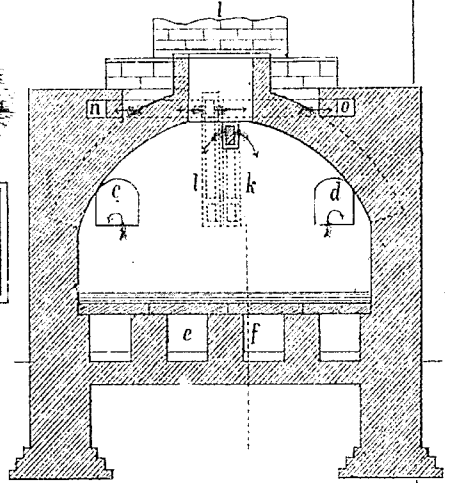
Фиг. 46 (б)



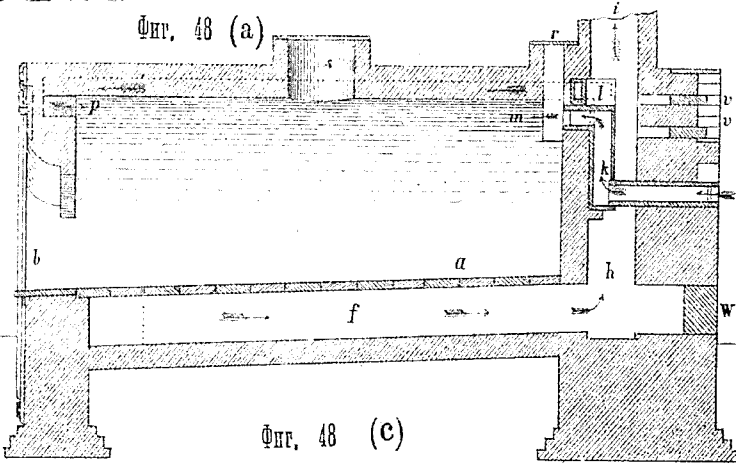
Фиг. 47



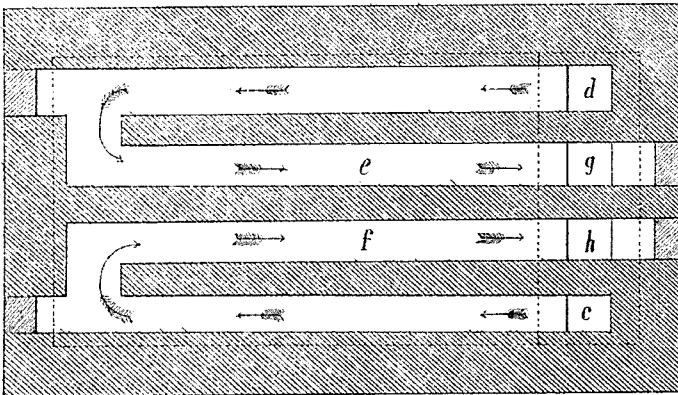
Фиг. 48 (б)



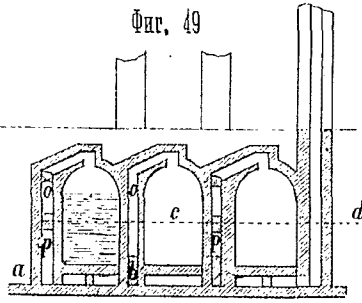
Фиг. 48 (а)



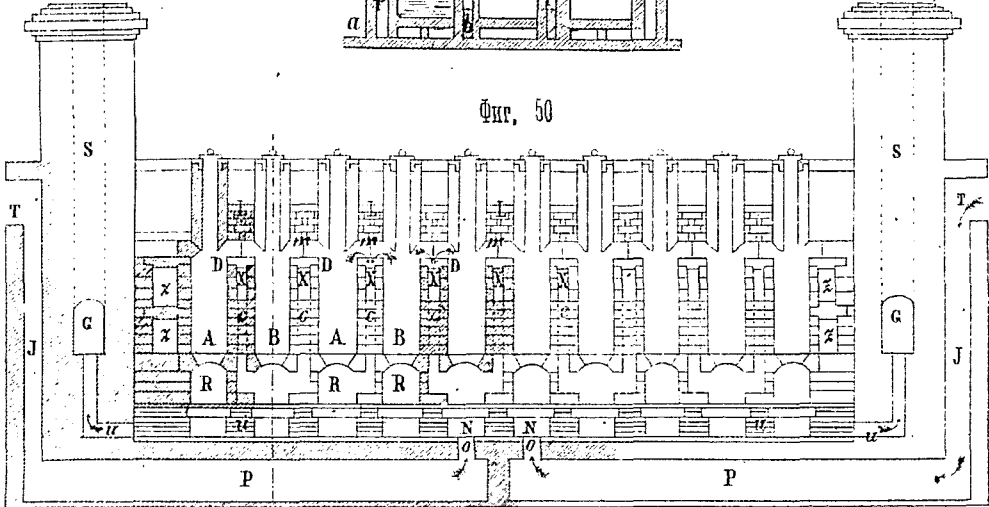
Фиг. 48 (с)



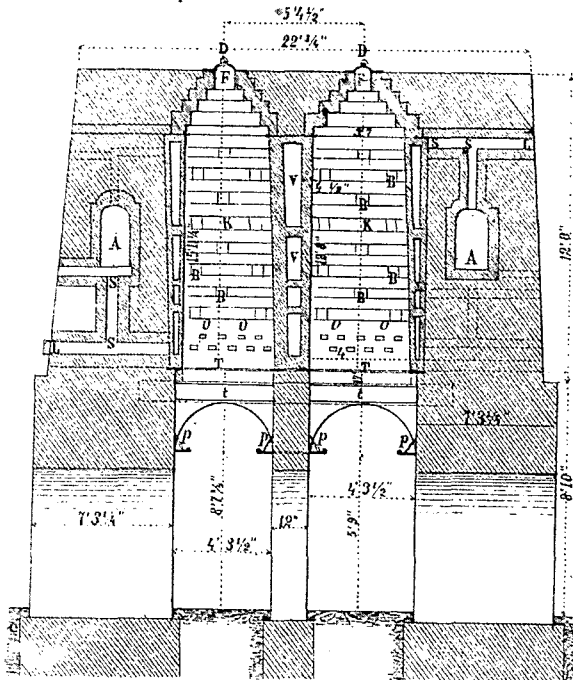
Фиг. 49



Фиг. 50

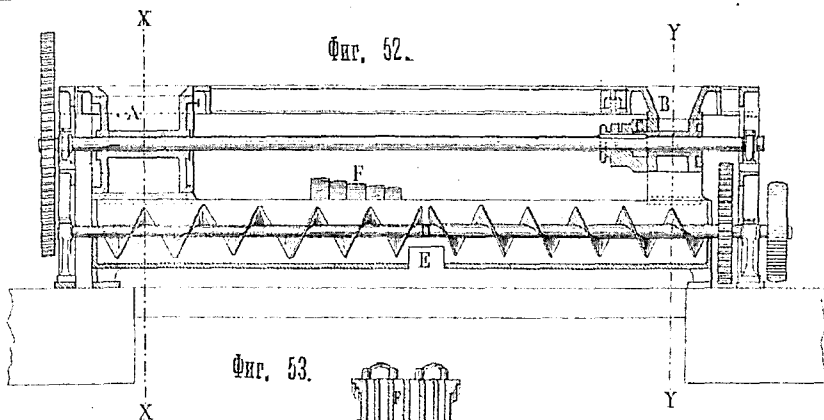


Фиг. 51

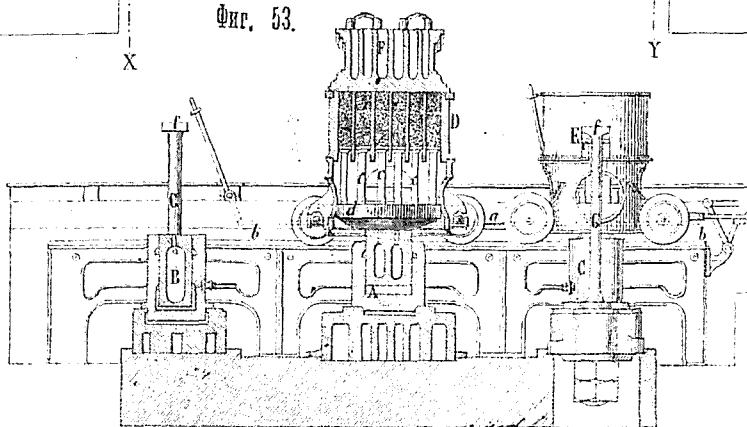




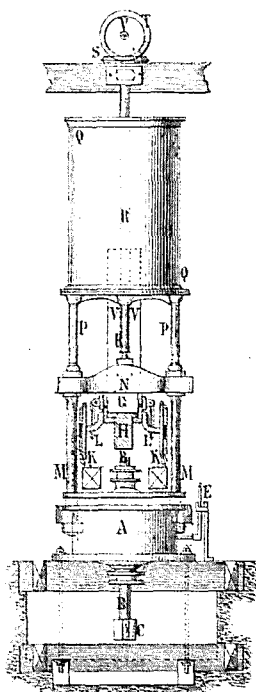
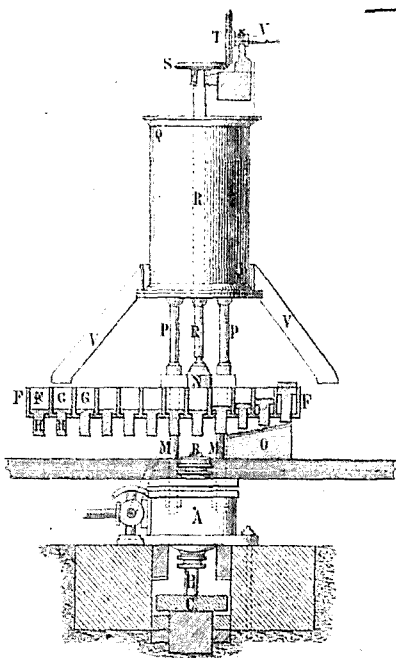
Фиг. 52.



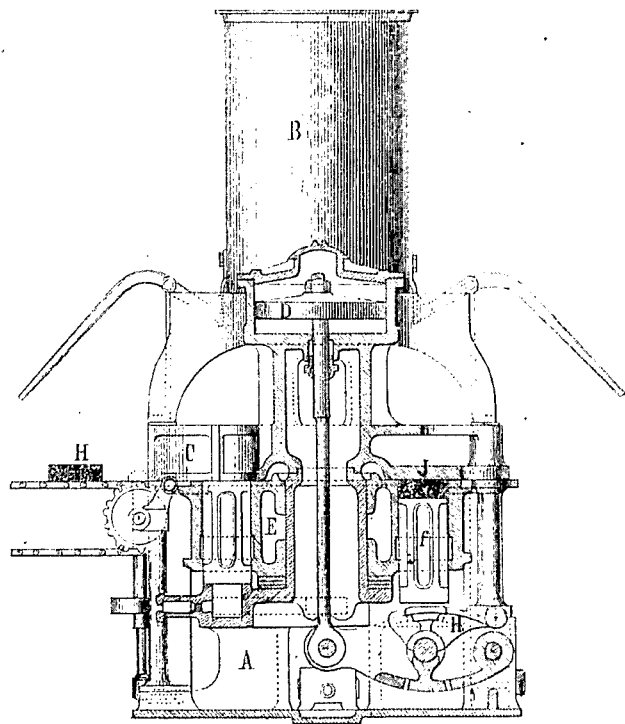
Фиг. 53.



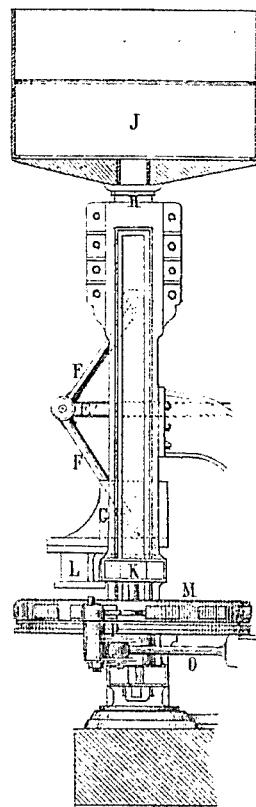
Фиг. 54.



Фиг. 55.



Фиг. 56.



# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГІЯ

Часть II.

ТОПЛИВО и ОТОПЛЕНІЕ.

АТЛАСЪ.

(Съ 43 таблицами чертежей).

---

киевъ.

1888.

# ТОПЛИВО И ОТОПЛЕНІЕ

**Н. А. Бунге,**

ПРОФЕССОРА УНИВЕРСИТЕТА СВ. ВЛАДИМИРА.

АТЛАСЪ.

(Съ 43 таблицами чертежей).



КІЕВЪ.

1888.

Оттискъ изъ Университетскихъ Извѣстій за 1887 г.  
Печатано по опредѣленію Совѣта Университета св. Владиміра.

## ОГЛАВЛЕНІЕ КЪ АТЛАСУ.

Таблицы.	Фигуры.	
I	1—2	<i>Теплота солнечная.</i> Аппараты Mouchot.
		<i>Торфъ.</i>
II	3	Цилиндры формовальн. Вебера.
	4	Машина Веберъ-Гиссера.
	5	Машина Клейтона.
III	6	Телѣжка Jngermann'a.
	7	Машина Клейтона.
	8—10	Формы торфяныхъ машинъ.
	11	Машина Eichhorn'a.
IV	12--13	Сушильня Вебера. <i>Древесный уголь.</i>
V	14—16	Кучи стоячія.
VI	17—19	Кучи лежачія.
VII	20—21	Куча Фишбаха.
	22 a	Печь американская.
	22	Печь Соколовскаго.
VIII	23	Печь Шабосьера.
	24	Печь нѣмецкая.
	25	Печь Шеффера.
	26	Печь Шварца.
IX	27	Печь Гиссера.
	28	Печь Христиана.
	29 {	Печь Дромара.
X	30 {	
	31	Печь Рейхенбаха.
		<i>Торфяной уголь.</i>
XI	32	Печь Оберндорфская.
	33	„ Вагенмана.

Таблицы.	Фигуры.	
XI	34	Печь Вебера.
XII	35	» Юнгста.
	36	» Лоттмана.
	37	» Тепюса.
		<i>Коксъ.</i>
XIII	38	Нѣмецкіе ящики для промывки угля.
	39	Мойка Лакретеля.
	40	» Берара.
	XIV	41
42		» Эврарда.
	43	Куча для коксуванія.
	44	Печь костровая.
	45	Печь Саарбрюкенская.
XV	46	» англійская.
	47	» С. Этьенская.
	48	» Jones'a.
XVI	49	» Смита.
	50	» Коппе.
	51	» Аннольта.
		<i>Брикеты.</i>
XVII	52	Мѣститель Циммермана.
	53	Прессъ Револье.
XVIII	54	{ Прессъ Мазелена.
	55	
		56
		<i>Сожиганіе тверд. и газообр. топлива.</i>
XIX	57—60	Колосники.
	61	Порогъ.
	62	Топка Stanley.
XX	63	Топка съ цѣпной рѣшеткой.
	64	Топка съ ступеньчатой рѣшеткой.
XXI	65	{ Пультовые топки.
	66	
	67	Топка Лапгена.
	68	Топка съ двойнымъ притокомъ воздуха.
	69	Топка Heiser'a.
XXII	70	Топка Fairbairn'a.
	71	Топка Rodda.

Таблицы.	Фигуры.	
	XXII	72 Топка Тенбринка.
	XXIII	73 Топка Кремптона.
		74 Генераторъ для дровъ.
	XXIV	75 „ для бурого угля.
		76 „ съ ступеньчатой рѣшеткой.
		77 Генераторъ, питаемый смѣсью воздуха и вод. пара.
	XXV	78 „ для сожиганія дрв. опилокъ (Lundin'a).
		79 „ для сожиганія кокса.
	XXVI	80 „ для дровъ.
		81 „ для каменнаго угля.
		82 „ Сименса.
	XXVII	83 Приспособленіе для смѣшиванія воздуха съ генераторнымъ газомъ.
		84 Регенераторы.
		85 Стеклоплавильная печь Боэціуса.
	XXVIII	86 Аппаратъ Quaglio и Dwight'a для полученія водянаго газа.
		<i>Сожиганіе жидкаго топлива.</i>
		87 Простая форсунка.
		88—89 Форсунка Ленца.
		90 „ Брандта.
		91 „ Сандгрюна.
	XXIX	92 „ Брандта.
		93 „ Каранетова.
		94 Топка Нобели.
		<i>Нагрѣваніе тѣлъ.</i>
	XXX	95 Паровикъ съ бульеромъ.
		96 Паровикъ Бельвила.
	XXXI	97 Доменная печь.
		98 Пламенная печь.
		99—101 Змѣевикъ.
	XXXII	102 Котель съ двойнымъ дномъ.
		103—104 Паровые сборники.
		105 Змѣевикъ для нагрѣванія голымъ паромъ.
		106 Аппаратъ для перегонки жидкостей.
		107 Выпарной аппаратъ Роберта.
	XXXIII	108 Выпарной аппаратъ Piccard-Weibel'a.
		109 Аппаратъ Гонигмана.

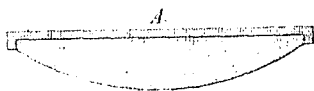


Таблицы.	Фигуры.	
XXXIII	110	Сушильня.
	111	Сушильный цилиндръ.
XXXIV	112	Голландская печь.
	113	Желѣзная печь.
	114	Засыпная печь Мейдингера.
	115	Калориферы.
XXXV	116—118	
	119	
	120	Приборы для нагреванія воздуха нагрѣтою водою.
XXXVI	121	
		<i>Измѣдованіе топлива.</i>
XXXVI	122	Склянка для опредѣленія удѣльнаго вѣса.
	123	Волюменометръ.
	124	Приборъ Тёрнера.
	125	Приборъ Моначевскаго для опред. гигроскоп. воды.
	126	Приборъ Rochleder'a для опред. гигроскоп. воды.
	127	Платиновый муфель
XXXVII	128	Муфель Wiesnegg'a.
	129—130	Приборъ Зауэра для опредѣленія сѣры.
	131—134	Приборы для опредѣленія азота по способу Кельдала.
	135	Трубка для элементарнаго анализа топлива.
XXXVIII	136—137 (A)	Калориметръ Favre и Silbermann'a.
	137 (B)	„ Scheurer-Kestner'a.
	138	„ Fischer'a.
	139	„ Бертелло-Алексѣева.
	140	Калориметрическая бомба Бертелло.
XXXIX	141	Приборъ Галлоэ для опредѣленія влажности пара.
	142	Гидростатъ Кёпелина.
	143	Калориметръ Линде.
		<i>Контроль за сжигаемыми приборами.</i>
	144	Манометръ Шёреръ-Кестнера.
	145	Анемометръ Вольперта.
XL	146—150	Приборъ Лоранъ-Бунте.
		<i>Анализъ дымогарныхъ газовъ.</i>
XLI	151	Приборъ Орса-Муенке.
	152	Газоотборная трубка Scheurer-Kestner'a.
	153—154	Аспираторы.
	155	Газоотборная трубка, охлаждаемая водою.
	156	Трубка для собиранія газовъ.

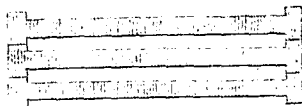
Таблицы.	Фигуры.	<i>Измѣреніе температуры.</i>
XLII	157	Помѣщеніе термометра въ дымовомъ ходѣ.
	158	Пиrometerъ Стейнле и Гартунга.
	159—160	Воздушный термометръ Рудберга.
	161	Воздушный термометръ Regnault-Jolly.
XLIII	162—165	Электрическій пиrometerъ Сименса.
	166—167	Калориметръ Фишера.
		<i>Примѣненіе электричества къ нагреванію.</i>
	168	Электрическая печь Сименса.

---

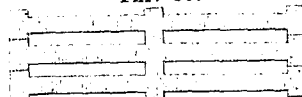
Фиг. 57.



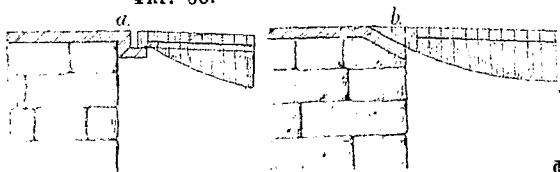
Фиг. 58.



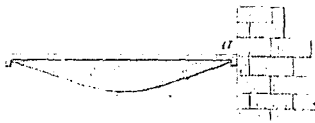
Фиг. 59.



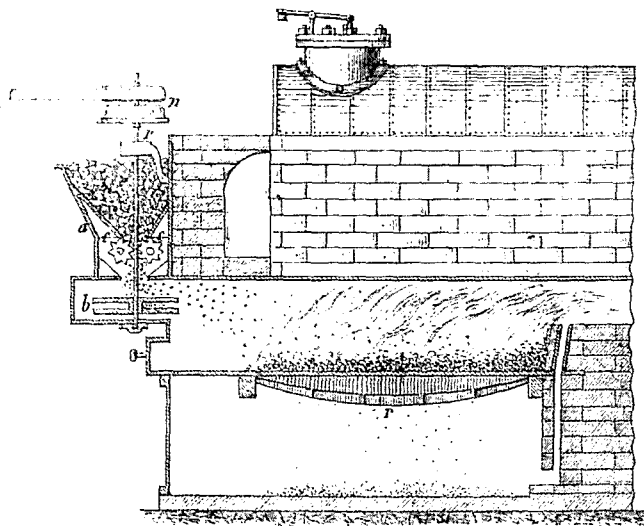
Фиг. 60.



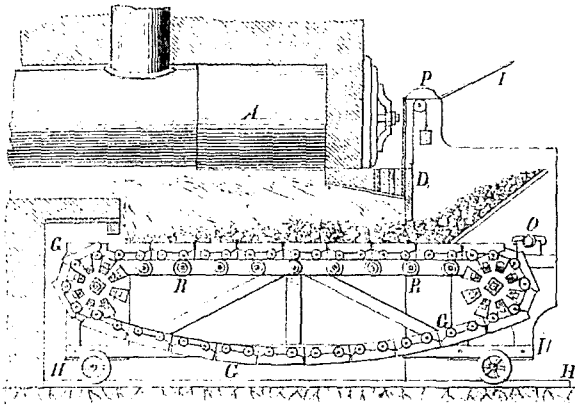
Фиг. 61.



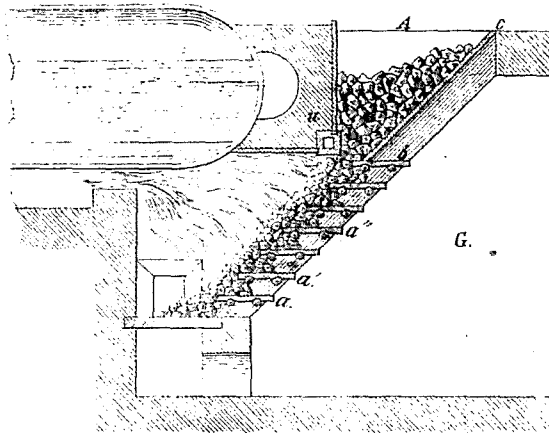
Фиг. 62.



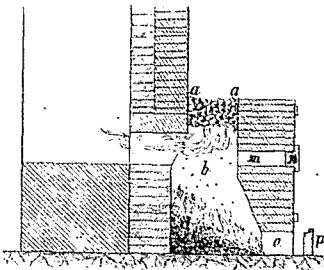
Фиг. 63.



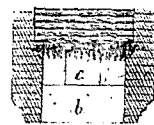
Фиг. 64.



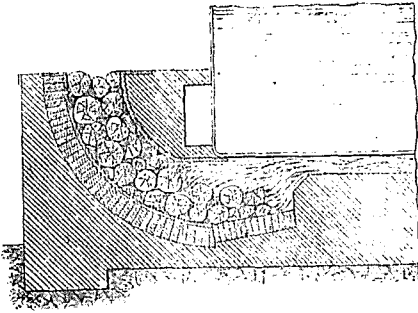
Фиг. 65. (А)



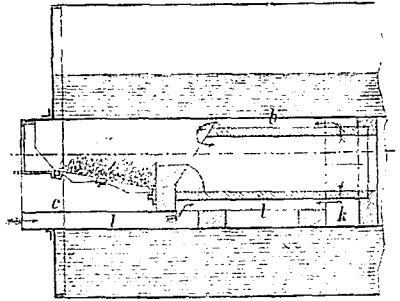
Фиг. 65. (В)



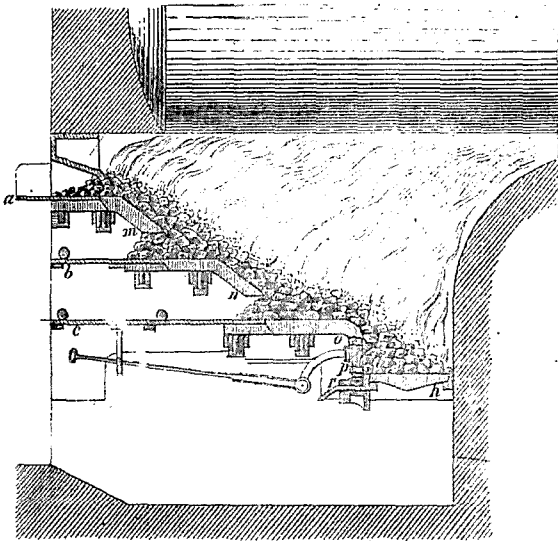
Фиг. 66.



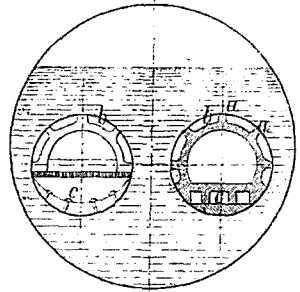
Фиг. 69. (А)



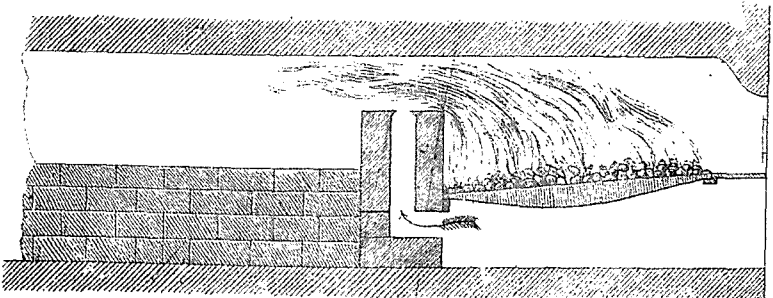
Фиг. 67.



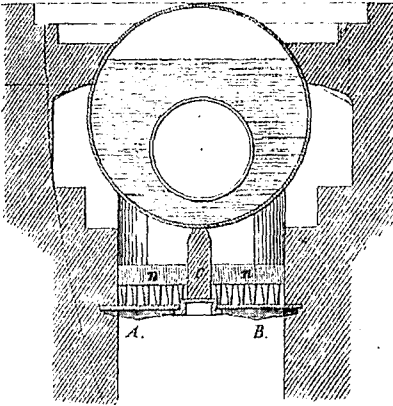
Фиг. 69. (В)



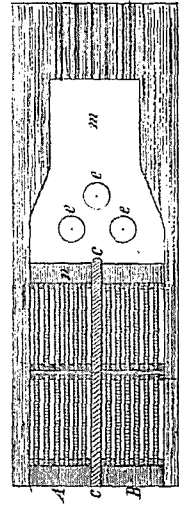
Фиг. 68.



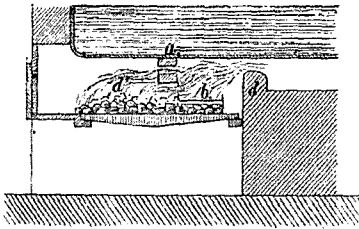
Фиг. 70. (А)



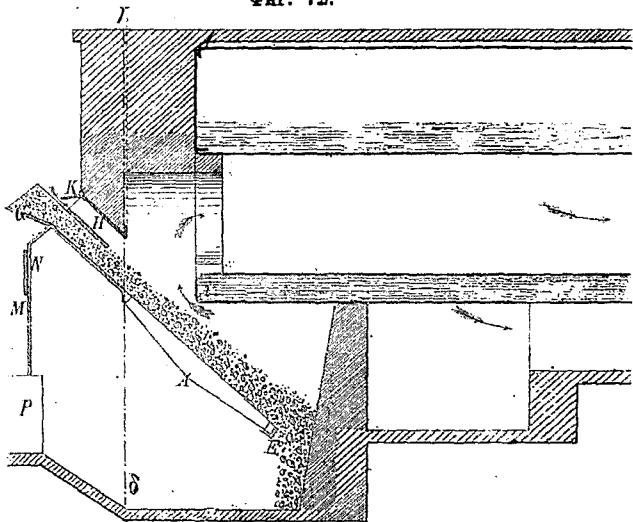
Фиг. 70. (В)



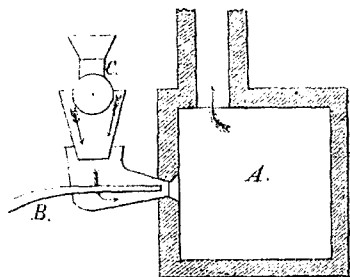
Фиг. 71.



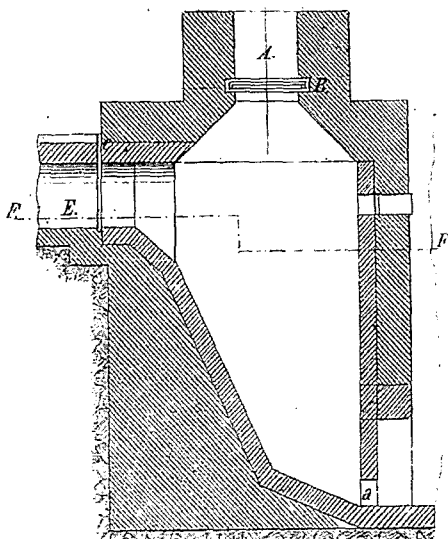
Фиг. 72.



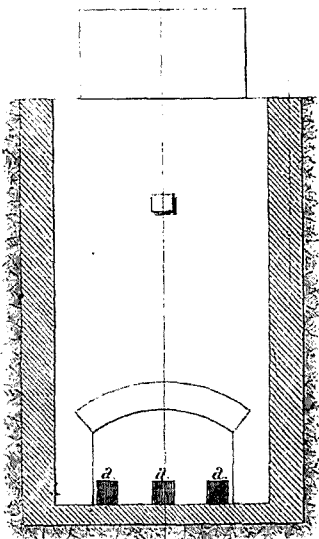
Фиг. 73.



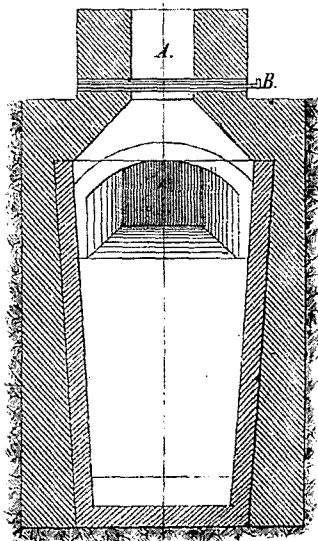
Фиг. 74. (а)



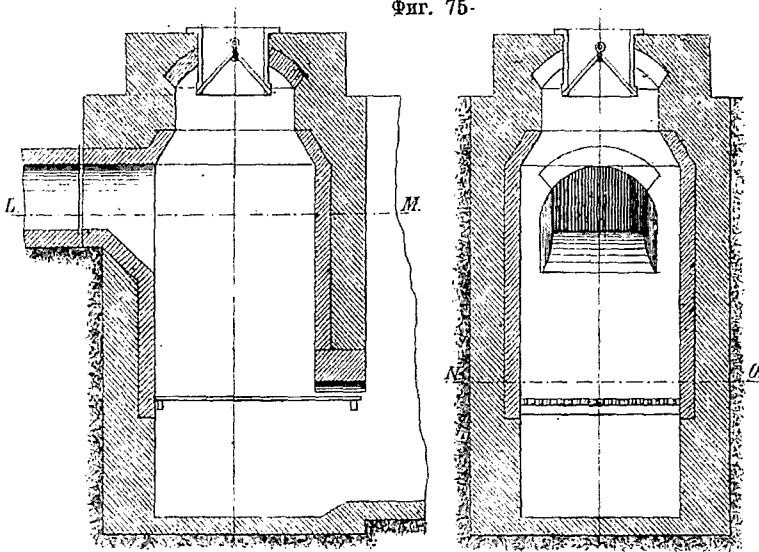
Фиг. 74. (b)



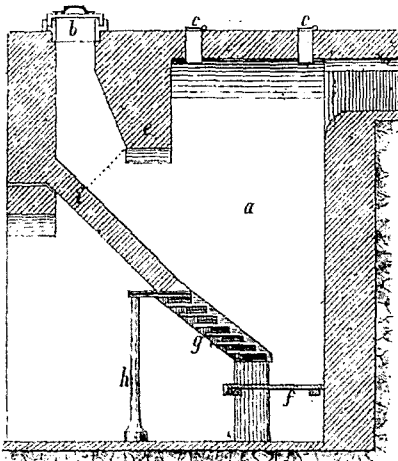
Фиг. 74. (с)



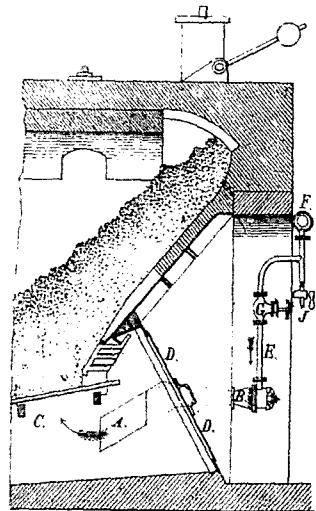
Фиг. 75.



Фиг. 76.

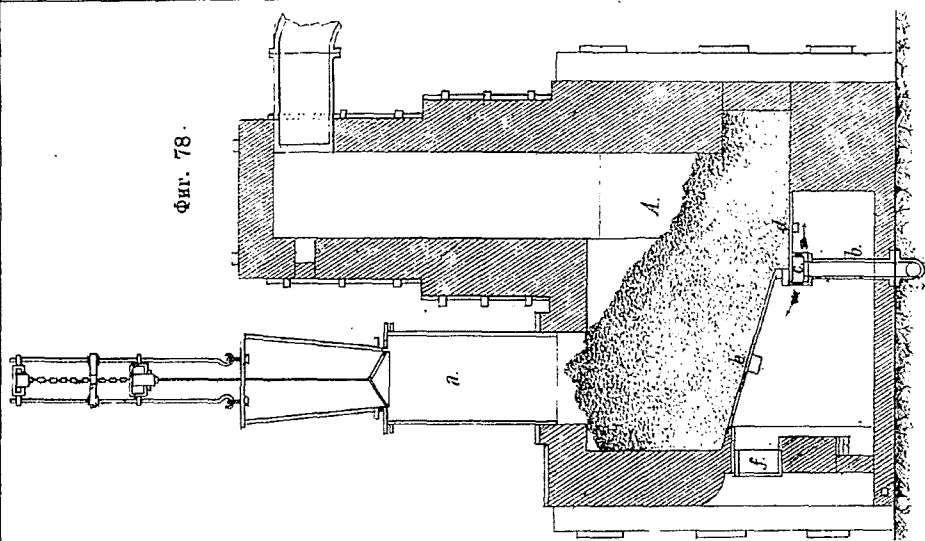


Фиг. 77.

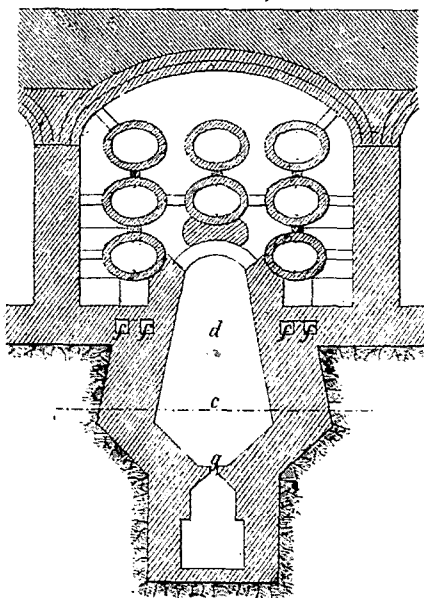




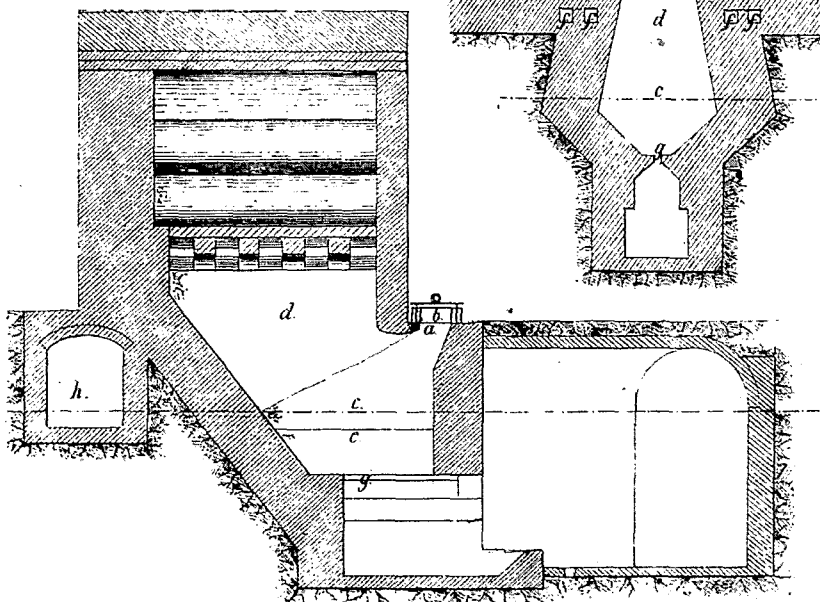
Фиг. 78.



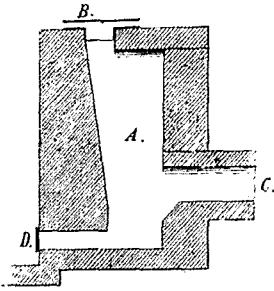
Фиг. 79. (a).



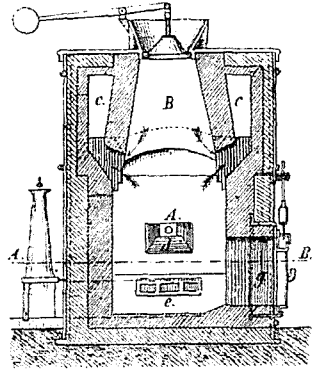
Фиг. 79. (b)



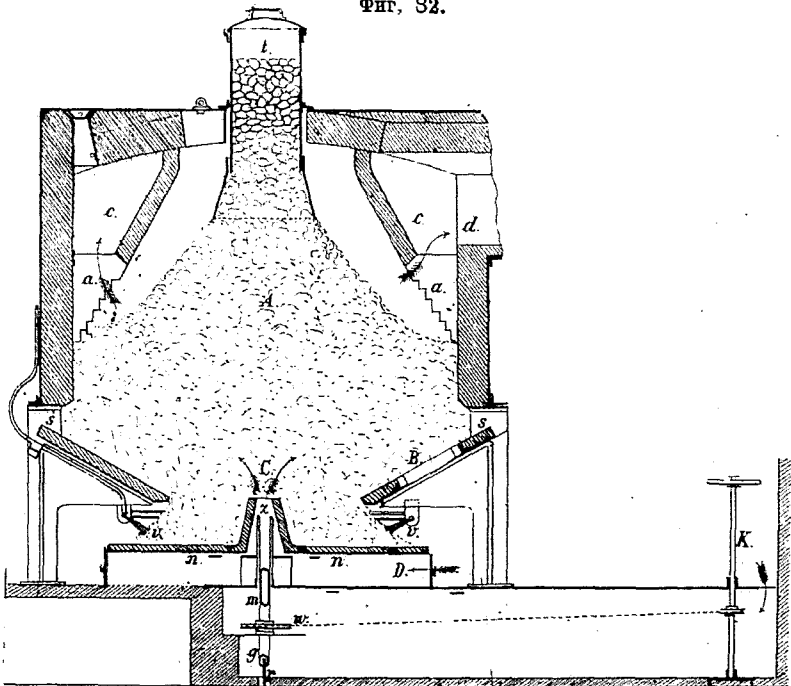
Фиг. 80.



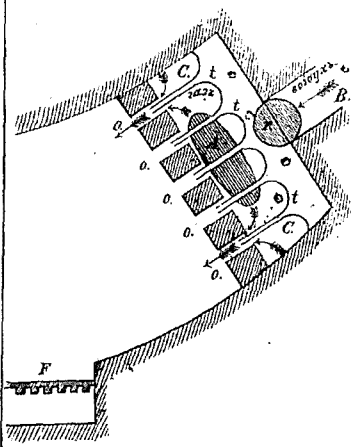
Фиг. 81.



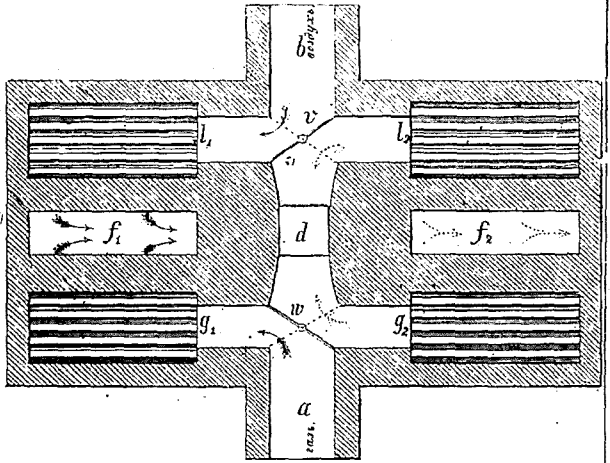
Фиг. 82.



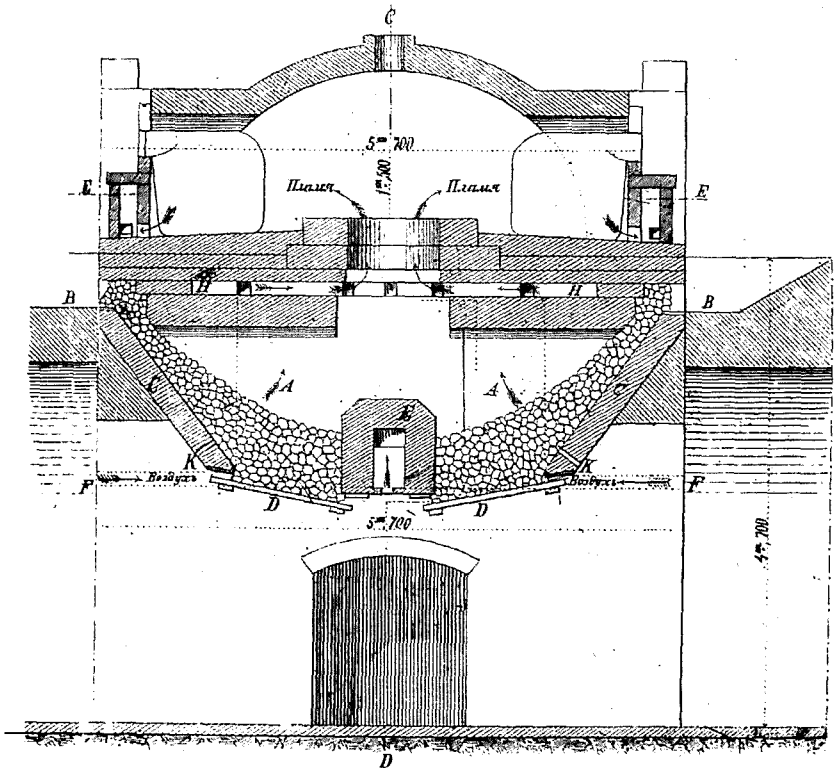
Фиг. 83.



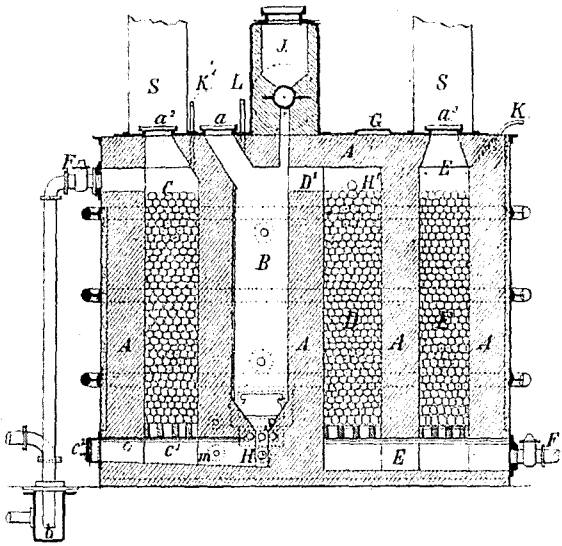
Фиг. 84.



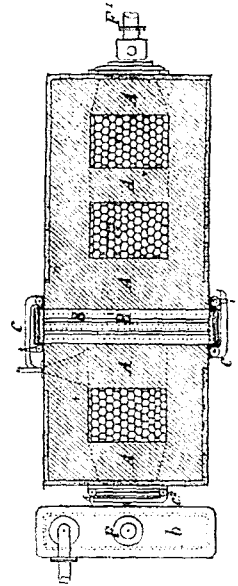
Фиг. 85.



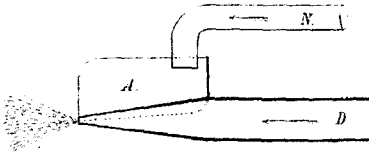
Фиг. 86 (а).



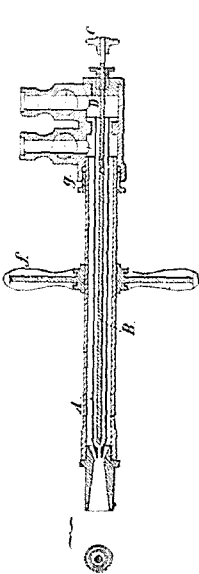
Фиг. 86 (b).



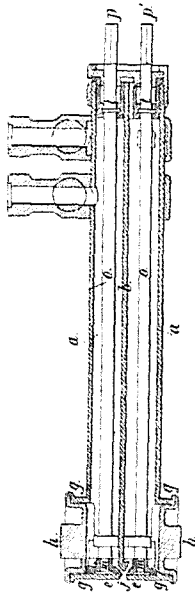
Фиг. 87.



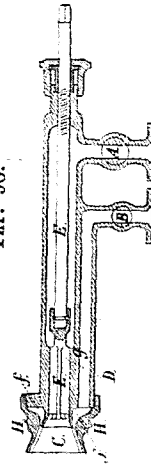
Фиг. 88.



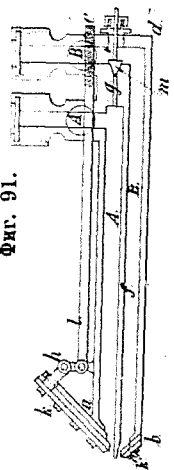
Фиг. 89.



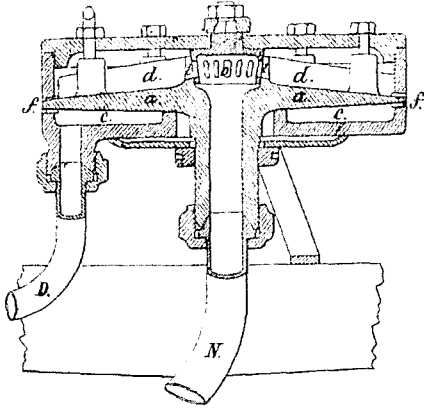
Фиг. 90.



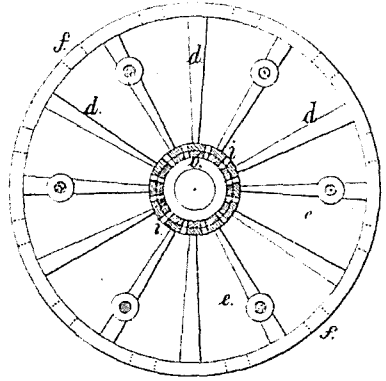
Фиг. 91.



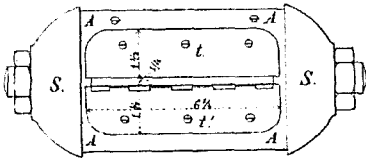
Фиг. 92 (а).



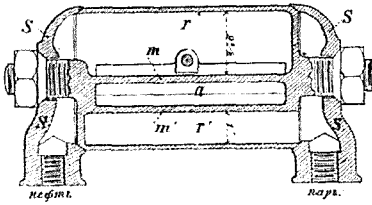
Фиг. 92 (b).



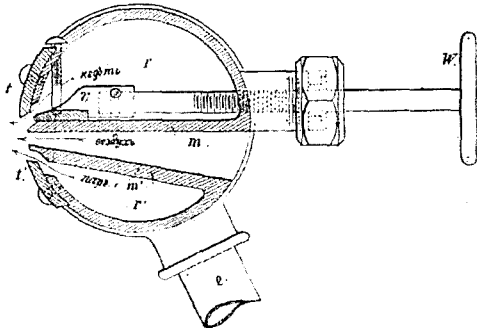
Фиг. 93 (а).



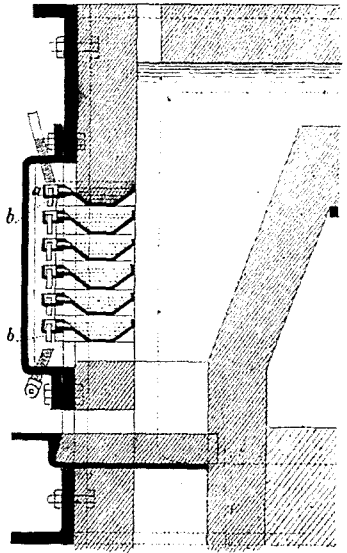
Фиг. 93 (b).



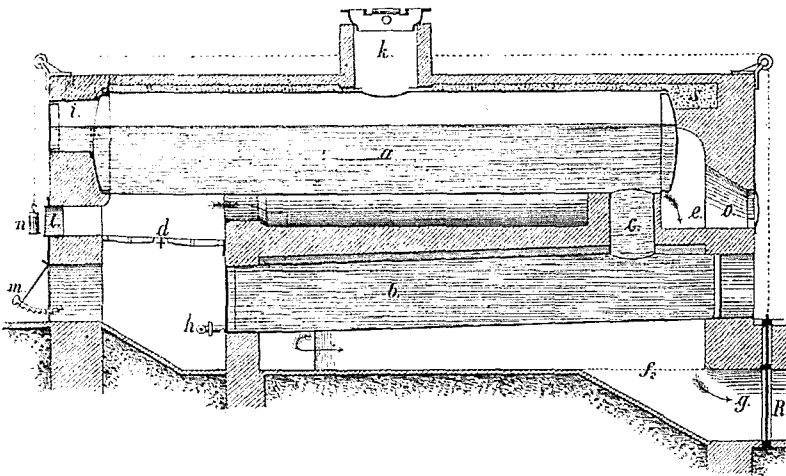
Фиг. 93 (с).



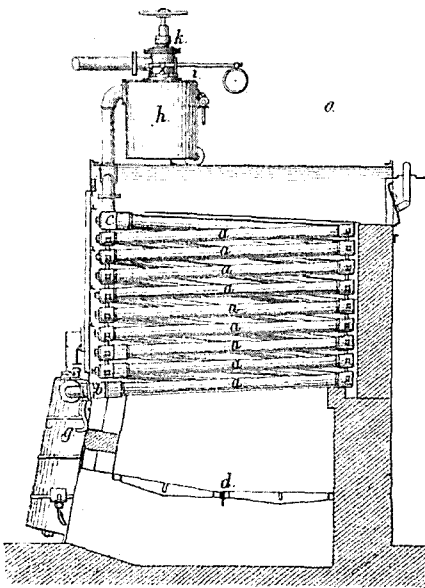
Фиг. 94.



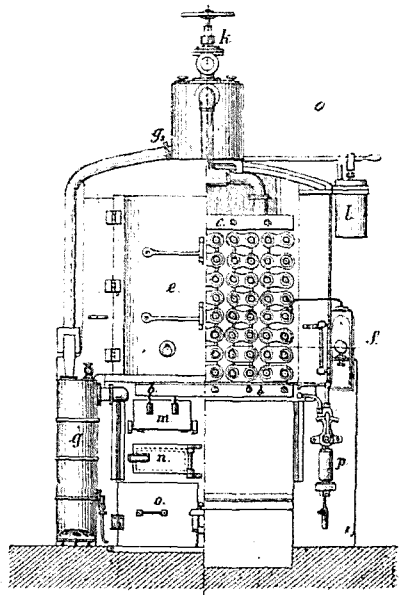
Фиг. 95.



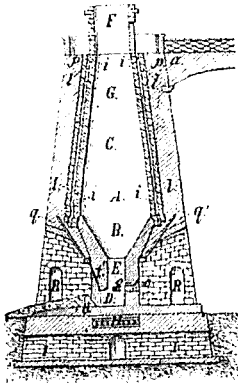
Фиг. 96. (А).



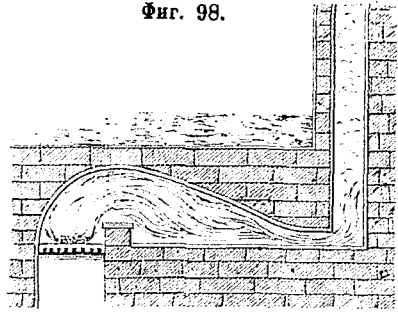
Фиг. 96. (В).



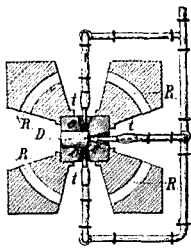
Фиг. 97 (а).



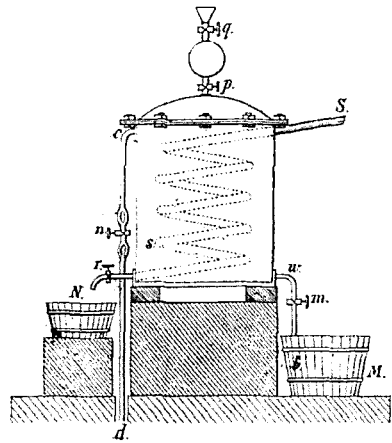
Фиг. 98.



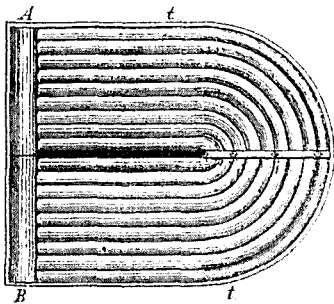
Фиг. 97 (b).



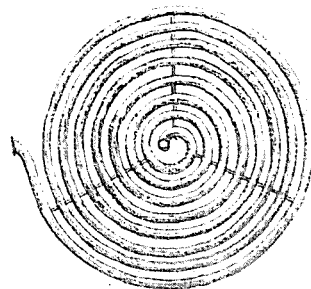
Фиг. 99.



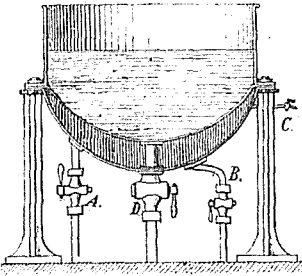
Фиг. 101.



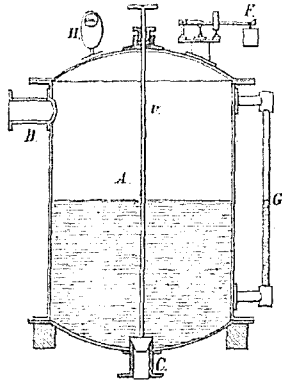
Фиг. 100.



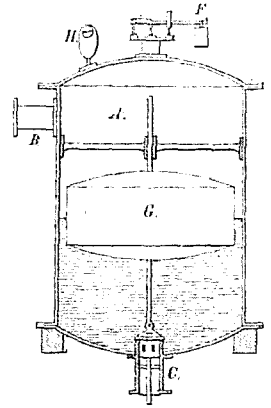
Фиг. 102.



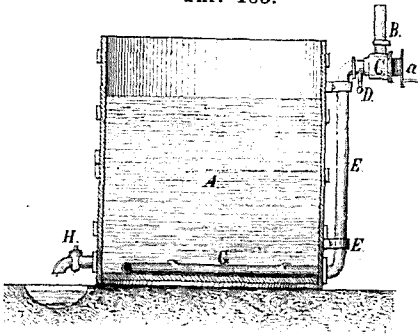
Фиг. 103.



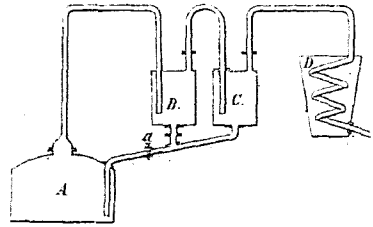
Фиг. 104.



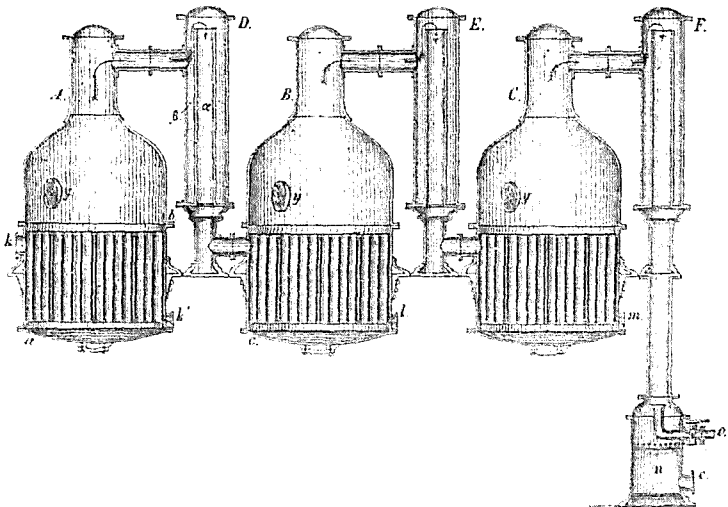
Фиг. 105.



Фиг. 106.

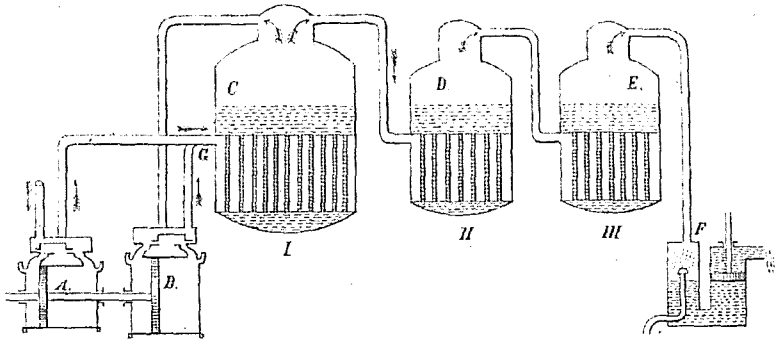


Фиг. 107.

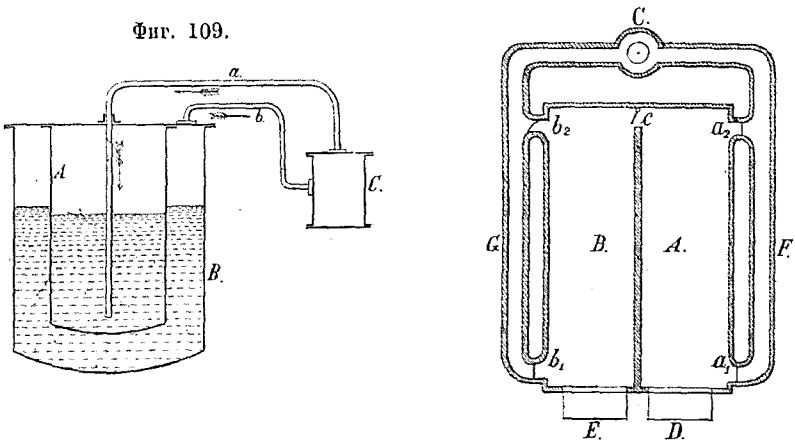




Фиг. 108.

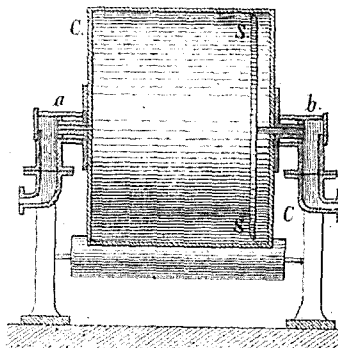


Фиг. 110.

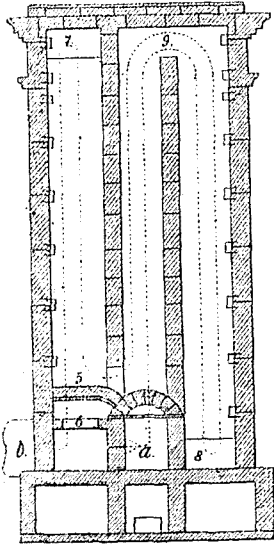


Фиг. 109.

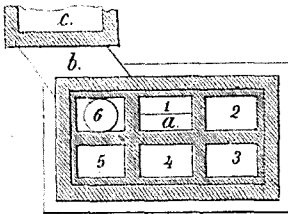
Фиг. 111.



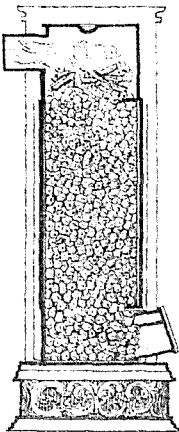
(Фиг. 112 (A)).



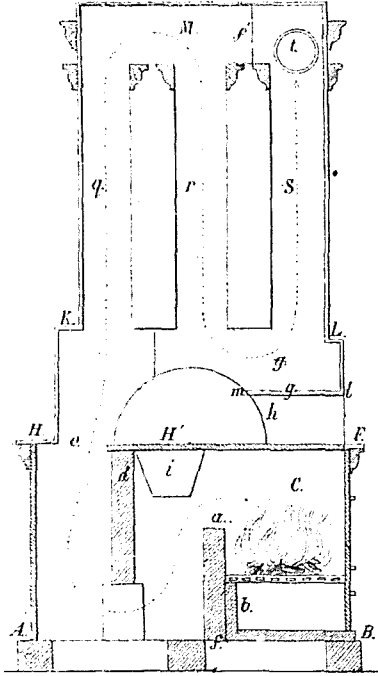
Фиг. 112 (B).



Фиг. 114.

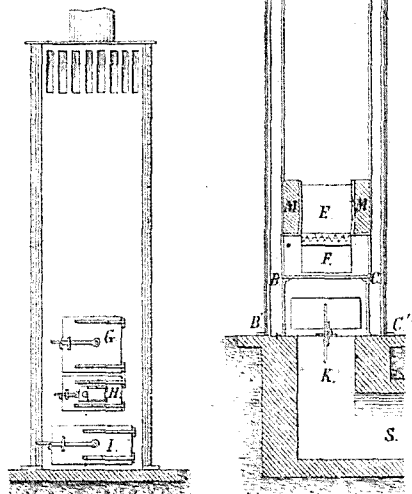


Фиг. 113

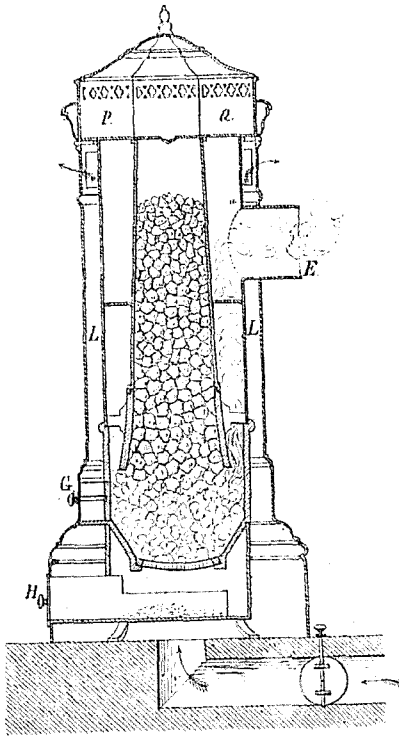


Фиг. 115 (B).

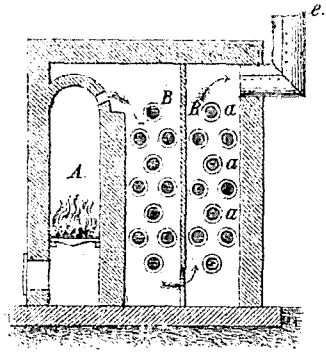
Фиг. 115 (A)



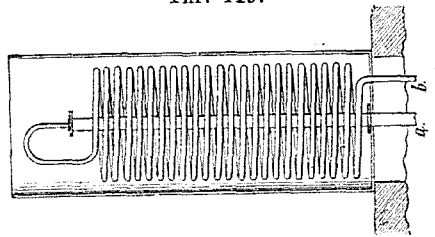
Фиг. 116.



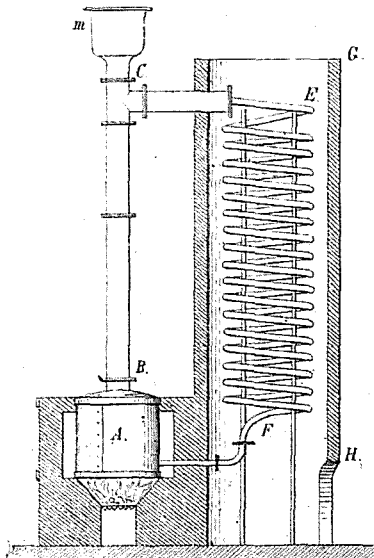
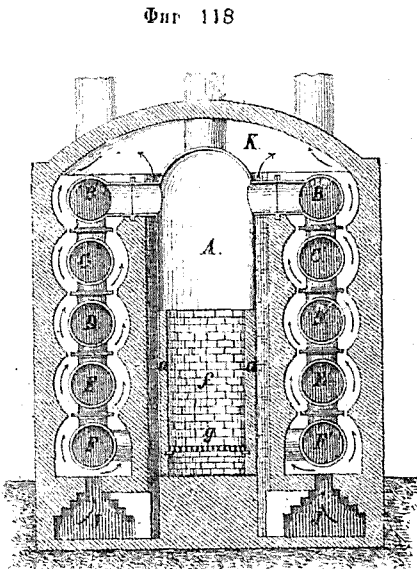
Фиг. 117.



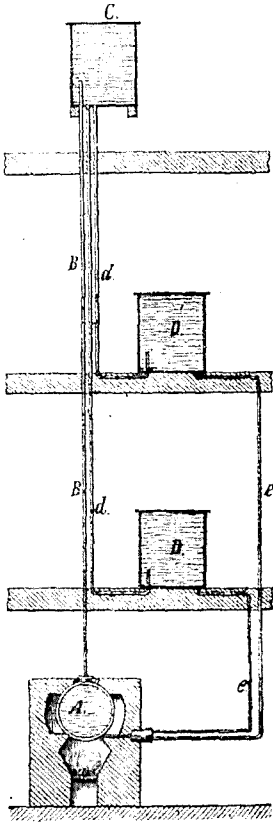
Фиг. 119.



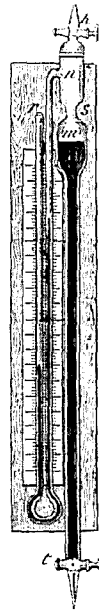
Фиг. 120.



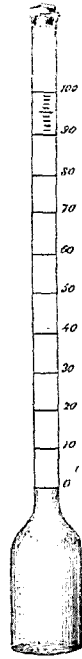
Фиг. 121.



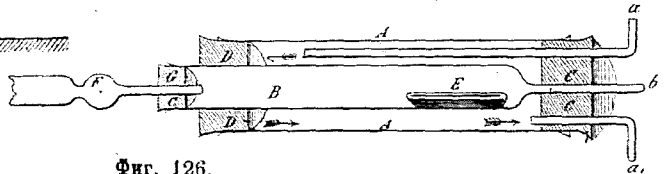
Фиг. 123.



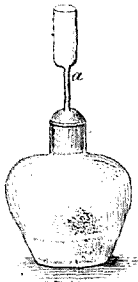
Фиг. 124.



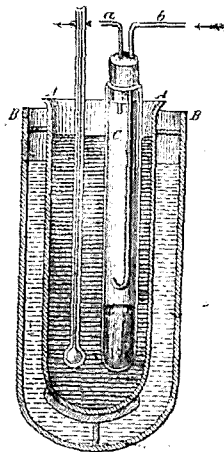
Фиг. 125,



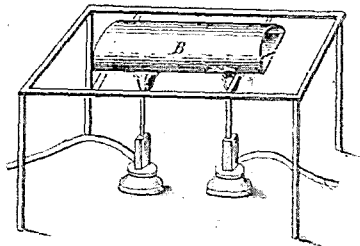
Фиг. 122.



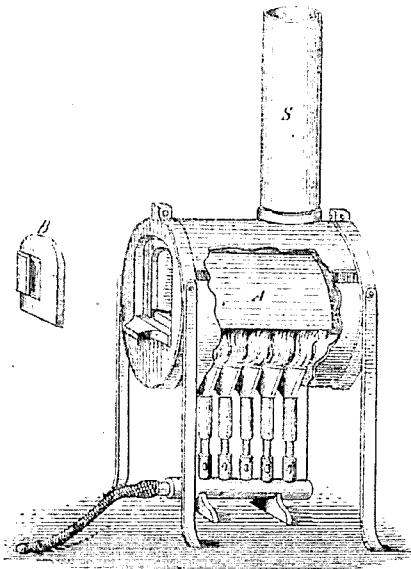
Фиг. 126.



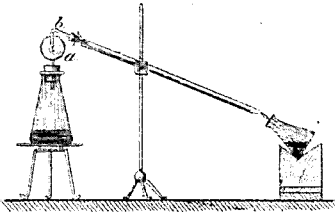
Фиг. 127.



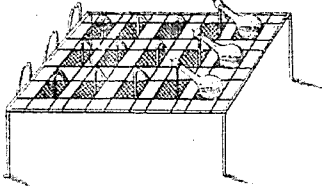
Фиг. 128.



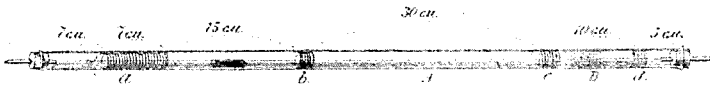
Фиг. 132.



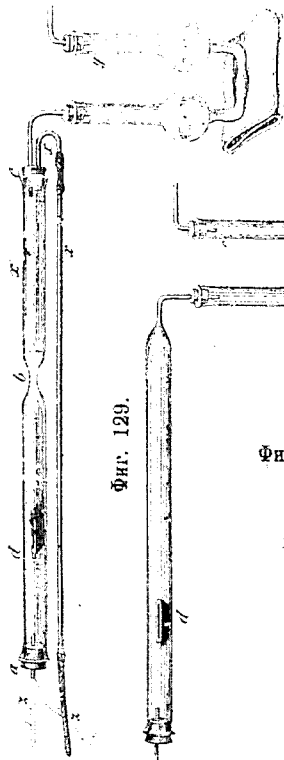
Фиг. 133.



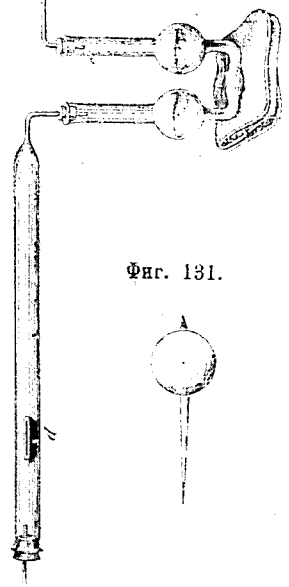
Фиг. 135.



Фиг. 130.



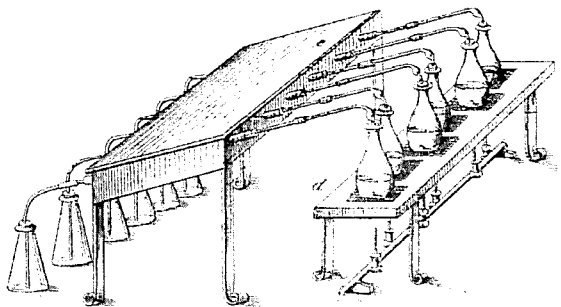
Фиг. 129.



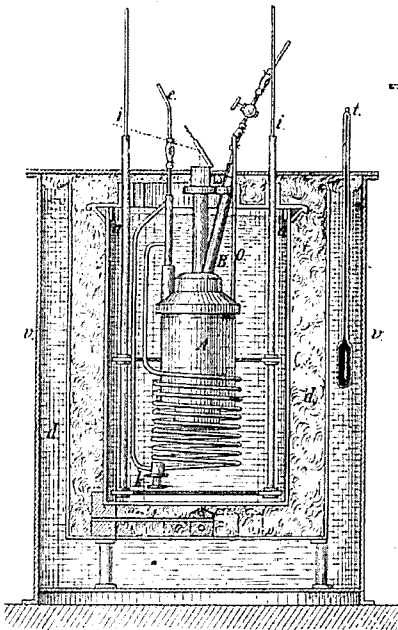
Фиг. 131.



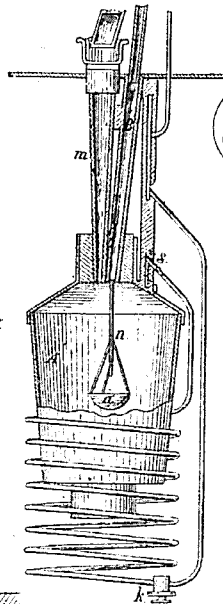
Фиг. 134.



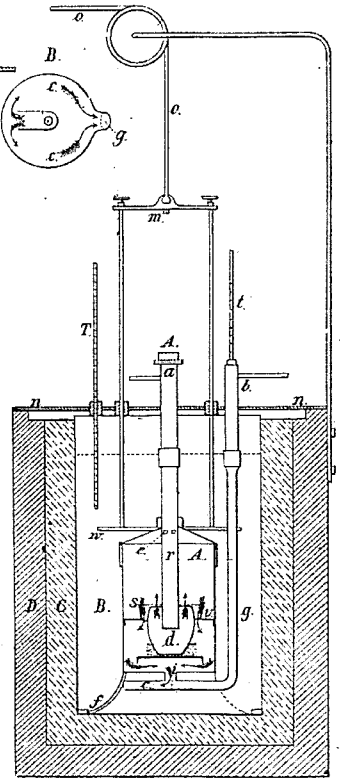
Фиг. 137 (А).



Фиг. 137 (В).



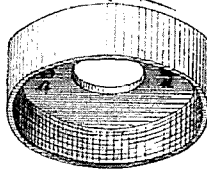
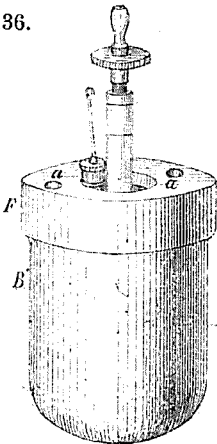
Фиг. 138.



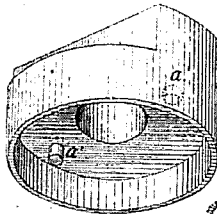
Фиг. 140 (А).

Фиг. 140 (D).

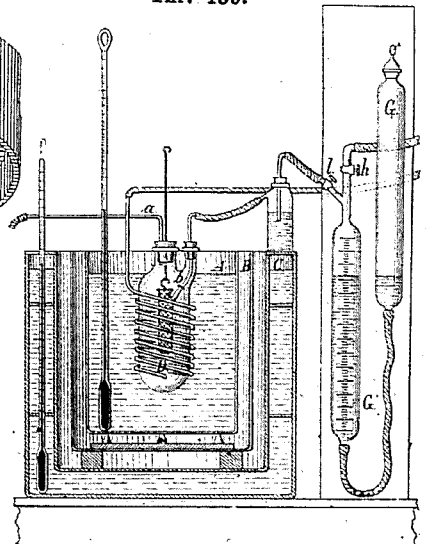
Фиг. 136.



Фиг. 140 (E).

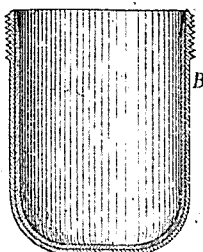
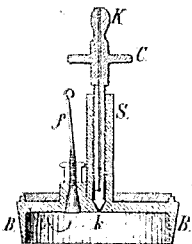


Фиг. 139.

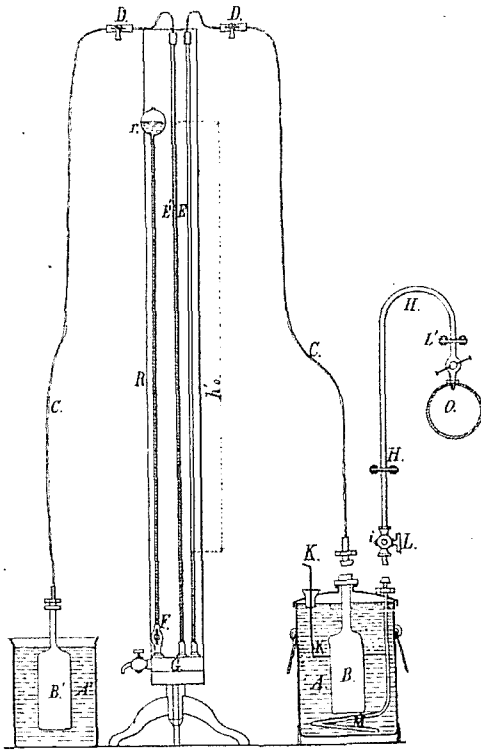


Фиг. 140 (С).

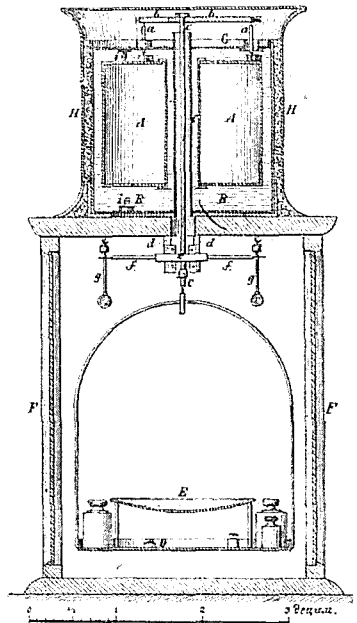
Фиг. 140 (В).



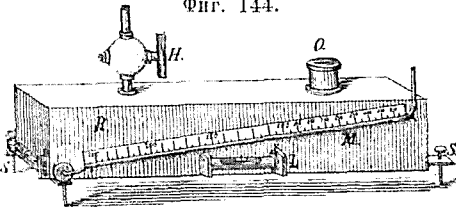
Фиг. 141.



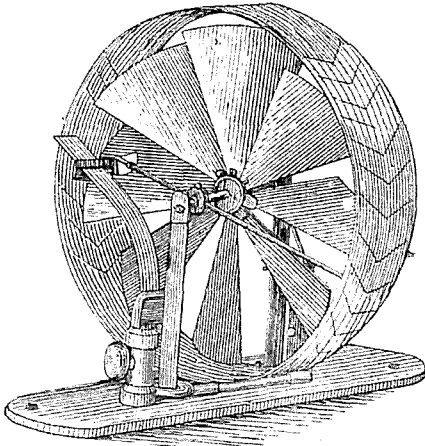
Фиг. 142.



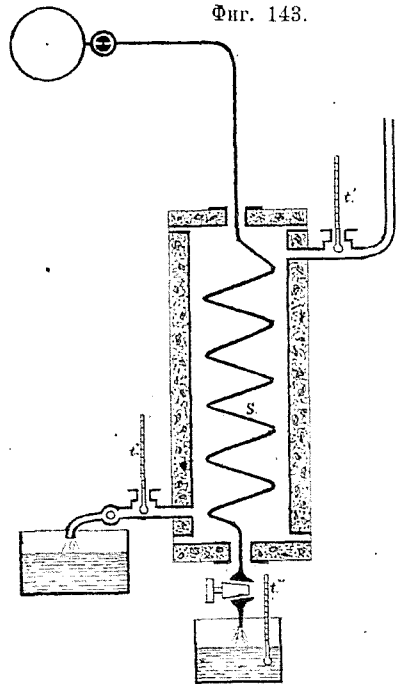
Фиг. 144.



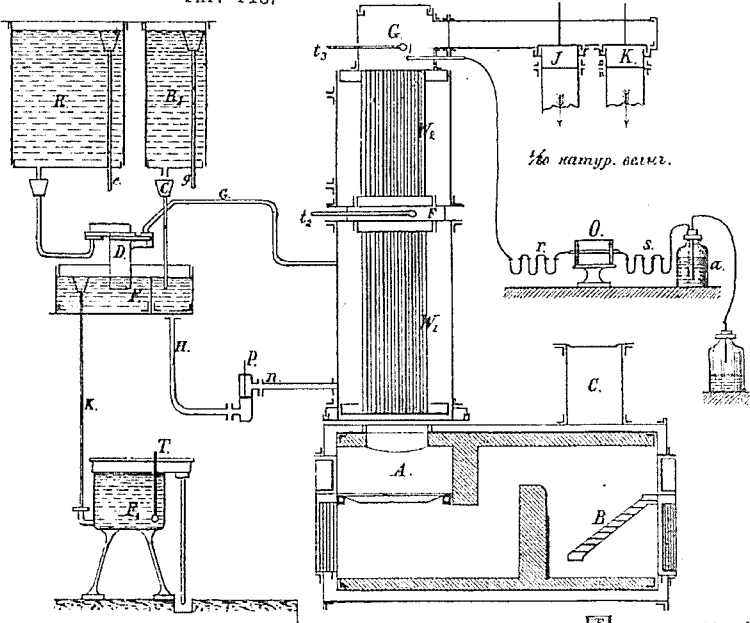
Фиг. 145.



Фиг. 143.

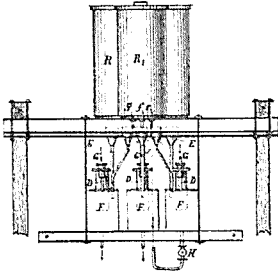


Фиг. 146.



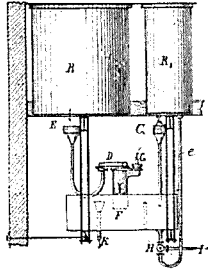
Фиг. 147. (а).

1/100 н. в.



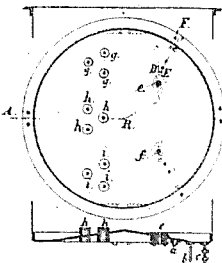
Фиг. 147. (б).

1/200 н. в.



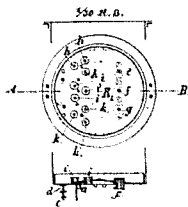
Фиг. 148 (а).

1/50 н. в.



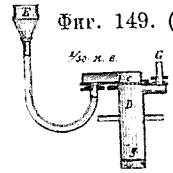
Фиг. 148 (б).

1/50 н. в.



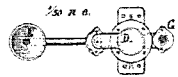
Фиг. 149. (а)

1/50 н. в.



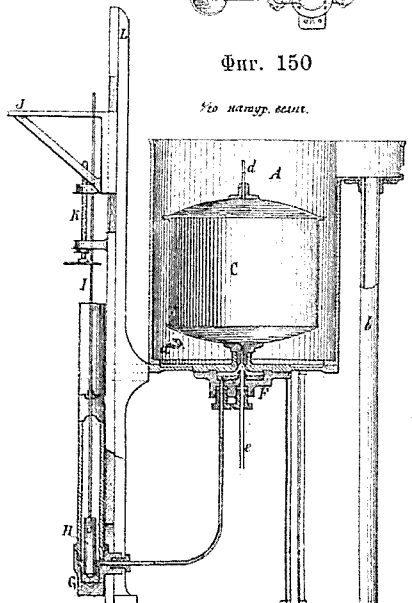
Фиг. 149. (б)

1/50 н. в.



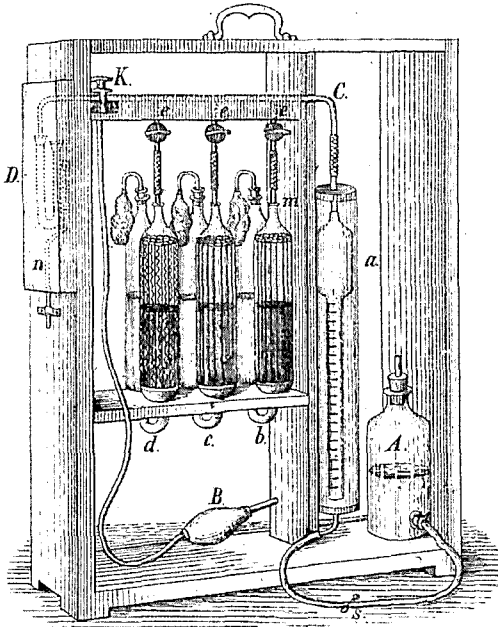
Фиг. 150

1/50 натур. велич.

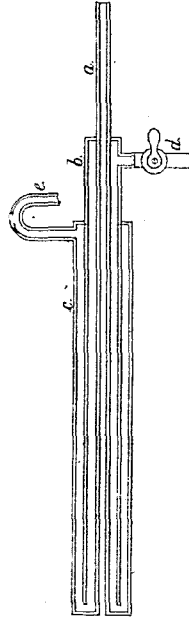




Фиг. 151.



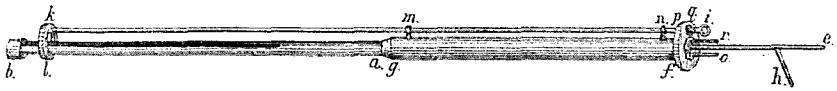
Фиг. 155.



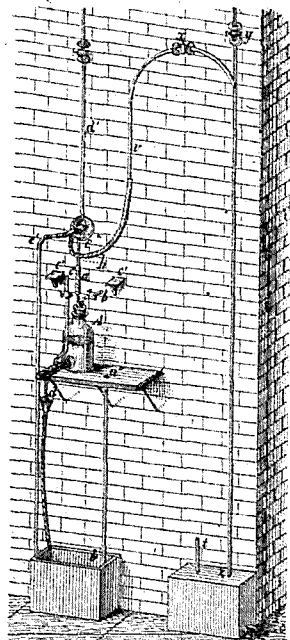
Фиг. 156.



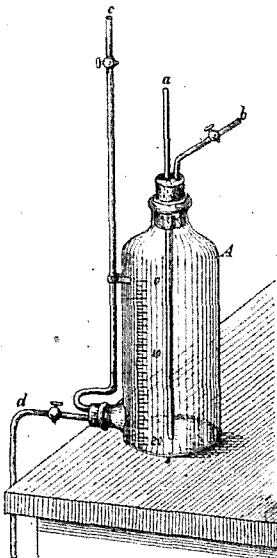
Фиг. 152.



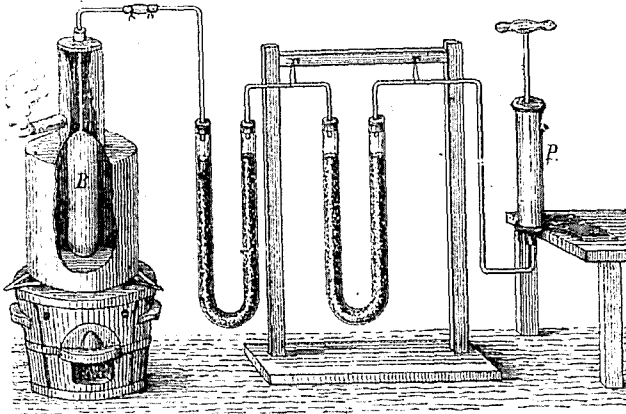
Фиг. 153.



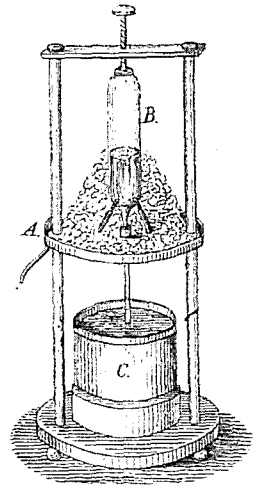
Фиг. 154.



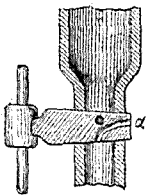
Фиг. 159.



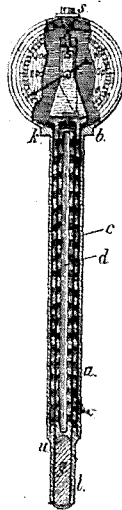
Фиг. 160



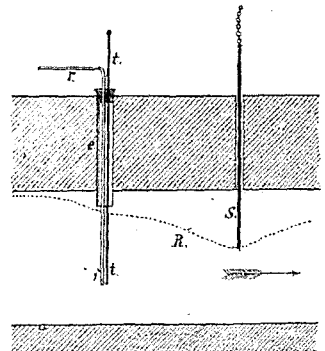
Фиг. 161(c). Фиг. 161 (a).



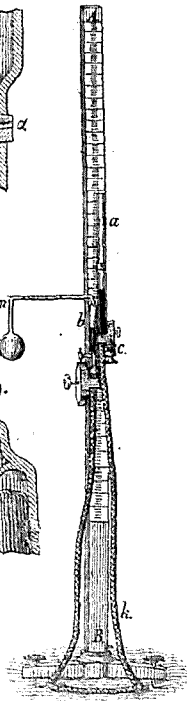
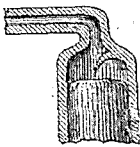
Фиг. 158.



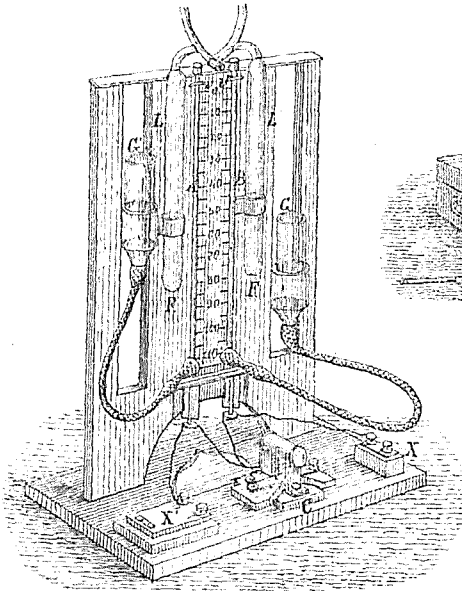
Фиг. 157



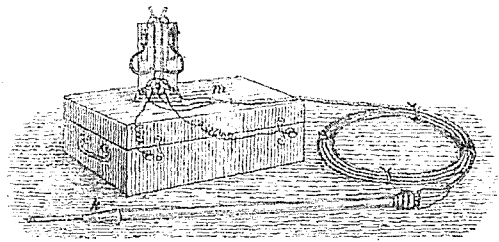
Фиг. 161. (b).



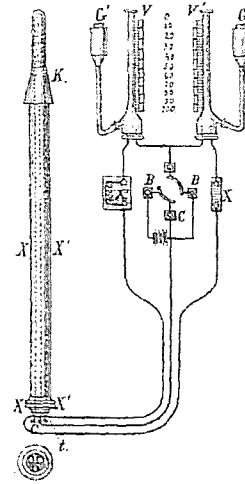
Фиг. 164



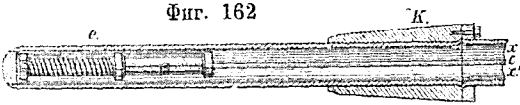
Фиг. 163



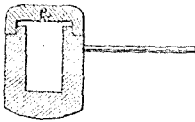
Фиг. 165



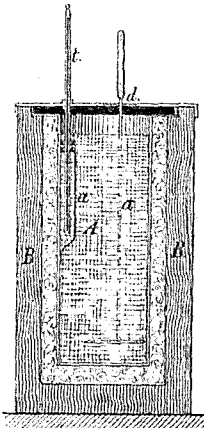
Фиг. 162



Фиг. 167



Фиг. 166



Фиг. 168

