

Инж.-технологи В. и В. Рюмины.

ТЕХНОЛОГІЯ
ВОДЫ И ТОПЛИВА

ДЛЯ
ТЕХНИЧЕСКИХЪ УЧИЛИЩЪ И ЗАВОДСКИХЪ ТЕХНИКОВЪ.

2-е исправленное и дополненное издание.

Книгоиздательство „СОТРУДНИКЪ“
ПЕТРОГРАДЪ—КІЕВЪ.

Инженеръ-Технологи В. и В. Рюмины.

ТЕХНОЛОГІЯ ВОДЫ и ТОПЛИВА

Д Л Я

ТЕХНИЧЕСКИХЪ УЧИЛИЩЪ и ЗАВОДСКИХЪ ТЕХНИКОВЪ.

2-Е ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ.



Книгоиздательство „СОТРУДНИКЪ“

ПЕТЕРБУРГЪ—КІЕВЪ.

1911.

Типографія С. Г. Слюсаревскаго, Институтская, 14.

1911.

Содержаніе.

	Стр.
Предисловіе къ 1-му изданію	V
Предисловіе ко 2-му изданію .	VI
Списокъ источниковъ .	VII

Глава I. *Вода.*

1. Составъ воды. Природная вода ключей, колодцевъ, рѣкъ и морей	1
2. Анализъ воды и скорыя пробы .	10
3. Заводскіе способы очистки воды	21
4. Очистка сточныхъ водъ	34
5. Котельная накипь и средства къ ея устраненію	42
6. Искусственное приготовленіе льда .	49

Глава II. *Твердое топливо.*

1. Общее понятіе о топливѣ	53
2. Дрова, сорта ихъ, составъ дерева	54
3. Краткое понятіе о сухой перегонкѣ дерева и ея продуктахъ	56
4. Сидка дегтя	60
5. Углежженіе	61
6. Торфъ, его происхожденіе, виды и составъ	67
7. Разработка торфяного болота. Торфъ рѣзной, столовый и машинный	69
» 8. Торфяной уголь и брикеты	74
» 9. Бурый уголь	76
» 10. Каменный уголь, его происхожденіе, виды и составъ	77
» 11. Антрацитъ	84
» 12. Общее понятіе о добываніи каменнаго угля	84
» 13. Добыча угля въ различныхъ странахъ .	92
» 14. Каменный уголь въ Россіи .	95
15. Коксованіе угля .	99

§ 16. Приготовление брикетовъ	Стр. 104
» 17. Другіе сорта топлива. Солома, лузга, кизякъ и пр.	106

Глава III. *Жидкое топливо.*

1. Общее понятіе о жидкомъ топливѣ	108
2. Нефть, общія понятія о ея образованіи и составѣ	109
3. Добыча нефти. Нефть въ Россіи	112
4. Обработка, храненіе и транспортъ добытой нефти	115
5. Легкія нефтяныя масла	116
6. Керосинъ	116
7. Тяжелыя масла	117
8. Примѣненіе нефти какъ топлива	118
9. Денатуризованный спиртъ	120

Глава IV. *Газообразное топливо.*

» 1. Общее понятіе о горючихъ газахъ	122
» 2. Каменноугольный свѣтильный газъ; общее понятіе объ устройствѣ газового завода	123
3. Сожженіе свѣтильнаго газа	128
4. Искусственный и естественный нефтяной газъ. Древесный газъ	129
» 5. Генераторный газъ	131
» 6. Водяной и полуводяной газъ	134
» 7. Газъ доменныхъ печей	137

Глава V. *Способы опредѣленія достоинства топлива.*

1. Понятіе о теплотворной способности топлива и вычисленіе ея по химическому составу топлива	130
» 2. Опредѣленіе теплотворной способности топлива по способу Бертье	143
» 3. Калориметрическое опредѣленіе теплотворной способности топлива	144
» 4. Оцѣнка достоинства топлива по количеству испаряемой имъ воды	145
» 5. Изслѣдованіе жидкаго и газообразнаго топлива	147
» 6. Пирометрической эффектъ и сравненіе различныхъ сортовъ топлива между собою	151

Дополненіе къ главѣ I, § 2, стр. 17-я 150

» » » » § 3, » 26-я 150

Дополненіе къ главѣ II.—Техническія условія № 2 (повышенныя) на поставку каменнаго угля западной части Донецкаго бассейна для казенныхъ желѣзныхъ дорогъ 150

Дополненіе къ главѣ IV.—Силовой газъ 164

Предисловіе къ I-му изданію.

Въ нашей технической литературѣ въ настоящее время имѣется значительное количество весьма цѣнныхъ статей и послѣдовательныхъ курсовъ по технологіи воды и топлива, но тѣмъ не менѣе настоящая книга вызвана жизненными требованіями: 1) дать воспитанникамъ среднихъ техническихъ школъ небольшое по объему руководство къ прохожденію ими курса технологіи топлива и воды, или, какъ значится въ примѣрныхъ программахъ среднихъ механико-техническихъ училищъ, утвержденныхъ въ 1895 году: «технологіи химическихъ свойствъ» и 2) собрать главныя свѣдѣнія о водѣ и топливѣ, разбросанныя въ специальныхъ журналахъ или включенныя въ обширныя дороago стоящія руководства.

Ясное представленіе о качествѣ воды и топлива, знаніе простыхъ приемовъ ихъ изслѣдованія необходимо каждому технику и лицу, завѣдующему тѣмъ или инымъ техническимъ учрежденіемъ. Посильный отвѣтъ на возникающіе у такихъ лицъ вопросы мы и старались дать въ своемъ трудѣ, изложивъ его согласно примѣрной программѣ механико-техническихъ училищъ, дополнивъ и развивъ ее въ частностяхъ.

Смѣемъ разсчитывать, что отсутствіе указаній въ текстѣ на источники не поставится намъ въ вину, такъ какъ пестрить выносками книгу, предназначенную служить пособіемъ для учащихся и для справокъ, мы не нашли удобнымъ.

Тѣмъ не менѣе ниже приводимъ указатель книгъ, бывшихъ въ нашихъ рукахъ при составленіи нашего труда, хотя пользованіе нѣкоторыми изъ нихъ ограничивалось лишь проверкой нашихъ данныхъ или указаній другихъ авторовъ. Таксе перечисленіе бывшихъ въ нашемъ пользованіи источниковъ можетъ оказаться не бесполезнымъ лицамъ, желающимъ подробно ознакомиться съ тѣмъ или инымъ вопросомъ, по необходимости лишь вкратцѣ затронутымъ въ нашей книгѣ.

Пользуясь случаемъ, приносимъ нашу искреннюю признательность всѣмъ, способствовавшимъ своею помощью (исполненіемъ чертежей, снятіемъ фотографій, справками на разныхъ заводахъ и пр.) нашему труду.

Инженеръ-Технологъ *В. В. Рюмина*.

Старшій фабричный инспекторъ Харьковской губ.

Инженеръ-Технологъ *В. В. Рюмина*.

Преподаватель Николаевского средняго механико-техническаго училища.

Предисловіе ко 2-му изданію.

Первое изданіе нашего труда не только было принято, какъ руководство, въ нѣсколькихъ среднихъ механико-техническихъ училищахъ, но, какъ намъ сообщали, рекомендовалось профессорами высшихъ техническихъ учебныхъ заведеній для подготовки студентовъ къ экзаменамъ по курсу «Технологіи воды и топлива», читаемому на механическихъ отдѣленіяхъ этихъ школъ.

Ко 2-му изданію мы пересмотрѣли и заново дополнили нашъ трудъ, въ особенности по отдѣламъ анализа и очистки воды, и надѣемся, что оно такъ же благосклонно будетъ встрѣчено читателями, какъ и первое.

Составители.

Февраль. 1911 г.

Пособіями при составленіи служили:

Н. Авдаковъ. Краткій обзоръ Донецкой каменноугольной промышленности. 1896 г.

В. Алексѣевъ. Ископаемое топливо на нижегородской выставкѣ. 1896 г.

Н. Бунге. Курсъ химической технологии. 1894 г.

Ф. Бельштейнъ. — Л. Явень. Руководство къ качественному и количественному химическому анализу. 1900 г.

В. Боковъ. Обь углеженіи на уральскихъ горныхъ заводахъ. 1898 г.

Э. Вагнеръ. Химическая технология. 1900 г.

Г. Вахтель. Руководство къ техническому анализу. 1887 г.

Е. Гайдепримъ. Очищеніе воды, питающей паровой котель. 1900 г.

Т. Громовъ. Первоначальныя понятія о теплотѣ съ примѣрами изъ области техники. 1900 г.

Ш. Деменэ. Курсъ разработки каменноугольныхъ мѣсторожденій. 1902 г.

М. Грагамъ. Практическое руководство къ устройству и дѣйствію регенеративныхъ топокъ. 1902 г.

С. Гулишамбаровъ. Нефтяное отопленіе. 1904 г.

Г. Делль. Паровые котлы. 1902 г.

А. Добряковъ. Конституція и теплота горѣнія различнаго рода топливъ. (Напечатано въ „Извѣст. южно-русс. общ. техн.“. 1903 г.).

Н. Зиминъ и О. Зиминая. Американскій способъ очищенія воды. 1902 г.

А. Ивановъ. Руководство къ изученію сельско-хозяйственныхъ и промышленныхъ силъ Россіи. 1882 г.

С. Картаци. Соображенія относительно водоснабженія г. Николаева. 1902 г.

І. Каннегисеръ. Взрывныя работы. 1898 г.

П. Левинъ. Краткое руководство къ химическому изслѣдованію питьевой воды. 1901 г.

И. Карышевъ. Торфяной коксъ, какъ лучшее и дешевое топливо. 1901 г.

И. Корзухинъ. Мѣсторожденіе и развѣдка полезныхъ ископаемыхъ. 1900 г.

- П. Кулибинъ и А. Фрезе. О мѣрахъ, необходимыхъ для предупрежденія взрывовъ рудничныхъ газовъ. 1901 г.
- А. Лидовъ. Введеніе въ химическую технологию. 1903 г.
- Н. Любавинъ. Техническая химія. 1897 — 1902 г.
- Д. Менделѣевъ. Основы химіи. 1903 г.
- П. Меншуткинъ. Аналитическая химія. 1901 г.
- Ч. Монковскій. Каменный уголь въ мореходномъ дѣлѣ. 1903 г.
- И. Мельниковъ. Составы для уничтоженія накипи въ паровыхъ котлахъ и описаніе предварительнаго очищенія воды для паровыхъ котловъ. 1896.
- М. Неймайръ. Исторія земли. 1902 г.
- Е. Орловъ. Технический анализъ. 1900 г.
- Г. Остъ. Химическая технология. 1902 г.
- А. Предтеченскій. Курсъ паровыхъ котловъ. 1899 г.
- Н. Пономаревъ. Учебникъ сельско-хозяйственной и торгово-промышленной статистики Россіи. 1882 г.
- В. Пантелѣевъ. Сухая перегонка дерева. 1899 г.
- Р. Ренцъ. Взрывы паровыхъ котловъ. 1894 г.
- В. Рюминъ. Дегтярная вода и ея обработка. 1879 г. (Напечатано въ «Извѣстіяхъ Петровской земледѣльч. и лѣсн. академіи»).
- В. Рюминъ. Исторія изобрѣтенія паровой машины. 1898 г.
- Б. Сендикъ. Водоснабженіе. 1903 г.
- П. Соловьевъ. Разработка торфа на топливо. 1894 г.
- Стромейеръ. Морскіе паровые котлы. 1895 г.
- Труды XXVI и XXVII съѣздовъ горнопромышлен. юга Россіи. 1903 — 1904 г.
- К. Тумскій. Технология нефти. 1896 г.
- Э. Фертнеръ. О мѣрахъ къ развитію въ Россіи каменноугольнаго брикетнаго производства.
- К. Харичковъ. О составѣ и техническихъ свойствахъ нефти русскихъ мѣсторожденій. 1903 г.
- О. Хвольсонъ. Курсъ физики. 1894 г.
- А. Шимковъ. Курсъ опытной физики.
- М. Шиллингъ. Дешевое топливо. 1901 г.
- К. Блахеръ. Теплота въ заводскомъ дѣлѣ. 1904 г.
- Гемиліанъ. «Изслѣдованіе воды».
- М. Вейсбейнъ. Каменноугольные брикеты и ихъ производство. 1909 г.
- В. Рюминъ. Что такое біологическая очистка воды. 1908 г.
- Г. Гёферъ. Нефть и ея производная. 1908 г.
- L. Bothas, Masson-Destillation von Wasser. 1908 г.

ГЛАВА I.

В о д а.

§ 1. **Составъ воды, природная вода ключей, колодцевъ, рѣкъ и морей.** Въ технологиіи водою называютъ, какъ и въ общежитіи, слабый растворъ различныхъ веществъ, твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ въ жидкой окиси водорода H_2O . Химически чистая вода весьма трудно получается изъ обыкновенной природной воды, для техническихъ же цѣлей она и не нужна. Въ тѣхъ случаяхъ, когда въ лабораторной практикѣ необходимо имѣть возможно чистую воду, довольствуются перегнанной, а иногда перегнанной и стерилизованной водой.

Для полученія такой воды къ обыкновенной, возможно чистой, водѣ прибавляютъ немного марганцовокислаго калия (до свѣтло-розоваго окрашиванія) и перегоняютъ въ стеклянной ретортѣ, начиная собирать перегонъ не сразу, т. к. первая порціи содержатъ растворенные газы. Прекращаютъ перегонку, отогнавъ около $\frac{3}{4}$ всей взятой воды. Собранный отгонъ перегоняютъ вторично въ платиновомъ сосудѣ. Послѣ вторичной перегонки воду охлаждаютъ безъ доступа воздуха, предварительно основательно прокипятивъ. Такая вода въ герметически закупоренномъ сосудѣ сохраняется безъ измѣненія неопредѣленно долгое время; при выпариваніи не даетъ сухого остатка, а при кипяченіи не даетъ пузырьковъ. Только обработанная указаннымъ образомъ вода при $40^{\circ}C$. имѣетъ уд. в. 1, т. е. 1 куб. см. ея вѣсиль 1 гр.

Незначительное количество растворенныхъ въ природной водѣ нѣкоторыхъ газовъ и солей не только не препятствуетъ ея примѣненію въ обыденной практикѣ, но даже является существенно необходимымъ. Такъ, вода, лишенная продолжительны мъ кипяченіемъ растворенныхъ въ ней газовъ, можетъ быть опасна при питаніи ею

парового котла, когда же, сверхъ того, она лишена перегонкой солей щелочно-земельныхъ и щелочныхъ металловъ, то она вредна для питья.

Главнѣйшія техническія примѣненія воды состоятъ въ полученіи пара для приведенія въ движеніе паровыхъ двигателей, для отопленія, выщелачиванія, растворенія, разжиженія и для приготовленія заводскимъ путемъ напитковъ и другихъ надобностей, напримѣръ промыванія и пр.

Въ зависимости отъ того или другого назначенія воды въ ней должны находиться или могутъ быть допущены тѣ или иныя примѣси, сопровождающія природную воду.

Главными природными хранилищами потребляемой для техническихъ цѣлей воды являются подпочвенные ключи, колодцы, рѣки и озера, моря и вмѣстилища атмосферной воды естественныя и искусственныя. Всѣ эти природныя воды не свободны отъ примѣсей, и для выясненія свойствъ и качествъ ихъ предварительно необходимо упомянуть о главнѣйшихъ, наиболѣе общихъ всѣмъ этимъ водамъ, примѣсяхъ и о приблизительномъ ихъ количествѣ въ единицѣ объема воды, т. е. въ одномъ литрѣ.

Наиболѣе часто встрѣчающіяся примѣси можно раздѣлить на группы: 1) растворенныя газы, 2) растворенныя соли, преимущественно натрія, аммонія, кальція и магнія, гуминовыя и др. органическія вещества, 3) взмученныя, механически примѣшанныя минеральныя и органическія соединенія, 4) растительныя и животныя микроорганизмы.

Что касается растворенныхъ солей, то онѣ образованы преимущественно кислотами: угольной, соляной, сѣрной, азотистой и азотной.

Вода, содержащая значительное количество минеральныхъ примѣсей, преимущественно солей, называется жесткою въ противоположность водѣ мягкой, содержащей лишь незначительное количество или совершенно не содержащей означенныхъ примѣсей.

Чтобы въ общежитіи удовлетворять названію питьевой воды, вода должна быть прозрачной, безцвѣтной, обладать своеобразнымъ, пріятнымъ вкусомъ, посторонніе привкусы и запахъ должны въ ней отсутствовать. Качество питьевой воды имѣетъ громадное значеніе, и пригодность той или иной природной воды можетъ быть обнаружена или непосредственнымъ опытомъ, или тщательнымъ и многократнымъ анализомъ, повтореннымъ въ разныя времена года. Анализъ питьевой воды долженъ вестись какъ химическимъ, такъ и микроскопическимъ путемъ. Иногда вода, по внѣшнему виду и по вкусу совершенно годная для питья, оказывается носителемъ патогенныхъ микробовъ.

Воды совершенно стерильной, т. е. не содержащей микроорганизмовъ, въ природѣ почти нѣтъ. Даже воды глубокихъ ключей и артезианскихъ колодцевъ черезъ короткій промежутокъ времени послѣ выхода на поверхность содержатъ микроорганизмы. Послѣдніе дѣлятся на сапрофитовъ, не представляющихъ опасности для человѣка, и патогенныхъ (болѣзнетворныхъ). Въ водахъ естественныхъ водоемовъ и въ колодцахъ нерѣдко встрѣчаются возбудители тифа, холеры, дифтерита, сапа, туберкулеза, инфлуэнцы, гангрены и пр. Кромѣ бактерій могутъ находиться также яйца глистовъ, инфузоріи и водоросли.

Обыкновенно, анализируя воду, не опредѣляютъ количества всѣхъ отдѣльных примѣсей, а соединяютъ ихъ въ сходственныя группы. Количество солей нерѣдко перечисляютъ на количество кислоты или ея ангидрида, потребное для ихъ образованія. Весьма часто довольствуются опредѣленіемъ сухого остатка, т. е. общаго количества растворенныхъ и примѣшанныхъ нелетучихъ при испареніи воды веществъ, опредѣляя въ немъ связанныя кислоты: угольную, азотную, азотистую, сѣрную и амміакъ, а также органическія вещества.

Результатъ анализа выражаютъ въ миллиграммахъ составныхъ частей на одинъ литръ (1.000 граммовъ) изслѣдуемой воды.

Жесткость воды выражаютъ въ градусахъ. Нѣмецкій градусъ жесткости соотвѣтствуетъ количеству миллиграммовъ окиси кальція— CaO въ 100 куб. сант. воды, французскій—на такой же объемъ содержанія CaCO_3 (углекислой извести), англійскій соотвѣтствуетъ одному грану CaCO_3 въ галонѣ *) воды.

Такъ какъ частичный вѣсъ $\text{CaO} = 56$, а $\text{CaCO}_3 = 100$, то, слѣдовательно, 1 французскій градусъ составляетъ 0,56 нѣмецкаго. Обратнo, одному нѣмецкому градусу соотвѣтствуетъ 1,7857 градусовъ французскихъ **). Одному англійскому градусу соотвѣтствуетъ 0,8 нѣмецкаго и 1,432 французскихъ.

Содержаніе растворенныхъ газовъ выражаютъ въ кубическихъ сантиметрахъ на 1 литръ. Природныя воды содержатъ главнымъ образомъ растворы: кислорода, азота и угольнаго ангидрида; нѣкоторыя минеральныя воды заключаютъ въ себѣ и другіе газы, равно какъ воды болотъ, неглубокихъ колодцевъ и грязныхъ рѣкъ вблизи человѣческаго жилья.

Вода, пригодная для питья, должна содержать на 1 литръ отъ 40 до 55 куб. с. газовъ. Въ среднемъ можно считать 50, въ томъ числѣ 20—азота, 20—угольнаго ангидрида и 10—кислорода.

*) Галонъ = 3,785 литра, гранъ = 0,0647 грамма.

**) Круглымъ числомъ 1,79.

Наименьшее количество газовъ можетъ быть 30 к. с. *). Жесткость питьевой воды не должна превышать 18—20° нѣм. Присутствіе другихъ веществъ допустимо въ такихъ предѣлахъ: растворенныхъ твердыхъ тѣлъ не болѣе 500 миллиграммовъ въ литрѣ, органическихъ веществъ не свыше 5, **) азотной кислоты 5—15, хлора 20—30, сѣрной кислоты до 80.

Амміака могутъ быть только слѣды, азотистой кислоты (указывающей на присутствіе продуктовъ разложенія органическихъ веществъ) не должно быть вовсе.

Приведенныя числа являются средними, т. к. различные ученые гигиенисты останавливаются на весьма различныхъ предѣлахъ допустимости того или иного посторонняго вещества въ водѣ, годной для питья. Такъ напр., одни ограничиваютъ содержаніе хлора 2 миллигр. на литрѣ, другіе допускаютъ его до 36.

Такое разнообразіе во мнѣніяхъ становится совершенно понятнымъ, если смотрѣть на составъ воды не безотносительно, а принять во вниманіе возможность происхожденія той или другой примѣси. Напр., если анализъ показалъ малую окисляемость, слѣды или даже отсутствіе слѣдовъ амміака и азотистой кислоты, то хлоръ несомнѣнно минеральнаго происхожденія, и избытокъ его не имѣетъ особаго значенія. Если же при большомъ количествѣ хлора много азота и велика окисляемость воды, — то это является указаніемъ на присутствіе въ ней разлагающихся животныхъ веществъ, напр. мочи, которая, содержа много хлора, богата амміакомъ, который, окисляясь, переходитъ въ азотистую и азотную кислоты.

Для опредѣленія годности питьевой воды нельзя руководствоваться одной какой либо составной ея частью, а надо принимать во вниманіе условія ея полученія. Встрѣчаются, напр., воды глубокихъ артезианскихъ колодцевъ, положительно свободныя отъ загрязненія нечистотами, но содержащія до 1 миллигр. амміака, сѣроводородъ и соли желѣза несомнѣнно минеральнаго происхожденія.

Для техническихъ цѣлей вода тоже чѣмъ чище, тѣмъ лучше, но требованія, предъявляемая къ ея составу, мѣняются въ зависимости отъ ея назначенія.

Для питанія паровыхъ котловъ важно, чтобы вода не содержала хлористаго магнія, способствующаго развѣданію стѣнокъ котла. Развѣдающее дѣйствіе оказываетъ также вода, содержащая гуминовые кислоты. Большое содержаніе гипса ведетъ къ отложенію очень твер-

*)-Кислорода и угольнаго ангидрида.

**) Окисляемость въ миллигр. хамелеона отъ 2 до 16.

даго осадка (котельнаго камня). Не пригодна для питанія котла вода, содержащая соли, хотя и легко растворимыя, но въ большомъ количествѣ, напримѣръ морская.

Для винокуреннаго и пивовареннаго производства особенно нежелательно присутствіе органическихъ, гніющихъ веществъ и вообще къ качествамъ воды примѣняются тѣ же требованія, какъ для питьевой воды, но легкая муть, зависящая отъ взвѣшенныхъ, нерастворимыхъ минеральныхъ частицъ, не вредитъ.

Для крахмальныхъ заводовъ, при тѣхъ же требованіяхъ, муть уже недопустима. Для сахарныхъ заводовъ особенно вредны соли азотной кислоты, хлористыя же соединенія особаго вліянія не оказываютъ. Въ писчебумажномъ дѣлѣ избѣгаютъ жесткой воды и особенно воды, содержащей соли желѣза. Въ кожевенномъ дѣлѣ наибольшій вредъ причиняютъ гніющія, органическія вещества и хлористыя соли, известь и магнезія, а соли сѣрной кислоты совершенно безвредны. При клеевареніи избѣгаютъ жесткой воды, понижающей достоинство получаемаго клея. Въ бѣлильномъ и красильномъ производствахъ совершенно негодны желѣзистыя воды, тогда какъ жесткость не играетъ особенной роли. Для шелкомотальныхъ заведеній жесткія воды даже предпочитаютъ мягкимъ. Шерстомойни нуждаются въ мягкой и прозрачной водѣ и пр.

Сравнительно чистая и очень мягкая дождевая вода собирается во многихъ мѣстностяхъ для питья и техническихъ цѣлей.

Дождевая вода растворяетъ при паденіи составныя части воздуха и захватываетъ растворимыя и нерастворимыя примѣси, въ немъ находящіяся, а также микроорганизмы и ихъ зародыши.

Количество растворенныхъ газовъ въ дождевой водѣ бываетъ отъ 23 до 32,4 куб. сант. на 1 литръ, растворенныхъ твердыхъ веществъ по Бунге отъ 0,8 до 212 миллиграм. на литръ.

Въ отличіе отъ природныхъ водъ другого происхожденія дождевая вода можетъ содержать слѣды перекиси водорода.

При собираніи атмосферной воды, стекающей съ крышъ въ деревянные бочки, въ нее попадаетъ очень много органическихъ веществъ, могущихъ гнить, и такая вода скоро портится.

Вода источниковъ является въ большинствѣ случаевъ атмосферной или, какъ ее называютъ иначе, метеорной водой, выпавшей на землю, впитанной почвой и скопившейся на водонепроницаемомъ слоѣ. Иногда вода источниковъ и колодцевъ бываетъ и не исключительно атмосфернаго происхожденія; таковы грунтовая вода, прошедшія отъ просачиванія воды въ почву изъ близъ лежащихъ озеръ (мѣстность между Онежскимъ и Бѣлымъ озеромъ и пр.) или рѣкъ, а также изъ ледниковъ.

Скопившаяся вода можетъ найти естественный выходъ на поверхность земли или извлекается при помощи колодцевъ. Выбившаяся на поверхность въ видѣ ключа или источника (криницы) вода содержитъ разныя минеральныя примѣси, главнымъ образомъ въ зависимости отъ тѣхъ минеральныхъ породъ, въ прикосновеніе съ которыми она приходила.

При преобладаніи какого-нибудь опредѣленнаго соединенія, въ ней раствореннаго, вода получаетъ названіе минеральной, въ обычныхъ же случаяхъ составъ примѣсей хотя и разнообразенъ, но количество ихъ не велико, и зачастую вода ключей годна для питья и технического пользованія, хотя обыкновенно она жестче атмосферной.

Процѣживаніе атмосферной воды черезъ болѣе или менѣе мощный водопроницаемый почвенный слой освобождаетъ ее отъ механическихъ примѣсей, а при значительномъ углубленіи въ почву—отъ большинства микроорганизмовъ, обогащаетъ угольнымъ ангидридомъ изъ почвы, дѣлаетъ ее, благодаря послѣднему обстоятельству, лучшимъ растворителемъ углекислыхъ солей щелочноземельныхъ и тяжелыхъ металловъ.

Чтобы дать болѣе точное понятіе о составѣ воды источниковъ и глубокихъ колодцевъ, приведемъ результаты нѣкоторыхъ анализовъ такихъ водъ:

Вода московскаго водопровода изъ Мытищенскихъ и С колъ-ничьихъ ключей содержала по одному изъ анализовъ *):

Твердаго остатка .	. 0,1508	гр.
N ₂ O ₅	. 0,0005	„
SO ₃ . . . . .	. 0,0141	„
Жесткость въ нѣмецкихъ град. . . . .	. 6 ^o ,7	

Вода Спасскаго источника въ г. Николаевѣ **):

Твердаго остатка .	. 0,1802	„
SO ₃ .	. 0,002	„
Cl . . . . .	. 0,00275	„
Жесткость . . . . .	. 7 ^o ,3	

Вода Богомоловскаго источника въ г. Харьковѣ:

Твердаго остатка .	. 0,657	гр.
N ₂ O ₅	. 0,027	
Cl . . . . .	. 0,0248	„
Окисляемость	. 0,0662	„

*) Изъ «Технической химіи» Любавина, апали.ъ А. Чеботарева.

***) Анализъ инж.-техн. С. И. Картаци.

Вода Павловскихъ источниковъ въ томъ же городѣ:

Твердаго остатка . . . . .	. . . . .	0,552	гр:
N ₂ O ₃ . . . . .	. . . . .	0,001	”
Cl . . . . .	. . . . .	0,0065	”
Окисляемость . . . . .	. . . . .	0,0048	”

Азотистой кислоты и амміака въ обоихъ источникахъ не обнаружено. *)

Такимъ образомъ, вода источниковъ можетъ содержать значительное число твердаго остатка, оставаясь годной для питья.

Вода неглубокихъ колодцевъ обыкновенно бываетъ хуже, чѣмъ артезианскихъ, хотя иногда отличается меньшей жесткостью. Зачастую загрязненности колодезныхъ водъ способствуетъ близкое расположеніе колодцевъ къ свалочнымъ мѣстамъ, бойнямъ, кладбищамъ, сточнымъ водамъ фабрикъ и пр., что служитъ причиною проникновенія въ почвенную воду продуктовъ гніенія или другихъ нежелательныхъ веществъ.

Поучителенъ въ этомъ отношеніи результатъ анализовъ Рейхарта, изслѣдовавшаго воду колодца, выкопаннаго около кладбища и воду изъ подземнаго ключа въ той же мѣстности, но дальше отъ кладбища.

Оказалось, что вода содержала въ граммахъ на литръ:

	колодезная	ключевая
сухого остатка	4,19	0,47
органическихъ веществъ	0,0216	0,1733
Na ₂ O ₃	0,0918	0,1733
Cl	0,6333	слѣды
SO ₃	0,468	0,0223
CaO	0,504	0,0868
MgO	0,099	0,0072
Жесткость въ нѣмецкихъ град.	64,3°	9,7°

Кромѣ того количество бациллъ и бактерій въ колодезной водѣ обыкновенно весьма значительно и среди нихъ наблюдаются во времена тифозныхъ и холерныхъ эпидемій бациллы тифа и холеры.

Вода рѣкъ и озеръ по составу довольно близка къ атмосферной и ключевой, образуясь изъ смѣси той и другой. На ея составѣ отражаются также свойства почвеннаго слоя, по которому

*) Профес. В. А. Гемиліанъ «О химич. составѣ харьковской водопроводной воды».

протекает рѣка, и большая или меньшая заселенность береговъ. Количество солей въ рѣчной водѣ обыкновенно меньше, чѣмъ въ ключевой, т. е. она мягче, но зато въ ней преобладаютъ органическія вещества. Такимъ образомъ, иногда и мягкая рѣчная вода можетъ быть непригодна въ неочищенномъ видѣ для питанія паровыхъ котловъ, такъ какъ органическія кислоты, въ ней находящіяся, разрушающимъ образомъ дѣйствуютъ на стѣнки котла. Какъ питьевая, рѣчная вода менѣе пригодна, нежели вода источниковъ и глубокихъ колодезевъ.

Изъ растворенныхъ солей въ рѣкѣ довольно обычны двууглекислая известь, углекислая магнезія, соли сѣрной кислоты, хлориды, соли щелочныхъ металловъ и т. п. Нерѣдко значительное количество взвѣшенныхъ мелкихъ частицъ глины, землистыхъ и др. нерастворимыхъ минеральныхъ примѣсей, особенно во время половодья у рѣкъ, протекающихъ быстро по легко размываемому грунту. Составъ воды въ одной и той же рѣкѣ иногда рѣзко мѣняется, смотря по времени года и по мѣсту протеканія рѣки. Хорошимъ примѣромъ измѣненія состава рѣчной воды могутъ служить результаты анализа москворѣцкой воды *).

Первый столбецъ — данныя анализа, произведеннаго лѣтомъ, воды, взятой выше г. Москвы, второй — данныя анализа, произведеннаго осенью, воды, взятой изъ рѣки въ центрѣ города.

Раствореннаго кислорода . . . . .	. 8,8	4,5
Сухого остатка . . . . .	. 242	340
CaO . . . . .	. 84,5	138,1
MgO . . . . .	. 22,4	27,4
Жесткость въ нѣмецк. град. . . . .	. 10,09	13,04
Cl . . . . .	. 3	9
NH ₃ . . . . .	. 0,1	1,6
N ₂ O ₅ . . . . .	. 1,3	слѣды
Бактерій въ 1 куб. см. . . . .	. 260 — 380	34.000

Средній результатъ изъ многочисленныхъ анализовъ воды изъ рѣки Ингула, произведенныхъ въ теченіе 8 мѣсяцевъ, **) былъ таковъ:

		minimum.	maximum.
Общая жесткость . . . . .	. 14,026	8 ^o	26,03
Постоянная жесткость . . . . .	. 8,038	5,06	14 ^o
Cl . . . . .	. 13,04	7,5	47 ***)

*) Изъ «Технической химіи» проф. Любавина.

**) Инж.-технологъ С. И. Картацци.

***) Объясняется близостью Бугскаго лимана, соленность воды котораго при вѣтрѣ съ моря бываетъ весьма значительна.

SO ₂	9,1	5,1	17,2
Органичesk. вешествъ	0,8	0,55	1,33

Результатъ анализа днѣпровской воды въ маѣ и сентябрѣ указывается на измѣняемость состава рѣчной воды въ зависимости отъ времени года *):

	Май.	Сентябрь.
Сухой остатокъ	13,04	19,92
Жесткость	3,89	7,5
Хлоръ	0,58	0,97
Сѣрная кислота	0,4	0,61
Органич. веш. (по кислороду)	0,42	0,51

Измѣнчивость состава воды въ большихъ рѣкахъ обычно меньшая, чѣмъ въ малыхъ.

Вода прѣсныхъ озеръ мало чѣмъ отличается по составу отъ рѣчной.

Морская вода по значительному присутствію поваренной и другихъ солей для питья непригодна и не должна употребляться для парообразования.

Солоноватость воды замѣтна на вкусъ уже при 5 гр. хлористаго натрія на литръ, однопроцентный растворъ NaCl уже не утоляетъ, а возбуждаетъ жажду, морская же вода содержитъ поваренной соли около 2,7% въ среднемъ.

Общее содержаніе солей въ морской водѣ измѣняется отъ 0,5 до 48,7 гр. на литръ, въ среднемъ же 3,5%.

Данныя анализа морей, прилегающихъ къ русскимъ владѣніямъ таковы: **)

Сѣверный ледовитый океанъ	28,6 — 33,1
Бѣлое море	21,9 — 28,6
Балтійское море	0,5 — 33,9
Черное	15,5 — 17,4
Азовское	11,9
Каспійское	1,6 — 14
Аральское	10,9 — 12,9
Тихій океанъ	32,7 — 30,8

Составъ воды мѣняется для каждаго моря въ зависимости отъ глубины и географическаго положенія.

Не только количественно, но и качественно число различныхъ примѣсей въ морской водѣ значительнѣе, чѣмъ въ прѣсной.

*) Анализъ г. Торопова (вода взята вблизи г. Херсона).

**) Технологія Бунге.

Доминирующее количество принадлежит поваренной соли, затѣмъ идутъ соли сѣрной кислоты, магній, кальцій, калий, органическія вещества, незначительныя количества брома, іода, кремневой кислоты, слѣды азотной кислоты, амміака, борной и фосфорной кислотъ, фтора и почти всѣхъ извѣстныхъ металловъ до серебра и золота включительно. Для добыванія послѣднихъ изъ морской воды были даже теоретическія предложенія.

На мѣдной обшивкѣ судовъ выдѣленіе серебра дѣйствительно происходитъ.

По содержанію газовъ морская вода приближается къ дождевой, растворяя на одну часть азота двѣ части кислорода. Количество растворенныхъ газовъ въ среднемъ около 50 к. с. на 1 литръ. Въ водѣ Чернаго моря по изслѣдованіямъ Лебединцева находится 0,33 — 5,55 к. с. сѣроводорода, что отражается на бѣдности мѣстной фауны.

Высокое содержаніе въ морской водѣ сухого остатка объясняется тѣмъ, что въ моря притекаетъ вода рѣкъ и источниковъ, содержащая въ растворѣ соли, морская же вода испаряется огромной поверхностью (моря занимаютъ около $\frac{2}{3}$ земного шара) и падая въ видѣ метеорной воды на сушу, обогащается вновь солями и стекаетъ обратно въ море. Такой круговоротъ воды въ природѣ и является причиной увеличенія количества солей въ моряхъ.

Изъ этого краткаго указанія состава естественныхъ водъ мы видимъ, что лишь въ исключительныхъ случаяхъ можно найти на мѣстѣ воду, удовлетворяющую требованіямъ примѣнимости для питья или техническихъ цѣлей, а такъ какъ проведеніе воды издалека возможно не всегда и только при условіи значительности ея потребленія, то обыкновенно приходится довольствоваться имѣющеюся подъ руками водой, изслѣдовавъ ея качества и измѣнивъ ея составъ въ требуемой мѣрѣ тѣмъ или инымъ способомъ.

§ 2. Анализъ воды и скорыя пробы. Оставляя въ сторонѣ описаніе производства полнаго анализа воды, при которомъ опредѣляютъ количество всѣхъ ея составныхъ частей, относящагося къ области чистой химіи, опишемъ техническій анализъ, преслѣдующій спеціальныя цѣли и интересующійся лишь нѣкоторыми изъ примѣсей, находящимися или могущими находиться въ естественной водѣ.

Замѣтимъ, что составъ воды въ ея естественныхъ водовмѣстилищахъ и колодцахъ не представляетъ чего-либо стойкаго, мѣняясь въ зависимости отъ времени года, глубины, близости къ берегамъ, количества атмосферныхъ осадковъ, близости къ населеннымъ мѣстностямъ и пр. Воды, прошедшія черезъ производства, тоже могутъ варьировать, если не качество, то количество воспринятыхъ ими при-

мѣсей, что заставляетъ, какъ и въ случаѣ анализа природныхъ водъ, не ограничиваться однократнымъ испытаніемъ, а производить ихъ анализъ періодически. Такъ напр., сточныя воды на сахарныхъ заводахъ испытываются на содержаніе въ нихъ сахара черезъ каждые полчаса во избѣжаніе потери этого цѣннаго продукта.

Въ большинствѣ случаевъ для технического анализа воды до-вольствуются изслѣдованіемъ ея по такой программѣ:

1) Физическія свойства: цвѣтъ, прозрачность какъ нефилъ-трованной, такъ и отфилъ-трованной воды, исчезновеніе пѣны, запахъ, загниваемость, количество нерастворимыхъ примѣсей (взмученныхъ веществъ).

2) Химическій составъ: реакція, плотный остатокъ, высушенный при 110° С, потеря его въ вѣсѣ послѣ прокаливанія, трехминутная окисляемость, общая окисляемость, содержаніе амміака NH_3 , азоти-стой кислоты (разсчитываемой на ангидридъ N_2O_3), азотной кислоты— N_2O_5 , сѣроводорода H_2S , хлора Cl , сѣрной кислоты S_2O_5 , жестко-сти постоянной и временной, свободной и полусвязанной углекислоты.

Кромѣ того записывается время и мѣсто взятія пробы, время производства анализа, количество взятой для испытанія воды и опи-сывается ея укупорка, т. е. въ какомъ сосудѣ, какъ наполненномъ и какъ закупоренномъ была она доставлена.

Цвѣтъ опредѣляютъ на глазъ, хотя было предложено для сравненія буроватыхъ оттѣнковъ, наиболѣе присущихъ естественной водѣ, сравнивать ея цвѣтъ съ оттѣнками порцій дистиллированной воды, подкрашенныхъ различными количествами хлорной платины.

Прозрачность опредѣляютъ, наливая воду въ высокой ци-линдръ съ шлифованнымъ дномъ и раздѣленнымъ по высотѣ на санти-метры. Подъ дно подкладываютъ платиновую проволоку въ 1 мм. діаметромъ или кружокъ бумаги, одна половина котораго зачернена или-же печатный шрифтъ, рекомендованный Снеленомъ (медіэбл-кор-пусъ). Смотря по толщинѣ слоя, дозволяющаго видѣть проволоку, раз-личать діаметръ, разграничивающій бѣлую и черную половины кружка или читать шрифтъ, отмѣчаютъ прозрачность воды въ сантиметрахъ высоты ея столба.

Для опредѣленія времени исчезновенія пѣны, наливаютъ воду въ склянку съ притертой пробкой и, взболтавъ, отмѣчаютъ по часамъ, во сколько секундъ исчезаетъ пѣна. Приставшіе къ стѣнкамъ небольшіе пузырьки не считаются пѣной.

Загниваемость опредѣляютъ, выдерживая воду, налитую въ закупоренную склянку, трое сутокъ въ термостатѣ при 24° С. Если вода по истеченіи указанного времени не замутилась и не образовала

пленки на поверхности, значитъ она не способна къ загниванію. Можно также держать воду при комнатной температурѣ, но тогда не менѣ семи сутокъ.

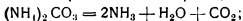
Запахъ удобнѣ всего опредѣлять такъ: 200 кб. см. воды наливають въ склянку съ притертой пробкой, нагревають до 40—50° и, взболтавъ, быстро вынимаютъ пробку и нюхаютъ воду. Если чувствуется запахъ сѣрводорода, могущій маскировать другіе запахи, то приливають раствора сѣрномѣдной соли до уничтоженія гнилостнаго запаха и нюхаютъ вторично, не пахнетъ ли вода какъ-нибудь иначе.

Вкусъ воды, предназначенной для питья, опредѣляютъ при 15°С.

Для опредѣленія мут и воды отфильтровываютъ тѣмъ большее ея количество, чѣмъ менѣ замѣтна муть, черезъ фильтры Шлейхера, въсь которыхъ до и послѣ сжиганія и прокаливанія извѣстенъ. Фильтръ съ осадкомъ просушиваютъ при 100° и, охладивъ подъ эксикаторомъ, взвѣшиваютъ. Разность между найденнымъ въсомъ и въсомъ самого фильтра дастъ въсь муты. Затѣмъ фильтръ съ осадкомъ сжигаютъ и прокаливаютъ, охладивъ, взвѣшиваютъ и, вычитая извѣстный въсь золы фильтра, находятъ въсь минеральныхъ частей муты.

Сухой остатокъ получается выпариваніемъ воды въ платиновой чашкѣ емкостью около 100 кб. см. Во избѣжаніе разбрызгиванія выпариваютъ на водяной банѣ, беря, смотря по чистотѣ воды, отъ 200 (сточныя воды) до 500 (питьевая вода) кб. см. По испареніи воды чашку охлаждаютъ въ эксикаторѣ и взвѣшиваютъ. Разность найденнаго вѣса и вѣса самой чашки дастъ въсь сухого остатка. Полезно продѣлать операцію вторично, просушивъ осадокъ при 110°. Если въ осадкѣ находятся хлористые магній или кальцій, то и при такомъ просушиваніи вся вода не удаляется, но нагревать до болѣе высокой температуры рискованно, т. к. могутъ разложиться органическія составныя части осадка.

Чтобы опредѣлить въсь минеральныхъ составныхъ частей осадка, ту же чашку нагревають на горѣлкѣ сначала не сильно, а когда осадокъ обуглится, то сильнѣе и подъ конецъ прокаливаютъ. Такъ какъ при прокаливаніи часть CO_2 улетучивается, то для возмѣщенія потери въ вѣсѣ остатка, когда онъ остынетъ, его обливають растворомъ $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$, вновь выпариваютъ и сушатъ при 180°. Углекислая соль при этомъ разлагается по реакціи:

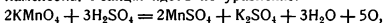


угольный ангидридъ соединяется съ соединениями, потерявшими его при прокаливаніи, и частью замѣщаетъ потерю азотистаго и азотнаго ангидридовъ, если соли послѣднихъ были въ осадкѣ. Нѣкоторая, хотя

и весьма незначительная, ошибка при этомъ вкрадывается въ вычисления, т. к. вѣсъ получающихся углекислыхъ солей меньше разложившихся азотисто- и азотнокислыхъ.

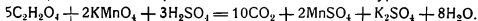
Потерю при прокаливании относятъ на органическія вещества и вычисляютъ въ ‰ общаго вѣса.

Окисляемость (трехминутная) опредѣляется при 18—20°C, въ 10—25 куб. см. сточныхъ водъ или въ 50 куб. см. питьевой. Для этого къ испытуемой водѣ приливаютъ 5 куб. см. слабой (1:3) сѣрной кислоты и избытокъ (до розоваго окрашивания) десятичнаго раствора хамелеона. Реакція идетъ по уравненію:



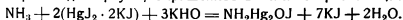
по которому 318 вѣс. ч. израсходованнаго хамелеона соответствуютъ 80 вѣс. ч. кислорода, пошедшаго на окисленіе. Избытокъ хамелеона оттитровываютъ сѣрноватокислымъ натромъ по прошествіи трехъ минутъ.

Для опредѣленія полной окисляемости къ отмѣренному количеству воды приливаютъ 5 куб. см. сѣрной кислоты (1:3) и, прибавивъ хамелеона, кипятятъ 5 минутъ, наблюдая, чтобы кипѣніе не происходило бурно. Прокипятивъ, приливаютъ 10 куб. см. раствора щавелевой кислоты, 1 куб. см. котораго отвѣчаетъ 1 куб. см. хамелеона, и по обезцвѣчиваніи оттитровываютъ избытокъ кислоты хамелеономъ. Количество куб. см. послѣдняго дастъ количество кислорода, пошедшаго на полное окисленіе испытуемой воды. Понятно, что титръ хамелеона долженъ быть точно установленъ, а т. к. при храненіи крѣпость раствора KMnO_4 быстро измѣняется, то передъ каждымъ анализомъ, если онъ дѣлается даже на другой день послѣ установленія титра хамелеона, слѣдуетъ повѣрять титръ растворомъ щавелевой кислоты, окисляемой марганцовокислымъ калиемъ по уравненію:



Твердаго значенія цифра окисляемости не имѣетъ, варьируясь при малѣйшемъ измѣненіи условій анализа.

Амміакъ открываютъ реактивомъ Неслера, т. е. растворомъ іодной ртути и іодистаго калия въ ѣдкомъ кали, при чемъ получается амидное производное ртути, окрашенное въ желто-красный цвѣтъ:



Готовятъ реактивъ Неслера раствореніемъ 35 гр. KJ и 13 HgCl_2 въ 800 куб. см. кипящей воды. Охладивъ, добавляют сулемы до появления медленно падающаго осадка, затѣмъ 160 гр. KOH, еще 2—3 куб. см. сулемы и, доливъ водою до литра, даютъ отстояться осадку и сливаютъ прозрачный желтоватый растворъ.

Реакція чрезвычайно чувствительна. Для количественного опредѣленія амміака пользуются калориметрическимъ методомъ по способамъ Кенига или Геннера. Приборъ Кенига состоитъ изъ штатива со стекляннымъ цилиндромъ, емкостью въ 100 кб. см., съ поставленной сзади его бѣлой ширмой и укрѣпленной рядомъ вертикально поставленной и могущей вращаться на оси восьмигранной призмой. Грани призмы окрашены въ различные оттѣнки желтаго цвѣта, соотвѣтствующіе опредѣленному содержанию амміака въ 100 кб. см. воды. Наливъ въ цилиндръ испытуемую воду, по истеченіи нѣсколькихъ минутъ послѣ добавленія къ ней реактива Неслера сравниваютъ ея цвѣтъ съ цвѣтомъ граней призмы. Если получившійся оттѣнокъ слишкомъ густъ, испытуемую воду разводятъ предварительно дистиллированной водой. Для сточныхъ водъ иногда приходится брать всего 5 кб. см. испытуемой воды на 95 чистой. Очень загрязненная вода кромѣ того предварительно отстаивается, отфильтровывается и смѣшивается съ 20—25 кб. см. насыщеннаго раствора сегнетовой соли — $C_4H_4O_6KN + 4H_2O$, послѣ чего по предыдущему разводится дистиллированной водой. По Геннеру сравниваютъ цвѣтъ испытуемой воды съ цвѣтомъ воды, содержаніе амміака въ которой извѣстно. Последнюю наливаютъ въ цилиндръ емкостью въ 100 кб. см., а первую въ такой же, но съ краномъ внизу. Поставивъ цилиндры рядомъ на бѣлую бумагу, смотрятъ сверху, отливая черезъ кранъ испытуемый растворъ до тѣхъ поръ, пока цвѣтъ его не станетъ такимъ же, какъ въ первомъ цилиндрѣ. Если, напр., пришлось отлить 20 кб. см., а нормальный растворъ въ 100 кб. см. содержитъ 2 миллигр. амміака, то значитъ такое же его количество находится въ 80 кб. см. испытуемой воды, или въ литрѣ: $X \times 10; X : 2 = 100 : 80, X = \frac{2 \cdot 100}{80} = 2,5$ т. е. 25 миллиграммовъ.

Дюбоскъ помѣщаетъ цилиндры Геннера въ особый шкапикъ съ окуляромъ и отражающими призмами, т. ч. наблюдатель видитъ кругъ раздѣленнымъ чертой. Отливаніемъ жидкости изъ одного цилиндра приводятъ половинки круга къ одинаковой окраскѣ. Въ томъ случаѣ, если бы оказалось, что цвѣтъ испытуемой воды свѣтлѣе контрольного раствора, послѣдній разводятъ дистиллированной водой или наливаютъ во второй цилиндръ, а испытуемую воду въ первый.

Калориметрической способъ пригоденъ для опредѣленія амміака въ сравнительно чистой водѣ; въ водѣ окрашенной или содержащей вещества, дѣйствующія на реактивъ Неслера (кетоны, альдегиды, углеводы), опредѣленіе ведутъ по общимъ способамъ титрованнаго анализа.

Азотистую кислоту опредѣляютъ реактивомъ Тромсдорфа, т. е. смѣсью іодистаго цинка (лучше іодистаго кадмія) и крахмального клейстера. Азотистая кислота возстанавливаетъ іодъ, окрашивающій крахмаль въ синій цвѣтъ. Такъ какъ окислы хлора способны оказывать то же дѣйствіе на іодистые металлы, то, особенно для воды, очищавшейся хлорной известью, испытаніе ведутъ не погружая бумажку, смоченную реактивомъ Тромсдорфа, въ жидкость, а лишь опуская ее въ колбу надъ жидкостью и оставляя въ покоѣ часа на полтора. Чтобы выдѣлить изъ раствора азотистую кислоту, къ нему предварительно добавляютъ 1 кб. см. слабой H_2SO_4 и присыпаютъ немного (сколько умѣстится на остріѣ перочиннаго ножа) желѣзнаго купороса, а затѣмъ сильно взбалтываютъ. Болѣе сложенъ, но и болѣе надеженъ способъ Грися, реактивъ котораго готовится раствореніемъ въ 300 кб. см. уксусной кислоты $CH_3(COOH)$ уд. вѣса 1,041 (30%), 1 грамма сульфаниловой кислоты $C_6H_4NH_2HSO_3$ и 0,2 гр. кристаллическаго альфанафтиламина $C_{10}H_9NH_2$, при нагрѣваніи. Реактивъ надо хранить въ склянкѣ съ хорошо притертой пробкой. Онъ весьма чувствителенъ, образуя розовое окрашиваніе въ водѣ, содержащей хотя бы 0,01 миллиграмма азотистой кислоты въ литрѣ.

Азотная кислота качественно открывается такъ: небольшое количество воды выпаривается въ фарфоровой чашкѣ, на остатокъ кладутъ маленькій кристалликъ дифениламина $(C_6H_5)_2NH$ и капаютъ на это мѣсто крѣпкой H_2SO_4 , при чемъ въ присутствіи въ остаткѣ азотныхъ солей получается синее окрашиваніе. Для количественнаго опредѣленія калориметрическимъ путемъ сухой остатокъ, полученный испареніемъ опредѣленнаго количества испытуемой воды, растворяютъ въ жидкости, состоящей изъ 114 гр. крѣпкой сѣрной кислоты и 12 гр. кристаллической карболовой кислоты — $C_6H_5(OH)$. Приливаютъ нѣсколько капель крѣпкаго нашатырнаго спирта до полученія желтаго окрашиванія, цвѣтъ котораго сравниваютъ съ контрольнымъ растворомъ, содержащимъ 50 миллиграммовъ KNO_3 въ литрѣ.

Присутствіе сѣроводорода открываютъ прибавленіемъ уксусно-свинцовой соли $Pb(C_2H_3P_2)$ или подвѣшиваніемъ въ колбѣ съ кипящей водой бумажки, смоченной растворомъ свинцовой соли. Кромѣ того H_2S можно открыть нитропруссидомъ натрія — $Na_2Fe(CN)_5 \cdot NaO + 2H_2O$, для чего предварительно надо удалить изъ испытуемой воды щелочно-земельныя соли, что производится приливаніемъ къ водѣ раствора соды и ѣдкаго натра. На 300 кб. см. воды берутъ 2 кб. см. раствора чистой соды и ѣдкаго натра (340 гр. въ 500 кб. см. воды и 170 гр. $NaOH$ въ томъ же количествѣ воды). Испытуемую воду наливаютъ въ высокій цилиндръ, даютъ хорошо отстояться и прибавляютъ нѣсколько

капель раствора нитропруссиднаго натрія, образующаго въ присутствіи H_2S пурпурное окрашиваніе въ жидкости.

Количественное опредѣленіе ведутъ обыкновенно по Фрезениусу, т. е. титрованіемъ растворомъ 0,01 іода съ крахмальнымъ индикаторомъ. Воды для титрованія берутъ отъ 100 до 250 кб. см. Первымъ титрованіемъ опредѣляютъ количество потребнаго іода, но такъ какъ при медленномъ титрованіи часть H_2S можетъ улетучиться, а часть окислиться, то титруютъ вторично, быстро приливъ въ подкисленную воду столько іоднаго раствора, сколько показало первое титрованіе, и уже затѣмъ дотитровываютъ до конца. Анализъ на сѣроводородъ надо производить въ порціяхъ воды, по возможности только что взятыхъ изъ ея источника, и брать среднее число изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ опредѣленій.

Жесткость опредѣляютъ титрованіемъ спиртовымъ растворомъ мыла, приливаемого до образования при взбалтываніи неисчезающей пѣны. Наиболѣе удобно пользоваться особой бюреткой — гидротиметромъ, на которой нанесены градусы жесткости соотвѣтственно количеству израсходованнаго раствора мыла (1° фр. жесткости соотвѣтствуетъ одному дѣленію, равному 0,104 к. с.) опредѣленной крѣпости. Такой растворъ въ количествѣ 22-хъ дѣленій гидротиметра долженъ соотвѣтствовать 40 к. с. раствора азотно-баріевой соли (крѣпости 0,574 гр. $Ba(NO_3)_2$ въ 1 литрѣ). При обозначеніи жесткости нѣмецкими градусами объемъ одного дѣленія гидротиметра для мыльнаго раствора указанной концентраціи долженъ занимать 0,058 кб. сант.

Другой способъ опредѣленія жесткости, т. е. общаго содержанія CaO и MgO — вѣсовой. Для опредѣленія жесткости вѣсовымъ путемъ твердый остатокъ послѣ выпариванія растворяютъ въ сильно разведенной HCl . Въ растворъ прибавляютъ достаточное количество уксусонатріевой соли — $Na_2C_2H_3O_2$ и кипятятъ нѣсколько минутъ, осаждавая основную уксусножелезную соль, которую и отфильтровываютъ, въ растворѣ осаждаютъ кальцій шавелевой кислотой — $H_2C_2O_4$, отфильтровываютъ, высушиваютъ до постояннаго вѣса и взвѣшиваютъ. Фильтратъ осаждаютъ фосфорноамміачно-магнезіальною солью (NH_4MgPO_4) и, отфильтровавъ, также взвѣшиваютъ. Такимъ образомъ, отдѣльно опредѣляютъ CaO и MgO и сумму ихъ, т. е. общую жесткость, которую выражаютъ въ градусахъ, умножая полученный вѣсъ CaC_2O_4 на 0,483 (т. е. на отношеніе частичныхъ вѣсовъ $CaO = 56$ и $CaC_2O_4 = 116$), а вѣсъ NH_4MgPO_4 на 0,294 (отношеніе частичнаго вѣса $MgO = 40,3$ къ $NH_4MgPO_4 = 137,3$).

Иногда опредѣленіемъ общей жесткости не довольствуются, а опредѣляютъ еще постоянную, зависящую отъ хлорныхъ, сѣр-

ныхъ и азотныхъ солей щелочноземельныхъ металловъ, исчезающую при кипяченіи, а изъ разности общей и постоянной находятъ временную жесткость, зависящую отъ двууглекислыхъ солей Са и Mg и исчезающую при кипяченіи воды.

Болѣе точное опредѣленіе жесткости ведется по способу Варта-Зильбера. По этому способу 100 куб. см. изслѣдуемой воды съ 2—3 каплями метилоранжа въ качествѣ индикатора титруютъ до появленія розоваго окрашиванія децинормальнымъ растворомъ соляной кислоты. Число израсходованныхъ кубическихъ см. раствора отмѣчаютъ, какъ число А. Къ нагрѣтой жидкости приливаютъ избытокъ децинормального раствора Пфейфера. Послѣдній готовится раствореніемъ 2 гр. химически чистаго NaOH и 2,8 гр. хим. чист. соды въ 1 литръ дистиллированной воды. Титръ раствора устанавливаютъ по соляной кислотѣ такъ, чтобы 1 куб. см. нейтрализовался 1 куб. см. децинорм. соляной кислоты. Послѣ прибавленія избытка реактива Пфейфера кипятятъ жидкость ровно 5 минутъ, переливаютъ въ градуированный стеклянный цилиндръ съ притертой пробкой, смываютъ туда же осадокъ и доводятъ объемъ, доливая по охлажденіи дистиллиров. воду, до 200 куб. см.

Отфильтровавъ 100 куб. см. этой жидкости, титруютъ ее децинорм. соляной кислотой — и число куб. см. соляной кислоты, израсходованной на нейтрализацию, удвоивъ, вычитаютъ изъ числа А. Найденное число В, будучи умножено на 2,8, дастъ число общей жесткости. Чтобы опредѣлить временную (устраняемую) жесткость, берутъ отдѣльную порцію въ 100 куб. см. испытуемой воды и нагрѣваютъ для разложенія бикарбонатовъ, кипятятъ въ продолженіе полчаса и доливая по мѣрѣ испаренія дистиллированной водой до начальнаго объема. Фильтратъ титруютъ по охлажденіи децинормальной HCl въ присутствіи 2—3 капель метилоранжа и находятъ число куб. см. кислоты, израсходованной для нейтрализаціи. Это будетъ число С, которое, вычтенное изъ А и по умноженіи разности на 2,8, покажетъ число устранимой жесткости.

Хлоръ опредѣляютъ легче всего осажденіемъ его въ видѣ серебряной соли соляной кислоты помощью ляписа — AgNO₃ и взвѣшиваніемъ высушеннаго осадка:



Полученный вѣсъ хлористаго серебра умножаютъ для пречисленія на Cl на 0,241. Можно опредѣлять и титрованіемъ, беря въ качествѣ индикатора хромокаліевую соль. Надо только помнить, что при этомъ индикаторѣ растворъ долженъ быть нейтральнымъ. Если вода, испытываемая на хлоръ, загрязнена органическими веществами, то предварительно ее кипятятъ минутъ 10, подкисливъ сѣрной кислотой и прибавивъ марганцовокаліевой соли. Избытокъ послѣдней послѣ ки-

печения раскисляют прибавкой этилового спирта, а излишнюю кислоту нейтрализуют мѣломъ. Отфильтровавъ растворъ и промывъ осадокъ на фильтрѣ дистиллированной водой, въ полученной прозрачной безцвѣтной жидкости опредѣляютъ азотно-серебряной солью хлоръ.

Сѣрная кислота опредѣляется осажденіемъ ее въ видѣ сѣрно-баріевой соли помощью BaCl_2 (хлористаго барія) въ отмѣренномъ объемѣ воды и взвѣшиваніемъ отфильтрованного и высушеннаго осадка.

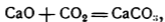
Для перечисленія на сѣрный ангидридъ SO_3 , полученный въсь умножаютъ на 0,3434.

Свободная и полусвязанная углекислота, т. е. растворенный въ водѣ угольный ангидридъ CO_2 и углекислота, входящая въ составъ двууглекислыхъ солей, опредѣляются титрованной известковой водой. Для приготовления известковой воды ее смѣшиваютъ съ гашеной известью — $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и по истеченіи нѣкотораго времени отфильтровываютъ совершенно прозрачный известковый растворъ, сохраняя его плотно закупореннымъ, такъ какъ при с. прикосновеніи съ воздухомъ, онъ поглощаетъ CO_2 и мутнѣетъ отъ образования нерастворимой углеизвестковой соли.

Для провѣрки титра готовятъ растворъ щавелевой кислоты 2,8636 гр. въ 1 литрѣ воды; 1 кб. с. такого раствора насыщаетъ такое-же количество извести, какъ 1 миллигр. CO_2 .

Для анализа берутъ 100 кб. см. изслѣдуемой воды и приливаютъ достаточное количество крѣпкаго раствора хлористаго кальція CaCl_2 для осажденія соды и др. солей, осаждаемыхъ известью и нашатырѣмъ — NH_4Cl для предупрежденія осажденія магнія (образующаяся при этомъ двойная амміачномагнезіальная соль въ водѣ растворима). Затѣмъ прибавляютъ опредѣленное количество титрованной известковой воды (напримѣръ 45 кб. см.), взбалтываютъ и оставляютъ стоять на 12 час.

Когда жидкость отстоится, то свободная и полусвязанная углекислота нацѣло соединяется съ окисью кальція, образуя угленизвестковую соль:



осѣдающую на дно сосуда. По отстаиваніи осторожно, чтобы не взмутить осадка, снимаютъ ливеромъ 50 к. с. воды и опредѣляютъ въ ней оставшееся несвязаннымъ количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Опредѣленіе ведется помощью щавелевой кислоты, индикаторомъ, т. е. указателемъ совершенія реакціи, служитъ фенолфталеинъ C_6H_4 $\begin{matrix} \text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{OH})_2 \\ \text{CO} \end{matrix}$ > O—органическое красящее вещество, нѣсколько

капель котораго окрашивает известковую воду въ малиново-розовый цвѣтъ, исчезающій отъ малѣйшаго избытка щавелевой кислоты. Зная количество щавелевой кислоты, пошедшее для обезцвѣчивания жидкости, легко вычислить количество CaO , вошедшей въ соединеніе съ CO_2 , а слѣдовательно и количество таковой въ изслѣдуемой водѣ.

Иногда не довольствуются перечисленными опредѣленіями, опредѣляя сверхъ того общее количество азота и углерода. Азотъ можетъ содержаться въ водѣ въ видѣ органическихъ соединеній, переходящихъ въ щелочной средѣ въ присутствіи марганцовокислаго кали въ амміакъ (альбуминодный амміакъ), затѣмъ въ видѣ азотистой и азотной кислотъ и въ видѣ амміачныхъ соединеній. По Кіельдалю общее количество азота опредѣляютъ такимъ путемъ: въ колбу емкостью въ 700 куб. см. вливаютъ 250 куб. см. испытуемой воды и 25 куб. см. карболово-сѣрной кислоты, прибавляютъ 1 гр. пемзы (для облегченія кипѣнія) и выпариваютъ почти до полного испаренія воды. Охладивъ, прибавляютъ 2,5 гр. цинковой пыли и 0,1 гр. окиси мѣди. Взболтавъ, нагрѣваютъ, пока не образуется жидкость свѣтло-зеленаго цвѣта, которую вновь охлаждаютъ, разбавляютъ 150 куб. см. дистиллированной воды, не давая ей нагрѣваться, и приливаютъ 100 куб. см. 40% раствора ѣдкаго натра. Всыпавъ 1 гр. цинковыхъ опилокъ быстро закрываютъ колбу пробкой съ отводной трубкой перегоннаго аппарата и отгоняютъ амміакъ въ титрованный растворъ сѣрной кислоты. Зная общее количество азота и отдѣльно опредѣливъ его въ азотной и азотистой кислотахъ и въ амміакѣ, бывшихъ въ испытуемой водѣ, находятъ количество собственно-органическаго азота.

Углеродъ органическихъ соединеній, находящихъ въ водѣ, опредѣляютъ по Кенигу окисленіемъ хамелеономъ и поглощеніемъ образовавшагося угольнаго ангидрида ѣдкимъ натромъ. Приборъ состоитъ изъ колбы для окисленія и поглотителя съ обратнымъ (либиховскимъ) холодильникомъ, снабженнымъ осушительными трубками и аспираторомъ для просасыванія воздуха, предварительно лишенаго угольнаго ангидрида.

Въ послѣднее время не довольствуются для заключенія о качествѣ воды ея физическимъ и химическимъ анализомъ, а производятъ сверхъ того микроскопическое и біологическое изслѣдованіе. Микроскопъ открываетъ въ водѣ, во-первыхъ, живущихъ въ ней микроорганизмовъ, во-вторыхъ, остатки органическихъ веществъ и нѣкоторыя минеральныя примѣси. Для питьевой воды существенно важно знать, не находится ли ея источникъ въ сообщеніи съ отхожими мѣстами, выгребными ямами и пр. Въ первомъ случаѣ будутъ замѣтны окрашенныя въ желтоватый цвѣтъ выдѣленія желчи, куски мускуль-

ныхъ волоконъ и др. вещества, прошедшія черезъ кишечникъ. Если въ микроскопъ замѣтны въ водѣ зерна крахмала, клочки кожицы и мякоти плодовъ и овощей, значить въ водѣ находятся кухонные отбросы. Въ каплѣ воды, высохшей на предметномъ стеклѣ микроскопа, могутъ быть опредѣлены кристаллики селитры, углекальціевой соли и пр.

Присутствіе бактерій, хотя и можетъ быть обнаружено микроскопомъ, но для опредѣленія ихъ вида и количества прибѣгаютъ къ культурѣ ихъ колоній. Для этого стерилизованный желатинъ, распущенный въ стерилизованныхъ же пробиркахъ или чашечкахъ Петри, смѣшиваютъ съ опредѣленнымъ количествомъ изслѣдуемой воды и разливаютъ на стеклянныя пластинки, дѣленныя на кв. см. Пластинки при особыхъ условіяхъ выдерживаютъ, пока не разовьются колоніи бактерій, видъ которыхъ мѣняется въ зависимости отъ вида образовавшихся ихъ микроорганизмовъ. Чаще всего встрѣчаются сапрофитныя бактеріи, нераѣжижающія желатину, но довольно обыкновенны и такія, которыя разжижаютъ его, напр. кишечныя палочки. Не считая себя вправѣ вдаваться въ подробное описаніе микроскопическаго и біологическаго анализа, какъ не имѣющаго непосредственнаго отношенія къ содержанію данной книги, отсылаемъ заинтересованнаго ими читателя къ книгѣ проф. Гемиліана: «Изслѣдованіе воды».

Обыкновенно къ такому, сравнительно полному, анализу въ большинствѣ частныхъ случаевъ прибѣгать не приходится. Тамъ, гдѣ пригодность или непригодность воды зависитъ отъ присутствія одной какой-нибудь группы примѣсей, обыкновенно прибѣгаютъ къ количественному опредѣленію именно этихъ веществъ, производя его согласно вышеописаннымъ методамъ. Интересуясь исключительно количествомъ амміака въ водѣ, опредѣляютъ его реактивомъ Нейслера калорически; желая знать количество азотистой кислоты, дѣлаютъ на нее пробу помощью іодистаго цинка и т. д.

Чаще всего приходится изслѣдовать жесткость воды и при томъ не только общую, но и постоянную, такъ какъ тотъ и другой родъ жесткости требуетъ разныхъ методовъ очищенія воды. Для этого по предыдущему опредѣляютъ содержаніе известковыхъ и магнезіальныхъ солей, растворенныхъ въ холодной водѣ и выпадающихъ при кипяченіи.

Для быстрого опредѣленія жесткости удобно пользоваться гидротиметромъ Нейгебауэра, предложеннымъ для смѣси кальціевыхъ и магнеіевыхъ солей. На бюреткѣ Нейгебауэра объемы дѣленій, соотвѣтствующіе градусамъ жесткости (нѣмецкимъ), не одинаковы, чѣмъ уничтожается неточность при титрованіи мыльнымъ растворомъ смѣси

указанныхъ солей. Число градусовъ всего 12, такъ что при изслѣдованіи природной воды большей жесткости нужно разводить ее вдвое и втрое.

§ 3. **Способы очистки воды.** Какъ уже было упомянуто выше, значительное большинство природныхъ водовмѣстилищъ не содержатъ воды, могущей идти для питья или для питанія паровыхъ котловъ и др. техническихъ процессовъ безъ предварительной очистки. Въ особенности это относится къ водовмѣстилищамъ, вблизи которыхъ расположены города, фабрики и заводы. Даже вода р. Невы, славившаяся своей чистотой еще въ недавнее время, теперь загрязнена настолько, что требуетъ искусственнаго очищенія. Воды нашихъ большихъ рѣкъ, въ особенности южныхъ, также совершенно непригодны для примѣненія въ естественномъ состояніи. Въ тѣхъ случаяхъ, когда природная вода не загрязнена искусственно, она все же можетъ оказаться непримѣнимой, напр. для питанія паровыхъ котловъ, по обилію минеральныхъ примѣсей. Задача техника, узнавъ составъ воды, сумѣть очистить ее отъ тѣхъ именно примѣсей, которыя вредны для данного назначенія воды.

Очистка воды (какъ природной, такъ и сточной) можетъ быть: механическая, физическая, химическая и биологическая.

Механическая очистка воды сводится къ отстаиванію и фильтрованію. Въ свою очередь отстаиваніе можетъ быть либо періодическимъ, либо непрерывнымъ.

Непрерывное отстаиваніе производится въ нѣсколькихъ отстойныхъ бассейнахъ, устраиваемыхъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій разнообразно и изъ различнаго матеріала, какъ то: дерева, бетона, желѣза и пр. Отстойные бассейны располагаются попарно, на разныхъ уровняхъ. Верхній бассейнъ, или чанъ соединяется съ нижнимъ краномъ, располагаемымъ нѣсколько выше дна. Нижний бассейнъ выкапывается въ землѣ, или зарывается въ нее, а верхній помѣщается непосредственно на землѣ. При небольшихъ размѣрахъ чановъ нижній ставится на землю, а верхній на особыя подкладки изъ бревенъ. Верхній бассейнъ независимо отъ крана, соединяющаго его съ нижнимъ, имѣетъ съ противоположной стороны другой кранъ у самаго дна, служашій для спуска осадка. Налитая въ верхній бассейнъ мутная вода по отстаиваніи осторожно переливается въ нижній, а затѣмъ черезъ противоположный кранъ спускаютъ осадокъ.

Что касается времени, въ теченіе котораго надо вести отстаиваніе, то оно зависитъ отъ уд. вѣса и размѣровъ частицъ мутящаго воду вещества. Въ среднемъ, при отстаиваніи въ теченіе 24 часовъ осѣ-

даетъ 62⁰/₀ взвѣшенныхъ илистыхъ частей, уд. в. 2,5 и діаметромъ частицъ въ 0,00001", за вторья сутки осѣдаетъ еще 6⁰/₀, равно и за каждая послѣдующія. Такимъ образомъ, при отстаиваніи въ течение 3 сутокъ осядетъ 74⁰/₀ общаго количества мути. Это показываетъ: 1) что отстаиваніемъ нельзя освободить воду отъ мути до полного освѣтленія и 2) что продолжительное отстаиваніе не экономично.

Бассейны строятъ обыкновенно на суточный расходъ воды, т. ч. по мѣрѣ того какъ одинъ бассейнъ опоражнивается, вода въ другомъ отстаивается.

При непрерывномъ отстаиваніи устраиваютъ одинъ бассейнъ на суточное или двухсуточное количество воды, придавая ему глубину отъ 1,5 до 2 метровъ при скорости истеканія воды не болѣе 2 мм. въ секунду. Дно такого бассейна дѣлается наклоннымъ съ спускной трубой для удаленія осадка, располагаемой ниже трубы, выводящей отстоявшуюся воду, что даетъ возможность удалять накопившійся иль, не прекращая дѣйствія бассейна. Для ускоренія отстаиванія воду до наполненія ею бассейна въ особой камерѣ смѣшиваютъ съ растворами коагулирующихъ веществъ, о составѣ и дѣйствіи которыхъ будетъ подробно сказано при химической очисткѣ воды. Воду, содержащую сѣроводородъ и закисныя соли желѣза, въ нѣкоторыхъ случаяхъ предварительно очищаютъ аэраціей, т. е. продуваніемъ при помощи компрессоровъ воздуха.

Фильтрованіе воды является однимъ изъ наиболѣе дѣйствительныхъ и распространенныхъ способовъ очистки, хотя оно, понятно, не освобождаетъ воду отъ растворенныхъ въ ней примѣсей. Въ тѣхъ случаяхъ, когда эти послѣднія вредно отзываются на качествѣ воды, помимо механической очистки прибѣгаютъ и къ другимъ способамъ очищенія. При фильтрованіи вода очищается не только отъ минеральныхъ примѣсей, имѣющихъ большой размѣръ отдѣльныхъ частицъ. чѣмъ поры фильтрующаго слоя, но и отъ частицъ значительно меньшихъ, а также въ значительной мѣрѣ освобождается отъ бактерій и др. микроорганизмовъ. Это удаленіе изъ воды нерастворенныхъ примѣсей, которыя по своимъ размѣрамъ, казалось бы, должны были проникнуть черезъ поры фильтра, объясняется абсорбціей, т. е. поверхностнымъ притяженіемъ между этими примѣсями и фильтрующимъ матеріаломъ.

Отдѣленіе отъ трудноосѣдающей мути производится фильтрованіемъ, обыкновенно въ большихъ размѣрахъ примѣняемымъ для очищенія питьевой воды и воды, идущей на приготовленіе напитковъ заводскимъ путемъ.

Схема устройства такихъ фильтровъ-бассейновъ состоитъ въ слѣдующемъ: на дно неглубокаго бассейна изъ водонепроницаемаго матеріала укладываются трубы, отводящія отфильтрованную воду въ сборный бассейнъ. Трубы, понятно, дѣлаются пористыми, проницаемыми для воды и сверху засыпаются фильтрующимъ матеріаломъ, главнымъ образомъ, пескомъ. Песокъ насыпается не непосредственно, предварительно обкладываютъ трубы и покрываютъ дно фильтра булыжникомъ, засыпаютъ его галькой и гравіемъ, а уже сверху насыпаютъ песокъ, сначала крупный 25 — 50 мм., а затѣмъ мелкій до 0,1 мм. Слой воды надъ пескомъ берется отъ 0,5 до 0,7 метра. Скорость истечения воды должна быть около 1 м. въ часъ.

Такие фильтры сначала промываются водой и начинаютъ правильно работать лишь по истеченіи 12 — 48 часовъ послѣ пуска въ ходъ, продолжая хорошо очищать воду до 90 дней. По окончаніи этого періода фильтрующій слой долженъ быть очищенъ, т. к. онъ настолько засоряется, что не только перестаетъ очищать пускаемую на него воду, но наоборотъ отдаетъ ей избытокъ грязи, почему вода выходитъ изъ фильтра болѣе загрязненной, чѣмъ до поступленія въ него. Для очистки снимаютъ верхній слой песка, толщина котораго мѣняется, смотря по степени его загрязненности, и промываютъ его въ особыхъ помѣщеніяхъ, насыпая на его мѣсто слой предварительно промытаго песка.

Замѣчено, что на поверхности фильтрующаго слоя отлагается тонкая слизистая пленка, играющая весьма важную роль въ задержаніи бактерий и др. микроорганизмовъ, но постепенно утолщающаяся и замедляющая процессъ фильтрованія и, наконецъ, какъ сказано, усиливающая загрязненіе фильтруемой воды.

Зданія, въ которыхъ расположены фильтры, должны имѣть хорошую вентиляцію и не должны нагреваться солнцемъ. Въ тѣхъ же случаяхъ, когда въ нихъ фильтруется вода, предназначенная для питья, послѣдняя должна предохраняться отъ возможности заноса извнѣ патогенныхъ бактерий.

Для небольшихъ количествъ очищаемой воды проще устраивать деревянные чаны съ двойнымъ дномъ, при чемъ верхнее дно дѣлается рѣшетчатое или продырявленное и покрывается фильтрующимъ слоемъ, состоящимъ изъ песка, угля, коровьяго волоса или другихъ веществъ, задерживающихъ нерастворенныя въ водѣ примѣси.

Для фильтрованія еще меньшихъ количествъ воды выработаны различныя системы небольшихъ переносныхъ фильтровъ-сосудовъ, изъ которыхъ наиболѣе практичнымъ является фильтръ Шамберлена, состоящій изъ сосуда съ естественнымъ внутри его цилиндромъ изъ

пористой обожженной глины. Вода наливается во внѣшній сосудъ и профильтровывается черезъ пористыя стѣнки во внутренней, весьма тщательно очищаясь не только отъ минеральныхъ примѣсей, но и отъ микроорганизмовъ.

Фильтры городскихъ установокъ требуютъ значительной земельной собственности, имѣющей въ крупныхъ центрахъ весьма высокую стоимость.

Лондонскіе фильтры, напр., занимали въ 1880 г. площадь въ 183 десятины, что и побудило изыскать другіе способы очистки воды, вызвавъ устройство т. н. механическихъ фильтровъ.

Механическіе фильтры это — закрытые сосуды, наполненные на значительную часть высоты довольно крупнымъ фильтрующимъ матеріаломъ, напр. крупнымъ пескомъ. Воду пропускаютъ черезъ фильтръ снизу вверхъ подъ напоромъ изъ резервуара, располагаемаго выше фильтра, при чемъ скорость ея прохожденія значительно больше, чѣмъ въ обыкновенныхъ фильтрахъ.

Промывка фильтрующаго слоя производится чаще, чѣмъ въ фильтрахъ ранѣе описанныхъ системъ, и требуетъ до 5% отфильтрованной воды, пускаемой для отмывки песка сверху внизъ. Песокъ при этомъ сверху перемѣшивается мѣшалками. Въ послѣдніе годы механическіе фильтры начали распространяться и у насъ въ Россіи, т. к. они продуктивны, экономичны и требуютъ немного мѣста. Для лучшаго очищенія воды въ механическихъ фильтрахъ комбинируютъ очистку ими съ предварительной химической очисткой воды, главнымъ образомъ вяжущими веществами, т. е. коагулянтами. Физическая очистка воды ведется двоякимъ путемъ: вымораживаніемъ и испареніемъ.

Вымораживаніе примѣняется исключительно въ сѣверныхъ странахъ въ зимнее время и примѣняется для удаленія растворенныхъ солей изъ морской воды. По этому способу морскую воду отводятъ канавами въ мелкіе бассейны, вырытые недалеко отъ берега и, давъ ей замерзнуть, скалываютъ ледъ. При таяніи этотъ ледъ даетъ воду, почти не содержащую солей, оставшихся въ маточномъ рассолѣ.

Испареніе или перегонка воды примѣняется значительно чаще, опять таки главнымъ образомъ для очистки морской воды. Опрѣсненіе ведутъ главнымъ образомъ на морскихъ паровыхъ судахъ, перегоняя воду въ специальныхъ небольшихъ паровыхъ котлахъ какъ для полученія воды для питья, такъ и для питанія судовыхъ паровыхъ котловъ. На берегу опрѣснители устраиваютъ въ городахъ, стоящихъ на берегу моря и лишенныхъ источниковъ прѣсной питьевой воды. У насъ въ Россіи такіе опрѣснители съ успѣхомъ работаютъ въ г. Баку (рис. 1 и 2). Нагрѣваніе воды въ опрѣснителяхъ, представляющихъ

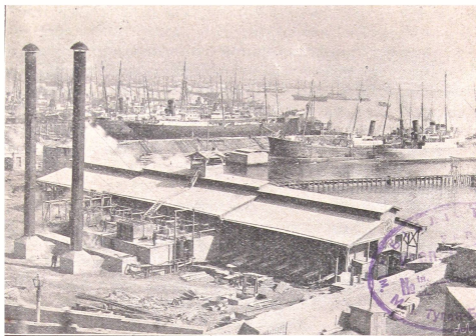


Рис. 1.—Опрѣснители (наружный видъ съ берега).

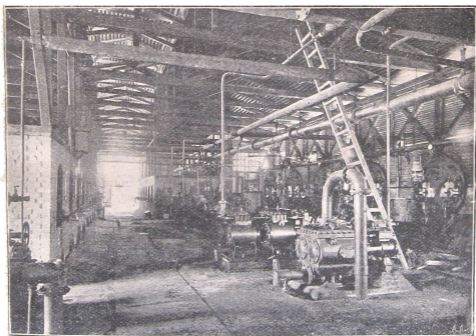


Рис. 2.—Опрѣснители (внутренний видъ).

собою водотрубные котлы безъ давления, ведется или отработавшимъ паромъ изъ судовыхъ котловъ, или (если опрѣснители установлены батарейно) ихъ собственнымъ паромъ. Въ послѣднемъ случаѣ пользуются запасомъ скрытой теплоты испаренія, выдѣляемой паромъ при его конденсаціи. что позволяетъ однимъ и тѣмъ же количествомъ топлива перегнать почти втрое большее количество воды, чѣмъ при непосредственномъ пользованіи теплотой, выдѣляемой топливомъ при горѣніи.

Физическая очистка питьевой воды, имѣя цѣлью убить содержащіеся въ водѣ микроорганизмы и ихъ зародыши, сводится къ нагрѣванію воды до температуры ея кипѣнія при 760 мм. давления, т. е. до 100° С. Т. к. барометрическое давленіе можетъ быть и меньшимъ, то въ открытомъ сосудѣ вода можетъ закипать при низшей температурѣ, въ виду чего стерилизовать воду кипяченіемъ слѣдуетъ въ закрытыхъ кипятильникахъ.

Наиболѣе цѣлесообразнымъ стерилизаторомъ является кипятильникъ инж. Безсонова, въ которомъ вода нагрѣвается до 101° С. Въ немъ сырая вода можетъ поступать въ кипятильникъ лишь по удаленіи ранѣ вскипѣвшей воды и, обратно, пока не прокипитъ новая порція, аппаратъ не даетъ воды для потребленія, чѣмъ гарантируется, что вся примѣняемая въ дѣло вода подвергается предѣльному нагрѣванію.

Вода, напр., въ самоварѣ можетъ кипѣть съ поверхности, не будучи во всей массѣ прогрѣта до температуры кипѣнія, что лишаетъ ее гарантіи въ полной безвредности.

Замѣтимъ, что кипяченая вода быстрѣе загниваетъ, чѣмъ сырая. т. ч. ее надо сохранять въ чистыхъ сосудахъ, закрытыхъ пористой пробкой (хотя бы изъ гигроскопической ваты), задерживающей пыль, носящуюся въ воздухѣ и всегда содержащую зародыши микроорганизмовъ.

Къ физической-же очисткѣ слѣдуетъ отнести стерилизацію питьевой воды ультра-фіолетовыми лучами при помощи ртутныхъ (кварцевыхъ) лампъ, предложенную и тотчасъ вошедшую въ практику въ 1910 г. Очищаемая вода протекаетъ тонкимъ слоемъ и довольно медленно по прозрачной кварцевой пластинкѣ, пропускающей свѣтъ ртутной лампы. Свѣтъ этотъ оказываетъ на патогенные микробы еще болѣе разрушительное дѣйствіе, чѣмъ прямой солнечный свѣтъ, тоже убивающій большинство болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ, но при болѣе продолжительномъ дѣйствіи. Значительныя услуги оказалъ этотъ способъ обезвреживанія воды во время холерной эпидеміи на рудникахъ донецкаго бассейна въ 1910 году.

Чаще приходится прибѣгать къ очисткѣ воды отъ растворенныхъ въ ней примѣсей, могущихъ выдѣлиться въ видѣ накипи или осадка при испареніи воды въ паровомъ котлѣ, испортить цвѣтъ окрашиваемой ткани *), требующихъ избыточнаго количества мыла и пр. Очищеніе воды отъ такихъ примѣсей заключается въ осажденіи растворенныхъ примѣсей и удаленіи осадка отстаиваніемъ, или въ переводѣ растворенныхъ веществъ въ другія, менѣ вредныя. Такая химическая очистка производится въ зависимости отъ назначенія воды и состава растворенныхъ въ ней тѣлъ и преимущественно ведется для уменьшенія жесткости.

Химическая очистка питьевыхъ водъ преслѣдуетъ, какъ главную цѣль, стерилизацію воды, т. е. удаленіе изъ нея болѣзнетворныхъ началъ. Предлагалось для стерилизаціи воды примѣшивать къ ней незначительныя количества раствора мѣднаго купороса, т. к. уже 0,0000001 доля послѣдняго убиваетъ микроорганизмы, но присутствіе въ водѣ мѣдныхъ солей, даже и въ такомъ ничтожномъ количествѣ, не можетъ считаться вполне безвреднымъ, почему указанный способъ и не получилъ распространенія. Для той же цѣли рекомендовалось и въ нѣкоторыхъ случаяхъ примѣнялось дѣйствіе на воду квасцовъ, хлорнаго желѣза, окисловъ хлора и пр. Преимущественно же химическую стерилизацію питьевой воды производятъ озонированіемъ ея. Для полученія озона (полимеръ кислорода, молекула котораго имѣетъ формулу O_3), который является энергичнымъ окислителемъ, пользуются электризаціей воды или продуваемого черезъ нее воздуха. По первому способу устроенъ аппаратъ Оппермана, въ которомъ вода проходитъ надъ спирально свернутыми въ горизонтальной плоскости электродами подъ токомъ въ 25 вольтъ. Подъ вліяніемъ тока образуется при этомъ, помимо озона, перекись водорода и окислы хлора, стерилизующіе воду. Для уничтоженія неприятнаго привкуса воды при избыткѣ неразложившагося озона, крайніе электроды въ аппаратѣ дѣлаются изъ алюминія. Озонъ при этомъ расходуется на окисленіе алюминія въ гидратъ глинозема. Способъ этотъ при всѣхъ его достоинствахъ не можетъ получить широкаго распространенія по своей дороговизнѣ. По второму методу устроены аппараты Сименса и Гальске (рис. 3), въ которыхъ токомъ въ 8000 вольтъ озонируется воздухъ, продуваемый снизу вверхъ черезъ сосудъ съ водою. Вода для увеличенія поверхности соприкосновенія ея съ воздухомъ стекаетъ сверху внизъ навстрѣчу току воздуха по песчанымъ галькамъ. Такіе приборы

*) Такъ 0,00001 часть желѣза на 1 часть воды дѣлаетъ послѣднюю уже негодной при крашеніи въ нѣжные оттѣнки на глиноземной протравѣ.

Значительныхъ размѣровъ съ успѣхомъ дѣйствуютъ на нѣкоторыхъ германскихъ водопроводныхъ станціяхъ и предположены къ установкѣ въ Петербургѣ. Исслѣдованіе воды, прошедшей черезъ такіе аппараты, дало блестящіе результаты. Анализъ Коховскаго Института показалъ, что въ водѣ, содержащей до поступления въ озонаторъ до 600,000

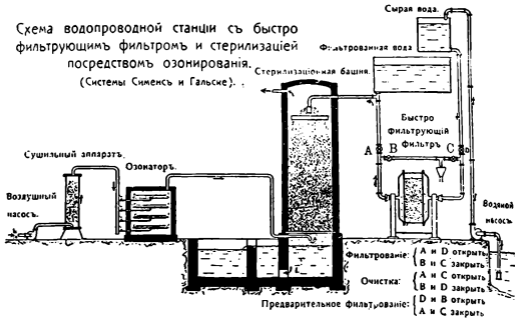


Рис. 3.

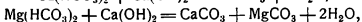
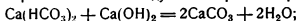
бактерій на 1 куб. см., оставалось послѣ очистки не болѣе 25, да и то сапрофитныхъ, не представляющихъ опасности при питьѣ содержащей ихъ воды.

Какъ уже упоминалось раньше, для освѣтленія воды прибѣгаютъ къ коагулянтамъ, дающимъ хлопьевидные осадки, обволакивающіе и увлекающіе на дно плавающія въ водѣ частички нерастворимыхъ примѣсей и отчасти микроорганизмы. Химическое дѣйствіе коагулянтовъ мы рассмотримъ при химической очисткѣ воды для паровыхъ котловъ, указавъ, что избытокъ коагулянта, если и не приноситъ прямого вреда, то во всякомъ случаѣ нежелателенъ, т. к. портитъ вкусъ воды. Преимущественно коагулируютъ воду сѣрнокислымъ алюминіемъ, беря его въ видѣ 1—5% раствора и тщательно смѣшивая съ очищаемой водой, т. к. въ противномъ случаѣ операція не достигаетъ своей цѣли. Количество примѣшиваемаго коагулянта необходимо тщательно согласовать съ составомъ воды, который, какъ мы знаемъ, бываетъ въ большинствѣ случаевъ измѣнчивъ, требуя производства періодическихъ анализовъ очищаемой воды.

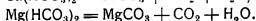
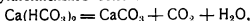
Изъ многочисленныхъ способовъ очищенія воды, главнымъ образомъ предназначенныхъ для улучшенія качества воды, питающей па-

ровой котель, мы рассмотримъ лишь наиболѣе примѣнимые въ практикѣ и при томъ выяснимъ ихъ цѣлесообразность.

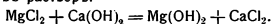
Если анализомъ въ очищаемой водѣ обнаружено присутствіе двууглекислой извести — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, двууглекислаго магнезія — $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и хлористаго магнезія — MgCl_2 , а также углекислой закиси желѣза — FeCO_3 , растворимой въ водѣ, содержащей угольный ангидридъ, то ихъ осаждаютъ, по предложенію Кларка, известковымъ молокомъ, нагрѣвая съ нимъ воду въ открытыхъ резервуарахъ.



при чемъ среднія соли переходятъ въ осадокъ, котораго получается вдвое болѣе, чѣмъ при простомъ кипяченіи воды, ведущемъ къ разложенію двойныхъ углекислыхъ солей:



Особенно рекомендовать очищеніе известью, несмотря на дешевизну, нельзя, потому что: 1) получается очень много осадка, 2) гипсъ остается неудаленнымъ изъ раствора и 3) при неправильномъ опредѣленіи количества прибавляемой извести она переходитъ частью въ растворъ, и, слѣдовательно, одинъ накипеобразователь замѣняется другимъ. Хлористый магнезія при осажденіи известью тоже лишь замѣняется хлористымъ кальціемъ, положимъ, менѣе вреднымъ, но все же остающимся въ растворѣ:



Расчетъ прибавляемаго количества извести дѣлается по частичному вѣсу осаждаемыхъ ею соединеній, умноженному на ихъ вѣсовое количество. Одна вѣсовая часть $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ требуетъ для осажденія вѣсовыхъ 0,45 частей, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ — 0,386 вѣс. частей и MgCl_2 — 0,587 в. ч. извести — CaO .

Для удаленія гипса — CaSO_4 де Генъ предложилъ кромѣ известковаго молока употреблять еще хлористый барій, основываясь на реакціи:



такъ какъ сѣрнобаріевая соль почти нерастворима.

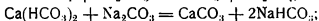
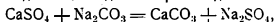
Способъ этотъ однако непрактиченъ по дороговизнѣ хлористаго барія, медленности осѣданія чрезвычайно тонкаго осадка BaSO_4 и, главное, потому что необходимо тщательно слѣдить за количествомъ BaCl_2 , чтобы не дать его въ избыткѣ, т. е. вмѣсто очистки не загрязнить воды еще больше. При этомъ способѣ необходимо нагрѣвать большія количества воды и имѣть объемистые резервуары въ виду медленнаго освѣтленія воды.

Въ присутствіи сѣрномагніевой соли или большихъ количествъ хлористаго магнія способъ этотъ даже вреденъ, такъ какъ при употребленіи хлористаго барія вся сѣрномагніевая соль, сравнительно мало вредная, даетъ хлористый магній, который, разлагаясь при высокой температурѣ, образуетъ соляную кислоту, присутствіе которой въ водѣ весьма вредно *).

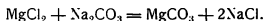
Болигъ предложилъ очищать воду смѣсью углемагніевой соли и водяной окиси магнія. Упоминаемъ объ этомъ способѣ только потому, что онъ существуетъ, но при ближайшемъ разсмотрѣніи реакцій, идущихъ въ водѣ, можно допустить этотъ способъ развѣ для водъ, содержащихъ почти исключительно двууглекислыя соли кальція и магнія, такъ какъ другія соли этимъ способомъ не удаляются, а въ воду вносится вообще нежелательная примѣсь магніевыхъ солей.

Болигъ устроилъ особый аппаратъ, гдѣ вода проходитъ черезъ 4 цилиндра, наполненныхъ опилками, покрытыми магнезіальною смѣсью.

Вода, содержащая гипсъ CaSO_4 и двууглекислую известь, хорошо очищается содой. Осажденіе происходитъ согласно реакціи:



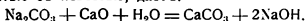
при существованіи въ водѣ раствореннаго MgCl_2 онъ переходитъ въ осадокъ:



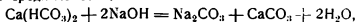
Неудобство этого способа очистки состоитъ въ неполномъ выдѣленіи изъ воды продуктовъ реакціи.

Сѣрнокислый натрій, равно какъ NaHCO_3 и NaCl , въ водѣ растворимъ, слѣдовательно, уничтожая жесткость, приходится вводить соединенія, неотдѣляемая отстаиваніемъ и фильтрованіемъ. Вода, въ которой содержаніе такихъ растворимыхъ солей значительно, не всегда можетъ быть пригодна для техническихъ цѣлей.

Очистка совмѣстнымъ дѣйствіемъ извести и соды идетъ согласно выше приведеннымъ уравненіямъ, при чемъ сода, входя въ взаимодѣйствіе съ известью, даетъ:



а выдѣляющійся ѣдкій натръ способствуетъ переводу двууглекислой извести въ среднюю соль:



сода же, въ свою очередь, вступаетъ въ обмѣнное разложеніе съ

*) О разложеніи MgCl_2 будетъ сказано ниже.

гипсомъ. Такимъ образомъ очищеніе воды однимъ ѣдкимъ натромъ, въ сущности, сводится къ полученію дѣйствіемъ его на $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ соды и осажденію послѣдней гипса.

На одну вѣсовую часть $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ берутъ 0,25 частей ѣдкаго натра. Наилучшій способъ очищенія воды, достигающій своей цѣли при правильномъ подсчетѣ количествъ употребляемыхъ реагентовъ, это способъ Беранже и Штингля, состоящій въ одновременномъ примѣненіи извести, соды и ѣдкаго натра.

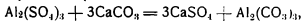
Способъ этотъ не требуетъ нагреванія воды, реакціи, при немъ происходящія, указаны выше.

Тамъ, гдѣ сѣрноглиноземная соль (сѣрноокислый алюминій $(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3)$ или квасцы $(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O})$ не дороги, ихъ также примѣняютъ не безъ успѣха.

Очищеніе воды этими и другими вяжущими веществами (гидратами желѣза и алюминія, напримѣръ), т. н. коагуляція, основано на обращеніи коагулятомъ (вяжущимъ веществомъ) мелкихъ примѣсей (мути) въ крупные хлопья, и издревле, (еще въ Египтѣ, помощью квасцовъ) примѣнялось въ связи съ отстаиваніемъ. Въ послѣднее время въ С. Америкѣ и частью въ Россіи входитъ для очистки большихъ количествъ воды, преимущественно въ городскихъ водопроводахъ, комбинація коагулированія съ быстрымъ фильтрованіемъ подъ напоромъ въ механическихъ фильтрахъ различныхъ системъ, какъ объ этомъ было упомянуто выше.

Наилучшимъ коагулятомъ служитъ сѣрноалюминіевая соль, такъ какъ входящая въ составъ квасцовъ щелочная соль сѣрной кислоты только увеличиваетъ количество примѣсей.

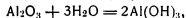
Сѣрноалюминіевая соль входитъ въ обмѣнное разложеніе съ углекислыми солями щелочноземельныхъ металловъ, перевода ихъ въ менѣе растворимыя сѣрноокислыя соли:



при чемъ углекислый алюминій тотчасъ распадается:



выдѣляя угольный ангидридъ и образуя водную окись алюминія:



имѣющую студенистую структуру.

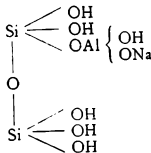
Этотъ то хлопьевидный гидратъ окиси алюминія и коагулируетъ механическія примѣси воды, обволакивая ихъ и увлекая съ собою въ осадокъ.

Вода, предназначенная для очищенія по указанному способу, должна быть тщательно проанализирована. Излишекъ коагулянта такъ же вреденъ, какъ и недостатокъ его.

Неудобствами этого способа являются еще: замѣна временной жесткости постоянною и введение въ воду значительнаго количества угольнаго ангидрида, могущаго способствовать образованію ржавчины въ водопроводныхъ трубахъ.

Предлагалось производить коагуляцію непосредственно $Al(OH)_3$ или $Fe(OH)_3$, получая эти гидраты окисей электролизомъ металловъ, опущенныхъ въ очищаемую воду, но на практикѣ эти способы еще не примѣняются. Очень мутная вода подвергается двойной коагуляціи передъ отстаиваніемъ воды и вторично передъ пропусканіемъ ее черезъ механическій фильтръ.

Въ послѣднее время предложенъ новый, чрезвычайно интересный способъ устраненія жесткости воды при помощи т. н. цеолитовъ. Было уже давно извѣстно, что при прохожденіи воды черезъ почву, она лишается части растворенныхъ въ ней солей, чего не наблюдается при фильтраціи воды черезъ песокъ. При разработкѣ вопроса о химическомъ составѣ почвы, докторъ Р. Гансъ нашелъ, что содержащіяся въ почвѣ цеолиты, т. е. раздробленные и распыленные водные силикаты калия, натрія, алюминія и магнія, способны вступать въ обменное разложеніе съ растворами кальціевыхъ солей, отдавая свои щелочные металлы и удерживая щелочноземельные. Гансъ раздѣлил естественные цеолиты:



на двѣ группы, отличныя другъ отъ друга по формулѣ строенія; къ первой, сравнительно мало пригодной для указанной цѣли очищенія воды отъ кальціевыхъ солей, относятся минералы анальцитъ, нартолитъ и др., а ко второй, названной имъ алюминатъ-силикатами,—десминъ, стильбитъ, шабазитъ и рядъ приготовленныхъ искусственно цеолитовъ, хорошо извлекающихъ щелочноземельныя соли изъ водныхъ растворовъ.

Тщательность очистки цеолитами иллюстрируется опытомъ Зимины, при которомъ вода въ 103 нѣм. градуса жесткости, профильтрованная черезъ слой цеолитоваго песка толщиной въ 25 см., при скорости фильтрованія 7 метр. въ часъ, совершенно лишилась жест-

кости. Весьма благоприятнымъ для практическаго примѣненія цеолитовъ обстоятельствомъ является ихъ способность къ редуцированію, дѣйствіемъ 5—10% раствора поваренной соли. При этомъ цеолиты, натріи которыхъ былъ при очисткѣ воды замѣщенъ кальціемъ, выдѣляютъ таковой, образуя растворимый хлористый кальцій и соединяясь съ натріемъ поваренной соли.

Цеолитовые фильтры (рис. 4 и 5) уже нашли практическое примѣненіе и устраиваются такъ, что цеолитовый песокъ помѣщается между двумя слоями гравія, будучи отдѣленъ отъ нихъ частой сѣткой. Резервуаръ фильтра снизу соединенъ трубой съ выше расположеннымъ резервуаромъ, содержащимъ растворъ поваренной соли, который въ случаѣ надобности промываетъ фильтръ токомъ солевого раствора, направляемымъ снизу вверхъ. Растворъ соли берется 5%, а количество его вычисляютъ, опредѣливъ какое количество щелочноземельныхъ солей поглощено цеолитомъ. Для опредѣленія послѣдняго достаточно знать жесткость фильтру-

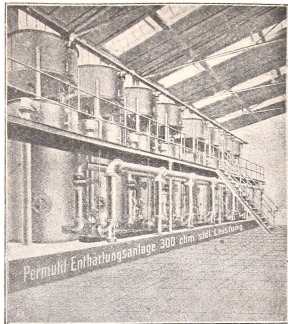


Рис. 4.—Цеолитовые фильтры (наружный видъ).

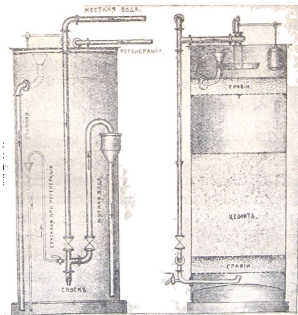


Рис. 5.—Цеолитовые фильтры (разрѣзъ).

Для опредѣленія послѣдняго достаточно знать жесткость фильтру-

смой воды и количество ее, прошедшее через фильтр. При установкѣ подобныхъ фильтровъ для непрерывной очистки воды надо ставить ихъ не менѣе двухъ, чтобы имѣть возможность фильтровать воду въ одномъ, пока цеолитъ въ другомъ редуцируется поваренной солью. Преимущество указанного способа состоитъ въ томъ, что онъ, соединяя химическую очистку съ механической, не загрязняетъ воду избыткомъ реагента и обходится не дороже ранѣе описанныхъ способовъ.

Этимъ исчерпывается химическая сторона вопроса очистки воды по крайней мѣрѣ для питанія паровыхъ котловъ, но самые резервуары, т. е. сосуды, въ которыхъ происходитъ это очищеніе, различными конструкторами устраиваются различно, и конечная цѣль состоитъ въ томъ, чтобы въ возможно короткое время и въ возможно малыхъ аппаратахъ очистить наибольшее количество воды.

Обработку воды реагентами производятъ въ бассейнахъ, подобныхъ описаннымъ выше, но соединенныхъ по три. Въ двухъ верхнихъ работаютъ періодически, производя очистку въ одномъ и отстаиваніе въ другомъ, спуская отстоявшуюся воду въ нижній бассейнъ. Предварительное нагрѣваніе очищаемой воды градусовъ до 80° С. является весьма полезнымъ, способствуя значительному уменьшенію жесткости, и производится въ бассейнахъ или чанахъ, по возможности защищенныхъ отъ охлажденія. Объ немъ будетъ сказано ниже, равно какъ и о нѣкоторыхъ приборахъ, служащихъ для смѣшенія реагентовъ съ очищаемой водой и для быстрого отдѣленія полученнаго осадка и примѣняемыхъ главнымъ образомъ при очисткѣ воды, питающей паровой котель.

§ 4. **Очистка сточныхъ водъ.** Природная вода, уже бывшая въ техническомъ употребленіи, иногда загрязняется новыми примѣсями и не только становится негодной для дальнѣйшаго употребленія, но при выпускѣ съ завода должна быть если не очищена, то по крайней мѣрѣ обезврежена. Такая необходимость очистки присуща сточнымъ водамъ многихъ химическихъ производствъ, бань, прачешныхъ и вообще городскимъ сточнымъ водамъ. Хотя и не всѣ, но многія загрязненные воды способны къ самоочищенію, или точнѣе къ очищенію подъ влияніемъ естественныхъ условій свѣта; воздуха и дѣятельности микроорганизмовъ. Такъ, многоводныя быстротекущія рѣки, принимая въ себя источники загрязненныхъ водъ, на протяженіи 1—2-хъ верстъ теченія успѣваютъ настолько переработать и разбавить примѣси, что анализъ уже не открываетъ ихъ. Конечно, все зависитъ отъ взаимнаго отношенія количествъ воды, протекающей въ единицу времени черезъ живое сѣченіе рѣки и втекающей въ рѣку загрязненной воды и степени ея загрязненности.

Причиной самоочищенія рѣкъ (естественной очистки воды) является разрушеніе гниющихъ животныхъ остатковъ бактеріями. Осѣвшія на дно рѣки нечистоты уничтожаются анаэробными (не нуждающимися для своей дѣятельности въ кислородѣ) бактеріями, а несомыя водой — аэробными бактеріями, въ присутствіи раствореннаго въ рѣчной водѣ кислорода и солнечнаго свѣта. Насколько энергично идетъ такая самоочистка проточной воды, можно видѣть на примѣрѣ рѣки Изаръ, протекающей черезъ Мюнхень. Всѣ городскія нечистоты спускаются въ ея воды и тѣмъ не менѣе на 30 верстъ ниже Мюнхена онѣ почти такъ же чисты, какъ были до вступленія въ черту города. Однако, какъ не велика способность рѣкъ къ самоочищенію, нѣтъ рѣки, въ которой при впаденіи ея въ море или другую рѣку вода была бы такъ-же чиста, какъ при истокѣ.

Спускъ сточныхъ водъ, особенно содержащихъ ядовитыя примѣси, въ незначительныя рѣки или ручьи не только не достигаетъ цѣли, но приноситъ вредъ: воды эти заражаютъ рѣку, отравляютъ рыбу и могутъ служить причиною повальныхъ заболѣваній жителей низлежащихъ береговъ. При отсутствіи многоводныхъ и быстротекущихъ рѣкъ естественная очистка производится отстаиваніемъ сточныхъ водъ въ бассейнахъ, прудахъ и спускныхъ колодцахъ и на поляхъ орошенія.

Удаленіе городскихъ сточныхъ водъ производятъ канализаціей сплавной или раздѣльной. При сплавной канализаціи въ сточныя канавы спускаютъ всѣ городскія нечистоты и дождевыя воды, а при раздѣльной—нечистоты выгребныхъ ямъ, кухонныя и другіе твердые отбросы, дождевыя-же воды въ канализаціонныя канавы не поступаютъ. Во второмъ случаѣ сточныя воды направляютъ въ отстойные бассейны и нерѣдко нейтрализуютъ солями алюминія или желѣза и известью.

Твердые остатки перерабатываются въ землеудобрительные туки, а жидкости спускаютъ по отстаиванію въ рѣки или разливаютъ по предварительно дренированнымъ полямъ и лугамъ, т. е. фильтруютъ черезъ верхній слой почвы.

Для того, чтобы поля орошенія дѣйствовали правильно, необходимо имѣть ихъ въ достаточномъ количествѣ. Въ Москвѣ разсчитываютъ 1 десятину на 317 жителей (въ канализированной части города), въ Англии на десятину разсчитываютъ около 300 жителей и около 25000 куб. метр. спускаемой жидкости. Растенія, разводимыя на поляхъ орошенія, разлагаютъ животныя остатки и органическія вещества, обезвреживая ихъ, и такой способъ очистки сточныхъ (особенно городскихъ) водъ недавно еще признавался наилучшимъ, но въ на-

Тотчас же некоторые авторы указывают на то, что питание овощами, разводимыми на полях орошения, может вести к развитию тифозной эпидемии, сверх того тяжелый запах этих полей дѣлает их неудобными въ населенных мѣстностяхъ, а отводъ сточныхъ водъ на значительное разстояніе не экономиченъ.

Очистка сточныхъ водъ осажденіемъ растворенныхъ въ нихъ вредныхъ продуктовъ во многихъ отдѣльныхъ случаяхъ возможна и удобна еще тѣмъ, что получающійся осадокъ увлекаетъ за собою механически примѣшанные къ водѣ вещества. Къ сожалѣнію, такая очистка не всегда доступна по стоимости реагента, требуемаго для перевода въ осадокъ растворенныхъ ядовитыхъ веществъ, и не всегда является окончательной, потому что получившееся при осажденіи соединеніе можетъ разложиться подъ вліяніемъ измѣнившихся внѣшнихъ условій. Для очистки сточныхъ фабричныхъ и заводскихъ водъ руководствуются составомъ спускаемой воды и сообразно съ нимъ примѣняютъ тотъ или другой способъ. Вода, способная гнить, подвергается чаще всего очисткѣ известью, хотя такая очистка далеко не полна и окончательна. Многія вещества не переходятъ въ осадокъ, многія разлагаются, напримѣръ, при случайномъ обогащеніи сточныхъ водъ углекислотою.

Мутная заводскія воды, не содержащія способныхъ къ гніенію веществъ, очищаются преимущественно отстаиваніемъ въ прудахъ, на дно которыхъ муть осѣдаетъ въ видѣ ила. Кислыя воды нейтрализуются щелочью, мыльныя—смѣсью извести и хлористаго кальція, воды, содержащія мышьякъ,—смѣсью извести съ желѣзнымъ купоросомъ.

Очистка водъ, если ея результатомъ являются продукты, имѣющіе техническое примѣненіе, можетъ быть даже выгодной, какъ, напримѣръ, сточныхъ водъ съ шерстоомоенъ. Эти воды заключаютъ много жировъ и щелочныхъ солей, ихъ спускаютъ въ бассейны, смѣшиваютъ съ известью, которая съ жирными кислотами даетъ нерастворимое мыло, отдѣляемое на благоустроенныхъ заводахъ фильтр-прессами. Вода, лишенная осадка, выпаривается въ особомъ аппаратѣ, состоящемъ изъ нѣсколькихъ соединенныхъ между собою закрытыхъ сосудовъ. Сосуды наполняются выпариваемою водою и первый изъ нихъ нагревается паромъ изъ особаго котла или общаго паропровода. Паръ въ сосудъ пропускаютъ закрытою трубою или между двойными стѣнками сосуда, а паръ, выдѣляющійся изъ перваго сосуда, нагреваетъ слѣдующій сосудъ и такъ дальше до 6—9 сосудовъ. Экономія топлива, какъ было указано при описаніи физической очистки воды, при этомъ громадна: почти все количество тепла, выдѣляющееся при конденсаціи пара, утилизируется на испареніе изъ слѣдующаго сосу-

да. Сгущенный растворъ выпариваютъ досуха и прокаливаютъ, получая углекислыя соли калия и натрія, идущія вновь въ производство, а изъ известкового осадка извлекаютъ особое жирное вещество—ланолинъ.

Въ Англии воду шерстоомоенъ нейтрализуютъ сѣрной кислотой, собираютъ всплывающія на ея поверхность жирныя вещества, — продукты разложенія мыла и ланолинъ,—жидкость профильтровываютъ черезъ маты изъ кокосовыхъ волоконъ и, насытивъ известью, пускаютъ на поля орошенія или подвергаютъ біологической очисткѣ.

Воды красилень выходятъ особенно загрязненными: въ нихъ встрѣчаются различныя соли, органическія вещества и красильныя пигменты. Воды боенъ, кожевенныхъ и клеваренныхъ заводовъ содержатъ много легко загнивающихъ веществъ органическаго происхожденія. Сахарныя заводы даютъ воды съ содержаніемъ органическихъ веществъ въ растворѣ и въ взвѣшенномъ состояніи и, такъ какъ воды эти выходятъ изъ завода довольно теплыми, то онѣ быстро загниваютъ, заражая окрестный воздухъ и воду тѣхъ рѣчекъ, куда ихъ спускаютъ. Ихъ очистка особенно трудна въ виду громаднаго ихъ количества, достигающаго сотенъ тысячъ ведеръ въ сутки.

Всѣ предложенныя химическіе способы ихъ очистки не достигаютъ цѣли и наилучшимъ остается способъ орошенія отводными канавами изъ отстойныхъ прудовъ или біологическая очистка.

Способъ біологической очистки сточныхъ водъ введенъ былъ первоначально въ Англии, лѣтъ 20 тому назадъ, и въ настоящее время примѣняется въ количествѣ нѣсколькихъ тысячъ установокъ въ различныхъ странахъ, начиная усиленно распространяться и въ нашемъ отечествѣ. Такъ, канализаціонныя воды Царскаго Села цѣлкомъ подвергнутся очисткѣ біологическимъ путемъ.

Сущность біологическаго метода очистки воды сводится къ возможно скорѣйшему разложенію ея органическихъ примѣсей бактеріями гниlostнаго броженія. Въ результатѣ наиболѣе сложныя по химическому составу примѣси путемъ постепеннаго распада обращаются въ элементы, входившіе въ ихъ составъ.

Проф. Дибдинъ далъ такую схему распада примѣсей, находящихся въ сточныхъ водахъ:

ПРИМѢСИ:

<i>Въ растворѣ</i>		<i>Въ взвѣшенномъ состояніи</i>	
минеральныя	органическія	минеральныя	органическія
сульфаты, хлориды, фосфаты	альбуминъ, желатинъ, хондринъ	песокъ, глина, мѣль	крахмалъ, жиры
	углеродъ, водородъ, кислородъ, азотъ.		водородъ, кислородъ, углеродъ.

Что касается крупных примѣсей, то онѣ предварительно удаляются изъ очищаемой воды, въ зависимости отъ большей или меньшей величины отдѣльныхъ включеній или:

- 1) пропусканиемъ воды черезъ металлическую рѣшетку,
- 2) выборомъ крупныхъ примѣсей механическими граблями,
- 3) удалениемъ на безконечномъ полотнѣ изъ желѣзной сѣтки,
- 4) отстаиваниемъ.

Растворенныя минеральныя примѣси оставляются безъ обработки, а органическія подвергаются: 1) восстановительнымъ процессамъ, 2) процессамъ окислительнымъ.

Возстановленіе органическихъ веществъ производится дѣйствіемъ анаэробныхъ бактерій въ особыхъ неглубокихъ бассейнахъ, называемыхъ «септикъ-тэнками», вызывая выдѣленіе изъ воды метана, водорода, азота, угольнаго ангидрида, амміака и ряда болѣе сложныхъ промежуточныхъ продуктовъ распада сложныхъ органическихъ тѣлъ. Подъ вліяніемъ жизнеспособности бактерій бѣлки и хондринъ, равно какъ и другія азотистыя тѣла, переходятъ въ растворъ, вещества безазотистыя гидролизуются, частью переходя въ растворъ, частью разлагаясь на газообразныя составныя части, а жиры расщепляются на глицеринъ и кислоты.

Въ результатѣ взвѣшенныя вещества, не удаленныя изъ сточныхъ водъ указанными выше механическими приемами, частью осѣдаютъ на дно, частью всплываютъ вверхъ, увлекаемыя пузырьками выдѣляющихся при гніеніи газовъ, образуя кору, покрывающую поверхность воды въ септикѣ. Такая плавающая кора можетъ имѣть толщину около фута. Подъ нею образуется слой болѣе или мене очистившейся воды, а ниже его слой илистаго осадка, въ которомъ, какъ и въ корѣ, сосредотачивается дѣятельность бактерій.

По наблюдениямъ д-ра В. Фавра различныя органическія вещества разлагаются въ весьма различное время, и самый процессъ разложенія пріостанавливается, если не возобновлять по временамъ жидкость въ септикъ-тенкѣ. Такъ, напр., большой кусокъ мяса разлагался въ опытахъ Фавра въ теченіе 5 недѣль, рыба въ недѣлю, свиная кость въ 6—8 недѣль, пенька, пакля, бумажныя ткани и пробки остаются безъ измѣненія. Въ общемъ надо считать, что бактеріи, дѣйствующія въ септикахъ, разрушаютъ до 60% общаго количества примѣсей, а показанія опыта требуютъ, чтобы жидкость не оставалась въ нихъ слишкомъ долго. Первоначально септики устраивались вмѣстимостью на 10-суточное количество воды, въ настоящее же время не гонятся за полнымъ разложениемъ примѣсей и оставляютъ очищаемую жидкость не болѣе, какъ на 24 часа, иногда даже на 16—14 часовъ подъ вліяніемъ гнилостныхъ бактерій.

Что касается самого устройства бассейновъ для септикъ-тенковъ, то у различныхъ конструкторовъ оно весьма разнообразно. Впускъ жидкости въ бассейнъ устраиваютъ и подъ поверхностью, и на поверхность, и черезъ отдѣльные небольшие отстойники. Потолокъ то ставятъ, то не ставятъ, довольствуясь вмѣсто него корой, покрывающей жидкость. Для удаленія грязи, накапливающейся въ бассейнѣ, устраиваютъ приспособленія, дѣйствующія во время работы септика. Дно бассейновъ сводятъ уклономъ къ ихъ головному концу. Если септики сверху закрыты, то они должны имѣть отводныя трубы. Выдѣляющіеся газы въ смѣси съ воздухомъ образуютъ взрывчатую смѣсь, могущую произвести взрывъ септика, какъ это, напр., случилось лѣтомъ 1910 г. въ установкѣ харьковской земской больницы.

Замѣтимъ, что, хотя большинство гигиенистовъ считаютъ предварительный возстановительный процессъ въ септикахъ (гноильникахъ) необходимой частью біологической очистки, проф. Дибдинъ и др. рекомендуютъ довольствоваться лишь окисленіемъ очищаемыхъ сточныхъ водъ при помощи аэробныхъ, главнымъ образомъ, нитрофицирующихъ бактерій и др. организмовъ до мухъ включительно въ т. н. біологическихъ фильтрахъ. Въ пользу септиковъ можно сказать, что они даютъ до 10% по объему жидкости горючихъ газовъ, правда, выдѣляющихся довольно неравномѣрно, но могущихъ быть использованными для освѣщенія, или двигателей.

Составъ этихъ газовъ, въ среднемъ, таковъ:

угольного ангидрида . . . . .	. 0,6%
метана . . . . .	. 24,4 „
водорода . . . . .	. 36,4 „
азота . . . . .	. 38,6% по объему.

Съ септикъ-тенковъ жидкость переводится на біологическіе фильтры или пласты. Они устраиваются или дѣйствующими непрерывно, или періодически. Непрерывно дѣйствующіе біологическіе пласты состоятъ изъ слоя пористаго матеріала, какъ то: кокса, шлака, клинкера, пористаго известняка и др. Подъ этимъ слоемъ располагаютъ дренажъ, а самый слой образуютъ изъ постепенно уменьшающихся кверху кусковъ, давая общую толщину отъ 1 до 1,5 метровъ. Чаше всего пласты складываются прямо на землѣ, не окружая ихъ стѣнами и крышей, въ противномъ же случаѣ, т. е., если пластъ помѣщаютъ внутри зданія, оно должно хорошо вентилироваться. Самой трудной задачей устройства біологической очистной станціи является равномѣрное распредѣленіе очищаемой жидкости на поверхности пласта. Лучшимъ изъ распредѣлителей можно признать автоматическій распредѣлитель Фабіана, устраиваемый въ видѣ полуналивного колеса,

приводимаго во вращеніе или тяжестью наливаемой на него жидкости, или особымъ двигателемъ и равномерно распредѣляющимъ жидкость по поверхности пласта. Въ малыхъ установкахъ подвижной распредѣлитель замѣняютъ неподвижнымъ, выпускающимъ воду автоматически открывающимися заслонками, какъ только уровень ея достигнетъ опредѣленной высоты.

Жидкость, разливаемая по поверхности біологическихъ пластовъ и проникающая черезъ нихъ, уже въ значительной мѣрѣ лишена взмученныхъ частицъ. Окончательная ея очистка производится окислительнымъ процессомъ, являющимся результатомъ жизнедѣятельности аэробныхъ, главнымъ образомъ нитрофицирующихъ бактерій, а равно и болѣе высоко организованныхъ существъ, включительно до мухъ. Результатомъ окисленія органическихъ веществъ является выдѣленіе водою газовъ: угольнаго ангидрида и амміака, какъ продукта возстановленія азотистой и азотной кислотъ. Вода, прошедшая черезъ біологическій фильтръ, лишается непріятнаго запаха, освѣтляется, не загниваетъ при стояніи и въ нѣкоторыхъ случаяхъ доводится до такой степени чистоты, что въ ней можетъ жить рыба, хотя для практическихъ цѣлей такая тщательная очистка бываетъ необходима лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

При періодической очисткѣ жидкость наливается на біологическіе пласты глубиною около метра, такъ что она наполняетъ весь пластъ до верху и стоитъ въ теченіе двухъ часовъ, послѣ чего она вся выпускается, а пластъ стоитъ четыре часа пустымъ, чтобы дать время слоямъ заимствовать изъ воздуха кислородъ, отданный ими очищаемой водѣ. Во время стоянія жидкости въ бассейнѣ въ ней развиваются бактеріи, въ особенности на поверхности, и жидкость окисляется. Во время отдыха перваго бассейна работаетъ второй и т. д. Вода такими фильтрами періодическаго дѣйствія или, какъ ихъ иногда называютъ, контактными фильтрами очищается не столь совершенно, какъ непрерывно дѣйствующими, но зато они не даютъ такого тяжелаго запаха, т. ч. ихъ можно ставить вблизи жилыхъ зданій.

Въ Англіи такіе фильтры кромѣ того снабжаются приспособленіями для дезодорациі (обезвониванія) развиваемыхъ ими газовъ.

Замѣтимъ, что для окончательнаго уничтоженія мути воду, прошедшую черезъ біологическій фильтръ, полезно сверхъ того профильтровать черезъ песокъ.

Что касается химическаго процесса, происходящаго при біологической очисткѣ, то онъ весьма сложенъ, до сихъ поръ мало изученъ

и многочисленныя реакціи его зависятъ какъ отъ преобладанія тѣхъ или иныхъ бактерій, такъ и отъ такихъ факторовъ, какъ погода, климатъ, время года и пр.

Практика послѣднихъ лѣтъ показала, что высокая стоимость первоначальнаго устройства станцій биологической очистки и ухода за ними окупаются результатами ихъ дѣйствія и для очистки городскихъ сточныхъ водъ этотъ способъ предпочтительнѣе вывоза нечистотъ, практикуемаго въ большинствѣ русскихъ городовъ. Въ особенности цѣненъ способъ биологической очистки для обезвреживанія сточныхъ водъ сахарныхъ, крахмальныхъ, винокуренныхъ и др. заводовъ, воды которыхъ богаты содержаніемъ органическихъ примѣсей.

Конденсаціонная вода паровыхъ машинъ перестаетъ быть годной для дальнѣйшаго питанія котла, увлекая смазочныя масла, отлагающіяся на огневыхъ листахъ и уже при слоѣ въ 1 миллиметръ способствующія ихъ перегрѣву. Если увлеченныя масла растительнаго или животнаго происхожденія, то передъ питаніемъ котла такая вода должна быть нейтрализована ѣдкимъ натромъ, обмыливающимъ жиры или очищена медленнымъ фильтрованіемъ черезъ древесную шерсть*), часто смѣняемую свѣжей.

Въ химическихъ производствахъ иногда помимо цѣлей очистки необходимо знать составъ сточныхъ водъ для повѣрки правильности дѣйствія заводскихъ приборовъ и аппаратовъ. Такъ, въ сахарномъ производствѣ анализъ сточныхъ водъ въ видѣ быстрой пробы на содержаніе сахара ведется почти непрерывно, потому что несвоевременное обнаруженіе проникновенія сахара въ эти воды можетъ повлечь значительный убытокъ заводу.

Вообще вопросъ о рациональной очисткѣ сточныхъ водъ, особенно фабричныхъ, еще далекъ отъ удовлетворительнаго рѣшенія, и указать общихъ способовъ нельзя, вредъ же, причиняемый этими водами, настолько великъ, что устраненіе его является въ настоящее время одной изъ важнѣйшихъ задачъ санитарной и заводской практики. Чаще всего, какъ сказано, примѣняютъ извѣсть, общая же задача—получить легко отдѣляемое отъ воды соединеніе и преимущественно такое, которое могло бы имѣть техническое примѣненіе или служить къ регенерации удаляемыхъ изъ производства сточными водами веществъ. Для окисленія органическихъ веществъ предложено въ послѣднее время продувать черезъ сточныя воды воздухъ, озонированный помощью электричества.

*) Дерево, специально строганное въ тонкія завивающіяся стружки.

§ 5. **Котельная напиль и средства къ ея устраненію.** Въ каждомъ производствѣ какъ механическомъ, такъ и химическомъ въ настоящее время преимущественнымъ источникомъ энергіи служить паръ, приводящій въ движеніе паровыя машины или паровыя турбины, въ свою очередь движущія станки и аппараты непосредственно или помощью динамо-машинъ.

Въ значительнѣйшей части современныхъ фабрикъ и заводовъ паровой котель—центральный источникъ энергіи и, вѣроятно, несмотря на всю неэкономичность, неудобства и даже опасность, еще не скоро будетъ замѣненъ чѣмъ-нибудь другимъ. Правда, количество крупныхъ заводовъ и фабрикъ, приводимыхъ въ движеніе силою паденія воды, съ теченіемъ времени растеть въ числѣ, но еще въ большей степени растеть вытѣсненіе паровыми двигателями другихъ источниковъ энергіи, мускульной силы людей, животныхъ, силы вѣтра и пр. Такъ, развитіе сѣти желѣзныхъ дорогъ, молотьба молотилками, приводимыми въ движеніе локобилемъ, увеличеніе числа паровыхъ судовъ и пр. могутъ служить примѣрами роста примѣненія силы пара. Весьма важнымъ средствомъ для сохраненія паровыхъ котловъ въ безопасномъ и пригодномъ для продолжительнаго дѣйствія состояніи, помимо правильности конструкціи котла и хорошаго за нимъ надзора, является чистота питающей котель воды. Безполезно указывать на понятную всякому опасность взрыва или даже порчи котла, причиною которыхъ зачастую бываетъ дурное качество воды. Недоброкачественная вода вызываетъ взрывы паровыхъ котловъ и еще большее число остановокъ дѣйствія механизмовъ, приводимыхъ въ движеніе паромъ изъ котла. Такая остановка дѣйствія паровыхъ машинъ можетъ въ свою очередь причинять не только матеріальный убытокъ и неудобства (остановка фабрики, прекращеніе городского электрическаго освѣщенія), но и вызывать несчастье съ поѣздомъ, пароходомъ, рудничной машиной, откачивающей воду изъ копей, и т. д. Оставляя въ сторонѣ различныя причины порчи котла, разсматриваемая въ курсахъ паровыхъ котловъ, отмѣтимъ лишь производимая водою дурного качества.

Въ каждомъ паровомъ котлѣ происходитъ перегонка воды, и всѣ вещества, бывшія въ растворѣ кромѣ газовъ, остаются въ котлѣ и, такимъ образомъ, вода въ немъ по истеченіи нѣкотораго времени заключаетъ количество примѣсей большее, нежели ихъ было въ началѣ. Если предположить, что въ теченіе часа съ cadaго кв. метра поверхности нагрѣва котла испаряется около 15 килогр. пара, то котель 50 кв. метровъ поверхности нагрѣва въ часъ испаритъ 750 килограм.

воды, а при содержаніи въ 1 килогр. воды только 0,2 *) грамма сухо-го остатка черезъ сутки въ водѣ котла будетъ уже 360 гр. **) веществъ, способныхъ образовать накипь.

Въ образованіи накипи принимаютъ участіе нерастворенныя взмученныя землястыя вещества, соли металловъ и органическіе остатки, при чемъ свойства накипи и ея внѣшній видъ зависятъ отъ состава этихъ примѣсей.

Образованіе всякой накипи представляетъ явленіе нежелательное, такъ какъ накипь вліяетъ на расходъ топлива, будучи значительно менѣе теплопроводна, чѣмъ металлическія части котла.

Теплопроводность плотной котельной накипи почти въ 15 разъ меньше теплопроводности желѣзныхъ листовъ котла и почти въ 25 разъ менѣе теплопроводности мѣди, идущей на устройство паровозной топки. Расходъ топлива въ котлѣ, покрытомъ изнутри плотной накипью, увеличивается въ $\frac{5}{4}$ противъ нормального, т. е., если для испаренія нѣкотораго объема воды въ новомъ или вычищенномъ котлѣ требуется 10 пуд. угля, то для испаренія того же объема воды котель, покрытый накипью, требуетъ 12,5 (и даже болѣе) пуд. угля.

Особенно дурная проводимость накипи обусловливается тѣмъ, что она отлагается слоями и каждый отдѣльный слой въ мѣстѣ раздѣла еще болѣе затрудняетъ передачу тепла, такъ что осадокъ тѣмъ вреднѣе, чѣмъ больше въ ней пластовъ. Затѣмъ, препятствуя водѣ омывать стѣнки котла, накипь способствуетъ ихъ выпучиванію или вдавливанію и перегоранію, результатомъ чего является быстрое изнашиваніе котла. Во время бездѣйствія котла она усиливаетъ ржавленіе стѣнокъ, связей и др. частей котла. Наконецъ, если на внутренней сторонѣ огневыхъ листовъ, особенно расположенныхъ надъ топкой, отложившійся толстый слой накипи (***) дастъ трещину или отскочить и тѣмъ обнажитъ раскаленную поверхность желѣза, то отъ внезапнаго образованія значительнаго количества пара котель можетъ лопнуть.

Все это указываетъ на настоятельную необходимость удалять накипь изъ котла, препятствовать ея образованію и, главнымъ образомъ, не давать ей плотно приставать къ стѣнкамъ котла.

*) Морская вода въ 1 килограммѣ содержитъ до 35 граммовъ солей.

**) Около 0,88 фунта.

***) При очень небрежномъ обращеніи съ котломъ толщина котельнаго камня достигаетъ до 60—75 мм., а въ трубчатыхъ котлахъ сплошь заполняется пространство между трубками.

Накипь бываетъ: а) илистая, въ видѣ грязи, легко удаляемая изъ котла вмѣстѣ съ водою, б) каменистая, въ родѣ туфа, рыхлая, с) каменистая, кристаллическаго сложенія, слоистая, довольно твердая, а иногда очень твердая.

Каменистая накипь (котельный камень) по своему химическому составу можетъ быть раздѣлена на двѣ группы: 1) съ преобладающимъ количествомъ сѣрноизвестковой соли (иногда въ видѣ ангидрида *) и 2) съ преобладаніемъ углекислотной соли. Какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ накипь можетъ заключать кромѣ кальція магній, немного глинозема, соли щелочныхъ металловъ, желѣзо въ видѣ окиси, кремневую кислоту, соли жирныхъ кислотъ, гуминовыя вещества и т. д.

Въ котлѣ накипь образуется двумя путями: непосредственнымъ осажденіемъ вслѣдствіе сгущенія раствора до предѣла насыщенія и осажденіемъ вслѣдствіе химическихъ реакцій, происходящихъ съ растворенными примѣсями воды при высокой температурѣ (которая доходитъ въ котлахъ даже до 236° С).

Противъ образованія плотной каменистой накипи предложено много различныхъ средствъ и способовъ, но всѣ они могутъ быть сведены къ двумъ группамъ: а) прибавленіе различныхъ веществъ къ водѣ въ самомъ котлѣ и б) прибавленіе различныхъ веществъ къ водѣ и осажденіе образующихся при этомъ нерастворимыхъ соединений до поступленія воды въ котель.

Способы, относящіеся къ первой группѣ, могутъ только измѣнить структуру накипи или затруднить ея прикипаніе къ стѣнкамъ котла, всѣ они мало и даже, можно сказать, совсѣмъ не практичны и, если до сихъ поръ еще иногда примѣняются, то только вслѣдствіе невѣжества лицъ, завѣдующихъ котлами, или въ виду крайней необходимости, когда нѣтъ возможности ввести предварительную очистку воды. Изъ этихъ средствъ допустимы прибавленіе соды или ѣдкаго натра, другіе же, даже патентованные, составы приносятъ болѣе вреда, чѣмъ пользы. Во всякомъ случаѣ, при употребленіи такихъ средствъ количество примѣсей въ водѣ не уменьшается, а увеличивается, и всегда слѣдуетъ избѣгать прибавлять что либо къ водѣ, непосредственно поступающей въ котель или же уже находящейся въ котлѣ.

Вода, идущая для питанія котловъ, можетъ быть прѣсной или соленой, и хотя, какъ сказано, въ морѣ на лучшихъ торговыхъ и на военныхъ судахъ для питанія котловъ примѣняютъ предварительно

**) Когда осажденіе происходитъ при высокомъ давленіи.

опрѣсненную воду, но, несмотря на непригодность морской воды, во многих случаяхъ и до сихъ поръ берутъ воду прямо изъ за борта судна.

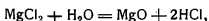
За морской водой по качеству лучшими являются воды колодець, ключей, рѣкъ, рѣчекъ, прудовъ, болотъ (при отсутствіи гуминовыхъ кислотъ) и атмосферная вода.

Послѣдняя, хотя и лучше другихъ, для питанія котловъ употребляется весьма рѣдко.

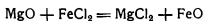
Предположимъ, что для питанія котла взята ключевая вода, содержащая много растворенныхъ солей и газовъ, и рассмотримъ процессы, происходящія въ котлѣ при ея испареніи. Раньше всего при нагрѣваніи воды изъ нея выдѣляются газы: кислородъ и азотъ воздуха, угольный ангидридъ и изъ нѣкоторыхъ водъ—сѣроводородъ. При правильномъ устройствѣ котла, когда въ немъ нѣтъ такихъ мѣстъ, въ которыхъ могутъ задерживаться выдѣляющіеся газы, они свободно уходятъ съ паромъ и, за исключеніемъ сѣроводорода, вреда не приносятъ. Сѣроводородъ, по счастью рѣдко встрѣчающійся, и при этихъ условіяхъ дѣйствуетъ на стѣнки котла разрушительно, образуя сѣрнистое желѣзо, которое въ свою очередь даетъ сѣрножелѣзистую соль, разлагающуюся въ присутствіи углекислосодержащей соли на окись желѣза и гипсъ. Но если въ котлѣ есть мѣсто, гдѣ можетъ собираться и застаиваться газъ, то кислородъ въ присутствіи воды и при высокой температурѣ довольно быстро разъѣдаетъ стѣнки котла. Избавиться отъ этого легко, устранивъ неправильности въ котлѣ. Чаще всего это бываетъ въ концахъ кипятильниковъ, если они подняты слишкомъ высоко и патрубковъ, соединяющій котель съ кипятильникомъ, отстоитъ далеко отъ конца послѣдняго, а также при неправильной осадкѣ печи котла и при ошибкѣ въ ея кладкѣ.

При дальнѣйшемъ нагрѣваніи воды разлагаются двууглекислыя соли щелочноземельныхъ металловъ и желѣза, при чемъ освобождается угольный ангидридъ, и углекислыя соли выпадаютъ изъ раствора.

Если въ водѣ есть хлористый магній, то при высокой температурѣ находящейся подъ сильнымъ давленіемъ воды онъ вступаетъ въ обмѣнное разложеніе:



давая окись магнія и соляную кислоту, которая, дѣйствуя на желѣзо котла, даетъ хлористое желѣзо, вступающее опять въ реакцію съ окисью магнія;



и т. д. Надо, впрочемъ, замѣтить, что процессъ разъѣданія хлорно-

магніевою солю котельнаго желѣза не всѣми авторами объясняется такъ и даже не всѣми признается, но если реакція идетъ такъ не всегда, то все же она возможна.

Гипсъ, требующій для растворенія 1 части 525 частей воды при 0°С, 466 при 3^ю и 571 часть при 100°, выпадаетъ изъ раствора въ началѣ съ уменьшеніемъ растворимости при нагрѣваніи, а затѣмъ при насыщеніи раствора. Вмѣстѣ съ нимъ осаждаются соли глинозема, силикаты и многія органическія вещества.

Часть этихъ выдѣлившихся изъ раствора тѣлъ плаваютъ въ водѣ, собирается въ видѣ грязи, часть прикипаетъ къ стѣнкамъ котла. Прикипаніе тѣмъ сильнѣе и накипь тѣмъ плотнѣе, чѣмъ медленнѣе она образуется.

Различныя соли выдѣляются при различной температурѣ: такъ, гипсъ выпадаетъ при 140 — 220° и садится пористымъ слоемъ игольчатыхъ кристалловъ, заполняющимся другими солями, образуя котельный камень, углекислая известь, начинающая выдѣляться уже при 140°, даетъ мягкій неприкипающій къ стѣнкамъ осадокъ, легко отдѣляемый при чисткѣ котла.

Хлористый натрій при 170 — 190° даетъ слой легко растворимаго землистаго камня, пристающаго къ стѣнкамъ. Соли калия и магнія уже при 100° выдѣляются изъ воды.

Понятно, что, если реакціи разложенія двууглекислыхъ солей помощью нагрѣванія воды произвести внѣ котла, то значительная часть растворенныхъ въ водѣ соединеній до поступленія воды въ котель изъ нея выдѣлится. Дѣйствительно, такъ и поступаютъ, употребляя приборы, называемые подогревателями (экономайзеры, экономизаторы), самый распространенный изъ которыхъ построенъ Гринномъ.

Для уловленія образующихся въ котлѣ осадковъ сконструированы различныя накипеуловители, принципъ которыхъ основанъ на томъ, что выдѣлившіяся твердыя частицы, плавающія въ водѣ, уносятся восходящими токами болѣе горячей воды, поднимаются пузырьками пара и осѣдаютъ въ тѣхъ частяхъ котла, гдѣ вода находится въ большемъ покоѣ. Если надъ дномъ котла повѣсить какой-нибудь сосудъ, то столбъ воды надъ нимъ будетъ испытывать меньшую циркуляцію, чѣмъ вода вокругъ сосуда, и плавающія частицы грязи будутъ осаждаться въ подвѣшенный сосудъ. Потцерь ставилъ въ котель надъ дномъ его корытце, въ которомъ вставлены трубки, не достигающія до поверхности воды. Вода, нагрѣваясь у дна котла, проходитъ сквозь эти трубки, усиливающія циркуляцію воды, а уносимая грязь осаждается въ корытѣ. Дерво и другіе устраиваютъ болѣе сложныя

приборы, заставляя воду котла циркулировать через систему трубъ и сосудовъ, гдѣ она движется медленно и осаждаетъ грязь, легко удаляемую изъ этихъ сборниковъ.

Для устранения прикипанія накипи къ стѣнкамъ котла иногда рекомендуютъ смазывать ихъ различными веществами, керосиномъ, дегтемъ и т. п., но все это болѣе вредно, чѣмъ полезно, потому что, затрудняя смачиваніе стѣнокъ водою, ведетъ къ ихъ прогибанію.

Химическая очистка воды до поступления въ котель ведется по способамъ, описаннымъ выше, преимущественно Кларка, Беранже и Штингля, и производится въ особыхъ очистныхъ аппаратахъ, обыкновенно состоящихъ изъ трехъ частей: сосуда для реактивовъ: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , Na_2CO_3 , сосуда для смѣшенія и отстойниковъ или фильтровъ.

При сосудахъ для реактивовъ дѣлаютъ саморегулирующіе краны, способные вливать заранее приготовленное количество раствора въ опредѣленный объемъ воды. Для ускоренія смѣшиванія и хода химической реакціи въ аппаратъ помѣщаютъ мѣшалки, или заставляютъ

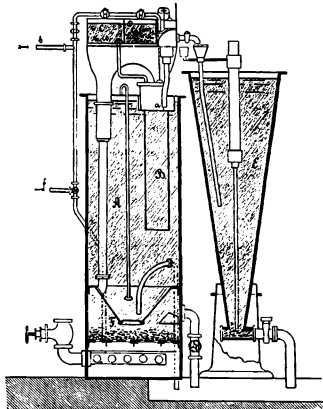


Рис. 6.—Аппаратъ Дерво-Рейсера.

воду проходить черезъ различно расположенныя перегородки, въ которыхъ приборахъ воду предварительно подогреваютъ.

Такъ, напримѣръ, аппаратъ Дене состоитъ изъ отдѣльнаго подогревателя воды (мятымъ паромъ), цилиндра, въ которомъ смѣшивается вода съ реактивами, поступающими туда посредствомъ насоса изъ особыхъ резервуаровъ, и фильтр-прессовъ.

Вода нагревается до 70—80°, аппаратъ дѣйствуетъ непрерывно и автоматически, растворы реактивовъ и вода сообразно скорости хода и діаметрамъ поршней насосовъ поступаютъ въ аппаратъ въ нужномъ соотношеніи.

Аппаратъ Дерво-Рейсера (рис. 6) служить для автоматической очистки воды, происходящей въ большомъ цилиндрическомъ сосудѣ *A*. Неочищенная вода вводится трубою въ широкую открытую снизу трубу *B*; проходя черезъ ящикъ *a* съ поплавкомъ. Въ ту же

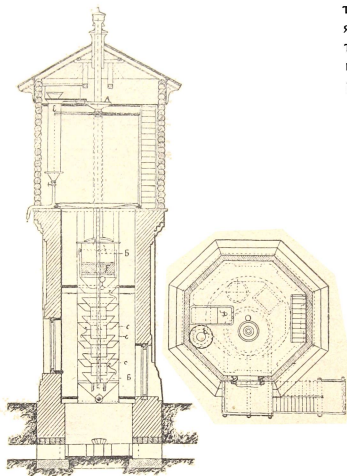


Рис. 7.—Аппаратъ Шейдта.

трубу вводится изъ ящика *C* сифонной трубою растворъ соды, при чемъ доступъ его регулируется поплавкомъ ящика *a*. Въ ящикѣ *D* смѣшивается известь съ водою въ известковое молоко, переходящее въ особый сосудъ *E*, имѣющій форму обращеннаго конуса и служащій для получения известковой воды смѣшиваніемъ известковаго молока съ неочищенной водою, входящей въ сосудъ *E* снизу. Трубочкой *e* известковая вода втекаетъ въ трубу *B*. Осадокъ, образующійся еще въ трубкѣ *B* при смѣшеніи воды съ растворами соды и

извести, опускается на дно сосуда *A*, а вода, пройдя песчаный фильтр *F*, по трубкѣ *f* выводится наружу. Осадокъ изъ сосуда *A* и *E* периодически удаляется, также периодически промываютъ обратнымъ токомъ воды песчаный фильтр. Аппаратъ Дерво-Рейсера примѣняется и для удаленія смазочныхъ маселъ изъ конденсационной воды.

Довольно большимъ распространеніемъ пользуется аппаратъ Шейдта. (Рис. 7). Химическіе реактивы при немъ тѣ же, что въ аппаратѣ Дерво-Рейсера. Для ускоренія осажденія образовавшихся углекислыхъ солей вода послѣ смѣшенія съ водою и известковымъ молокомъ поступаетъ въ высокій цилиндръ *A*, гдѣ идущую по оси

цилиндра трубкою *B* доводится до его дна, а поднимаясь, встрѣчаетъ рядъ воронокъ *c*, оставляя въ нихъ осадки, опускающіеся внизъ. Въ резервуарѣ *E* помѣщенъ растворъ соды, а въ *D* известковое молоко. Пройдя черезъ фильтръ *F*, вода, уже очищенная, поступаетъ въ бакъ.

Описаніе этихъ аппаратовъ даетъ понятіе и о другихъ, назначенныхъ для той же цѣли.

Что касается стоимости очистки, то она во всякомъ случаѣ окупается на топливъ и болѣе продолжительной службѣ котла. По нѣмецкимъ даннымъ стоимость очистки воды около 0,06 коп. за ведро, на русскихъ заводахъ вслѣдствіе болѣе высокой стоимости соды она дороже.

Жесткость воды, выходящей изъ аппарата, всего около 2° нѣмецкихъ, тогда какъ вода, содержащая до 7°, вполне годна для употребленія въ дѣло.

§ 6. **Искусственное полученіе льда.** Обращеніе жидкой воды въ твердое состояніе, ея замораживаніе, въ настоящее время въ большихъ количествахъ производится искусственно. Существуетъ 4 способа искусственнаго полученія льда, сводящихся къ отнятію у воды такого количества тепла, что она отвердѣваетъ: испареніемъ части воды, раствореніемъ въ ней солей, охлажденія ея расширяющимся воздухомъ, охлажденія испареніемъ сжиженныхъ газовъ или легко летучихъ жидкостей.

Первый способъ отнятія теплоты испареніемъ примѣнимъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ, такъ какъ требуетъ особыхъ атмосферныхъ условій: сравнительно низкой температуры воздуха и сильнаго вѣтра. Разбрызгивая при указанныхъ условіяхъ воду съ высоты или наливая ее сверху на кучи хвороста, способствуютъ ея испаренію. При послѣднемъ необходимая для этого теплота заимствуется отъ остающейся воды, которая частью обращается въ ледъ. Каждый килограммъ воды, испаряясь при 0°, переходя въ паръ той-же температуры, отнимаетъ отъ окружающей среды 607 большихъ калорій, а обращаясь въ ледъ, отдаетъ 80 калорій, слѣдовательно при испареніи на вѣтру 1 кг. воды, имѣющей температуру близкую къ 0°, около 7,5 кг. ея обращается въ ледъ.

Второй способъ замораживанія воды растворами, точка замерзанія которыхъ лежитъ ниже 0°, примѣняется для полученія небольшихъ количествъ льда. Онъ сводится къ возможно быстрому перемѣшиванію мелкодробленныя солей съ водою и къ погруженію въ смѣсь другого сосуда съ чистой водою. Такъ, смѣсь изъ 1 част. толченнаго льда или снѣга, 0,4 поваренной соли и 0,2 нашатыря понижаетъ температуру отъ 0° до—24°; смѣсь равныхъ количествъ воды и азотно-кислаго аммонія понижаетъ температуру на 27°.

Изъ образовавшагося раствора выдѣляютъ (регенерируютъ) соль для повторенія операциі выпариваніемъ, что требуетъ около $\frac{1}{3}$ ч. по вѣсу топлива на каждую вѣсовую ед. льда, полученнаго при помощи охладительной смѣси. Для примѣра приведемъ такой расчетъ: надо охладить 1 кгр. воды при $+10^{\circ}$ до 0° и превратить ее въ ледъ, т. е. отнять отъ воды 90 ед. тепла, смѣсь 1 кгр. соли съ такимъ же количествомъ воды можетъ отнять около 30 калорій, для быстроты операциі надо взять 4 кгр. соли и 4 кгр. воды, которые и заморозятъ 1 кгр. воды въ отдѣльномъ сосудѣ, погружаемомъ въ смѣсь. Для того же, чтобы вновь получить безводную соль, надо будетъ затратить на испареніе смѣшанной съ нею воды около 2560 калорій. Такое количество тепла, какъ узнаемъ далѣе въ отдѣлѣ о топливѣ, даетъ $\frac{1}{3}$ килограмма хорошаго твердаго горючаго. Слѣдовательно въ экономическомъ отношеніи способъ не выгоденъ; его достоинства: быстрота, отсутствіе какихъ либо специальныхъ приборовъ, чистота готоваго продукта.

Третій способъ,—отнятіемъ тепла расширяющимся воздухомъ, былъ предложенъ Нэсмондомъ въ 1852 г. и введенъ въ техническую практику Виндгаузенемъ въ 70-хъ годахъ минувшаго вѣка. Онъ основанъ на явленіи охлажденія воздуха (и др. газовъ) при увеличеніи его объема съ уменьшеніемъ внѣшняго давленія. Принципъ дѣйствія воздушныхъ холодильныхъ машинъ, т. н. рефрижираторовъ таковъ: охлажденный до $+10^{\circ}$ воздухъ сжимается до 2—3 атмосферъ при продолжающемся охлажденіи, не дающемъ ему нагрѣваться отъ сжатія, и выпускается подъ поднимающійся поршень. Наполняя большое пространство, образующееся въ цилиндрѣ при ходѣ поршня, воздухъ, расширяясь, охлаждается до -50° . При обратномъ ходѣ поршня воздухъ вытѣсняется въ охладительную камеру, замораживая находящуюся въ ней воду, и еще холоднымъ течетъ черезъ внѣшнюю оболочку того цилиндра, въ которомъ въ это время сжимается до 2—3 атм. другая порція воздуха, не давая ей нагрѣваться.

На 1 в. ч. топлива по этому способу можно получить до 10 в. ч. льда. Рефрижираторы помимо указанной цѣли находятъ широкое примѣненіе въ другихъ случаяхъ искусственнаго пониженія температуры, напр., при перевозкѣ мяса на судахъ и пр.

Наиболѣе распространенъ въ практикѣ полученія большихъ количествъ льда четвертый способъ.

Старѣйшимъ приборомъ для полученія льда при испареніи амміака является приборъ Лесли (1810 г.), усовершенствованный въ 1867 г. Карре, а въ 1884 г. Виндгаузенемъ.

Аппаратъ Карре (рис. 8) состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ сосудовъ, соединенныхъ трубкой. Въ первый сосудъ *A* вливаютъ растворъ амміака (нашатырный спиртъ), насыщенный при 0° . Сосудъ этотъ погружаютъ въ теплую воду, наполняющую резервуаръ *C*, отчего амміакъ выдѣляется изъ раствора и черезъ клапанъ *G* конденсируется въ сосудѣ *F*. Когда давленіе амміака въ послѣднемъ сосудѣ дойдетъ до 7 атм., во внутренней сосудѣ *E* вводятъ тонкостѣнный цилиндръ *D* съ водой, предназначенной для замораживанія, и опускаютъ сосудъ *A* въ холодную воду. Жидкій амміакъ, стремясь раствориться въ водѣ сосуда *A* (растворимость амміака въ водѣ при 0° болѣе 1100 объемовъ въ объемѣ воды), энергично испаряется изъ сосуда *F*, при чемъ температура его падаетъ до -33° .

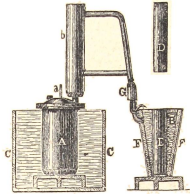


Рис. 8.—Аппаратъ Карре.

При полученіи значительныхъ количествъ льда амміакъ замѣняютъ метиловымъ эфиромъ, сѣрнистымъ угольнымъ ангидридомъ и др. легко-кипящими жидкостями, или легко сгущаемыми въ жидкость газами. Эти машины введены въ практику съ 1861 г. различными конструкторами: Телле, Пикте, Линде и др.

Работаютъ эти машины при помощи компрессоровъ и расширителей, подобно воздушнымъ. Стоимость получающагося въ нихъ льда обходится отъ 2,5 до 3,5 к. пудъ.

Льдодѣлательные заводы особенно распространены въ Сѣв. Ам. Соед. Шт. Въ Россіи они прививаются медленно, такъ какъ масса населенія не сознаетъ вреда отъ пользованія естественнымъ ледянымъ покровомъ природныхъ водовмѣстилищъ, зараженнымъ микроорганизмами, въ большинствѣ случаевъ выносящими продолжительное замораживаніе и вновь становящимися вирулентными при оттаиваніи.

Были случаи ликвидаціи прекрасно оборудованныхъ ледяныхъ заводовъ (напр., въ 90-хъ годахъ прошлаго вѣка въ г. Николаевѣ съ болѣе чѣмъ сто-тысячнымъ населеніемъ) за полнымъ отсутствіемъ спроса на искусственный ледъ. Впрочемъ, въ послѣднее время аппараты для искусственнаго изготовленія льда начали примѣняться на русскихъ пивоваренныхъ заводахъ, какъ это уже давно практикуется въ западной Европѣ.

Современныя усовершенствованныя машины даютъ до 15 кг. льда на 1 кг. топлива, расходуемаго для приведенія въ движеніе компрессоровъ. Вода для замораживанія предварительно стерилизуется и въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже перегоняется предварительно, что вполне гарантируетъ безопасность употребленія полученнаго изъ нея льда для примѣненія послѣдняго внутрь какъ лѣчебнаго средства при нѣкоторыхъ болѣзняхъ, при добавленіи къ освежающимъ напиткамъ, въ кушанья и пр.

ГЛАВА II.

Твердое топливо.

§ 1 **Общее понятие о топливѣ.** Топливомъ въ общемъ смыслѣ слова будетъ всякое горючее вещество, выдѣляющее при сгораніи болѣе или менѣе значительное количество тепла. Топливо можетъ быть твердое, жидкое и газообразное. Мы ознакомимся съ наиболѣе часто примѣняемыми въ практикѣ представителями всѣхъ этихъ родовъ горючаго.

Главнѣйшими технически примѣнимыми сортами твердаго топлива являются вещества растительнаго происхожденія, богатая углеродомъ, а именно: дерево, торфъ, каменный уголь и приготовляемые изъ нихъ древесный уголь, коксъ и брикеты. Менѣе значительно примѣненіе камыша, соломы, лузги, древесныхъ опилокъ и стружекъ, а также животныхъ отбросовъ, кизяка и пр.

Достоинство топлива прямо пропорціонально количеству тепла, выдѣляемому при сгораніи опредѣленной массы топлива. Въ частности, помимо этого главнаго требованія, къ топливу предъявляютъ и другія, какъ-то: возможную дешевизну, компактность, возможно меньшій относительный удѣльный вѣсъ, высокій пирометрической эффектъ, опредѣленную низкую или высокую температуру воспламененія, длинное или короткое пламя, даваемое топливомъ при горѣніи, и пр.

Количество тепла, выдѣляемаго топливомъ при сгораніи, измѣняется калоріями, и число большихъ калорій, выдѣляемыхъ при полномъ сгораніи одного килограмма топлива, называется его теплотворной способностью. Напомнимъ, что калорія есть такое количество тепла, которое нужно затратить на нагрѣваніе одного килограмма воды отъ 0°С. до 1°С., одна тысячная доля этого количества называется малой калоріей.

§ 2 **Дрова, сорта ихъ, составъ дерева.** Дерево примѣняется въ настоящее время какъ топливо почти исключительно въ странахъ богатыхъ лѣсомъ, и съ каждымъ годомъ все большее количество древеснаго топлива вытѣсняется каменнымъ углемъ, торфомъ и нефтяными остатками.

Благодаря цѣнности дерева какъ подѣлочнаго матеріала, для топлива пользуются обыкновенно лишь частями ствола, сучьями, пнями, не пошедшими въ обдѣлку, или отбросами при обработкѣ дерева механическимъ путемъ (стружками и опилками *), или, наконецъ, рубятъ на дрова цѣлыя деревья изъ лѣса, не идущаго въ механическую обработку и для строительныхъ цѣлей по непригодности породы дерева или отдѣльныхъ стволовъ. Впрочемъ, въ мѣстностяхъ, богатыхъ лѣсами, но удаленныхъ отъ удобныхъ путей сообщенія, жгутъ въ видѣ дровъ или пережигаютъ на уголь строевой и вообще годной для другого дѣла лѣсъ, обезцѣненный вслѣдствіе трудности вывоза.

Деревья, идущія специально на топливо, рубятъ и распиливаютъ на полѣнья различной, смотря по мѣстнымъ условіямъ, длины, отъ 6 вершковъ до 2—3 аршинъ, а затѣмъ доставляютъ къ мѣсту потребленія сплавомъ или гужомъ.

Такъ какъ живое дерево содержитъ много влаги (въ среднемъ почти половину по вѣсу древесины), то дрова оставляютъ обыкновенно на мѣстѣ рубки для просушки. Рубятъ лѣсъ преимущественно въ зимнее время, потому что тогда рубка обходится дешевле, а также въ деревнѣ зимою содержаніе сока меньше, чѣмъ весною. Последнее особенно замѣтно у хвойныхъ деревьевъ. Высохшія на воздухѣ дрова,—воздушно-сухія, обыкновенно еще содержатъ до 20% влаги, но дерево годится для топки даже при содержаніи 30% влаги, почему особой сушкѣ дрова подвергаютъ рѣдко. Удаленіе коры, распиловка на меньшія по величинѣ полѣнья, способъ кладки, дающій большій доступъ воздуха, увеличиваютъ быстроту высыханія дровъ.

Въ Россіи на дрова идутъ: береза, грабъ, букъ, дубъ, ольха, сосна, ель, осина, а также ива, орѣшникъ и пихта.

Теплотворная способность дровъ, полученныхъ изъ различныхъ породъ дерева, въ практикѣ принимается одинаковой при равной степени сухости, но тѣмъ не менѣе различныя дрова различно и цѣнятся въ зависимости отъ ихъ вѣса, плотности, сухости, способа укладки, размѣрамъ и способа доставки.

*) Иногда и эти отбросы утилизируютъ другимъ путемъ, готовя изъ нихъ искусственныя доски, бумажную массу и пр.

Сплавная дрова совершенно основательно цѣнятся ниже гуже-выхъ, такъ какъ теплотворная способность ихъ меньше, потому что часть горючихъ веществъ, въ нихъ содержащихся, выщелачивается водою при сплавѣ.

Расцѣниваютъ дрова почти повсемѣстно въ Россіи по объему, что неправильно, такъ какъ объемъ, занимаемый дровами (считая здѣсь и промежутки между полѣньями), мѣняется въ зависимости отъ величины дровъ и способа укладки. Для различныхъ цѣлей требуются и дрова различнаго качества.

Плотныя породы (напримѣръ дубъ) горятъ медленно, пламя ихъ не велико, отчего онѣ берутся тамъ, гдѣ на первомъ планѣ стоитъ равномѣрность нагрѣванія. Дрова, заготовленные изъ мягкихъ породъ (береза, сосна), сгораютъ быстро и совершенно, почему хороши тамъ, гдѣ требуется скорое получение высокой температуры. Смолистыя дрова идутъ въ тѣхъ случаяхъ, когда пламя нужно длинное. Осинья дрова также даютъ большое пламя, почему примѣнимы въ хлѣбопекарняхъ.

Со стороны химическаго состава древесина всѣхъ лѣсныхъ породъ почти тождественна и состоитъ преимущественно изъ клетчатки— $C_6H_{10}O_5$ и инкрустирующаго вещества—лигнина, формула котораго не установлена. Сверхъ того не высохшее, свѣже срубленное дерево содержитъ значительное количество сока, состоящаго главнымъ образомъ изъ воды, въ которой находятся различныя растворенныя и нерастворенныя вещества, органическія и минеральныя, какъ то: соли, кислоты, углеводы, смолы, эфирныя масла, бѣлки, красильныя вещества и пр.

Присутствіе въ деревѣ большого количества смолистыхъ веществъ дѣлаетъ его технически примѣнимымъ для полученія дегтя, смолы, терпентина.

Содержаніе сока въ деревѣ мѣняется съ породою, возрастомъ, мѣстностью и временемъ года. Въ общемъ количество воды въ свѣжемъ деревѣ колеблется въ широкихъ предѣлахъ отъ 40—70%, но приблизительно, какъ сказано выше, вѣсъ ея равенъ почти $1/2$ вѣса дерева. Сухая древесина на половину состоитъ изъ углерода. При продолжительномъ нагрѣваніи безъ доступа воздуха древесина разлагается, при чемъ значительная часть углерода, заключеннаго въ ея составныхъ частяхъ, остается въ видѣ угля, сохраняющаго структуру дерева. При продолжительномъ прокаливаніи оставшагося угля на воздухѣ онъ переходитъ въ летучія соединенія съ кислородомъ, а нелетучія минеральныя составныя части дерева остаются въ видѣ золы, которой въ среднемъ бываетъ около $1\frac{1}{2}\%$ по вѣсу взятаго дерева (отъ 0,2% до 5%).

Путем сухой перегонки, т. е. медленного нагрѣванія дерева безъ доступа воздуха, получается цѣлый рядъ газообразныхъ, жидкихъ и твердыхъ продуктовъ, при чемъ конечнымъ продуктомъ перегонки будетъ уголь. Его количество, а равно и количество тѣхъ и иныхъ примѣняемыхъ въ технику промежуточныхъ продуктовъ перегонки зависитъ отъ продолжительности гонки и измѣненій температуры въ это время. Слѣдовательно, по желанію можно получать изъ дерева тотъ или другой продуктъ преимущественно.

§ 3. **Краткое понятіе о сухой перегонкѣ дерева и ея продуктахъ.** Мы лишь вкратцѣ опишемъ производство сухой перегонки, служащей для полученія ея главнѣйшихъ продуктовъ: метилового спирта, уксусной кислоты и смолы или дегтя. Первые два, равно какъ древесный свѣтильный газъ, креозотъ, ацетонъ, іодоформъ и прочія вещества, получаютъ на благоустроенныхъ заводахъ, а деготь и смола добываются преимущественно примитивнымъ кустарнымъ способомъ.

Приспособленія, служащія для сухой перегонки дерева, различны, въ зависимости отъ ихъ назначенія и конструкціи. Мы опишемъ лишь наиболѣе примѣнимыя и чаще встрѣчающіяся.

Для полученія подсмольной воды, смолы и угля въ остаткѣ служатъ горизонтальные казаны (рис. 9) и реторты или вертикальные кубы.

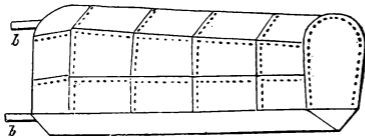


Рис. 9.—Казанъ.

Казаны клепляются изъ листового желѣза и имѣютъ различные размѣры. Вертикальные кубы, удобные для полной перегонки, снабжаются загрузнымъ отверстиемъ сверху, прикрываемымъ герметически, и выгребнымъ отверстиемъ для удаленія угля, а также трубою для отвода летучихъ продуктовъ.

Реторты, вмазываемыя въ печь по нѣсколько штукъ, бываютъ какъ чугунныя, такъ и желѣзныя и преимущественно употребляются въ тѣхъ случаяхъ, когда дерево при перегонкѣ подвергаютъ высокой температурѣ съ цѣлю получить большее количество летучихъ продуктовъ.

Загруженное въ реторту или казанъ дерево подвергаютъ нагрѣванію сначала при помощи твердаго топлива, а затѣмъ на благоустроенныхъ заводахъ помощью горючихъ газовъ, выдѣляющихся при перегонкѣ. Температуру поднимаютъ постепенно, при чемъ до 150°

дерево сохнетъ, выдѣляя гигроскопическую воду. Выше 150° начинается выдѣленіе метилового спирта и уксусной кислоты, а при 200° дерево обугливается и начинаетъ разлагаться съ выдѣленіемъ легко летучихъ продуктовъ, преимущественно углеводородовъ, а также окиси углерода и угольного ангидрида, при чемъ образованіе спирта почти прекращается, а уксусная кислота продолжаетъ выдѣляться до конца гонки. Между 330° — 432° гонятся преимущественно тяжелые углеводороды и смоляныя кислоты, общая смѣсь которыхъ называется смолою. Выше 430° обыкновенно температуру не поднимаютъ, такъ какъ уже при ней выдѣленіе продуктовъ становится незначительнымъ и дальнѣйшее нагрѣваніе было-бы не экономично. Увеличиваютъ температуру вначалѣ быстро, а затѣмъ медленно, продолжая нагрѣваніе отъ 6 до 24 часовъ. Выдѣляющіеся продукты отводятъ по трубамъ въ холодильники. Холодильникъ устраиваютъ, свертывая газоотводную трубку змѣевиномъ и помѣщая ее въ бакъ, наполненный водой, смѣняемой по мѣрѣ ея нагрѣванія, или проводя трубку черезъ колѣнчатую трубу болѣе широкаго размѣра, внутри которой непрерывно протекаетъ холодная вода.

Не сгустившіеся въ холодильникѣ продукты, если перегонка не имѣетъ специальной цѣли полученія свѣтлѣнаго газа, вводятся въ топку, гдѣ и сжигаются, экономизируя топливо. Последнее представляетъ нѣкоторую опасность въ отношеніи могущей образоваться взрывчатой смѣси и требуетъ особыя предосторожности, почему иногда летучіе продукты прямо выпускаютъ въ атмосферу.

Сгустившіеся въ холодильникѣ части стекаютъ въ деревянные чаны, гдѣ и отстаиваются въ теченіе сутокъ, раздѣляясь по удѣльному вѣсу на тяжелую смолу, опускающуюся на дно, и собирающуюся надъ нею подсмольную воду.

При перегонкѣ хвойныхъ породъ поверхъ воды плаваютъ обыкновенно тонкій слой скипидара, собираемый отдѣльно. Полученіемъ этихъ продуктовъ и заканчивается общая или первичная гонка.

Давъ жидкости отстояться, краномъ, расположеннымъ выше дна, спускаютъ подсмольную воду въ сборный бакъ большаго размѣра, а оттуда чаще всего ручными насосами перекачиваютъ въ котлы для вторичной отгонки.

Смола идетъ въ дѣло прямо или разбивается тоже на фракціи. Дальнѣйшая разработка подсмольной воды или, какъ ее иногда называютъ, древеснаго уксуса, заключается въ выдѣленіи изъ нея цѣнныхъ продуктовъ, преимущественно метилового или древеснаго спирта C_2H_5O и уксусной кислоты $C_2H_3O_2$. При перегонкѣ подсмольной воды сначала идетъ жидкость удѣльнаго вѣса около 1, желтова-

таго цвѣта, съ рѣзкимъ запахомъ пригорѣлаго дерева. Главныя составныя части ея—древесный спиртъ и вода съ примѣсью уксусной кислоты и смолистыхъ веществъ. Кубъ для перегонки берутъ мѣдный, если нагрѣваніе производятъ голымъ огнемъ, или деревянный при нагрѣваніи подсмольной воды паромъ; шлемы дѣлають оловянные или деревянные.

Въ желѣзныхъ и чугунныхъ кубахъ можно перегонять, нейтрализовавъ предварительно древесный уксусъ известью или содой.

Спиртъ при нагрѣваніи отгоняется очень слабый, почему его подвергаютъ дефлегмаціи или отнимають воду негашеной известью.

Дефлегмація достигается помощью различныхъ приборовъ, изъ которыхъ весьма хорошо дѣйствуетъ тарелочный. Принципъ дѣйствія тарелочнаго дефлегматора понятенъ изъ схематическаго чертежа (рис. 10). Пары, выходящія изъ перегоннаго куба, ударяють въ

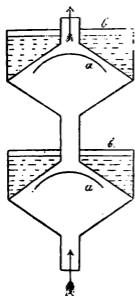


Рис. 10.—Тарелочный дефлегматоръ.

металлическія тарелки *а*, подвѣшенныя въ расширенияхъ трубы. Надъ расширениями въ кольцевыя пространства *б* наливають постоянно смѣняющуюся холодную воду. Часть паровъ, имѣющая высшую точку кипѣнія, осѣдаетъ на тарелкахъ и въ расширенияхъ и стекаетъ обратно въ кубъ. Отгонку спирта ведутъ, пока объемъ жидкости въ кубѣ не уменьшится на $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$ первоначальнаго, или пока выходящія пары утратятъ способность воспламеняться при зажиганіи. Отгнавъ затѣмъ отдѣльно до $\frac{1}{2}$ объема, къ остатку прибавляютъ новую порцію древеснаго уксуса. Отогнанный спиртъ подвергаютъ ректификаціи въ присутствіи извести. Ректификаціей называется обогащеніе паровъ смѣси жидкостей съ разными точками кипѣнія составныхъ частей парами болѣе летучаго вещества.

Достигаютъ это, вводя пары смѣси въ жидкую смѣсь тѣхъ же веществъ, въ данномъ случаѣ воды и метиловаго спирта. Жидкость нагрѣвается, а пары охлаждаются, при чемъ изъ жидкой смѣси спиртъ испаряется, а изъ смѣси паровъ вода конденсируется.

Метиловый спиртъ въ очищенномъ видѣ имѣетъ уд. в. 0,8142, кипитъ при 66° , безцвѣтенъ и прозраченъ, при отсутствіи примѣсей запахъ его напоминаетъ запахъ виннаго спирта; ядовитъ; при употребленіи внутрь вызываетъ потерю зрѣнія. Горитъ блѣднымъ пламенемъ, растворяетъ смолы, примѣняется въ технику для произ-

водства лаковъ и въ красильномъ дѣлѣ, а также какъ горючее для лабораторныхъ лампъ и переносныхъ нагрѣвательныхъ приборовъ. Теплотворная способность метиловаго спирта 5307 калорій *).

Подсмольную воду, лишенную спирта, обрабатываютъ съ цѣлью полученія уксусной кислоты или ея солей.

Для удаленія изъ подсмольной воды смолы можно пропускать ее черезъ толстый слой кокса навстрѣчу струѣ нагрѣтаго воздуха. Смолистыя части при этомъ, окисляясь, сгущаются и удерживаются коксомъ, а вытекающая безцвѣтная жидкость представляетъ почти чистый растворъ уксусной кислоты въ водѣ. Обыкновенно же получаютъ уксусную кислоту въ видѣ известковой соли, нейтрализуя ея нечистый растворъ известью въ большихъ деревянныхъ чанахъ:



Прозрачный растворъ отстаиваютъ, сливаютъ и упариваютъ на плоскихъ желѣзныхъ сковородахъ, счерпывая выдѣляющееся на поверхности смолистое вещество ковшами. Для окончательнаго удаленія смолистыхъ веществъ выпаренную до суха соль нагрѣваютъ до 230°—250°. При такомъ полученіи уксусно-известковая соль носитъ техническое названіе порошка и служитъ исходнымъ матеріаломъ для полученія чистой уксусной кислоты и другихъ ея солей.

Остатокъ отъ первоначальной гонки—смолу раздѣляютъ вторичной перегонкой, отгоняя летучія части—легкое масло—и получая въ остаткѣ твердѣющій на воздухѣ пекъ. Иногда не довольствуются такимъ несложнымъ раздѣленіемъ и ведутъ перегонку «до суха», т. е. получаютъ послѣ отгона легкаго масла еще тяжелыя масла, перерабатывая ихъ на смазочныя масла и мази. Перегонку ведутъ во избѣжаніе преждевременнаго сгущенія продуктовъ отгонки въ невысокихъ котлахъ со шлемомъ, нагрѣваемыхъ снизу доверху и защищенныхъ сверху отъ охлаждения.

Легкихъ маселъ отгоняютъ изъ смолы хвойныхъ деревьевъ отъ 8% до 15%, а изъ дегтя лиственныхъ породъ до 70%. Для отгонки тяжелыхъ маселъ температуру повышаютъ до свѣтлокраснаго каленія.

Очищенное отгонкой масло подвергаютъ послѣдовательной обработкѣ известью и сѣрной кислотой и вновь раздѣляютъ на разнокипящія порціи новой перегонкой, получая изъ легкихъ маселъ освѣтительныя масла (на русскихъ заводахъ не примѣняютъ), а изъ тяжелыхъ—смазочныя масла.

*) Теплотворная способность виннаго или этиловаго спирта $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ равно 7183,6 калорій, при отсутствіи акциза онъ могъ бы служить прекраснымъ топливомъ.

Цвѣтъ смазочныхъ маселъ долженъ быть желтый, они весьма жирны на ощупь и содержатъ предѣльные углеводороды, близкіе къ параффи́ну — $C_{30}H_{62}$.

Изъ той порціи тяжелыхъ маселъ, что гонится тотчасъ вслѣдъ за легкими, готовятъ различныя мази (экипажную, сбруйную), прибавля къ нимъ красящія вещества, какъ то графитъ, сажу и т. п.

Изъ смолы хвойныхъ деревъ получаютъ отгонкою плохой сортъ скипидара, а въ остаткѣ варъ.

§ 4. **Сидна дегтя.** Иногда перегонка ведется исключительно для полученія дегтя. Кустарный способъ полученія дегтя носитъ техническое названіе: сидка дегтя. Деготь — жидкая, нерастворимая въ водѣ смѣсь летучихъ углеводородовъ и растворенныхъ въ нихъ смолистыхъ веществъ. Летучіе углеводороды обуславливаютъ характерный запахъ дегтя и его легкую воспламеняемость, смолы способствуютъ твердѣнію при высыханіи. Благодаря присутствію высихшихъ феноловъ (особенно крезола), деготь служитъ хорошимъ дезинфицирующимъ и противогнилостнымъ средствомъ.

Какъ матеріалъ для полученія дегтя примѣняютъ бересту, основую кору или смолу съ берестой, сообразно чему и получаютъ деготь березовый, осиновый и половинчатый, или перегонъ.

Сидка дегтя изъ бересты или осиновой коры производится простѣйшимъ способомъ въ ямахъ, вырывааемыхъ въ землѣ. Дно ямы утрамбовываютъ покато и выстилаютъ наклонно досками, образующими желоба, по которымъ деготь стекаетъ въ выдолбленную колоду, а оттуда въ ведро. Яму наполняютъ берестой и покрываютъ землею, дерномъ и другими плохими проводниками тепла. Разобравъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ покрывку, поджигаютъ бересту и присыпаютъ отверстія землею, чтобы пламя не пробивалось наружу. Деготь, полученный такой примитивной гонкой, обыкновенно плохого качества и выходъ его весьма незначителенъ, въ среднемъ не болѣе 12% могущаго быть полученнымъ теоретически. Болѣе совершеннымъ является полученіе дегтя въ казанахъ, въ которыхъ выходъ достигаетъ 30%.

Казаны клепятся изъ желѣзныхъ въ $1\frac{1}{3}$ " листовъ, имѣютъ пирамидальную форму, отверстіе для забрасыванія въ нихъ коры и трубу для спуска дегтя. Для облегченія стока дно казана покато къ срединѣ. Въ печь казаны вмазываются го одному или попарно, горизонтально, широкимъ концомъ къ очагу. Огонь разводятъ сначала по всей топкѣ, потомъ сгребаютъ жаръ въ передній конецъ и отсюда постепенно передвигаютъ его вглубь очага.

Все же при этомъ частью получается подсмольная вода, отъ которой деготь отдѣляютъ отстаиваніемъ въ открытыхъ котлахъ. Такъ какъ, чѣмъ быстрѣ идетъ гонка, тѣмъ больше получается легколетучихъ и газообразныхъ продуктовъ, то при полученіи дегтя надо слѣдить за медленнымъ и равномернымъ повышеніемъ температуры.

Для полученія смолы берутъ части деревь хвойной породы, богатая смолистыми веществами: осмолъ или смольнякъ, т. е. пни и корни, оставшіеся послѣ рубки лѣса, сучья, сердцевину и пр. Гонка смолы (или «курение смолы»), какъ и дегтя, производится въ ямахъ, кожуховыхъ печахъ, въ котлахъ и казанахъ. Сообразно матеріалу и способу гонки смола получается болѣе или менѣе лучшаго качества и носитъ торговья названія: шведская, красная или снастная смола, свѣтло-бураго или желто-краснаго цвѣта, густая и обладающая пріятнымъ скипидарнымъ запахомъ. Получается она изъ стволовъ и цѣнится дороже другихъ сортовъ, примѣняется для смоленія канатовъ.

Кубовая или казанная смола—жидкая, черная съ зеленымъ отливомъ, идетъ на осмолку судовъ и смазываніе колесъ. Черная смола—густая, лучше предыдущей. Смола и крянка менѣе чиста, добывается примитивнымъ способомъ и представляетъ смѣсь жидкой смолы съ небольшими твердыми крупинками. Худшій сортъ смолы—смола недѣлянка, ржеватаго цвѣта, съ значительной примѣсью подсмольной воды, плавающей въ смолѣ въ видѣ капель.

Пригорѣвшую смолу перегоняютъ на половинчатый деготь, перегонъ или духовую смолу. Для полученія этого продукта въ казанѣ ставятъ котлы со смолою, окружаютъ ихъ берестой и гонятъ, какъ при добычѣ дегтя. Перегонъ черный съ зеленымъ отливомъ, жидкій и содержитъ около $\frac{1}{4}$ дегтя.

Общее количество дегтя и смолы, добываемое въ Россіи ежегодно, не менѣе 6 милліоновъ пудовъ, но, къ сожалѣнію, въ громадномъ большинствѣ случаевъ добываніе ведется не экономично и продуктъ получается посредственнаго качества. Главными мѣстами сидки дегтя являются губерніи: Костромская, Вологодская, Олонецкая и Новгородская, а смолокурение особенно развито въ Архангельской и Вологодской губерніяхъ, при чемъ значительное количество сосновой смолы, здѣсь добываемой, черезъ Архангельскій портъ вывозится за-границу.

§ 5. Угленженіе. Конечнымъ продуктомъ всякой сухой перегонки является уголь.

Иногда специально съ цѣлю его полученія дерево пережигаютъ, пренебрегая болѣе цѣнными продуктами.

Древесный уголь далеко не представляет чистаго углерода, котораго въ немъ въ среднемъ всего до 80⁰/₀; въ углѣ остается несгораемый минеральный остатокъ — зола до 1⁰/₀ по вѣсу, и имъ поглощаются продукты сухой перегонки, вода и кислородъ, общій вѣсъ которыхъ около 20⁰/₀ вѣса угля.

Такой уголь сохраняетъ структуру древесины, изъ которой онъ полученъ. Уголь, обожженный при температурѣ 1775⁰, содержитъ:

углерода	96,5
зола	1,95
водорода	0,6
кислорода и азота	0,95

въ 100 частяхъ,

но уголь, получаемый при высокой температурѣ, очень плотенъ, горитъ съ трудомъ и не экономиченъ.

Для полученія изъ дерева возможно большаго количества заключающагося въ немъ углерода стараются избѣгнуть перехода углерода въ летучіе продукты перегонки, въ CO, CO₂, CH₄, C₂H₂ и другіе газы. Замѣчено, что при быстромъ значительномъ повышеніи температуры во время сухой перегонки количество остающагося угля уменьшается, почему придерживаются обратнаго метода, когда хотятъ получить главнымъ образомъ или исключительно уголь, т. е. температуру поднимаютъ медленно.

При перегонкѣ дерева съ цѣлью полученія подсмольной воды и смолы перегонку ведутъ при температурѣ около 430⁰, и остатокъ углерода не превышаетъ 0,2 общаго содержанія его въ древесинѣ. Обугливая дерево при температурѣ большей 250⁰, удается сохранить всего около 50⁰/₀ общаго количества углерода, остальное же количество теряется, переходя въ летучіе продукты. Низкая температура препятствуетъ полученію угля, богатаго углеродомъ. Чтобы получить черный плотный уголь, содержащій до 74⁰/₀ углерода, приходится подымать температуру выше 340⁰. Обыкновенно же ведутъ пережогъ при температурѣ краснаго каленія, т. е. около 500⁰, и получаютъ выходъ угля въ предѣлахъ 15—28⁰/₀ по вѣсу дерева съ содержаніемъ углерода около 80⁰/₀. Такъ какъ среднее содержаніе углерода въ деревѣ воздушносухомъ, сохранившемъ около 25⁰/₀ влаги, приблизительно можетъ быть принято равнымъ 35⁰/₀ по вѣсу, то при выходѣ 20⁰/₀ угля, содержащаго 80⁰/₀ углерода, получаютъ всего около 1/2 углерода, бывшаго въ деревѣ. Дѣйствительно, если на 100 вѣсовыхъ частей воздушносухого дерева было 55 вѣсовыхъ частей углерода, то въ полученномъ углѣ заключается $20 \times 0,8 = 16$ вѣсовыхъ частей или 0,46 всего бывшаго въ деревѣ количества углерода.

Углежженіе, или пережогъ дерева на уголь, производится двоякимъ способомъ: 1) въ кострахъ, называемыхъ иногда кучами, и ямахъ (въ послѣднемъ случаѣ уголь получаютъ какъ побочный продуктъ при гонкѣ смолы) и 2) въ печахъ и ретортахъ, утилизируя въ этомъ случаѣ и другіе продукты сухой перегонки.

Въ Россіи почти исключительно пережогъ ведется въ кострахъ, почему мы подробнѣе и опишемъ этотъ способъ.

Для сожиганія дерева въ кострахъ дрова располагаются различнымъ образомъ въ каждой мѣстности, складывая ихъ въ костеръ, или кучу правильной формы по возможности плотнѣе. Въ серединѣ костра оставляютъ зажигательный каналъ, а поверхъ дрова укрываютъ земляною покрывкою. Чаще всего дрова ставятъ тычкомъ, въ центрѣ почти вертикально, а по периферіи наклонно къ центру верхнимъ концомъ, образуя такъ называемые вертикальные костры въ два или три яруса. Весь костеръ имѣетъ форму шапки, приближаясь къ полушару или параболоиду. Объемъ костра измѣняется въ широкихъ предѣлахъ отъ 2 до 30 кубическихъ сажень, а въ діаметрѣ отъ 1½ до 8 сажень. Въ большихъ кострахъ процентъ выхода угля больше, чѣмъ въ малыхъ, и они требуютъ меньше труда при складываніи, чѣмъ соотвѣтственное по объему число малыхъ костровъ, равное одному большому, но управлять ими труднѣе и въ нихъ чаще можетъ происходить недожогъ или пережогъ угля.

По направленію зажигательнаго канала, оставляемаго въ кучѣ, различаютъ, независимо отъ укладки дровъ вертикально или горизонтально, костры трехъ типовъ: съ вертикальнымъ каналомъ, съ горизонтальнымъ каналомъ и съ тѣмъ и другимъ вмѣстѣ.

Кромѣ того костры устраиваютъ съ мостовинникомъ или безъ него. Мостовинникомъ называютъ полъ, насланный изъ толстыхъ жердей или тонкихъ полѣньевъ, положенныхъ въ два ряда, первый радіально отъ центра къ периметру основанія костра, а второй поперекъ перваго. Костеръ складываютъ на мостовинникѣ или прямо на землѣ, если почва не сырая и не очень твердая, начиная укладку съ середины. Въ кострахъ съ вертикальнымъ каналомъ предварительно въ центрѣ складываемаго костра вбиваютъ на разстояніи фута 3—4 шеста, образующихъ вершины равносторонняго треугольника или квадрата. Во избѣжаніе сближенія шестовъ между собою ихъ укрѣпляютъ горизонтальными распорками. Пространство между ними дровами не закладываютъ, а наполняютъ смольнякомъ, лучиной или берестой, вообще легко горючимъ матеріаломъ. Иногда дрова укладываютъ вокругъ бревна, которое по складываніи костра вынимаютъ, образуя-

вая вертикальный каналъ. Для полученія горизонтальнаго канала бревно кладутъ на землю и также послѣ складыванія костра вынимаютъ.

Въ вертикальныхъ кострахъ (рис. 11) дрова устанавливаютъ кольцеобразно, съ увеличивающимся наклономъ каждого ряда. Второй

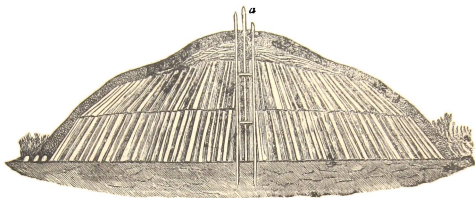


Рис. 11.

ярусъ носить техническое названіе «чепца» и состоитъ изъ полѣньевъ, уложенныхъ еще болѣе наклонно. Промежутки между полѣнями заполняютъ угольной пылью или щепками. Поверхъ укрываютъ костеръ вѣтвями, дерномъ и землею. Низъ костра оставляютъ по первоначалу непокрытымъ цѣликомъ, или продѣлываютъ въ немъ рядъ отверстій для прохода воздуха внутрь костра. Открытою оставляютъ небольшую часть около выхода наружу зажигательнаго канала, а въ кострахъ значительнаго объема дѣлаютъ еще рядъ «окошекъ», т. е. выходныхъ отверстій для дыма внизу чепца. Поджегши костеръ черезъ каналъ, ждутъ, пока покажется дымъ изъ верхней отдушины (рис. 12) и тотчасъ закрываютъ верхнее отверстіе дерномъ и засыпаютъ землею. Начало процесса углеженія нерѣдко сопровождается «стрѣлянїемъ», т. е. взрывами внутри костра.

Иногда сила взрывовъ такъ велика, что можетъ частью разрушить костеръ и разбросать дрова, при чемъ пламя охватываетъ костеръ и его надо немедленно тушить. Съ появленїемъ влажнаго дыма костеръ перестаетъ стрѣлать, и начинается «потѣніе» кучи, покрышка которой увлажняется. Во время горѣнія костеръ постепенно осѣдаетъ, уменьшаясь въ объемѣ, при чемъ покрышка трескается. Трещины должны немедленно закрываться, засыпаться землею и утрамбовываться ударами лопаты. Если осѣданіе идетъ неравномѣрно и мѣстами велико, если куча, какъ говорятъ, начинаетъ «ямить», то костеръ «кормятъ», т. е., снявъ часть оболочки, закладываютъ опустившееся мѣсто короткими полѣнями и вновь укрываютъ.

Въ этотъ періодъ обжига горѣніе поддерживается просачивающимся черезъ поры оболочки воздухомъ, что въ большихъ кострахъ является недостаточнымъ для полного пережога.

Для дожига костра прибѣгаютъ въ такомъ случаѣ къ пробиванію окошекъ, т. е. ряда отверстій подъ чепцомъ. Когда изъ нихъ появится синеватый прозрачный дымъ, ихъ закрываютъ и пробиваютъ рядъ отверстій ниже, а затѣмъ, закрывъ и эти, еще одинъ у основанія костра. Окончаніе процесса узнаютъ, протыкая шестомъ покрывку, при чемъ изъ отверстій должны выдѣляться безцвѣтные, еле замѣтные газы.

По окончаніи пережога даютъ кучѣ остыть. Смотри по размѣрамъ костра, времени года и погодѣ, обжигъ продолжается разное время, обыкновенно отъ 3 дней до 5 недѣль, но чаще всего около двухъ недѣль.

Разбираютъ остывшій костеръ не сразу, а по частямъ. Если уголь, не успѣвшій остыть, вспыхиваетъ при соприкосновеніи съ воздухомъ, его забрасываютъ землей или снѣгомъ или заливаютъ водой.

Углеженіе въ печахъ производится рѣже и многіе указываютъ, что печной уголь по качеству хуже кострового.

Печи устраиваются двухъ типовъ: костровыя и печи съ внѣшнимъ очагомъ. Въ первыхъ обугливаніе ведется за счетъ сгорающей части взятаго для пережога дерева, какъ въ кострахъ, и отличіе ихъ отъ костровъ состоитъ главнымъ образомъ въ томъ, что земляная покрывка костра замѣнена постояннымъ кирпичнымъ сводомъ. Печи съ отдѣльной топкой цѣлесообразнѣе устраивать такъ, чтобы газообразные продукты, выдѣляемые деревомъ при перегонкѣ, сжигать въ топкахъ, экономизируя топливо.

Въ печахъ съ отдѣльной топкой продукты горѣнія могутъ входить въ непосредственное соприкосновеніе съ обугливаемымъ деревомъ или не соприкоснуться съ нимъ.

Изъ костровыхъ печей у насъ на Уралѣ въ ходу печь Соколовскаго. Складывается она изъ кирпича подъ деревяннымъ навѣсомъ. Вместимость ея 2—3 куб. саж. Въ стѣнахъ печи дѣлаютъ отверстія

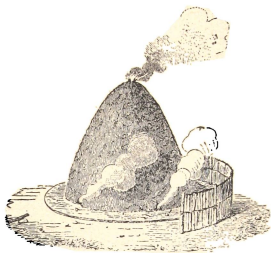


Рис. 12.

для загрузки и разгрузки и отдушины въ два ряда для регулированія горѣнія. Работа ведется какъ съ костромъ.

Шведская печь имѣетъ отдѣльныя топки, продукты горѣнія въ которыхъ обугливаютъ дерево, сложенное внутри печи. Переходнымъ типомъ печей къ ретортному полученію угля можетъ служить печь Рейхенбаха, представляющая камеру, сложенную изъ бутового камня съ внутренней кирпичной обкладкой и иногда съ засыпкой оставленнаго между кирпичной обкладкой и стѣнной пространства пескомъ. Полъ печи покатый съ наклономъ для стеканія жидкихъ продуктовъ сухой перегонки. Нагрѣвается печь горячими газами, не приходящими въ сообщеніе съ обугливаемымъ деревомъ, а циркулирующими по трубамъ, проходящимъ сквозь печь. Перегонка сначала ведется сжиганіемъ въ отдѣльныхъ топкахъ дровъ, а затѣмъ горючими продуктами, выдѣляемыми перегоняемымъ деревомъ. Стекающіе жидкіе и смолистые продукты отгона отстаиваются въ особыхъ бассейнахъ. Удобство такой печи заключается въ большемъ выходѣ именно этихъ продуктовъ, бесполезно теряющихся частью или совершенно при обугливаніи дерева другими способами. Выходъ угля равенъ, или немного болѣе, чѣмъ въ кострахъ, такъ какъ на нагрѣваніе печи приходится затрачивать приблизительно $\frac{1}{5}$ того количества дровъ, которое переугливается въ печи.

Примѣненіе древеснаго угля въ металлургіи возможно лишь тамъ, гдѣ онъ дешевле; такъ у насъ ведутъ выплавку чугуна и стали на уральскихъ и на многихъ мелкихъ заводахъ Привислянскаго края.

При сгораніи уголь даетъ пирометрической эффектъ до 1500°, такая температура не можетъ быть достигнута при непосредственномъ сжиганіи дерева.

Теплотворная способность угля, лишеннаго золы и воды, 7718 калорій.

Хорошій уголь долженъ быть блестящаго чернаго цвѣта, звонко при ударѣ, пористъ, съ трещинами отъ сердцевины дерева къ периферіи.

Относительный удѣльный вѣсъ угля благодаря пористости не великъ, всего отъ 0,1 до 0,4 въ зависимости отъ обжига и породы дерева, изъ котораго онъ полученъ. Истолченный въ порошокъ и плотно спрессованный имѣетъ уд. в. отъ 1,5 до 2. Уголь весьма гигроскопиченъ и, лежа на воздухѣ, способенъ поглощать до 10% по вѣсу влаги, почему при употребленіи въ металлургическихъ процессахъ лежалый уголь долженъ быть предварительно просушенъ.

Газы древесный уголь также поглощаетъ въ значительномъ количествѣ, на примѣръ, свѣже-прокаленный уголь можетъ сгустить до

490 объемов хлора, что по вѣсу почти равно вѣсу взятого объема угля. Это свойство расширяетъ его примѣненіе въ техникѣ помимо его главнаго назначенія—служить топливомъ. Уголь идетъ для наполненія фильтровъ при очищеніи воды, сточныхъ водъ и различныхъ растворовъ. Это же свойство дѣлаетъ уголь опаснымъ въ пожарномъ отношеніи, такъ какъ, сгущая кислородъ воздуха, уголь становится способнымъ къ самовозгоранію.

Во многихъ отрасляхъ химической промышленности уголь служитъ необходимымъ матеріаломъ, на примѣръ, въ стеклянномъ, содовомъ, пороховомъ производствахъ, при добычѣ фосфора и пр.

§ 6. **Торфъ, его происхождение, виды и составъ.** Обыкновенно путь уничтоженія растительныхъ организмовъ состоитъ въ ихъ разложеніи на простѣйшія соединенія, при чемъ такое разложеніе сопровождается гніеніемъ или тлѣніемъ.

При этомъ минеральная части переходятъ въ почву, равно какъ и часть органическихъ продуктовъ разложенія, другая же большая разсѣивается въ атмосферѣ, въ томъ числѣ углеродъ, главнымъ образомъ, въ видѣ угольнаго ангидрида. Но иногда внѣшнія условія способствуютъ сохраненію значительной по вѣсу части растительнаго организма въ сравнительно мало измѣненномъ видѣ по элементарному составу. Такъ, при отсутствіи свободнаго доступа кислорода къ отмершему растенію оно при благоприятныхъ условіяхъ способно сохраняться неопредѣленно долгое время, переходя, смотря по своему происхожденію и условіямъ образованія, въ различные виды ископаемаго топлива. Чѣмъ далѣе въ отмершемъ растеніи пошелъ процессъ естественной перегонки органическаго вещества, тѣмъ болѣе богато углеродомъ горючее вещество изъ него получается.

Небольшія растеніица листовыхъ мховъ семейства *Sphagnum*, подобно многимъ мхамъ, обладаютъ способностью, отмирая снизу, продолжать расти сверху, выгоняя зеленія боковыя вѣточки. Отмершія части растений, богатая гуминовыми кислотами и погруженныя въ воду болотъ, на которыхъ они растутъ, не распадаются на угольный ангидридъ, воду и амміакъ, а, почти не измѣняясь по вѣсу и формѣ прикрываются сверху живымъ слоемъ и могутъ сохраняться въ такомъ видѣ весьма долгое время, образуя моховый торфъ, особенно распространенный у насъ въ Россіи.

Торфъ представляетъ рыхлую темно-бурую массу, растительное происхождение которой въ 30-хъ годахъ прошлаго вѣка доказано Вигманомъ. Не всегда торфъ образуется исключительно изъ торфяного мха, иногда въ его образованіи участвуютъ травы, кустарники и деревья, росшіе на болотѣ, давая травянистый и древесный торфъ.

Свойства торфа и внѣшній видъ его мѣняются въ зависимости отъ времени образованія.

Образованіе торфа началось въ диллювіальную эпоху и продолжается до нашихъ дней. Время, потребное для отложенія различныхъ слоевъ торфа, точно не установлено; въ среднемъ изъ выводовъ различныхъ авторовъ можно предполагать, что пластъ торфа толщиной отъ 4 до 6 сажень требуетъ около 1.000 лѣтъ для своего образованія.

Основываются на томъ, что въ высушенномъ кускѣ торфа можно замѣтить слоистость, причемъ толщина слоевъ колеблется отъ 1-го до 2-хъ миллиметровъ, а каждый слой представляетъ годовой приростъ торфяника. Торфяники, т. е. мѣста образованія торфа въ природѣ, раздѣляются на: 1) высокіе, боровые торфяники клюквенники, лежащіе въ низинахъ вдали отъ рѣкъ и образовавшіеся отъ заростанія водныхъ вмѣстилищъ, или образованія болотъ въ мѣстахъ, иногда покрытыхъ лѣсомъ. Главными торфообразователями служатъ: мхи *Sphagnum*, сосна и осока. 2) Луговые или травянистые торфяники, лежащіе въ долинахъ вблизи рѣкъ и ручьевъ; торфообразователями служатъ: осока, камышъ, тростникъ, отчасти ель, ольха, ива и береза. 3) Смѣшанные торфяники, имѣющіе одновременно характеръ и луговыхъ и моховыхъ болотъ, состоящіе изъ растений той и другой категоріи.

Старый торфъ погружается глубже, покрываясь слоями болѣе позднѣго происхожденія. Слой молодого, находящагося сейчасъ же подъ живою покрывкой, носитъ названіе бѣлаго торфа. Сорта торфа зависятъ отъ глубины залеганія, возраста, происхожденія изъ тѣхъ или иныхъ растений и внѣшнихъ условій образованія. Различаютъ четыре главныхъ сорта: дерновой или волокнистый недавняго образованія, рыхлый, составляющій неглубокіе слои торфяника, землистый, почти лишенный частей, сохранившихъ форму растений, болѣе ранняго происхожденія, чѣмъ волокнистый, болотный, находящійся на днѣ стоячихъ болотъ, въ видѣ чернаго рыхлаго ила, и смолистый болѣе плотный, похожій на деготь въ жидкомъ и на бурый уголь въ твердомъ видѣ.

Въ практикѣ отличаютъ мягкій торфъ, компактный, связный, дающій крѣпкія не рассыпающіяся плитки и жесткій, не обладающій этими качествами и находящійся преимущественно въ луговыхъ болотахъ.

Распространеніе залежей торфа въ сырыхъ мѣстахъ умѣреннаго климата весьма велико, но, хотя уже въ древности знали торфъ и

примѣняли его какъ топливо, разработка торфяниковъ въ обширныхъ размѣрахъ началась лишь въ послѣднее время съ уменьшеніемъ лѣсовъ.

По составу торфъ, особенно молодой, близокъ къ древесинѣ. Въ среднемъ онъ содержитъ:

углерода	56%
кислорода	} 34,7%
и азота	
водорода	5,8%
зола	3,5%
	100

Въ торфѣ болѣе ранняго происхожденія, «спѣломъ», т. е. въ которомъ процессъ разложенія пошелъ дальше, количество углерода увеличивается, а водорода уменьшается, вѣроятно, благодаря обѣдненію торфа углеводами и летучими углеводородами.

Волокнистый торфъ содержитъ 50% углерода, землистый 56%, смолистый до 62%. Идетъ ли такое обогащеніе торфа углеродомъ подъ влияніемъ сухой перегонки безъ доступа воздуха, или при незначительномъ доступѣ воздуха при невысокой температурѣ, или же здѣсь, какъ въ гніеніи, участвуютъ микроорганизмы—вопросъ еще нерѣшенный съ достовѣрностью.

Предѣлы измѣненія количествъ другихъ составныхъ частей тоже весьма широки. Такъ, процентное отношеніе зола къ вѣсу торфа варьируетъ отъ 0,6 до 12,6% и больше, увеличиваясь вообще съ возрастомъ торфа, но также находясь въ зависимости отъ состава воды торфяного болота. Въ среднемъ хорошимъ торфѣ считается при 5% зола, но даже при содержаніи ея въ размѣрѣ 17% онъ еще годенъ, какъ топливо, но конечно такое содержаніе уже значительно уменьшаетъ его достоинство.

Количество воды въ торфѣ по извлеченіи его изъ болота можетъ доходить до 85%, сформованный и высушенный содержитъ 10—20%.

§ 7. Разработка торфяного болота. Торфъ рѣзной, столовый и машинный. Торфяники занимаютъ большую площадь въ Европѣ, залегая въ средней полосѣ и дѣлая значительную часть земельныхъ владѣній Россіи, Германіи, Ирландіи, Франціи, Австріи и Италіи непригодной для хлѣбопашества. Разработка торфяниковъ главнымъ образомъ была вызвана желаніемъ приспособить площадь, ими занимаемую, подъ сельско-хозяйственную обработку. Въ Россіи особенно богаты торфяниками сѣверная часть европейскихъ и азіатскихъ вла-

дѣній, а также Полѣсье, Прибалтійскій и частью Приволжскій край. Начало добычи торфа въ Россіи относится къ концу XVIII вѣка, но первоначальныя попытки были невыгодны по тогдашней дешевизнѣ дровъ. Экономическое значеніе торфодобываніе пріобрѣло лишь со второй половины прошлаго вѣка и къ концу его общее количество добываемаго въ Россіи торфа превзошло 50 милліоновъ пудовъ ежегодно и постепенно увеличивается.

Разработка торфа, преимущественно кустарная, ведется во многихъ мѣстахъ Россіи, но главнымъ образомъ сосредоточена въ Московской губерніи. Обыкновенно поверхность торфяника представляетъ ровную, низменно расположенную площадь.

Глубина ихъ доходитъ до 5 сажень и больше, сверху они открыты или прикрыты незначительнымъ слоемъ земли. Разработка торфяного болота видоизмѣняется въ зависимости отъ вида торфа, глубины залеганія и мѣстности. Различаютъ разработку сухихъ или вымершихъ торфяниковъ и торфяниковъ мокрыхъ. Послѣдніе, чаще встрѣчающіеся, требуютъ предварительнаго отвода воды съ площади, предназначенной для разработки, отводными канавами, насосами и колодцами.

Осушенное болото плинтуютъ, т. е. уравниваютъ, снявъ верхній живой слой—очесъ, засыпаютъ имъ ямы, срѣзываютъ кочки, выкорчевываютъ пни.

По способу подготовки торфа, служащаго топливомъ, различаютъ: рѣзной торфъ, столовый и машинный.

Торфъ волокнистаго сложенія рѣжутъ отъ руки, снимаютъ плугами или торфорѣзными машинами. Рѣзка отъ руки производится деревянными лопатами съ стальнымъ наконечникомъ, желѣзными лопатами, наваренными сталью, или особыми рѣзцами. Снимаютъ торфъ слоями толщиной около 2-хъ вершковъ. Рѣзка производится одновременно двумя рабочими. Одинъ кладетъ на поверхность торфяника доску и острой лопатой прочерчиваетъ по ней, какъ по линейкѣ, надрѣзъ на поверхности торфяника. Доска затѣмъ перекладывается другимъ краемъ къ сдѣланному надрѣзу, и надрѣзъ повторяютъ параллельно первому въ разстояніи отъ него, равнымъ ширинѣ доски. Надрѣзавъ такъ рядъ полосъ, ихъ перерѣзаютъ поперекъ рядомъ перпендикулярныхъ къ нимъ надрѣзовъ. Второй рабочей, стоя въ канавѣ, отдѣляетъ вырѣзанныя съ краю обрабатываемаго участка плитки, горизонтально направляя подъ нихъ снизу лопату, снимаетъ и складываетъ ихъ на краю канавы.

При рѣзкѣ специальнымъ торфянымъ рѣзцомъ одинъ рабочей дѣлаетъ простой лопатой вертикальные надрѣзы поверхности парал-

лельно канавѣ, а другой, стоящей внизу, отдѣляетъ плитки определенной ширины и глубины рѣзцомъ шириною около двухъ вершковъ съ закраинами подѣ прямымъ угломъ тѣхъ же размѣровъ и длиною, равной ширинѣ нарѣзанныхъ на поверхности полосъ. Если слой торфа толщиной около $2\frac{1}{2}$ аршинъ и больше, то разработку ведутъ террасами. Воду, набирающуюся въ ямы, удаляютъ черпаками или откачиваютъ примитивными ручными насосами. Снятыя плитки сушатъ, поставивъ ихъ на ребро по двѣ штуки, перевертывая, когда наружная сторона подсохнетъ, поверхностью, бывшей внутри, наружу. Лучше, если сушка производится на особо устроенныхъ полкахъ, покрытыхъ навѣсами отъ дождя. Полупросушенные плитки складываютъ по нѣсколько штукъ въ ажурные столбики или пирамидки, а по истеченіи 1-го—2-хъ мѣсяцевъ, смотря по погодѣ, переносятъ въ склады.

Плугами рѣжутъ торфъ съ осени, нарѣзая рядъ параллельныхъ линий, а весною проходятъ по нимъ плугомъ перпендикулярно и отваливаютъ отрѣзки на борозды, подрѣзая слой лемехомъ.

Въ западной Европѣ для снятія торфа на торфяникахъ плотной и невязкой консистенціи примѣняютъ торфорѣзки различнаго устройства. Машина снимаетъ толстый слой до 3 саж. высоты, и обыкновенно рѣжущей частью ея является сложный ножъ, состоящей изъ трехъ неподвижно соединенныхъ въ видѣ длиннаго ящика безъ крышки, дна и одной боковой стѣнки ножей и четвертаго подвижного ножа. Подвижной ножъ составляетъ какъ бы дно этого ящика и движется въ плоскости, перпендикулярной плоскостямъ неподвижныхъ ножей. Такой ящикъ, укрѣпленный въ станинѣ тремя вертикальными ножами, помощью зубчатой передачи и вращеніемъ расположенныхъ сбоку станины ручекъ погружаютъ въ торфъ. Отдѣленный ими столбъ торфа подрѣзывается снизу движущимся ножомъ и поднимается вверхъ, при чемъ, по мѣрѣ выступанія на поверхность, разрѣзается лопатой на слои толщиной до 8 вершковъ. Слои для лучшей просушки рѣжутъ отъ руки на кирпичи толщиной около 2 вершковъ. Перемѣщая рѣжущую часть машины по станинѣ, вынимаютъ новыя глыбы, станину же, по мѣрѣ надобности, передвигаютъ по торфянику.

Соловымъ торфомъ называется одинъ изъ видовъ формованнаго торфа, приготовляемаго изъ землистыхъ, болотныхъ и смолистыхъ сортовъ, а также изъ нечистаго волокнистаго, смѣшаннаго съ камнями и кореньями, негоднаго для рѣзки.

Жидкій торфъ для формованія извлекаютъ помощью сачковъ, сдѣланныхъ изъ грубой ткани, сквозь петли которой уходитъ вода.

Вынутый торфъ сбрасываютъ въ яму, стѣны которой обшиты досками, или на землю, покрытую соломой, и здѣсь просушиваютъ. Если торфъ не однороденъ, то его переминаютъ ногами и переворачиваютъ, извлекая камни, корни и пр. постороннія примѣси. Однородная масса формируется въ плитки на особомъ столѣ, для чего ее кладутъ въ ящикъ съ неподвижнымъ дномъ, на которое предварительно кладется поддонъ. Сжатая въ плитку помощью рычага, приводимаго въ движеніе ногою рабочаго, масса снимается вмѣстѣ съ поддономъ и относится для просушки, а въ форму кладутъ другой поддонъ.

Формуется также мятый торфъ въ особыхъ деревянныхъ рамахъ, раздѣленныхъ на клѣтки. Набивъ плотно торфяную массу, раму снимаютъ, а плитки оставляютъ для просушки на мѣстѣ. Изъ массы болѣе жидкой консистенціи торфъ формируется наливомъ въ досчатыхъ загородкахъ, слоемъ около фута толщины. Налитый торфъ оставляютъ дня на 2, на 3, а затѣмъ утрамбовываютъ, выжимая воду, для чего рабочей уплотняетъ массу ногами, подвязывая къ ступнямъ деревянные плоскія дощечки. Трамбуютъ до тѣхъ поръ, пока торфъ пріобрѣтетъ такую упругость, что на немъ не будетъ оставаться слѣдовъ отъ сапогъ идущаго по его поверхности человѣка. Полученная плотная масса рѣжется заступомъ на полосы, а затѣмъ на плитки, которыя и сушатъ на мѣстѣ.

Сушка формованнаго торфа требуетъ еще большей осторожности, чѣмъ рѣзного. По предварительной просушкѣ на мѣстѣ кирпичи ставятъ на ребро, а затѣмъ уже складываютъ въ кучи. Обращаться съ ними нужно бережно: они очень ломки. Иногда высохшіе снаружи кирпичи растрескиваются. Какъ и при рѣзномъ торфѣ во избѣжаніе прямого дѣйствія солнечныхъ лучей и дождя сушку лучше производить подъ навѣсомъ.

Формованный торфъ вообще лучше рѣзного, однороднѣе и плотнѣе. Теплотворная способность его выше.

Машиннымъ или прессованнымъ называютъ торфъ, формованный въ особыхъ машинахъ, состоящихъ изъ воронки, въ которую засыпаютъ торфяную массу, и закрытаго помѣщенія, въ которомъ находится вращающійся валъ съ укрѣпленными въ немъ ножами, рѣжущими, переминающими и выдавливающими въ выходное отверстіе спрессованный торфъ, легко разрѣзаемый здѣсь на куски. Изъ многочисленныхъ, предложенныхъ для этой цѣли машинъ, мы опишемъ принятую въ практикѣ машину Шликэйзена (рис. 13).

Торфъ въ этой машинѣ подается въ воронку А элеваторомъ и падаетъ на вращающійся валъ (на чертежѣ не показанъ), направляющій его въ дробитель. Дробитель В представляетъ валъ, усаженный

по винтовой линіи зубцами, между которыми входят сидящія на особой оси скребки, дробящія торфъ, рѣжущія волокнистыя его части и очищающія валъ. Раздробленный торфъ проваливается въ мѣсильную коробку С цилиндрической формы, снабженную ножами, насаженными на ось, идущую по длинѣ коробки. Ножи перемѣшиваютъ массу и продавливаютъ ее въ мундштукъ D. При выходѣ изъ мундштука,

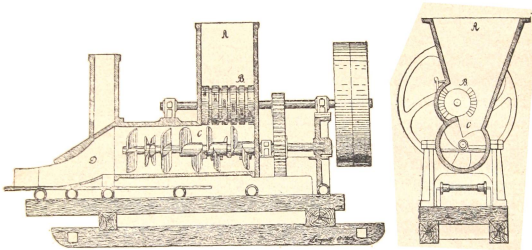


Рис. 13.—Машина Шликэйдена.

имѣющаго въ сѣченіи 12—22 сант., плотный брусокъ прессованнаго торфа раздѣляется поставленнымъ вертикально ножомъ на двѣ отдѣльныя полосы, подвигающіяся на доски, катящіяся по роликамъ. Полосы эти по мѣрѣ выхода разрѣзываются на плитки.

Основной типъ этой машины въ практикѣ подвергался различнымъ, хотя и не особенно значительнымъ, измѣненіямъ.

Особыхъ преимуществъ прессованный торфъ не представляетъ, въ немъ остается значительный процентъ воды и по истеченіи нѣкотораго времени онъ, благодаря упругости, стремится къ увеличенію объема. Сверхъ того при прессованіи въ мокромъ видѣ отжимаемой водой уносятся мелкія частицы торфа, что понижаетъ его теплотворную способность. Плотная наружная оболочка прессованнаго торфа мѣшаетъ испаренію воды, остающейся въ серединѣ, почему такой торфъ, будучи зажженъ, выдѣляетъ много дыма и при горѣніи растрескивается и разсыпается въ порошокъ. Прессованіе предварительно высушеннаго торфа подъ сильнымъ давленіемъ въ нагрѣтомъ состояніи даетъ торфяной брикетъ, плотный, удобный для транспорта продуктъ, но дорогой и горящій лишь въ особо приспособленныхъ топкахъ, такъ какъ, при горѣніи, онъ тоже разсыпается и проваливается сквозь колосниковую рѣшетку.

Благодаря значительному содержанию воды и золы, торфъ уступает по достоинству другимъ родамъ топлива. Удѣльный вѣсъ многихъ сортовъ его незначителенъ (понижаясь до 0,25 и не превосходя 1,3), отчего относительная (по объему) теплопроизводительность не велика, хотя теплотворная способность по вѣсу доходитъ до 5900 калорій для 1-го килограмма торфа, лишеннаго воды и золы. Смотря по плотности, торфъ требуетъ различнаго устройства топокъ, почему предпочтительно примѣнять его для получения генераторныхъ газовъ (о чемъ будетъ сказано ниже), а не сжигать непосредственно. Однако, напримѣръ, въ Московской губерніи, гдѣ онъ дешевле, торфъ съ успѣхомъ конкурируетъ съ дровами и каменнымъ углемъ. На фабрикахъ московскаго промышленнаго района считается, какъ указываетъ П. Соловьевъ, что одна кубическая сажень полусмолистаго торфа машиннаго съ 25% воды и 5% золы, вѣсомъ въ 240 пуд., замѣняетъ 1½ куб. сажени хорошихъ сосновыхъ дровъ, а 1¾ куб. саж. рѣзного торфа, вѣсомъ въ 140 пуд. въ кубической сажени, съ 3% золы и 25% воды—1 куб. саж. березовыхъ дровъ; на паровозахъ Московско-Нижегородской ж. д. 220 пудовъ машиннаго торфа съ 25% воды и 5% золы равняются 1 куб. саж. смѣшанныхъ дровъ. По сравненію съ каменнымъ углемъ на той же дорогѣ 1,7 п. торфа машиннаго или 2 п. рѣзного замѣняютъ 1 п. угля.

Примѣняется торфъ какъ для комнатнаго отопленія, такъ и для нагрѣванія паровыхъ котловъ, постоянныхъ и паровозныхъ.

Помимо своего примѣненія какъ топлива торфъ (волокнистый) идетъ для приготовленія картона, для упаковокъ въ видѣ торфяной войлока и торфяной шерсти. Порошокъ торфа является хорошимъ средствомъ для обезвреживанія нечистотъ, поглощая зловонные газы и задерживая находящимися въ немъ антисептическими веществами,—гніеніе. Въ сельскомъ хозяйствѣ молодой торфъ, непригодный служить топливомъ, идетъ на подстилку въ хлѣвахъ и для удобренія озимыхъ полей.

§ 8. Торфяной уголь и брикеты. Какъ и дерево, торфъ пережигаютъ на уголь въ кострахъ, печахъ и ретортахъ. Выходъ угля въ кострахъ до 36%, а въ ретортахъ до 40%. Отъ древеснаго торфяной уголь отличается большимъ количествомъ золы, содержаніе которой доходитъ до 2%.

Качество угля мѣняется въ зависимости отъ качества торфа, взятаго для обжига. Уголь, подобно древесному, хорошо поглощаетъ газы и красящія вещества. Примѣненіе его въ металлургіи весьма цѣлесообразно, благодаря отсутствію въ немъ сѣры.

Надо думать, что съ истребленіемъ лѣсовъ и выработкой запасовъ каменнаго угля этотъ родъ горючаго по своей дешевизнѣ будетъ успѣшно конкурировать съ другими родами топлива.

Не обожженный торфъ, несмотря на свою невысокую стоимость, туго прививается по указаннымъ выше причинамъ: гигроскопичности, объемистости и сравнительно незначительной теплотворной способности, а также по обилію золы, остающейся въ топкѣ и быстро заполняющей поддувало. Германскій инженеръ Целлеръ сконструировалъ печь для превращенія торфа въ коксъ, недающій пламени при сгораніи, пригодный для доменныхъ печей и стоющій дешевле древеснаго угля и каменноугольнаго кокса.

Въ той же печи можно получать торфяной уголь (бурый коксъ), весьма пригодный по нѣкоторымъ отзывамъ для паровозовъ, легко загорающійся и горящій какъ въ печахъ снабженныхъ поддуваломъ, такъ и неимѣющихъ его. Теплотворная способность такого бурога кокса хотя и ниже, чѣмъ у каменнаго угля, но все же доходитъ до 7000 калорій.

Средній составъ его:

углерода . .	. 84%
водорода . .	2
кислорода	. 6
воды .	. 4
золы . .	. 4
	<hr/>
	100

Съ 1901 года дѣйствуетъ казенный торфообжигательный заводъ въ Тверской губерніи съ 8-ю печами, рассчитанный на годовую производительность въ 2.000.000 п.

При обжигѣ торфа на коксъ, конечно, можно эксплуатировать и другіе продукты сухой перегонки.

Склеиваніемъ мелкаго горючаго матеріала въ компактные куски получаютъ т. н. брикеты. Для изготовленія торфяныхъ брикетовъ, торфъ высушиваютъ паромъ, смѣшиваютъ со смолой и спрессовываютъ. По способу фонъ-Богена торфъ, содержащій не болѣе 50% влаги, дробится на куски, отсѣивается, просушивается и нагрѣвается до выдѣленія изъ него смолы. Полученная масса отформовывается подъ давленіемъ тарелочными прессами. Весьма важно въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ добиться правильной температуры нагрѣванія, зависящей отъ состава торфа и процентнаго содержанія влаги. Торфъ, слишкомъ пересушенный, даетъ брикеты, рассыпающіеся при храненіи, а недостаточно высушенный—плохо спрессовывается. Торфяные брикеты, между прочимъ, примѣняются въ Петербургѣ какъ топливо для домашнихъ пе-

чей. Имѣя большую теплопроизводительность по сравненію съ торфомъ, формованнымъ на холоду, они даютъ золы еще больше, чѣмъ сырой торфъ.

§ 9. **Бурый уголь.** Происхожденіе бурога угля, какъ торфа,— растительное, но образовался онъ значительно раньше.

Нѣкоторые ученые предполагаютъ, что торфъ, находившійся въ теченіе долгаго времени подъ сильнымъ давленіемъ мощныхъ земляныхъ пластовъ, по мѣрѣ увеличенія въ немъ углерода и уменьшенія газообразныхъ элементовъ, входившихъ въ составъ растительныхъ тканей, послѣдовательно переходитъ въ бурый уголь и даже въ каменный. Возможно, что таково именно происхожденіе нѣкоторыхъ сортовъ бурога угля, другіе же его сорта, а тѣмъ болѣе каменный уголь, по господствующему въ настоящее время воззрѣнію, образовались изъ древесныхъ и древовидныхъ растеній.

Удоставренъ переходъ торфа въ лигнитъ, одинъ изъ видовъ бурога угля, сохранившій ясныя слѣды растительнаго происхожденія, отъ свѣтло-бурога до чернаго цвѣта, весьма твердый*); уд. в. его 1,265. Иногда называютъ лигнитомъ вообще бурый уголь, но это неправильно, слѣдуетъ отличать отъ собственно лигнита еще земляной уголь, сланцевый и смолистый бурый уголь.

Землистый уголь обладаетъ весьма слабо замѣтной растительной структурой, разсыпчатъ, изломъ его землистый, тусклый, цвѣтъ бурый, различныхъ оттѣнковъ, уд. в. 1,293. Сланцевый бурый уголь слоистаго сложенія, иногда дѣлится на упругіе листочки, что объясняютъ его происхожденіемъ изъ древесныхъ листьевъ. Цвѣтъ сланцевого угля темно-бурый, блескъ жирный. Смолистый бурый уголь похожъ на каменный, раковистый въ изломѣ съ жирнымъ блескомъ, уд. в. 1,318**).

Химическій составъ бурыхъ углей весьма разнообразенъ; въ среднемъ органическая часть его содержитъ:

углерода	. 68,1
водорода	5,5
кислорода и азота .	. 26,4
	<hr/>
	100

Золы въ бурыхъ угляхъ заключается отъ 1,5 до 75%, въ среднемъ 40% (въ неочищенномъ).

*) Твердость различныхъ сортовъ бурога угля мѣняется отъ 1 до 2,5.

***) Причисляють къ бурымъ углямъ гагаты, блестящее твердое вещество, применяемое для мелкихъ токарныхъ работъ и идущій для той же цѣли гшерь.

Если содержаніе золы доходитъ до 50%, то уголь непригоденъ въ качествѣ топлива. Количество воды въ свѣжедобытомъ углѣ иногда весьма значительно, доходя въ рыхлыхъ угляхъ даже до 60%.

Уголь, лежащій на воздухѣ, обыкновенно содержитъ отъ 10 до 20% влаги, смотря по своему строенію и влажности окружающаго воздуха. Вообще бурый уголь гигроскопичнѣе каменнаго.

Хорошимъ отличіемъ бурыхъ углей отъ каменныхъ съ химической стороны служитъ растворимость бурога угля въ хлорноватистыхъ щелочахъ и въ кислотахъ азотной и хромовой, въ которыхъ каменный уголь не растворяется. Черта, даваемая бурымъ углемъ на шероховатой фарфоровой пластинкѣ, бурога цвѣта. Мѣстонахожденія бурога угля извѣстны во многихъ мѣстахъ земной коры, преимущественно въ олигоценыхъ отложеніяхъ. Въ Россіи этотъ сортъ горючаго добывается въ незначительномъ количествѣ (за послѣдніе годы около 12.000.000 пуд. ежегодно), главнымъ образомъ въ Кіевской губерніи, но также находится въ губерніяхъ Курляндской, Гродненской, Виленской, Херсонской, Оренбургской, Таврической, на Кавказѣ, въ Туркестанѣ и во многихъ другихъ мѣстахъ. Значительная часть ископаемыхъ углей Подмосковнаго бассейна, относимыхъ по геологическимъ признакамъ къ каменнымъ, со стороны техническихъ свойствъ ближе подходитъ къ бурымъ.

Въ западной Европѣ главнымъ образомъ бурый уголь добывается въ Германіи и въ Австріи, при чемъ ежегодная добыча въ обѣихъ странахъ превышаетъ 30.000.000 тоннъ. Въ Европы обильныя мѣстоорожденія находятся въ Южной Америкѣ, въ Чили.

Теплотворная способность бурога угля около 7500 калорій, но пирометрической эффектъ невысокъ. Испарительная способность 1-го килограмма. около 4—5 клгр. воды.

Примѣняется онъ какъ топливо для паровыхъ котловъ, заводскихъ и домашнихъ печей. Бурые угли легко крошатся, давая много негодной для отопленія мелочи, что заставляетъ формовать изъ бурога угля брикеты, смѣшивая угольную мелочь съ цементирующимъ углемъ веществомъ.

§ 10. Каменный уголь, его происхожденіе, виды и составъ.

Каменный уголь въ настоящее время является наиболѣе важнымъ горючимъ матеріаломъ, какъ по разнообразію, такъ и по распространенности своего примѣненія въ промышленности.

Будучи извѣстенъ какъ топливо еще задолго до Р. Х. (о каменномъ углѣ упоминаетъ Аристотель), онъ, начиная съ XVIII столѣтія, постепенно вытѣсняетъ другіе роды горючаго, въ частности древесный уголь и дрова. Примѣняется ранѣе изобрѣтенія паровой машины и да-

же косвенно послуживъ ея изобрѣтенію *), съ введеніемъ въ практику паровыхъ двигателей онъ сдѣлался главнѣйшимъ ихъ топливомъ и лишь въ послѣдніе годы началъ мѣстами уступать свое значеніе жидкому и газообразному топливу.

Такое важное значеніе каменнаго угля по сравненію съ другими сортами горючаго вызвано его сравнительной дешевизной, разнообразными удобствами примѣненія и значительной, по сравненію съ другими родами твердаго топлива, теплотворной способностью. Довольно значительная часть каменнаго угля уже и теперь сжигается не непо-

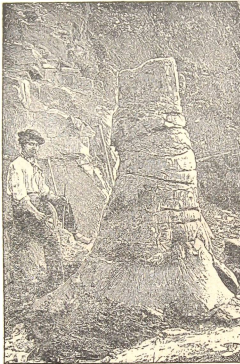


Рис. 14.—Стволъ ископаемаго дерева въ каменноуг. рудникѣ Сантъ-Этьена во Франціи.

средственно, а утилизируется въ видѣ горючихъ газовъ, полученныхъ путемъ сухой перегонки, или предварительнаго неполнаго сожженія угля, о чемъ будетъ упомянуто ниже.

Въ Россіи каменный уголь, еще далеко не вытѣснившій дровъ не только въ кухонныхъ и домашнихъ, но и въ заводскихъ печахъ и котельныхъ топкахъ, съ успѣхомъ въ свою очередь вытѣсняется жидкимъ топливомъ, какъ о томъ будетъ сказано ниже.

Но тѣмъ не менѣе онъ все же остается главнымъ горючимъ матеріаломъ, служащимъ для полученія тепловой энергіи въ металлургіи.

Подобно торфу и бурому углю каменный уголь имѣетъ растительное происхожденіе. Несомнѣнность образованія его изъ нѣкогда жившихъ на земномъ шарѣ растеній (рис 14) съ точностью установлена въ 1778 г. Берольдингенемъ. Время образованія угля геологи относятъ къ новѣйшимъ палеозойскимъ отложеніямъ, преимущественно къ такъ называемой каменноугольной системѣ, стоящей между системами суллурийской и пермской, но уголь находится и въ отложеніяхъ мезозойской группы, даже въ мѣловой системѣ послѣдней, что указы-

*) Въ 1704 г. англійскій кузнецъ Ньюкоменъ поставилъ свою машину, приводившую въ движеніе насосы, откачивающіе воду изъ каменноугольной шахты.

ваетъ на возможность его сравнительно поздняго образованія. Долгое время господствовало воззрѣніе, что растенія, давшія матеріалъ для образованія каменнаго угля, принадлежали къ числу морскихъ водорослей, но результаты микроскопическихъ изслѣдованій структуры угля опровергли это предположеніе. Кромѣ того расположенные между пластами угля сланцы носятъ отпечатки сухопутныхъ растеній. (Рис. 15).

Изслѣдованія, произведенныя подѣ микроскопомъ послѣ предварительной обработки химическими реактивами, показали, что даже весьма плотные сорта угля состоятъ изъ обуглившихся растительныхъ частей: листьевъ, древесины и коры липедодендровъ, сигиларій, каламарій и др. родственныхъ имъ формъ, близкихъ къ современнымъ, выродившимся въ низкорослые виды папоротниковъ и хвощей. От-



Рис. 15.—Обуглившіяся части первобытнаго растенія.

ложеніе каменнаго угля происходило частью въ мѣстахъ пониженныхъ, гдѣ скоплялись снесенныя водою растенія, частью въ мѣстахъ ихъ произрастанія. Вычисленія времени образованія различныхъ слоевъ, произведенныя разными учеными, не даютъ болѣе или менѣе близкихъ чиселъ и, вѣроятно, должны были измѣняться не только въ зависимости отъ толщины отложившихся пластовъ, но и отъ внѣшнихъ условій образованія.

Процессъ обугливанія, приводящій растительное вещество въ тотъ или другой видъ каменнаго угля, заключается въ разложеніи клѣтчатки ($C_6H_{10}O_5$) и другихъ богатыхъ углеродомъ органическихъ соединений, входящихъ въ составъ растительныхъ тканей.

Нахожденіе, при микроскопическомъ изслѣдованіи угля, остатковъ бактерій, дало поводъ нѣкоторымъ ученымъ утверждать, что самый процессъ обугливанія происходилъ при участіи низшихъ микроорганизмовъ.

При такомъ разложеніи часть водорода переходитъ въ болѣе простыя соединенія съ углеродомъ, часть окисляется въ воду, а кислородъ соединяется съ углеродомъ въ угольный ангидридъ. Такое измѣненіе органической части каменнаго угля продолжается до настоящаго времени, стремясь къ полной минерализаціи угля, къ превращенію нѣкогда живого растенія въ минераль графитъ, особую аллотропическую форму углерода.

Описывая торфъ, мы упомянули, что по мѣрѣ возрастанія времени образованія торфъ все болѣе обогащается углеродомъ, и далѣе, при описаніи бураго угля, упомянули о немъ, какъ о промежуточномъ продуктѣ между каменнымъ углемъ и торфомъ, хотя по времени образованія каменный уголь можетъ быть болѣе позднимъ образованіемъ, чѣмъ бурый. Последнее является какъ исключеніе при нѣкоторыхъ благоприятствующихъ процессу минерализаціи внѣшнихъ обстоятельствахъ, а вообще по времени образованія бурые угли моложе каменныхъ (черныхъ). Въ зависимости отъ того, насколько подвинулось обогащеніе угля углеродомъ за счетъ выдѣленія водорода и др. газовъ, мѣняется составъ, свойства и техническія качества различныхъ сортовъ каменнаго угля.

Въ Европѣ особеннымъ богатствомъ минеральнаго угля, нынѣ уже въ значительной мѣрѣ израсходованнаго, отличается Англія, гдѣ каменноугольныя отложенія расположены четырьмя отдѣльными бассейнами: на югѣ (Уэльскій и прилегающіе къ нему округа), въ центрѣ, на сѣверѣ (знаменитый Ньюкастельскій и Корнуэльскій округа) и на островахъ Шотландіи.

Въ Германіи почти половина всего добываемаго угля извлекается изъ Вестфальскаго (Рурскаго) бассейна, величайшаго на континентѣ Европы. Слѣдующій за нимъ по обилію угля Силезскій бассейнъ частью переходитъ въ Россію и въ Австрію. Помимо этихъ двухъ главнѣйшихъ мѣстъ добычи имѣется рядъ менѣе важныхъ.

Во Франціи подъ дномъ Ламанша переходитъ на материкъ Европы англійскій бассейнъ, пройдя подъ Бельгіей, и является важнѣйшимъ изъ мѣсторожденій въ странѣ; съ нимъ конкурируетъ лишь Луарскій бассейнъ, хотя кромѣ того насчитывается до 60 мелкихъ мѣсторожденій.

Въ Австріи по количеству преобладаетъ бурый уголь.

Въ другихъ европейскихъ государствахъ, за исключеніемъ Бельгіи, богатой каменнымъ углемъ, эксплуатація котораго ведется весьма интенсивно, залежи каменнаго угля или незначительныя, или ихъ разработка (какъ въ Италіи и Португаліи) ведется въ ничтожныхъ сравнительно размѣрахъ.

Въ Россіи каменный уголь находится въ различныхъ мѣстахъ и разработка его постепенно возрастаетъ, о чемъ ниже будетъ сказано подробнѣе.

Въ Азіи чрезвычайно богатъ углемъ Китай, гдѣ добыча этого минерала велась задолго до времени ознакомленія европейцевъ со свойствами каменного угля, но лишь въ самое послѣднее время китайскія мѣсторожденія стали правильно разрабатываться и то лишь немногія. Обиліе каменного угля въ сѣверномъ и южномъ Китаѣ такъ велико, что, быть можетъ, они не уступаютъ въ этомъ отношеніи Сѣверной Америкѣ, и въ будущемъ Китай явится серьезнымъ конкурентомъ этой странѣ.

Въ Японіи за послѣдніе годы обнаружено и разрабатывается значительное количество мѣсторожденій, изъ которыхъ наиболѣе извѣстны на островахъ Іезо, Ниппонъ и Кіу-Сіу, оттуда уголь въ значительномъ количествѣ вывозится за границу.

Кромѣ того уголь находится въ Остѣ-Индіи и на большихъ азіатскихъ островахъ. Въ Австраліи углемъ богаты какъ материкъ, такъ и окружающіе его острова. Въ Африкѣ уголь эксплуатируется въ Трансваалѣ.

Наиболѣе же богатые отложенія каменного угля найдены въ Сѣверной Америкѣ, въ которой сочетаніе обильныхъ мѣсторожденій металловъ и необходимаго для ихъ выплавки и обработки каменного угля послужило главной причиной современнаго техническаго прогресса страны, опередившей въ этомъ направленіи европейскія государства.

Угленосная площадь Сѣверной Америки достигаетъ 380.000 кв. верстъ, т. е. превышаетъ болѣе нежели въ 20.000 разъ площадь англійскихъ мѣсторожденій. Изъ семи главныхъ бассейновъ страны Аккадійскій расположенъ въ Англійскихъ владѣніяхъ, а остальные шесть: Ново-англійскій, Пенсильванскій, Аппалахскій, Мичиганскій, Центральный и Миссурійскій лежатъ на территоріи С. А. С. Ш. Изъ нихъ особенно замѣчательенъ Пенсильванскій округъ.

Такъ какъ возрастъ каменноугольныхъ отложеній, условія ихъ образованія и др. внѣшнія условія вліяютъ на ихъ составъ и физическія свойства, а они въ свою очередь отзываются на измѣненіи техническихъ качествъ угля, то неоднократно различные ученые пытались установить классификацію разновидностей каменныхъ углей, находящихся въ различныхъ глубинахъ одной и той же мѣстности, по тѣмъ или другимъ признакамъ.

Общими свойствами «чернаго» каменного угля будутъ: значительная плотность, твердость 1—2,5, раковистый, занозистый или со-

вершенно гладкій изломъ, уд. в. около 1,25. Теплотворная способность отъ 6 до 8000 калорій (органической части), испарительная способность 1-го килограмма 7—10. По составу каменный уголь содержитъ въ среднемъ:

углерода	отъ 75—93%
водорода	4—6%
кислорода и азота	19—3 „
минеральной золы	„ 0,5—3 „

но количество трудно отдѣлимыхъ минеральныхъ примѣсей, примѣшанныхъ къ углю механически, въ зависимости отъ тщательности выработки и мѣстонахожденія угля можетъ доходить даже до 30%, количество же влаги до 20%, хотя обыкновенно, благодаря меньшей гигроскопичности, чѣмъ у бураго угля и торфа, содержаніе воды около 5%, въ среднемъ. Содержаніе сѣры въ каменноугольной золѣ незначительно, но примѣсь почти не могущаго быть отдѣленнымъ сѣрнаго колчедана— FeS_2 обогащаетъ уголь сѣрою, доводя содержаніе ее въ углѣ до 2% въ среднемъ.

Въ общемъ всѣ разновидности угля могутъ быть отнесены къ тремъ главнымъ категоріямъ: сухихъ длиннопламенныхъ углей, богатыхъ газами, жирныхъ, содержащихъ менѣе газовъ, и тощихъ, въ которыхъ количество газовъ наименьшее. Угли послѣдней категоріи обычно принадлежатъ къ болѣе раннимъ отложеніямъ, и въ каменноугольныхъ мѣсторожденіяхъ можетъ встрѣчаться наслоеніе указанныхъ сортовъ въ послѣдовательности приведенныхъ категорій.

Угли почти тождественнаго химическаго состава обнаруживаютъ однако при горѣніи различныя качества, и со стороны технического примѣненія химическій составъ играетъ далеко не первенствующую роль.

Болѣе подробныя классификаціи угля предлагались, какъ сказано, разными лицами, но мы рассмотримъ лишь наиболѣе вошедшую въ употребленіе классификацію Грюнера, который различаетъ угли пламенные жирные, жирные, короткопламенные жирные и тошіе.

Сухіе пламенные угли— черны или темно-буры, уд. в. 1,25, изломъ занозистый или раковистый, они не хрупки, благодаря чему трудно измельчаются. Содержатъ (за вычетомъ золы и влаги) до 80% углерода. Сжигаются въ пламенныхъ (отражательныхъ) печахъ и топкахъ паровыхъ котловъ, при чемъ даютъ много дыма.

Жирные пламенные угли— блестяще чернаго цвѣта, слегка слоистаго сложенія, уд. в. 1,3, изломъ раковистый, не хрупки. Угле-

рода содержать до 85%. Примѣняются для пламенныхъ печей и получения свѣтильнаго газа. Теплотворная способность 7000 — 7300 калорій.

Жирные угли—чернаго цвѣта съ сильнымъ блескомъ, сложеніе слоистое, уд. в. 1,3, углерода до 90%, теплотворная способность до 7700 калорій. Примѣненіе весьма разнообразно: преимущественно въ кузнечномъ дѣлѣ и для получения кокса, при горѣннн въ домашнихъ печахъ; легко тухнуть и выдѣляютъ значительное количество сажи.

Короткопламенные угли—чернаго цвѣта съ болѣе слабымъ блескомъ, чѣмъ у предыдущей категоріи, уд. в. 1,35, хрупки, углерода содержатъ около 90%, теплотворная способность до 8000 калорій. Къ этой категоріи углей относится знаменитый, весьма цѣнный въ военномъ флотѣ кардифскій уголь, добываемый въ Англии, въ южномъ Уэльсѣ, около Кардифа *) и Свенсэя, дающій малозамѣтный дымъ,—обстоятельство весьма важное въ военное время. Примѣняются короткопламенные угли для топокъ паровыхъ котловъ и для получения кокса.

Тошчіе угли—чернаго цвѣта съ неблестящими включениями, хрупки, уд. в. достигаетъ до 1,4. Углерода въ органической части ихъ до 93%, теплотворная способность до 8000 калорій. Примѣняются для домашнихъ печей, для обжига известняковъ и кирпича, для вагранокъ и частью для паровыхъ котловъ.

Въ общемъ теплотворная способность угля увеличивается съ возрастаніемъ содержанія углерода.

Всѣ разновидности весьма послѣдовательно переходятъ одна въ другую, и нерѣдко съ трудомъ можно отнести изслѣдуемый уголь къ той или другой группѣ. Цѣлый рядъ промежуточныхъ разновидностей связываетъ отдѣльныя группы каменныхъ углей между собою, каменный уголь съ бурымъ и съ другой стороны съ антрацитомъ.

Въ сторонѣ отъ другихъ сортовъ стоитъ коннельскій (свѣчной) уголь, очень богатый горючими газами, легко загорающийся и горящій длиннымъ пламенемъ. По однородности сложенія, отсутствію блеска и плотности онъ напоминаетъ гагать.

Независимо отъ свойствъ угля торговое дѣленіе основывается еще на величинѣ кусковъ.

Въ продажу уголь идетъ крупными глыбами, большими кусками, кусками меньшей величины (кулачникъ), мелкими кусками (орѣшникъ), въ видѣ угольной мелочи и пыли.

*) Главный городъ графства Гламаріанъ, расположенъ у рѣки Севернъ.

§ 11. **Антрацитъ.** Дальнѣйшимъ процессомъ минерализаціи каменный уголь превращается въ антрацитъ. Антрацитъ—хрупкій минералъ, чернаго цвѣта съ стеклянно-металлическимъ сильнымъ блескомъ, неровнымъ раковистымъ изломомъ. Уд. в. антрацита выше 1,4 и можетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ доходить до 2-хъ, твердость 2--2,5, черта сѣро-черная. Растительное происхождение антрацита открывается съ большимъ трудомъ, чѣмъ у каменнаго угля. Сложеніе антрацита плотное, находится онъ обыкновенно гнѣздами безъ видимой слоистости. Нѣкоторыя видоизмѣненія обладаютъ шестоватымъ и даже волокнистымъ сложениемъ, такія видоизмѣненія обыкновенно имѣютъ меньшій уд. вѣсъ. По самому происхожденію своему антрацитъ не можетъ имѣть рѣзкихъ отличій отъ близкихъ къ нему по составу и свойствамъ тощихъ каменныхъ углей.

За исключеніемъ золы и влажности антрацитъ содержитъ 95% углерода, 2% водорода и 3% кислорода съ азотомъ.

По Бунге органическая часть антрацита состоитъ въ среднемъ изъ:

94,81 углерода
2,36 водорода
2,83 кислорода съ азотомъ

на 100 частей; содержаніе воды до 3%, золы до 6%.

Теплотворная способность органической части около 8400 калорій, испарительная способность до 15 килогр. воды. Примѣняется антрацитъ для комнатныхъ печей, доменъ, пароводяныхъ и паровозныхъ котловъ.

Въ виду высокой температуры воспламененія и неспособности къ самовозгоранію, въ отличіе отъ каменнаго угля, антрацитъ безопасенъ въ пожарномъ отношеніи.

Въ Россіи этотъ родъ горючаго и при томъ прекраснаго качества находится въ Донецкомъ бассейнѣ, (на югѣ Россіи особенной извѣстностью пользуется грушевскій антрацитъ, добываемый возлѣ Грушевской станицы Обл. В. Д.), а также на восточномъ склонѣ Урала, въ Олонецкой губ. и въ Сибири. Каменноугольныя мѣстороженія Пенсильваніи въ С. А. тоже весьма богаты антрацитомъ, но наиболѣе значительное количество его добывается въ Уэльскомъ бассейнѣ въ Англіи.

§ 12. **Общее понятіе о добычѣ каменнаго угля.** Каменный уголь обычно располагается пластами, заключенными въ породы, принадлежащія къ каменноугольной формаціи, т. е. въ въ песчаникахъ, сланцахъ, известнякахъ, конгломератахъ или псамитахъ, иногда сопровождаясь жирными глинами, сидеритами и пиритами.

Пириты, будучи тѣсно смѣшаны съ углемъ, понижаютъ его достоинство, такъ какъ вносятъ въ каменный уголь болѣе или менѣе значительное количество сѣры.

Бассейны каменного угля могутъ быть материковые и морскіе; въ первыхъ пласты угля мощны, но число ихъ не велико, во вторыхъ замѣчается большое количество пластовъ относительно незначительной мощности. Слой породы, лежащей подъ пластомъ угля, называется почвой, а прикрывающій пластъ—кровлей. Иногда, благодаря геологическимъ переворотамъ, часть пласта является опрокинутой, прикрываясь почвой и лежа на кровлѣ (рис. 16).

Толщина каменугольныхъ пластовъ бываетъ весьма различной, мѣняясь отъ нѣсколькихъ сантиметровъ до нѣсколькихъ метровъ.

Слои тоньше 0,4 метра называются прослойками и эксплуатируются лишь въ исключительныхъ случаяхъ. У насъ въ

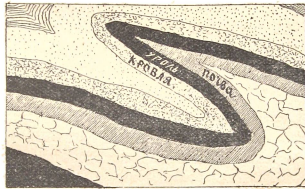


Рис. 16.—Слой угля.

Россіи принято разрабатывать слои не менѣе 0,5 метра толщиною, въ Англіи же даже не менѣе 1-го метра.

Въ большинствѣ случаевъ пластъ угля раздѣляется прослойками глины, сланца или мягкаго угля. Наклонъ пластовъ мѣняется отъ горизонтальнаго до вертикальнаго положенія. Пласты съ наклономъ меньшимъ 45° называются пологопадающими, а наклонные болѣе 45° —крутопадающими. Часто пласты образуютъ складки, сбросы и вогнутые или выпуклые изгибы и пр.

Въ цѣляхъ добычи каменного угля большую помощь для отдѣленія оказываетъ кливажъ пластовъ, т. е. плоскости наименьшаго сопротивленія, по которымъ колется уголь наклонно или перпендикулярно горизонтальной слоистости пласта.

За исключеніемъ случаевъ выхода каменугольнаго пласта на поверхность или частичнаго обнаженія его въ естественномъ оврагѣ каменный уголь залегаетъ на болѣе или менѣе значительной глубинѣ, и для отысканія его производятъ развѣдки буреніемъ. Буреніе опредѣляетъ глубину залеганія, количество и толщину пла-

стовъ и ихъ направленіе. Основываясь на результатахъ буренія, съ большей или меньшей точностью рѣшаютъ вопросъ о выгодности эксплуатаціи найденнаго угля.

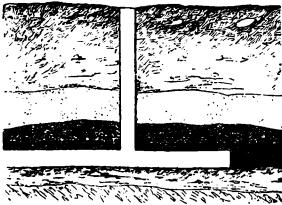


Рис. 17а.

Для добычи угля, обнаруженнаго буреніемъ и признаннаго годнымъ для эксплуатаціи, проводятъ рядъ вертикальныхъ шахтъ и горизонтальныхъ или наклонныхъ штольней (галлерей). (Рис. 17а).

Слои, заключенные неглубоко подъ землею или на склонѣ холмовъ, разрабатываются въ открытую, разносомъ (вскры-

шей), снимая верхнюю породу террасообразными уступами или углубляя въ слой угля штольнями. (Рис. 17б).

Черезъ шахты поднимаютъ добытый уголь, опускаютъ и поднимаютъ рабочихъ, опускаютъ матеріалы, необходимые для разработки пласта, а также откачиваютъ насосами воду и производятъ вентиляцію галлерей.



Рис. 17б

Иногда одна и та же шахта служитъ для нѣсколькихъ изъ вышеуказанныхъ надобностей, иногда устраиваютъ для раз-

ныхъ цѣлей отдѣльныя шахты разныхъ площадей сѣченія, достигающихъ въ большихъ кояхъ до 25 кв. метровъ. По русскимъ законоположеніямъ каждая отдѣльная копь должна имѣть не менѣе 2-хъ шахтъ (рис. 18 представляетъ наружный видъ копи).

Во избѣжаніе обваловъ и обсыпки шахты крѣпятъ, т. е. обдѣлываютъ деревомъ, камнемъ или желѣзомъ. Спускъ въ шахты и обратный подъемъ производится въ настоящее время главнымъ образомъ помощью подъемныхъ машинъ, опусканіемъ и поднятіемъ кѣтокъ, укрѣпленныхъ на металлическомъ канатѣ.

Горизонтальная и пологія галереи раздѣляются на квершлаги, т. е. выработки пустыхъ породъ, и штреки, проходящіе черезъ угольный пластъ. Штреки въ зависимости отъ нуждъ разработки имѣютъ весьма различные уклоны и направленія.

Квершлаги должно устраивать настолько просторными, чтобы въ нихъ по проложеннымъ рельсамъ свободно проходили вездѣ вагонетки для откатки выработаннаго матеріала (пророды и угля), оставляя проходъ для рабочихъ и притока свѣжаго воздуха.

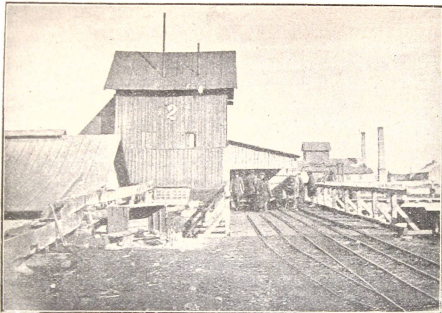


Рис. 18. — Наружный видъ копи.

Такъ какъ горныя породы каменноугольной формации обыкновенно обладаютъ значительной твердостью, то помимо ихъ разработки кирками (кайлами) приходится прибѣгать къ разрушенію породы взрывами. Взрывныя работы практикуются и для отбивки большихъ массъ угля. Въ качествѣ взрывчатыхъ веществъ берутъ порохъ и динамитъ, а также различные патентованные составы. Какъ порохъ, такъ и динамитъ представляютъ значительную опасность и нерѣдко служатъ причиною несчастныхъ случаевъ. Продукты разложенія при взрывѣ динамита сверхъ того весьма ядовиты, и галереи должны очищаться отъ нихъ усиленной вентиляціей. Отдѣленіе большихъ массъ породы или угля производится помощью патроновъ, наполненныхъ взрывчатымъ веществомъ и зажигаемыхъ особыми запалами. Патроны вкладываются въ высверленные отверстія (шпуры), распо-

женныя съ такимъ расчетомъ, чтобы послѣ взрыва каменная глыба отдѣлилась отъ материка по намѣченнымъ плоскостямъ.

Квершлагги должны быть тщательно укрѣплены деревянными подпорками, каменными стѣнками или металлическими брусьями (например старыми рельсами). Мѣсто соединенія квершлаговъ съ шахтою въ цѣляхъ удобства при нагрузкѣ и выгрузкѣ изъ откатныхъ тѣжекъ на подъемныя клѣтки расширяется и носитъ названіе рудничнаго двора.

Самые способы устройства копей и разработки угля измѣняются въ разныхъ странахъ и въ разныхъ бассейнахъ въ зависимости отъ экономическихъ и техническихъ условій.

Наклонные пласты чаще всего пересѣкаютъ двумя квершлагами на разныхъ глубинахъ, при чемъ нижній сообщаютъ съ шахтою, служащей для подъема и спуска, а верхній съ вентиляціонною шахтою.

Въ горизонтальныхъ и слабо наклонныхъ пластахъ квершлаговъ не проводятъ, пересѣкаютъ пластъ штрекомъ, соединяющимъ двѣ шахты: рабочую и вентиляціонную.

Разработку начинаютъ съ верхнихъ слоевъ, постепенно углубляясь внизъ въ разныхъ странахъ на различную глубину. Такъ, у насъ въ Россіи не находятъ выгоднымъ разрабатывать угольные пласты, залегающіе глубже 200 метровъ, а въ Англіи глубина шахтъ доводится до 1000 метровъ.

Подземная работа въ копяхъ производится непрерывно дневной и ночной смѣнами рабочихъ, и въ главныхъ чертахъ состоитъ изъ отбойки угля, доставки и нагрузки его на откатныя тѣжки, крѣпленія свѣжихъ выемокъ, закладки выработанныхъ мѣстъ пустой породой съ предварительной выемкой крѣпленій и провода откатныхъ галлерей.

Выемка угля производится особыми умѣлыми рабочими — забойщиками и исполняется различно въ пластахъ разной толщины. Толстые пласты разрѣзываютъ выработками, оставляя столбы, временно поддерживающіе кровлю.

Выработавъ пластъ до границы его простиранія или до границы владѣній, на обратномъ пути вынимаютъ столбы, при чемъ кровля обваливается позади работъ (такъ называемый хищнической или силезскій способъ, запрещенный въ Россіи съ 1889 года). Лучше, идя назадъ, заполнять выработанныя мѣста пустой породой, хотя это удорожаетъ работу. Въ тонкихъ пластахъ приходится вести штрекъ не только въ углѣ, но и въ пустой породѣ, которая идетъ на заполненіе выработанныхъ мѣстъ. Если позволяетъ сложеніе пласта, то при выемкѣ угля первоначально дѣлаютъ подбой, т. е. глубокую

и узкую шель, расположенную параллельно плоскостям слоистости пласта. Если подбой (врубъ) сдѣланъ снизу пласта, то собственный вѣсъ угля облегчаетъ его выемку, а обнаженный пласть временно поддерживается оставляемыми цѣликами угля. При врубѣ, сдѣланномъ наверху, обнаженный уголь приподымають ломами. Если подбоя сдѣлать нельзя, то уголь выламываютъ коялами, но при этомъ уголь дробится на куски меньшихъ размѣровъ, а такой уголь, какъ выше сказано, въ торговлѣ цѣнится дешевле, чѣмъ вынутый большими глыбами, что возможно лишь при работѣ подбоями, особенно снизу. Весьма толстые пласты угля разрабатываются пластами.

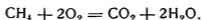
Добытый уголь вагонетками отвозится къ мѣстамъ подъема и затѣмъ поднимается на поверхность. Обыкновенно на копяхъ имѣются желѣзнодорожныя вѣтки, чтобы во избѣжаніе излишней перегрузки, при которой уголь бьется, грузить его прямо въ вагоны для отправки на мѣста продажи.

При правильномъ техническомъ надзорѣ работа по добычѣ угля, будучи по существу весьма тяжелой, не представляетъ особой опасности, но къ сожалѣнію стремленіе къ сохраненію матеріала и времени, нужныхъ для правильнаго крѣпленія галлерей, нерѣдко ведетъ къ тяжелымъ послѣдствіямъ, обваламъ, иногда засыпающимъ рабочихъ или преграждающимъ имъ выходъ и доступъ къ нимъ воздуха.

Внезапно хлынувшая гдѣ либо въ копь вода также топить рабочихъ или, остановившись на извѣстномъ уровнѣ, закрываетъ имъ выходъ на поверхность земли. Въ предупрежденіе заливанія копи водой непрерывно производится откачиваніе воды, направляемой особыми кюветами и стекающей по дну галлерей въ опредѣленные пониженныя мѣста, и отводъ бьющихъ подземныхъ ключей желобами или заглушеніе ихъ. Объ опасности промысла можно судить хотябы по числу смертныхъ случаевъ, которое для Европы (включая Донецкій бассейнъ) въ 1906 г. равнялось 3759 чел., а въ 1908 г.—3795, для С. Ам., въ 1906 г.—2078 чел., а въ 1908 г.—2686 чел. Можно принять на основаніи многолѣтнихъ статистическихъ выводовъ, что на каждую тысячу рабочихъ ежегодно бываетъ убито 2—3 чел.

Нерѣдко каменный уголь сопровождается выдѣляющимися при процессѣ минерализаціи растительныхъ остатковъ естественными горючими газами, преимущественно метаномъ — CH_4 , такъ и называемымъ — рудничнымъ газомъ, и меньшими количествами инертныхъ CO_2 и N . Присутствіе рудничнаго газа представляетъ непріятное осложненіе и безъ того нелегкой процедуры добычи каменнаго угля и обнаруживается въ разныхъ мѣстностяхъ на различныхъ глубинахъ.

Удѣльный вѣсъ рудничнаго газа доходитъ до 0,7, такъ что онъ легко смѣшивается съ воздухомъ, образуя въ смѣси съ 6—14 объемами воздуха сильно взрывчатую смѣсь. Согласно реакціи, происходящей при соединеніи:



максимальная сила взрыва получается при смѣшеніи одного объема рудничнаго газа съ 2-мя объемами кислорода, т. е. съ 10-ю объемами воздуха.

Образованіе такой гремучей смѣси въ мѣстахъ разработки угля служитъ зачастую причиною несчастій. Ближайшими причинами воспламененія при внезапномъ выдѣленіи газа или постоянномъ его выдѣленіи и недостаточности вентиляціи служатъ неосторожное обращеніе съ предохранительными лампами или отсутствіе ихъ, порохострѣльные работы или взрывы динамита и другіе случаи появленія пламени въ взрывчатой смѣси.

При взрывѣ происходитъ мгновенное образованіе и быстрая конденсація водяныхъ паровъ, почему взрывы сопровождаются двумя слѣдующими другъ за другомъ ударами. При этомъ развивается давленіе до 6 атмосферъ. Показаніемъ на присутствіе метана помимо его рѣзкаго запаха служитъ увеличеніе пламени лампы, при чемъ пламя принимаетъ по краямъ голубой оттѣнокъ, въ лампахъ же, снабженныхъ предохранительной сѣткой (рис. 19) (первоначально сконструированныхъ Деви), на присутствіе метана указываютъ легкіе взрывы внутри нихъ.



Рис. 19.
Лампа Деви.

Такъ какъ температура воспламененія рудничнаго газа лежитъ около 650°, то предохранительная сѣтка лампы, охлаждая выдѣляющіеся продукты горѣнія, можетъ быть внесена на нѣкоторое время въ атмосферу гремучей смѣси безъ опасенія произвести ея взрывъ.

Выдѣленіе газа идетъ различно, наиболѣе опаснымъ является выдѣленіе газа изъ пустотъ при пробиваніи отверстій въ толщѣ пласта.

Насколько присутствіе газовъ въ копанияхъ увеличиваетъ опасность работы, видно изъ отдѣльныхъ чиселъ рабочихъ, убитыхъ при взрывахъ газа.

Въ 1879 г. въ Бельгіи (шахта Адгарре) однимъ изъ взрывовъ было убито 121 чел., причѣмъ выдѣленіе газа послѣ взрыва продол-

жалось около 2-хъ часовъ. Въ Россіи въ 1898 г. взрывомъ на рудникѣ Русск. Донецк. О-ва убито было 74 чел., а въ 1908 году на Рыковскихъ копяхъ 283 чел. и во Франціи при одномъ взрывѣ (въ курьерѣ) число погибшихъ превысило 100 человекъ.

Весьма значительное вліяніе на усиленіе выдѣленія газа оказываетъ уменьшеніе атмосфернаго давленія. Это вполне понятное явленіе по статистическимъ даннымъ сопровождается почти половину всѣхъ происходящихъ взрывовъ.

При выработкѣ пласта естественныя условія, вліянію которыхъ подвергается уголь въ мѣстахъ своего залеганія, измѣняются. Уголь приходитъ въ соприкосновеніе съ кислородомъ воздуха, а такъ какъ уголь, особенно мелкій и пористый, способенъ медленно поглощать значительное количество кислорода, то при неблагоприятныхъ внѣшнихъ условіяхъ возникаетъ возможность самовоспламененія угля. Къ неблагоприятнымъ внѣшнимъ условіямъ относятся: увеличеніе давленія кровли въ зависимости отъ ея осѣданія и разложеніе колчедановъ въ присутствіи влажности. Оба эти условія способствуютъ поднятію температуры угля, а такъ какъ повышеніе температуры и безъ того происходитъ при медленномъ окисленіи углерода поглощаемымъ имъ кислородомъ воздуха, то соединеніе всѣхъ этихъ условій можетъ настолько поднять температуру угля, что онъ загорается. Случаи возникновенія по этой причинѣ подземныхъ пожаровъ бывали неоднократно и даже вели къ полному прекращенію выработки.

Загорѣвшаяся копъ заливается водой или бросается до прекращенія въ ней пожара, а сосѣднія мѣста добычи ограждаются отъ мѣста пожара огнеупорными стѣнами. Пожары на небольшой глубинѣ прекращаются труднѣе, такъ какъ воздухъ легче проникаетъ къ горящему углю черезъ трещины и обвалы почвы, какъ это въ настоящее время происходитъ вблизи Дубвейля въ Силезіи, гдѣ подземный пожаръ продолжается уже десятки лѣтъ. Въ Домбровскомъ бассейнѣ, благодаря пожару, возникшему въ 1894 году, производительность одной компаніи была сокращена на половину.

Самовозгораніе угля является наиболѣе частой причиной пожаровъ, но пожары возникаютъ и отъ другихъ причинъ, на примѣръ, отъ воспламененія деревянной крѣпи или огнеопасныхъ матеріаловъ, а также мелкой угольной пыли. Мелкая угольная пыль наполняетъ галереи при выработкѣ нѣкоторыхъ сортовъ угля и при недостаточной вентиляціи не только способствуетъ возникновенію пожаровъ, но даже въ смѣси съ воздухомъ можетъ при воспламененіи давать взрывъ.

Уголь, вынутый на поверхность, въ большей или меньшей степени подвергается окисленію кислородомъ воздуха, и случаи самовозгоранія угля, богатаго мелочью, въ складахъ и въ трюмахъ пароходовъ (что является особенно опаснымъ) не принадлежать къ числу рѣдкихъ. Опасность самовозгоранія увеличивается для газовыхъ углей, богатыхъ примѣсью колчедановъ, и влажныхъ, хранящихся въ отапливаемыхъ и не вентилируемыхъ помѣщеніяхъ. Для предупрежденія самовозгоранія на складахъ и въ угольныхъ ямахъ судовъ слѣдуетъ, складывая уголь, оставлять каналы для охлажденія его токомъ воздуха.

§ 13. Добыча угля въ различныхъ странахъ. О количествѣ ежегодно добываемаго угля и о распредѣленіи добычи по отдѣльнымъ странамъ можно сказать съ увѣренностью, что, благодаря увеличенію числа паровыхъ двигателей, паровыхъ судовъ, расширенію сѣти желѣзныхъ дорогъ и вздорожанію дровъ, добыча каменнаго угля ежегодно возрастаетъ, какъ въ общемъ, такъ и по отдѣльнымъ странамъ, несмотря на возникшую конкуренцію со стороны другихъ родовъ топлива (торфа и нефти).

Міровая добыча каменныхъ углей (различныхъ разновидностей), равнявшаяся въ 1866 г. — 185.400.000 тоннъ, къ 1876 году повысилась до 288.000.000, въ 1886 г. достигла общаго количества 588.450.000 и въ 1896 г. уже превысила 767.000.000 тоннъ, а въ 1907 г. достигла почти 1120.000.000 тоннъ.

Въ томъ числѣ въ 1876 г. изъ всего количества угля, добывавшагося въ главныхъ мѣсторожденіяхъ Европы и С. Америки, приходилось на долю Англій .

Англій .	47 ⁰ / ₁₀₀ .
Германіи .	17 ⁰ / ₁₀₀ .
С. Америки	16,8 ⁰ / ₁₀₀ .
Франціи .	6 ⁰ / ₁₀₀ .
Бельгіи	5 ⁰ / ₁₀₀ .
Австріи	4,6 ⁰ / ₁₀₀ .
Россіи	0,6 ⁰ / ₁₀₀ ;

но уже въ 1896 г. приходилось на долю

Англій	33,5 ⁰ / ₁₀₀ всего колич. добытаго въ мірѣ,
С. А. Соед. Шт.	29 ⁰ / ₁₀₀ .
Германіи .	19,3 ⁰ / ₁₀₀ .
Франціи .	4,9 ⁰ / ₁₀₀ .
Австріи	4,08 ⁰ / ₁₀₀ .
Бельгіи .	3,65 ⁰ / ₁₀₀ .
Россіи	1,34 ⁰ / ₁₀₀ .
другихъ странъ	4,23 ⁰ / ₁₀₀ .

Въ 1901 г. процентное отношеніе измѣнилось, и мировая добыча распредѣлилась такъ:

С. А. Соед. Шт.	33,6 ⁰ / ₁₀₀ .
Англія	28,3 ⁰ / ₁₀₀ .
Германія	19,8 ⁰ / ₁₀₀ .
Австрія	5,2 ⁰ / ₁₀₀ .
Франція	4,2 ⁰ / ₁₀₀ .
Бельгія	2,7 ⁰ / ₁₀₀ .
Россія	2,1 ⁰ / ₁₀₀ .
другія страны	4,5 ⁰ / ₁₀₀ .

Для 1907 г. (послѣднія статистическія данныя) распредѣленіе было таково:

С. А. Соед. Шт.	37,7 ⁰ / ₁₀₀ .
Англія	24,3 ⁰ / ₁₀₀ .
Германія	13,4 ⁰ / ₁₀₀ .
Австрія	4,3 ⁰ / ₁₀₀ .
Франція	3,2 ⁰ / ₁₀₀ .
Россія	2,2 ⁰ / ₁₀₀ .
Бельгія	2,0 ⁰ / ₁₀₀ .
другія страны	7,9 ⁰ / ₁₀₀ .

100

Количественное увеличеніе добычи въ странахъ съ наиболѣе развитой каменноугольной промышленностью было таково:

	1896 г.	1901 г.	1908 г.
Англія	195.272.000 тоннъ,	226.350.000 тоннъ,	265.800.000 тоннъ.
С. Америка	168.957.300 тоннъ,	270.600.000 тоннъ,	380.000.000 тоннъ.
Германія	112.437.700 тоннъ,	150.000.000 тоннъ.	205.000.000 тоннъ.

Многія лица неоднократно пытались выяснитъ, надолго ли хватитъ запаса угля въ тѣхъ или иныхъ мѣсторожденіяхъ, исходя изъ приблизительно опредѣленныхъ объемовъ эксплуатируемыхъ пластовъ и средней годовой выработки угля. Понятно, что запасы угля не безконечны и многіе отдѣльные, нѣкогда мощные пласты давно выработаны, но все же надо думать, что раньше, чѣмъ послѣдній доступный для эксплуатаціи угольный пластъ будетъ истощенъ, человечество найдетъ другой источникъ тепловой энергіи, какъ теперь трансформируютъ потенциальную тепловую энергію топлива въ энергію механическую, электрическую, свѣтовую и проч.

Уже въ настоящее время кинетическую энергію падающей воды, приводящую въ движеніе механическіе двигатели или динамо-машины,

весьма образно называютъ «бѣлымъ углемъ» и предсказываютъ широкое распространеніе этого двигателя при дальнѣйшемъ усовершенствованіи передачи силы на разстояніе.

Первоначально опасеніе за возможность близкаго истощенія запасовъ каменнаго угля возникло въ Англіи, гдѣ уже въ настоящее время находятъ выгоднымъ эксплуатировать угольныя залежи на глубинѣ 1000 метровъ и даже подъ дномъ океана. Однако, даже взявъ въ расчетъ интенсивное увеличеніе ежегодной добычи, запасовъ англійскаго угля по наиболѣе пессимистическимъ вычисленіямъ хватить не менѣе какъ на 500 лѣтъ, а болѣе благоприятныя вычисленія доводятъ это число до 2000 лѣтъ *).

Уголь изъ Англіи расходуется въ самыя отдаленныя страны, не только лишеныя этого рода горючаго, но и богатыя имъ. Последнее объясняется главнымъ образомъ разнообразіемъ сортовъ и высокими качествами англійскаго угля, особенно вышеуказаннаго бездымнаго кардифа, необходимаго военнымъ судамъ **).

Судя по послѣднимъ изысканіямъ (1903 г.) надо думать, что всѣ англійскія мѣсторожденія угля приведены въ извѣстность и новыхъ болѣе не обнаруживается.

Во Франціи собственныхъ запасовъ угля едва-ли хватить и на 500 лѣтъ, и въ настоящее время глубина копей уже (какъ и въ Бельгіи) не уступаетъ англійскимъ, количество же добываемаго угля является недостаточнымъ для нуждъ промышленности и значительная часть всего сжигаемаго во Франціи угля привозится изъ Англіи и Германіи.

Произведенныя въ различныхъ мѣстностяхъ Франціи въ 1903 г. изысканія новыхъ мѣсторожденій не дали утѣшительныхъ результатовъ, новыхъ значительныхъ мѣсторожденій не обнаружено.

Германія по своему развитію каменугольной промышленности, въ настоящее время занимаетъ второе мѣсто среди европейскихъ странъ и третье во всемъ мірѣ, но, хотя значительное количество добываемаго въ Германіи угля вывозится въ другія страны, все же нѣкоторые сорта ввозятся въ нее изъ Англіи. При самыхъ осторожныхъ расчетахъ запасовъ, имѣющихся въ Германіи, должно хватить почти на 1000 лѣтъ.

*) Всѣ приводимыя числа лѣтъ, на которые хватить угля, весьма проблематичны, мнѣнія разныхъ лицъ по этому вопросу, какъ видно изъ приведеннаго примѣра, находятся въ разногласіи, почему мы и считаемъ возможнымъ привести ихъ, лишь какъ не лишнее интереса предположеніе.

**) Для избѣженія необходимости пользованія кардифомъ разные конструкторы, напримѣръ Виръ, проектировали судовые котлы для бездымнаго сжиганія всякаго угля.

Изъ внѣевропейскихъ странъ интенсивно возрастаетъ добыча угля въ С. Ам. Соед. Штатахъ, перегнавъ добычу Англии и завладѣвъ такимъ образомъ мировымъ первенствомъ. Судя по постоянному обнаруживанію новыхъ мощныхъ мѣсторожденій, какъ это недавно было въ Аляскѣ и Техасѣ, количество угля въ С. Америкѣ такъ велико, что, несмотря на усиленный ростъ ея обрабатывающей промышленности, ей не грозитъ недостатокъ угля въ самомъ отдаленномъ будущемъ. Особому развитію каменноугольной промышленности въ Соединенныхъ Штатахъ способствуютъ различныя обстоятельства: близость къ угольнымъ мѣсторожденіямъ, залежей металловъ, удобство путей сообщенія, неглубокое, нерѣдко даже поверхностное залеганіе пластовъ, допускающее разработку вскрышами, толщина и правильность залеганія пластовъ, высокое качество угля и пр.

Не останавливаясь на добычѣ угля въ другихъ странахъ, укажемъ лишь, что съ распространеніемъ европейцевъ по земному шару въ недалекомъ будущемъ, вѣроятно, выдвинутся новыя мѣста разработки внѣевропейскихъ странъ, и перейдемъ къ рассмотрѣнію отечественной промышленности.

§ 14. **Каменный уголь въ Россіи.** Россія принадлежитъ къ числу странъ съ значительными, но еще слабо эксплуатируемыми минеральными богатствами вообще и каменнаго угля въ частности*). Главныя мѣста добычи мы уже указали выше, а именно бассейны: Домбровскій, Донецкій и Ураль.

Донецкій бассейнъ расположенъ въ западной части Области Войска Донского, восточной части Екатеринославской губ. и въ южной части Харьковской губ., образуя площадь до 20.000 кв. верстъ и распространяясь съ запада на востокъ на 320, а съ сѣвера на югъ на 150 верстъ. Сорта угля здѣсь разнообразны, наиболѣе распространены тошіе полуантрацитовые угли. Слои угля сильно изогнуты въ складки и во многихъ мѣстахъ уголь частью или совершенно превращенъ въ антрацитъ. Пласты не отличаются мощностью, доходя до 1-й сажени толщины лишь въ рѣдкихъ случаяхъ; преимущественно разрабатываются пласты толщиной около 1½ аршинъ.

Разработка главнымъ образомъ шахтами и съ 1891 года усложнилась случаями взрывовъ рудничнаго газа.

Въ среднемъ въ составъ Донецкаго угля входитъ до 1,75% сѣры, 8% золы и 5% воды. Такое значительное количество сѣры указываетъ на несовершенство сортировки добытаго угля.

*) Приблизительно расходуется минеральнаго топлива 68% всего количества топлива въ промышленности и лишь 4,4% въ домашнемъ быту, при чемъ общее потребленіе топлива въ промышленности вдвое менѣе, чѣмъ въ домашнемъ быту.

Домбровскій бассейнъ, названный такъ по имени Домбровы-Горной Бендинскаго уѣзда Петроковской губерніи, представляетъ переходящую изъ Германіи часть Силезскаго бассейна, идущаго изъ Германіи на востокъ къ Сосновицамъ, Сельце и Нивкѣ до Домбровы и близъ ея лежащаго Загужья. Околы Домбровы пластъ угля, имѣющій въ предѣлахъ Россіи около 30 кв. верстъ, выходитъ на поверхность и разрабатывается частью вскрываема, частью подземными работами, (какъ это видно на рис. 18, исполненномъ по фотографіи, снятой нами вблизи Домбровы). Толщина пласта доходитъ до 10 сажень. Техническій анализъ угля, весьма важный для практическаго указанія степени чистоты минерала, для Домбровскаго угля даетъ приблизительно 1,46% сѣры, 4,65% золы и 12% влаги.

На Уралѣ уголь преимущественно добывается въ сѣверной части западнаго склона, отложенія же его тянутся почти по всему западному склону хребта. Наиболѣе разрабатываются Луньвенское мѣстороженіе въ Соликамскомъ уѣздѣ Пермской губерніи. Уголь не особенно высокаго качества, содержаніе въ немъ золы доходитъ до 14%, а сѣры до 2%.

Значительно больше по площади стоящій на четвертомъ мѣстѣ по количеству добычи Подмосковный бассейнъ, расположенный въ губерніяхъ: Московской, Тверской, Калужской, Тульской и частью Новгородской, Смоленской, Рязанской, Владимірской и Тамбовской. Общая площадь его тянется на 600 верстъ въ длину и до 400 въ ширину. Глубина залеганія не велика, толщина слоевъ разнообразна. По техническимъ свойствамъ угли, здѣсь добываемые, подходятъ скорѣе къ бурымъ, они хрупки и потому плохо выдерживаютъ перевозку, давая много мелочи, но съ введеніемъ въ практику брикетированія угля, вѣроятно, добыча въ этомъ бассейнѣ увеличится, такъ какъ нормальное содержаніе золы въ подмосковныхъ угляхъ всего 13%, а сѣры до 4%.

Добыча производится въ Рязанской и Тульской губерніяхъ, особенно на Чулковской копи въ Скопинскомъ уѣздѣ Рязанской губерніи.

Площадь мѣстороженія собственно бурога угля, занимающая около 5000 квадратныхъ верстъ, образуетъ Кіевско-Елисаветградскій бассейнъ, располагаясь въ губерніяхъ Кіевской и Херсонской, эксплуатируется, какъ выше было указано, въ Звенигородскомъ и Черкасскомъ уѣздахъ Кіевской губерніи.

Сибирь также богата углемъ и многія мѣстороженія въ ней уже разрабатываются. Въ Зап. Сибири особой извѣстностью пользуется Кузнецкій бассейнъ Томской губерніи, а также имѣется зна-

чительное Судженское мѣстороженіе и найденъ уголь въ Тургайской области. Въ В. Сибири уголь обнаруженъ въ Енисейской и Иркутской губ., въ Якутской и Забайкальской областяхъ, въ Южно-Уссурійскомъ краѣ и въ Камчаткѣ. На о. Сахалинѣ уголь найденъ и эксплуатируется въ нѣсколькихъ мѣстахъ, уголь около порта Дуэ высокаго качества, приближающійся къ антрациту, служитъ предметомъ вывоза.

Одинъ изъ образцовъ сахалинскаго угля, по анализу проф. Алексѣева, содержалъ:

углерода	. 72,77
водорода	5,56
кислорода и азота .	18,43
зола	3,24

Въ Приморской области найденъ уголь по теченію рѣки Сучана, а при постройкѣ Манджурской дороги были обнаружены значительныя и богатые мѣстороженія и частью, какъ на примѣръ около ст. Мудыдзянь, подверглись разработкѣ *).

Небольшое количество угля добывается также на Кавказѣ, особенно въ Тквибульскомъ мѣстороженіи Кутаиской губ. и въ Кубанской области, также въ Туркестанскомъ краѣ.

Ежегодно въ различныхъ мѣстностяхъ находятъ новыя залежи угля и надо предполагать, что еще въ теченіе долгаго времени количество добываемаго угля въ Россіи будетъ ежегодно увеличиваться.

Добыча каменнаго угля въ Россіи производится уже давно, въ настоящее время центръ промышленности находится на югѣ.

Еще во времена Азовскаго похода Императора Петра I-го былъ обнаруженъ уголь и образцы его были доставлены Петру. Тогда Россія, богатая лѣсомъ, еще не нуждалась въ этомъ топливѣ, но, рассказываютъ, Петръ указалъ на важное значеніе этого минерала для потомства, сказавъ: «сей минералъ не намъ, но нашимъ потомкамъ полезенъ будетъ». Дѣйствительно, въ настоящее время югъ Россіи обязанъ развитіемъ своей металлургической промышленности эксплуатаціи донецкихъ каменугольныхъ мѣстороженій. Развѣдки угля были здѣсь произведены въ 1835 г. и до времени возникновенія жел. дорогъ уголь добывался кустарнымъ способомъ, но съ 1856 г. были заложены рационально устроенныя копи, а въ настоящее время глубина шахтъ уже превышаетъ 100 сажень.

*) Манджурія богата углемъ, найденъ и до войны эксплуатировался уголь въ Янтайскихъ копяхъ выше Ляояна, у Гирина и во многихъ другихъ мѣстахъ. Въ Пріамурскомъ краѣ угли преимущественно бурые, вдоль Сибирской дороги каменные, жирные, хорошаго качества. Сучанское мѣстороженіе имѣетъ значеніе для снабженія флота «бездымнымъ» углемъ.

Еще ранѣ Донецкаго правильно эксплуатировался, преимущественно иностранцами, Домбровскій бассейнъ.

Большое преимущество этого бассейна заключалось до послѣдняго времени въ отсутствіи газа, хотя пожары копей отъ самовозгорания угля и друг. причинъ имѣють мѣсто и здѣсь.

Каменный уголь Подмосковнаго бассейна сталъ извѣстенъ съ 1768 г., но правильная разработка его не велась по господствующему мнѣнію о его невысокомъ качествѣ и залеганію гнѣздами.

Толчокъ мѣстной каменноугольной промышленности далъ графъ Бобринскій, инициаторъ сахарной промышленности въ Россіи.

О степени развитія каменноугольной промышленности въ Россіи вообще и о распространеніи ея въ настоящее время по округамъ можно судить на основаніи слѣдующихъ статистическихъ данныхъ.

Всего добыто въ Россіи каменнаго угля различныхъ сортовъ.

въ 1860 г.	милліоновъ пуд.	18,21
» 1870 »	»	» 42,420
» 1873 »	»	» 72,000
» 1877 »	»	» 110,000:

постепенно возвышаясь, добыча доходитъ къ

1897 г. до 683,927 милл. пуд., къ

1901 г. превышаетъ миллиардъ пуд. (1038,46 милл. пуд.), а въ 1908 г. равняется 1.530 милліоновъ пудовъ (болѣе 1½ милліардовъ).

По округамъ уже въ 1877 г. первенствующее мѣсто занималъ Донецкій бассейнъ, въ которомъ получено 44% всего добытаго въ Россіи угля, тогда какъ Домбровскій далъ 35% этого количества, Подмосковный 17%, а Уралъ и Сибирь всего 4%.

Въ 1908 г. добыча по отдѣльнымъ мѣсторожденіямъ распредѣлялась въ нижеслѣдующемъ порядкѣ:

Донецкій бассейнъ .	70,12% общ. доб.
Домбровскій	21,66% » »
Уралъ	3,—% » »
Подмосковный бассейнъ	1,22% » »
остальныя мѣста . .	4,—% » »
Всего	100,—% » »

Въ періодъ 1877—1897 г. мировая добыча увеличилась въ 1,35 раза, а въ Россіи въ 2,17 раза. При сравненіи добычи угля въ 1889 и 1908 г.г. оказывается, что въ то время, какъ добыча въ С. А. С.-Шт. возросла въ 4 раза, въ Англии въ 1½, въ Германіи въ 3, въ Россіи она увеличилась въ 6½ разъ.

Несмотря на такое интенсивное возрастание добычи угля въ Россіи, каменный уголь, особенно англійскій и германскій, ввозится къ намъ въ значительномъ количествѣ. Такъ въ 1907 г. ввезено 198 милл. пуд., при чемъ на долю Англій пришлось приблизительно 73%, всего ввоза, Германіи 25% и др. странъ 2%. *)

Вывезено въ 1901 году изъ Россіи 692.000 пуд. (0,692 милл. пуд.) угля, а въ 1907 уже 13.177.765, т. ч. за указанный періодъ вывозъ почти удвоился.

Присутствіе въ различныхъ русскихъ бассейнахъ разнообразныхъ по качеству углей и постепенное удорожаніе угля на міровомъ рынкѣ, вѣроятно, въ будущемъ поведетъ къ значительному уменьшенію ввоза въ Россію заграничнаго угля и къ еще большему развитію отечественной промышленности. Въ настоящее время (данныя 1908 г.) 87% общей потребности въ кам. углѣ удовлетворяется продуктомъ отечественной добычи.

§ 15. **Коксованіе угля.** Продуктъ естественной сухой перегонки растительныхъ остатковъ—каменный уголь—подвергаютъ дальнѣйшей искусственной сухой перегонкѣ, получая вещество, еще болѣе богатое углеродомъ,—коксъ.

Коксъ представляетъ собою твердое тяжелое тѣло, удѣльнаго вѣса 1,25—1,9, сѣро-чернаго цвѣта, съ полуметаллическимъ блескомъ, звонкое при ударѣ, трудно загорающееся, но при горѣніи развивающее высокій пирометрической эффектъ, до 2465°. Теплотворная способность кокса въ зависимости отъ способа полученія и сорта угля, взятаго для коксованія, различна, въ среднемъ около 7500 калорій. Испарительная способность около 10 килогр. воды однимъ килогр. кокса.

Получается коксъ или специально, или какъ побочный продуктъ при полученіи свѣтильнаго газа.

Коксъ стоитъ въ такомъ же отношеніи къ каменному углю, какъ древесный уголь къ дереву или торфяной уголь къ торфу. Различные сорта каменнаго угля даютъ и коксъ различныхъ качествъ. Придерживаясь классификаціи Грюнера, укажемъ, что сухіе пламенные угли даютъ порошковатый или слегка спекающійся коксъ, жирные пламенные угли образуютъ коксъ, хотя спекающійся, но довольно рыхлый, жирные служатъ матеріаломъ для полученія спекающагося кокса и примѣнимы для коксованія, тогда какъ угли двухъ первыхъ группъ избѣгаютъ брать для полученія кокса,

*) До войны ввозился и изъ Японіи для нуждъ флота, хотя одновременно съ Сахалина уголь шель въ Японію.

но наиболее пригоднымъ и применимымъ сортомъ для коксованія являются короткопламенные угли, такъ и называемые коксовые угли, сильно спекающіеся, дающіе большое количество плотнаго и твердаго кокса, угли же тощіе опять образуютъ мало спекающійся, чаще порошокватый коксъ и, наконецъ, богатый углеродомъ антрацитъ даетъ выходъ болѣе 90% неспекающаго кокса.

Главная цѣль полученія изъ каменнаго угля кокса — увеличеніе пирометрическаго эффекта топлива и превращеніе неудобныхъ для сжиганія спекающихся углей въ удобно сжигаемый продуктъ, не засоряющій колосниковой рѣшетки и не затрудняющій проходъ воздуха. Обжиганіемъ удаляются изъ каменнаго угля дурно пахнущіе газы, которые дѣлаютъ многіе сорта угля трудно переносимыми при сжиганіи въ домашнихъ печахъ. Сверхъ того коксованіе удаляетъ изъ угля часть сѣры, такъ какъ сѣрный колчеданъ при этомъ обжигается. Большая часть сѣры въ видѣ пирита (сѣрнаго колчедана) удаляется передъ коксованіемъ промывкой раздробленнаго угля, что также уменьшаетъ содержаніе въ коксѣ золы. Часть золы при коксованіи угля обращается въ летучіе продукты, но въ виду уменьшенія общаго вѣса обжигаемаго угля, благодаря улетучиванію газообразныхъ веществъ, образующихся при прокаливаніи, процентное содержаніе золы въ коксѣ обыкновенно больше, чѣмъ въ углѣ, взятомъ для обжига.

Составъ кокса, понятно, не одинаковъ для разныхъ углей, изъ которыхъ онъ получается, но въ среднемъ по многимъ анализамъ коксъ содержитъ:

углерода	88,8
водорода	0,8
кислорода и азота	4,4
золы	5,3
сѣры	0,7
на	100 частей

Въ органической части кокса находится углерода отъ 85 и до 98,6%.

Коксъ изъ углей Донецкаго бассейна отличается высокимъ качествомъ и содержитъ *).

углерода	91,9
водорода	1,39
азота	2,1

*) По анализу профессора А. Алек.ѣева.

кислорода	. 2,58
зола	1,43
сѣры	0,6
	100

Такимъ образомъ, увеличеніе по сравненію съ каменнымъ углемъ содержанія въ коксѣ зола, съ избыткомъ вознаграждается удаленіемъ почти $\frac{2}{3}$, бывшей въ углѣ сѣры, окисленіемъ и улетучиваніемъ ея при перегонкѣ.

Возможность полученія кокса изъ каменнаго угля была извѣстна давно: первоначальный патентъ на эту обработку угля былъ выданъ въ Англии въ 1820 году. Въ 1669 г. англичанинъ Бехеръ впервые замѣтилъ образованіе каменной смолы при сухой перегонкѣ угля и примѣнилъ ее какъ топливо въ коксовальныхъ печахъ

Бехеру металлургія обязана введеніемъ въ практику кокса при выплавкѣ рудъ, хотя коксованіе до Бехера уже производилось въ Англии, какъ въ кострахъ, такъ и въ закрытыхъ печахъ, но особенное развитіе оно получило лишь во второй половинѣ XIX вѣка съ развитіемъ желѣзодѣлательнаго производства.

Первоначально коксуемый уголь подвергаютъ сортировкѣ и промывкѣ, коксуя преимущественно мелочь, негодную для сжиганія въ необработанномъ видѣ. Мелкій уголь отмываютъ струею воды отъ болѣе тяжелыхъ примѣсей, особенно отъ колчедановъ, вредящихъ достоинству горючаго содержаніемъ сѣры. Дробленіе угля и его сортированіе имѣетъ цѣлью полученіе кусковъ приблизительно одинаковаго вѣса. Дробленіе производится на дробильныхъ вальцахъ, мельницахъ и дезинтеграторахъ. Вальцы гладкіе, рифленые принимаютъ сваливающійся на нихъ черезъ воронку уголь и, пропуская его между собою, раздавливаютъ, отходя другъ отъ друга, если среди легко раздробляемыхъ углей попадаетъ кусокъ твердой породы. Мельницы раздавливаютъ уголь, попадающій между двумя усѣченными конусами, имѣющими общую геометрическую ось. Внутренняя поверхность большаго конуса и наружная меньшаго покрыты зубцами. Вращается меньшій внутренній конусъ, а наружный остается неподвижнымъ. Дезинтеграторъ состоитъ изъ четырехъ барабановъ, боковая поверхность которыхъ составлена изъ стальныхъ спицъ. Барабаны концентрически насажены на двѣ оси попеременно, т. е. 1-й и 3-й на одну, а 2-й и 4-й на другую, вращающіяся въ противоположныя стороны.

Уголь направляется воронкой во внутренній барабанъ, центробѣжной силой сквозь промежутки между прутьями вбрасывается во 2-й, оттуда въ 3-й и наконецъ высыпается въ особый пріемникъ изъ

четвертого, разбиваясь при переходѣ изъ одного барабана въ другой о рѣшетку стальныхъ прутьевъ. Сортировка угля производится просѣиваніемъ черезъ рѣшетчатые грохота или въ вращающихся рѣшетчатыхъ барабанахъ.

Промываютъ уголь въ ящикахъ, поставленныхъ наклонно, проточной водой и въ ящикахъ съ двумя днами періодически и непрерывно.

Передъ коксованіемъ промытый уголь просушиваютъ или смѣшиваютъ съ сухой угольной пылью.

Слишкомъ сухой уголь, какъ и слишкомъ мокрый, коксуется плохо, обыкновенно оставляютъ въ немъ отъ 5 до 15% воды.

Коксованіе въ кострахъ подобно углежженію: уголь насыпаютъ на плотно убитомъ грунтѣ, располагая коксуемый матеріалъ вокругъ рѣшетчатой кирпичной трубы и засыпая промежутки между кусками угля угольной мелочью. Покрышки иногда совершенно не дѣлаютъ или покрываютъ угольной мелочью. Зажигаютъ изъ середины и наблюдаютъ за коксованіемъ по цвѣту пламени и дыма, появленіе голубого пламени указываетъ на окончаніе коксованія. По исчезновеніи голубого пламени и дыма закрываютъ наглухо трубу, а кучу плотно укрываютъ, утрамбовывая сырую мелочью, и даютъ ей такъ остыть.

Иногда тушатъ коксъ, заливая его водой черезъ трубу, что увеличиваетъ содержаніе влаги въ готовомъ коксѣ до 20%.

Печи для коксованія сконструированы и вошли въ практику весьма разнообразныхъ системъ. Стараются коксовать сразу значительное количество угля, что способствуетъ большому выходу кокса и меньшей потерѣ углерода въ видѣ летучихъ углеводородовъ.

Существуютъ открытыя и закрытыя коксовальныя печи, подобныя предложеннымъ для обугливанія дерева. Такъ, костровая англійская печь (старой конструкціи) состоитъ изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ камеръ, покрытыхъ сводами. Она растапливается предварительно, а затѣмъ въ нее вносятъ уголь и наглухо закрываютъ. Печи кострового типа не экономичны, управлять ими трудно и коксъ въ нихъ получается невысокаго достоинства.

Лучшій продуктъ даютъ ретортныя печи Смита, Коппе и другихъ конструкторовъ, состоящія изъ длинныхъ, узкихъ и невысокихъ камеръ, покрытыхъ изнутри огнеупорнымъ кирпичемъ и закрываемыхъ герметически съ обоихъ концовъ дверцами. Продукты горѣнія въ каждой отдѣльной камерѣ передъ выходомъ въ трубу обогрѣваютъ другія камеры, чѣмъ достигается утилизація тепла.

Еще болѣе значительная экономія тепла достигается въ печи бр. Аппольтъ (рис. 20), вошедшей въ практику съ 60-хъ годовъ прошлаго сто-

лѣтія, весьма сложной по устройству; состоящей изъ нѣсколькихъ узкихъ и высокихъ шахтныхъ камеръ, разделенныхъ кирпичными

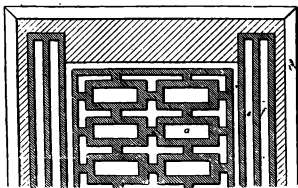
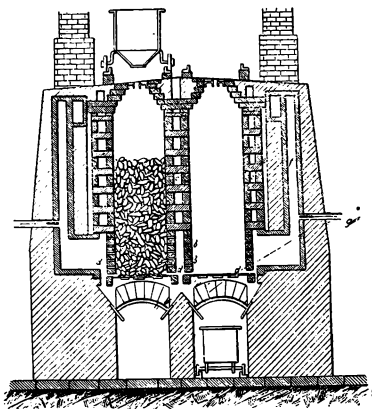


Рис. 20.—Печь Аппольта.

a Шахтные камеры. *b* Каналы, черезъ которые газы расходятся въ пространства *c*, гдѣ они сгораютъ, смѣшиваясь притекающимъ изъ *d* воздухомъ. Продукты горѣнія черезъ вертикальные каналы *e* и *f* и горизонтальные ходы уносятся въ дымовую трубу. Тяга и притокъ воздуха регулируется шиберами *g*. Шахты закрыты сверху крышками, а снизу опускаемыми дверцами.

стѣнками, прорѣзанными каналами, въ которыхъ продукты сухой перегонки сгораютъ, смѣшиваясь съ притекающимъ къ нимъ воздухомъ.

Выходъ кокса въ вертикальныхъ печахъ выше, чѣмъ въ ретортныхъ, а тѣмъ болѣе въ костровыхъ печахъ и кучахъ, доходя до 67% вѣса взятаго угля.

Для собиранія жидкихъ продуктовъ сухой перегонки устраиваютъ различныя дегтарно коксовальныя печи съ отводомъ паровъ жидкихъ продуктовъ трубами въ холодильникъ, а на газовыхъ заводахъ коксъ является побочнымъ продуктомъ при обугливаніи каменнаго угля въ ретортахъ съ цѣлью полученія горючаго свѣтильнаго газа.

Главнѣйшее примѣненіе коксъ находитъ въ металлургическихъ процессахъ, а также сжигается въ домашнихъ печахъ, печахъ химическихъ заводовъ, въ производствахъ, требующихъ высокой температуры, въ топкахъ паровыхъ и паровозныхъ котловъ. Помимо примѣненія кокса, какъ топлива, благодаря своей пористости коксъ примѣняется для наполненія скруберовъ газовыхъ заводахъ, башенъ Ге-Люссака и Гловэра въ производствѣ сѣрной кислоты и вообще въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нужно привести въ соприкосновеніе возможно большую поверхность жидкости съ парами или газами.

§ 16. **Приготовленіе брикетовъ.** Мы уже упоминали, что уголь цѣнится въ зависимости отъ величины кусковъ. Угольная мелочь и пыль (штыбъ) плохо горятъ и, образуясь при добычаніи и транспортѣ хрупкихъ углей въ большомъ количествѣ, почти не находятъ примѣненія.

Еще въ 1832 году французы Феранъ и Марсе предложили изготовлять изъ каменугольной мелочи брикеты, т. е. связывать въ одно цѣлое угольную мелочь цементирующимъ веществомъ и сжигать ее такимъ образомъ въ кускахъ произвольной величины. Цементирующимъ веществомъ брали первоначально глину, что значительно увеличивало содержаніе золы, но съ 50-хъ годовъ начали примѣнять для цементованія каменугольную смолу (сухой пекъ), имѣющую температуру плавленія около 200°. Бурый уголь нерѣдко брикетируютъ безъ вяжущихъ веществъ однимъ давленіемъ, спрессовывая мелочь въ куски желаемыхъ размѣровъ.

Съ усовершенствованіемъ приборовъ для брикетированія производство это развилось во Франціи, Бельгіи и Англии, а затѣмъ Германіи и въ настоящее время начинается развиваться на югѣ Россіи.

Смолы для цементованія берутъ отъ 4—8% по вѣсу угольной мелочи, размалываніе и смѣшиваніе съ углемъ производится въ барабанахъ (меланжерахъ). Смѣсь подогрѣвается въ пламенныхъ печахъ или цилиндрахъ, обогрѣваемыхъ паромъ и снабженныхъ внутри осью съ лопатками, перемеживающими проходящую черезъ барабанъ смѣсь. Различныхъ конструкцій прессы отформовываютъ нагрѣтую

смѣсь въ брикеты различнаго вѣса и внѣшняго вида. Угольная мелочь и нагрѣтая смѣсь подаются автоматически винтами и норіями. Изъ пресса брикеты по мѣрѣ ихъ изготовленія по безконечному полотну транспортируются въ складъ.

Угольную мелочь предварительно подвергаютъ промывкѣ для отдѣленія землистыхъ частей, а для полученія болѣе равномерныхъ кусковъ ее дробятъ иногда особыми машинами (дезинтеграторами преимущественно).

Англійское адмиралтейство рѣшило держать запасы угля исключительно въ брикетахъ, такъ какъ уголь, пролежавшій въ складахъ 2—3 года, теряетъ до 40% своей теплотворной способности, брикеты же могутъ сохраняться безъ измѣненія въ теченіе 10 лѣтъ. Сверхъ того брикеты значительно портативнѣе и не способны къ самовозгоранію.

О качествахъ хорошихъ брикетовъ можно судить по сравненію ихъ состава съ составомъ знаменитаго кардифскаго угля:

	Кардифскій уголь.	Лучшіе англійскіе брикеты.
Воды	1,13	1,22.
Летуч. веществъ	12,1	14,6.
Кокса	80	78.
Золы	8	7,5.

Составъ брикетовъ одного изъ русскихъ заводовъ, въ среднемъ изъ нѣсколькихъ анализовъ, былъ таковъ:

воды . . . . .	. 10
летучихъ веществъ	. 40
кокса	40
золы	10

100.

Съ введеніемъ брикетированія угля многіе его сорта (напримѣръ, угли Подмосковнаго бассейна), негодные для перевозки, получаютъ возможность транспортироваться въ видѣ брикетовъ. Въ послѣдніе годы брикеты начали въ большомъ количествѣ примѣнять у насъ во флотѣ. Широкому развитію брикетнаго производства въ Россіи долгое время препятствовала высокая стоимость привозной англійской каменноугольной смолы, которая раньше была обложена пошлиной.

Брикеты изъ антрацитоваго штыба требуютъ нѣсколько большаго количества цементирующаго вещества, чѣмъ брикеты изъ другихъ разновидностей каменнаго угля. Бурый уголь, подобно торфу, можетъ брикетироваться смолой, выдѣляющейся изъ него при нагрѣ-

вани, не требуя прибавки газовой смолы. Чѣмъ больше смолистыхъ веществъ выдѣляется бурый уголь при нагрѣваніи, тѣмъ ниже можетъ быть температура сушки. Топить брикетами удобно въ виду ихъ однообразія по величинѣ кусковъ, но при шуровкѣ они легко разбиваются, засоряя колосниковую рѣшетку.

§ 17. **Другіе виды твердаго топлива: солома, лузга, низянь и пр.** Въ нѣкоторыхъ степныхъ мѣстностяхъ, особенно въ урожайные годы, употребляютъ для отопленія домовыхъ печей, локомотивовъ для молотилокъ, мельницъ, винокуренныхъ заводовъ и т. п., солому различныхъ злаковъ, стебли кукурузы, оболочку зеренъ подсолнечника (лузгу), гречи и пр.

Примѣненіе соломы въ качествѣ топлива не рационально и служить показателемъ недостаточной культурности, такъ какъ ее можно использовать продуктивнѣе: на кормъ скоту, на покрытие строеній, въ качествѣ матеріала для различныхъ поддѣлокъ и т. д. Солома, подобно дереву, состоитъ преимущественно изъ клѣтчатки, содержитъ соли, дающія золу, до $3\frac{1}{2}$ 0/100 бѣлковыхъ веществъ и лишъ строеніемъ, какъ топливо, отличается отъ дерева. Она легко загорается и, вспыхнувъ, оставляетъ мелкій раскаленный уголь, горящій сравнительно медленно.

Малое содержаніе горючаго матеріала въ большомъ объемѣ соломы заставляеть значительно увеличивать вмѣстимость топокъ. Для большаго удобства подбрасыванія горючаго существуютъ особыя приспособленія въ томъ числѣ и самоподающія, устроенныя такъ, что солома, разстилаяемая на особомъ лоткѣ, захватывается валиками, получающими движеніе отъ паровой машины, котель которой отапливается соломой.

Въ степныхъ мѣстностяхъ солому продають не на вѣсъ, а объемомъ, при чемъ даже не существуетъ какой-либо точно опредѣленной единицы; колебаніе цѣны бываетъ въ самыхъ широкихъ предѣлахъ, въ иные годы солому отдають даромъ (за свозъ), или сжигаютъ въ полѣ, въ другіе же годы вся солома идетъ исключительно на кормъ скоту.

Лузга имѣеть какъ топливо примѣненіе меньшее, чѣмъ солома, но все же довольно значительное. Она, какъ и солома, сгораетъ быстро, оставляя мелкій раскаленный уголь. Маслостойные заводы нерѣдко устраиваютъ даже особыя трубы, по которымъ лузга изъ обочныхъ (очищающихъ сѣмя отъ лузги) аппаратовъ проводится въ котелъ непосредственно подъ котлы или же въ особые лари. На мелкихъ маслостойняхъ на топливо идутъ даже жмыхи (макуха) нѣкоторыхъ видовъ масличныхъ растений, если они неохотно поѣдаются скотомъ.

На лѣсопильняхъ, деревообдѣлочныхъ заводахъ, ящичныхъ фабрикахъ получается большое количество опилокъ, стружекъ и т. п. отбросовъ, примѣняемыхъ у насъ для отопленія паровыхъ котловъ. Въ странахъ съ болѣе интенсивной промышленностью и эти отбросы можно использовать съ большею выгодною: для полученія шавелевокислыхъ солей, для сухой перегонки дерева или для полученія целулозы, и съ этой точки зрѣнія сжиганіе ихъ такъ же не рационально, какъ сжиганіе соломы, и оправдывается только мѣстными условіями. Тепло-творная способность указанныхъ отбросовъ почти равна теплотворной способности дерева той породы, изъ которой они получены.

Помимо указанныхъ выше сортовъ топлива въ значительномъ районѣ нашихъ степныхъ мѣстностей на топливо идетъ кизякъ, т. е. кирпичъ, приготовленный изъ помета овецъ, крупнаго скота и верблюдовъ.

Это топливо содержитъ весьма значительное количество золы и азотистыхъ веществъ, при горѣнии выдѣляетъ дымъ, обладающій специфическимъ крайне непріятнымъ запахомъ. По своимъ свойствамъ кизякъ (или, какъ его иногда называютъ, кирпичъ) ближе всего подходитъ къ торфу, давая мало пламени, развивая концентрированную жаръ и значительный пирометрическій эффектъ.

Жидкое топливо.

§ 1. **Общее понятие о жидком топливѣ.** Значительно менѣе твердаго топлива распространено въ технику и общежитіи жидкое топливо, богатое углеводородами: сырая нефть, мазуть, жидкіе продукты сухой перегонки каменнаго и бураго угля, битумозныхъ сланцевъ, нефти, дерева, а также горючіе спирты,—метиловый или древесный— CH_4O и этиловый или винный $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Изъ нихъ болѣе общее техническое значеніе имѣетъ нефть и остатки послѣ отгона изъ нефти легко летучихъ углеводородовъ,—мазуть, почему мы преимущественно и ограничимся рассмотрѣніемъ ихъ свойствъ и полученія, тѣмъ болѣе, что отопленіе, въ собственномъ смыслѣ, другими жидкими горючими вообще не производится. Въ исключительныхъ условіяхъ производится отопленіе древеснымъ каменугольнымъ дегтемъ, но со стороны экономической такое использованіе этихъ цѣнныхъ продуктовъ не рационально, сжигаютъ ихъ почти исключительно въ мѣстахъ полученія подъ перегонными кубами и ретортами. Въ домашнемъ обиходѣ и лабораторной практикѣ иногда пользуются тепломъ, выдѣляемымъ при сгораніи продуктовъ отгона нефти, керосиномъ и бензиномъ, о свойствахъ и полученіи которыхъ ниже мы упомянемъ. Наконецъ, спирты этиловый и метиловый за границей входятъ въ употребленіе, замѣняя легкіе нефтяные погоны, главнымъ образомъ, для освѣщенія и приведенія въ движеніе моторовъ, но частью для нагрѣванія небольшихъ переносныхъ приборовъ. Въ лабораторной практикѣ, благодаря отсутствію копоти при горѣніи въ спиртовыхъ лампахъ, спиртъ весьма часто примѣняется для нагрѣванія.

Нефть въ сыромъ необработанномъ видѣ примѣняется какъ топливо по преимуществу вблизи мѣстъ ея добычи. Болѣе цѣлесообразнымъ жидкимъ топливомъ служитъ мазуть, дающій почти тотъ

же тепловой эффектъ, какъ и сырая нефть, но менѣ огнеопасный. Впрочемъ, извѣстный знатокъ нефтяного отопленія Гулишамбаровъ указываетъ, что сырая нефть, лишившаяся при отстаиваніи легколетучихъ частей, такъ же безопасна, какъ и нефтяные остатки, но за то она не сгущается при пониженіи температуры, а главное значительно дешевле.

Преимущественно нефтяное топливо широко распространено въ Россіи, а также въ Америкѣ. Достоинства его по сравненію съ твердымъ топливомъ заключаются: 1) въ большей компактности, т. е. способности при сгораніи производить тотъ же тепловой эффектъ, какъ значительно большій объемъ другихъ родовъ топлива, 2) въ полной сгораемости безъ оставленія минеральной золы и сажи, 3) въ удобствѣ подвода горючаго въ топку печи, 4) въ быстромъ растапливаніи топки, что крайне важно въ пароходныхъ и паровозныхъ котлахъ, 5) въ способности давать высокій пирометрической эффектъ и, наконецъ, 6) для нѣкоторыхъ мѣстностей въ дешевизнѣ этого топлива.

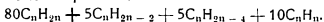
§ 2. **Нефть, общія понятія о ея образованіи и составѣ.** Нефтью называютъ находимую въ природѣ смѣсь различныхъ углеводородовъ. преимущественно предѣльнаго ряда C_nH_{2n+2} и слѣдующаго за нимъ C_nH_{2n} , другихъ непредѣльныхъ рядовъ въ томъ числѣ ароматическаго ряда C_6H_n , органическихъ кислотъ, феноловъ, сѣрнистыхъ, азотистыхъ и др. соединений.

Нефть различныхъ мѣстностей весьма разнообразна по составу, при чемъ въ русской нефти главнымъ образомъ преобладаютъ углеводороды ряда C_nH_{2n} , въ американской же предѣльнаго, а въ другихъ мѣсторожденіяхъ, напримѣръ въ Галиціи, такого преобладанія того или другого ряда не замѣчается, хотя оба эти ряда господствуютъ надъ другими соединеніями, весьма разнообразными, но входящими въ составъ нефти незначительными количествами.

Въ бакинской нефти нафтеновъ (углеводородовъ ряда C_nH_{2n}) до 80%, но въ различныхъ мѣстахъ добыванія составъ нефти варьируетъ. Въ среднемъ элементарный составъ нефти можетъ быть выражень такъ:

углерода	. . .	85%
водорода	. . .	13%
кислорода, азота, сѣры и др. элемент.	. . .	2%

Болѣе точно для углеводородовъ, входящихъ въ составъ нефти, можно взять такое выраженіе:



Изъ числа нафтенонъ найдены соединенія отъ гексонафтена C_6H_{12} до пентодеканафтена $C_{15}H_{30}$ и выше, а въ американской предѣльнаго ряда отъ метана CH_4 до парафина $C_{30}H_{62}$.

Географическое распространеніе нефти весьма широко. но нахожденіе большими количествами рѣдко. Главныя мѣста добычи являются въ Россіи на Апшеронскомъ полуостровѣ въ окрестностяхъ г. Баку, особенно въ Балаханахъ и Бибѣ-Эйбатѣ, а въ Америкѣ въ штатахъ Пенсильваніи, Нью-Йоркѣ и въ Калифорніи, а также въ Канадѣ.

Помимо этихъ главнѣйшихъ мѣсторожденій, разрабатываемыхъ наиболѣе другихъ, нефть найдена почти повсюду, но не эксплуатируется, или эксплуатируется въ количествахъ ничтожныхъ по сравненію съ русскими и американскими мѣстороженіями.

Въ предѣлахъ Россіи нефть найдена и частью эксплуатируется въ Шемахинскомъ уѣздѣ Бакинской губерніи, во многихъ мѣстахъ на западъ отъ Баку до Чернаго моря, въ Тифлисской, Елисаветпольской и Кутаисской губерніяхъ, на сѣверѣ Кавказа (особенно около Грознаго) и въ Дагестанской области, въ Кубанской обл. вблизи Майкопа, на Таврическомъ полуостровѣ вблизи Керчи, въ Ферганской области, на островахъ Святомъ и Челекенѣ Каспійскаго моря, около Байкала, въ Уральскомъ, а также въ Печорскомъ краяхъ, на р. Ухтѣ и на о. Сахалинѣ, особенно по рѣкѣ Нутово и др. мѣстахъ. Въ Америкѣ кромѣ указанныхъ мѣсторожденій обнаружены богатая мѣстонахожденія нефти въ Перу и Аргентинѣ.

Въ Западной Европѣ незначительное количество нефти добываютъ въ Румыніи, Австріи и Германіи, хотя непригодныхъ для добычи мѣстонахожденій извѣстно много. Въ Азіи (за исключеніемъ русскихъ владѣній) лишь частью разрабатываются обширные источники Остъ-Индіи, Бирмы, Китая и Японіи (провинція Эпиго). Найдены нефтеносные пласты также въ Африкѣ и въ Австраліи. Недавно открытыя африканскія мѣстороженія вблизи Суэцкаго канала могутъ получить по своему положенію значеніе міровой важности.

Обыкновенно нефть пропитываетъ нефтеносный слой или скопляется въ пустотахъ породы, сопровождааясь водою и выдѣлившимися легколетучими газами. Въ геологическомъ отношеніи нефть не связана съ какой нибудь опредѣленной системой, находясь, однако, преимущественно въ третичныхъ отложеніяхъ.

Относительно происхожденія нефти мнѣнія различныхъ авторитетныхъ лицъ весьма разнообразны.

Большинство въ настоящее время придерживается взгляда, что нефть есть продуктъ разложенія животныхъ остатковъ (жировъ), на что особенно ясно указываютъ опыты получения изъ рыбьяго жира подъ давленіемъ до 400 атмосферъ продуктовъ перегонки, близкихъ по составу къ нѣкоторымъ сортамъ нефти *).

Существуютъ также мнѣнія о совмѣстномъ животнорастительномъ и даже исключительно растительномъ происхожденіи нефти **). Въ послѣднемъ случаѣ она рассматривается, какъ продуктъ естественной сухой перегонки каменнаго угля.

Профессоръ Д. И. Менделѣевъ предложилъ весьма оригинальную гипотезу минеральнаго происхожденія нефти, исходя изъ предположенія, что внутреннее ядро земнаго шара содержитъ углеродистое желѣзо и что дѣйствіемъ воды, проникающей черезъ трещины земной коры, образовавшіяся при подъемѣ горъ, на углеродъ, находящійся въ желѣзѣ, образуются различные углеводороды.

Н. Авдаковъ отстаиваетъ эволюціонную теорію образованія нефти, высказывая предположеніе, что нефть образовалась полимеризаціей ацетилена и другихъ углеводородовъ во время перехода земнаго шара изъ состоянія красной звѣзды въ планету ***).

Ни одна изъ приведенныхъ гипотезъ не свободна отъ вѣскихъ возраженій и съ точностью ни одну изъ нихъ нельзя считать окончательной, особенно въ виду разнообразія состава нефти въ различныхъ пунктахъ земнаго шара.

За границей, особенно въ Германіи, ученые преимущественно раздѣляютъ мнѣніе Энглера о животномъ происхожденіи нефти, среди же русскихъ ученыхъ не мало послѣдователей ученій о неорганическомъ образованіи нефти. Во всякомъ случаѣ, несмотря на обильное число гипотезъ, вопросъ о происхожденіи нефти остается нерѣшеннымъ ****).

По внѣшнему виду сырая нефть не менѣе разнообразна, какъ и по составу. Она представляетъ смолистую жидкость, въ большинствѣ случаевъ непрозрачную, отъ темно-зеленаго до буро-коричневаго цвѣта при падающемъ и красно—или желто-коричневаго при отраженномъ свѣтѣ; иногда же лишь слегка желтоватую и даже почти безцвѣтную *****).

*) Гипотеза Геффа, Энглера и др.

***) Гипотеза Бишофа и позже Шталя.

****) Первоначальная гипотеза Соколова образованія нефти во время образованія земной коры.

*****) Бѣлая нефть въ Балаханахъ.

******) Вопросъ этотъ прекрасно разобранъ въ книгѣ Г. Гёффера „Нефтя и ея производныя“ 1908 г.

Обладает рѣзкимъ противнымъ запахомъ въ зависимости отъ летучихъ сѣрнистыхъ соединений.

Смотря по составу, точка кипѣнія отъ 55° до 155°.

Удѣльный вѣсъ сырой нефти обыкновенно бываетъ отъ 0,78 до 0,88, но иногда доходитъ до 0,98. Точка кипѣнія тяжелыхъ сортовъ нефти обыкновенно выше, чѣмъ имѣющихъ меньшей уд. вѣсъ.

Нефть легко загорается и горитъ сильно коптящимъ пламенемъ съ обильнымъ выдѣленіемъ густого черного дыма. Во многихъ поверхностныхъ мѣсторожденіяхъ нефть съ времянь глубокой древности примѣнялась въ цѣляхъ отапливанія и освѣщенія, а также для бальзамированія труповъ, для лѣченія накожныхъ болѣзней и какъ смазочный матеріаль.

§ 3. Добыча нефти. Нефть въ Россіи. Техническое примѣненіе нефти началось со времени примѣненія къ ея добычѣ буровыхъ скважинъ, введеннаго первоначально въ Пенсильваніи В. Смитомъ въ



Рис. 21.—Схема земной полости, содержащей нефть.

буровая скважина, проникая въ глуболежащія скопленія нефти (рис. 21), попадая въ верхнюю часть пещеры, вызываютъ выходъ скопившейся массы газа, а затѣмъ даютъ возможность выкачивать запасы нефти, иногда весьма обильные. При проникновеніи буровой скважины непосредственно въ часть пещеры, занятую нефтью, послѣдняя давлениемъ расположеннаго надъ нею газа выбрасывается въ видѣ фонтана (рис. 22), бьющаго на значительную высоту, иногда до 100 сажени, и въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Когда давленіе уравнивается, то остающуюся нефть тартаютъ желонками или выкачиваютъ насосами. Если скважина попадетъ въ воду *), то первоначально бьетъ водяной фонтанъ, смѣняющійся затѣмъ нефтянымъ.

*) Въ большинствѣ случаевъ, особенно въ мѣсторожденіи Апшеронскаго полуострова, нефть сопровождается соленой водой.

1859 году. Первоначально пользовались нефтью, собиравшейся въ ямахъ и колодцахъ на поверхностно расположенныхъ нефтеносныхъ пластахъ.

Буровая скважины, проникая въ глу-

Въ Россіи нефть первоначально добывалась въ незначительныхъ количествахъ, преимущественно въ Печорскомъ краѣ, по теченію р. Ухты, гдѣ опять таки по совѣту геніальнаго преобразователя Россіи Императора Петра I былъ устроенъ заводъ Набатовъ. На Апшеронскомъ полуостровѣ нефть примитивнымъ путемъ добывалась еще въ IX вѣкѣ, а съ присоединеніемъ ханства Бакинскаго къ Россіи въ 1813 году около Баку добывалось уже до 200.000 пуд. нефти ежегодно.

Въ 1871 году было здѣсь добыто 1.375.523 пуда, а съ 1872 г., когда была заложена первая буровая скважина и отмѣнена откупная система, нефтепромышленность развилась къ настоящему времени настолько, что конкурировать съ нею по количеству добываемаго продукта могутъ лишь американскія мѣсторожденія.

Указаніемъ на быстрый ростъ добычи служить слѣдующая таблица количествъ нефти, добытыхъ въ разные годы:

въ 1872 г.—	1.535.981 пуд.
» 1873 »—	3.903.886 »
» 1876 »—	11.000.000 »
» 1878 »—	20.000.000 »
» 1885 »—	115.000.000 »
въ 1890 »—	226.000.000 »
» 1897 »—	421.000.000 »
» 1900 »—	600.000.000 »

и въ 1902 г.—638.281.010 », превысивъ съ 1898

года добычу въ Америкѣ. Всего въ 1902 году добыто въ Россіи 674.250.000 пуд., т. е. 47% мировой добычи, достигавшей 185.000.000 бароль (1 б.=7,45 пуда). Въ С. Ам. въ 1902 г. получено 82 м. бар. т. е. 44%, а во всѣхъ остальныхъ странахъ 16 м. б. т. е. 9% мировой добычи. Въ настоящее время добыча нефти въ Россіи нѣсколько уменьшилась. Такъ въ 1909 г. было получено около 547 миллион. пуд., т. е. на 20% менѣе 1902 года. Глубина буровыхъ скважинъ въ настоящее время доходитъ до 600 метр., а количество до 3000, тогда какъ еще 25 лѣтъ тому назадъ ихъ было всего 250.

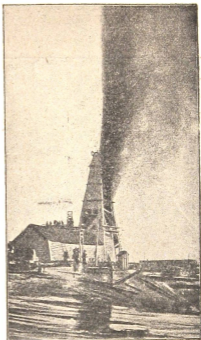


Рис. 22.—Нефтяной фонтанъ.

Приблизительно добыча всѣхъ другихъ русскихъ мѣсторожденій составляетъ немного болѣе $\frac{1}{20}$ -й количества, добываемого около Баку, но въ настоящее время производительность нефтяныхъ мѣсторожденій здѣсь начала уменьшаться.

Нефтяные источники Пенсильваніи, гдѣ правильная добыча началась съ 1859 г., а примитивнымъ способомъ велась много раньше

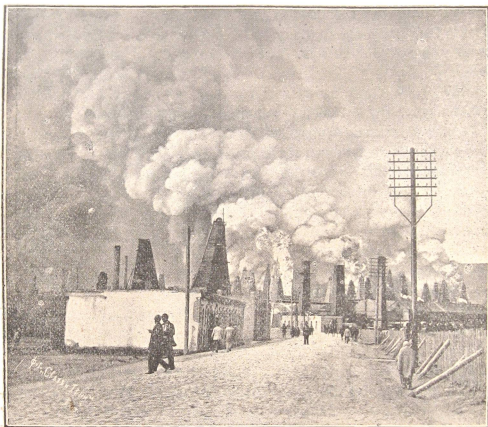


Рис. 23.—Пожаръ нефтяного источника.

туземными индѣйцами, въ 1882 г. дали около 240.000.000 пуд., но затѣмъ, особенно съ 1893 года, производительность стала уменьшаться.

Являясь въ высшей степени огнеопаснымъ веществомъ, нефть въ мѣстахъ своей добычи служитъ главнымъ матеріаломъ, поддерживающимъ гигантскіе пожары, тѣмъ болѣе ужасные, что тушить нефть водою нельзя: она всплываетъ надъ водою и продолжаетъ горѣть. Горячая нефть, стекая въ море, разливается пламенемъ на широкое пространство, зажигая суда, стоящія у берега. Осенью 1903 г. громадныя пожары фонтановъ и запасовъ нефти происходили въ Баку. (Рис. 23).

При внезапномъ образованіи фонтана, равно какъ и при пожарѣ, непронизводительно теряются миллионы пудовъ нефти, а въ послѣднемъ случаѣ нерѣдко въ огнѣ гибнутъ люди и выжигается обширная площадь, застроенная легкими деревянными вышками надъ буровыми скважинами. Задача остановить или урегулировать забившій фонтанъ, направивъ его самотекомъ въ нефтяной амбаръ, не легка.

Нефть выбрасывается съ такой силой, что въ нѣсколько минутъ пробиваетъ землистыми частицами, увлекаемыми струею, толстые желѣзные и чугунные щиты. Давленіе струи въ мѣстѣ выхода можетъ превышать 20 атмосферъ.

§ 4. **Обработка, храненіе и транспортъ добытой нефти.** Изъ скважинъ нефть направляютъ въ большіе отстойные каменные амбары или желѣзные резервуары. Отстоявшаяся «озерная» нефть выдѣляетъ механически примѣшанную къ ней воду и легко-летучіе огнеопасные газы, сгущаясь частью отъ потери летучихъ частей, частью отъ поглощенія кислорода воздуха.

Отстоявшаяся нефть идетъ по чугуннымъ нефтепроводамъ въ резервуары заводовъ или на станціи жел. дорогъ и пристани пароходовъ. Для транспорта употребляются особыя закрытыя помѣщенія, вагоны—цистерны и наливныя суда.

Нефть, не идущая для отопленія въ сыромъ видѣ, подвергается дробной перегонкѣ въ кубахъ различнаго устройства. Передъ перегонкой густая нефть слегка нагрѣвается для отдѣленія отъ воды невыдѣлившейся въ отстойныхъ бассейнахъ. При перегонкѣ, ведущейся непрерывно, нефть проводятъ черезъ нѣсколько кубовъ, лежащихъ въ разныхъ горизонтальныхъ плоскостяхъ, снабженныхъ шлемами и приемниками для отгоняющихся продуктовъ. Для перехода нефти изъ куба въ кубъ они соединяются между собою трубами. Верхній кубъ нагрѣваютъ меньше, чѣмъ нижележащіе. Въ первыхъ 3—4 кубахъ отгоняютъ легкія масла уд. в. 0,78—0,86. Погоны собираются отдѣльно. Методовъ раздѣленія погоновъ на фракціи существуетъ множество; на разныхъ заводахъ, а тѣмъ болѣе въ разныхъ мѣстностяхъ отгоняютъ тѣ или иныя смѣси отдѣльныхъ составныхъ частей. Весьма часто довольствуются лишь отгонкой легкихъ маселъ и керосина. Иногда остатокъ перерабатываютъ отдѣльно, выдѣляя фракціонной перегонкой тяжелыя смазочныя масла, но чаще нефтяные остатки или мазутъ идутъ безъ переработки, какъ топливо. Ими же нагрѣваютъ перегонные аппараты на керосиновыхъ заводахъ.

Мы укажемъ вкратцѣ главнѣйшіе продукты перегонки нефти, полученіе и свойства которыхъ подробно разсматривать въ технологіи топлива излишне.

§ 5. **Легкія нефтяныя масла.** Легкое масло дробной перегонкой при невысокой температурѣ раздѣляютъ на фракціи, торговыя названія которыхъ не соотвѣтствуютъ опредѣленному химическому составу: риголинъ, нефтяной эфиръ, газолинъ, раздѣляя ихъ по уд. вѣсу и точкамъ кипѣнія. Перегонку ведутъ преимущественно глухимъ паромъ, получая изъ сырого масла рафинированіемъ, т. е. обработкой сѣрной кислотой, щелочью и водой для отдѣленія окрашивающихъ веществъ и уничтоженія запаха, главнѣйшіе продукты легкаго масла: бензинъ и лигроинъ.

Бензинъ кипитъ около 80° ; но не долженъ содержать болѣе 5% составныхъ частей съ точкой кипѣнія менѣе 100° . Уд. вѣсъ бензина 0,66—0,72. Это прозрачная (послѣ очистки) жидкость, съ особеннымъ характернымъ, даже пріятнымъ запахомъ, не оставляющая послѣ испаренія пятна на бумагѣ. Растворяетъ смолы и жиры, на чемъ и основано его примѣненіе въ техникѣ, но также идетъ для нагрѣванія небольшихъ переносныхъ нагрѣвательныхъ приборовъ (бензинокъ) и въ лабораторныхъ лампахъ.

Въ парообразномъ состояніи бензинъ, будучи смѣшанъ съ воздухомъ, взрываетъ, почему помимо указанныхъ примѣненій служитъ для приведенія въ движеніе газовыхъ машинъ (бензиномоторовъ) и автомобилей.

Лигроинъ служитъ переходнымъ продуктомъ къ керосину (бензиновые остатки), точка кипѣнія около 100° , уд. в. 0,74—0,77. Преимущественно идетъ, какъ топливо; теплопроизводительная способность лигроина (изъ грозненской нефти) 11.280 калорій.

Количество этихъ легко-летучихъ продуктовъ въ американской нефти значительнѣе, чѣмъ въ бакинской.

§ 6. **Керосинъ.** Изъ освѣтительнаго масла гонятъ преимущественно керосинъ, раздѣляя его въ свою очередь на легкій керосинъ, керосинъ прямого сообщенія и тяжелый керосинъ (астралинъ).

Подъ названіемъ главнѣйшаго продукта перегонки нефти, керосина, идетъ въ торговлю смѣсь углеводородовъ, перегоняющихся отъ 140° и до 270° (даже иногда до 300°), уд. вѣса 0,79—0,85, преимущественно (бакинской керосинъ прямого сообщенія) отъ 0,82—0,825.

Выходъ этого продукта изъ бакинской нефти около 30%, а изъ американской до 60%. Послѣ очистки керосинъ представляетъ свѣтло-желтоватую жидкость при проходящемъ и голубоватую при отраженномъ свѣтѣ, при хорошей очисткѣ почти безцвѣтную, обладающую характерно-непріятнымъ, извѣстнымъ каждому, запахомъ. На бумагѣ онъ оставляетъ жирное пятно. Въ громадномъ количествѣ примѣняется въ качествѣ освѣтительнаго матеріала, сжигаясь въ спе-

ціально устроєнныхъ горѣлкахъ, регулирующихъ поднятіемъ фитиля притокъ керосина и снабженныхъ стекляннымъ цилиндромъ для образования тяги воздуха. Составляетъ значительный предметъ вывоза изъ Россіи, снабжающей имъ западную Европу и нѣкоторыя внѣ-европейскія страны. Около $\frac{2}{3}$ всего получаемого въ Россіи керосина вывозится въ настоящее время за-границу*). Керосинъ представляетъ одинъ изъ наиболее дешевыхъ источниковъ свѣта и, несмотря на развитіе газоваго и электрическаго освѣщенія, успѣшно съ ними конкурируетъ. Освѣщеніе керосиномъ огнеопасно, портитъ воздухъ продуктами горѣнія, а самое горѣніе сопровождается значительнымъ выдѣленіемъ тепла, что часто является весьма нежелательнымъ. Теплота горѣнія керосина утилизируется въ небольшихъ переносныхъ кухонныхъ печахъ (керосинкахъ), она достигаетъ до 11.000 калорій для 1-го килогр.

Очистка керосина отъ окрашивающихъ и частью отъ пахучихъ веществъ, углеводовъ ароматическаго ряда и др. вредныхъ примѣсей производится перемѣшиваніемъ сырого керосина послѣдовательно съ крѣпкой (66°Б.) сѣрной кислотой и ѣдкимъ натромъ (40°Б.), отстаиваніемъ и фильтраціей. Температура вспышки хорошаго керосина должна быть около 50° (допускается minimum 28°); въ такомъ керосинѣ, имѣющемъ комнатную температуру, зажженная лучина при погруженіи должна тухнуть. Качество русскаго керосина въ этомъ отношеніи выше, чѣмъ американскаго.

§ 7. **Тяжелыя масла.** Остатки отъ гонки легкаго масла и керосина, а также мазутъ при дальнѣйшей перегонкѣ даютъ промежуточное масло, кипящее выше 300°, уд. в. 0,85—0,88, оно же солярное (солярное) масло, идущее для сжиганія въ горѣлкахъ особаго устройства для полученія свѣтילהго газа, а мазутъ также легкое смазочное масло, уд. в. 0,88—0,9, и тяжелое смазочное масло. Въ Баку изготовляютъ веретенное масло, уд. в. 0,892—0,896, соломенно-желтаго цвѣта, машинное масло уд. в. 0,9—0,912, отъ желтаго до желто-бураго цвѣта и цилиндрическое темное масло, уд. в. 0,912—0,915. Масла эти должны быть хорошо очищены и совершенно нейтральны.

Остатокъ отъ перегонки маселъ, называемый нефтянымъ дегтемъ, въ смѣси съ остатками отъ дробной перегонки другихъ погонновъ идетъ какъ топливо и для полученія нефтянаго освѣтительнаго газа.

*) Въ 1903 г. изъ Батума вывезено 65.126.000 пуд. керосина, а всего нефтяныхъ продуктовъ 80.716.000 пуд.

Разлагая нефтяной деготь перегрѣтымъ паромъ при 410°, — получаютъ бѣлое, жирное на ощупь, лишенное вкуса и запаха вещество—вазелинъ, уд. в. 0,85—0,95, плавящееся при 30—45°. Вазелинъ находитъ примѣненіе въ медицинѣ и парфюмеріи, а также замѣняетъ для смазки машинъ животный жиръ.

Нѣкоторые сорта, особенно американской нефти, богаты парафиномъ, получающимся отстаиваніемъ на холоду нефтяныхъ остатковъ и отдѣленіемъ жидкихъ частей прессованіемъ или центрофугами. Парафинъ—смѣсь предѣльныхъ углеводородовъ, уд. в. около 0,9 съ весьма различной темпер. плавленія отъ 45° до 80°, желтовато-бѣлаго цвѣта, похожий на воскъ и имѣющей то же примѣненіе.

§ 8. **Примѣненіе нефти, какъ топлива.** Нефть сжигается въ сыромъ видѣ послѣ выдѣленія изъ нея отстаиваніемъ легко-летучихъ газовъ и въ видѣ мазута, т. е. остатковъ отъ выдѣленія болѣе или менѣе высоко кипящихъ фракцій. Элементарный составъ мазута довольно близокъ къ составу нефти:

углерода . . .	87,1
водорода . . .	11,7
кислорода . . .	1,2
	100.

При сгораніи даетъ нѣкоторый, хотя очень незначительный, (0,14%) зольный остатокъ. Во избѣжаніе засоренія форсунокъ, мазутъ передъ сжиганіемъ фильтруютъ черезъ частую металлическую сѣтку.

Теплопроизводительная способность въ зависимости отъ состава дается различными авторами неодинаковой (9740 и до 11.000 калорій), въ среднемъ (для бакинскаго мазута) 10.700 калорій, уд. в. 0,9—0,93.

Значительное количество нефтяныхъ остатковъ (въ Россіи до 20 милл. пуд.) идетъ какъ топливо, нерѣдко фальсифицируясь сырой нефтью, которая повышаетъ его огнеопасность. Сырая нефть (бакинская) выдѣляетъ при сгораніи до 11.460 калорій и при отопленіи паровозовъ зимою предпочитается мазуту, который сильно густѣетъ отъ холода. Наоборотъ, въ парходныхъ трюмахъ сырая нефть можетъ оказаться весьма опасной въ пожарномъ отношеніи. Сожженіе мазута и нефти производится въ специальныхъ топкахъ разнообразныхъ системъ, подробно разсматриваемыхъ въ курсахъ отопленія или при описаніи паровыхъ котловъ. Наиболѣе примѣнимо сжиганіе нефти помощью форсунокъ, т. е. пульверизаторовъ, увлекающихъ и распыливающихъ жидкое топливо въ топку помощью струи пара, а для высокаго пирометрическаго эффекта воздухомъ подъ давленіемъ.

Схема устройства показана на рис. 24, гдѣ по трубѣ *A* идетъ парь, а трубою *B* вводится въ наконечникъ *C* нефть, увлекаемая струею пара черезъ узкое отверстіе трубки *A* наружу. Регулированіе притока нефти и пара производится по мѣрѣ надобности. Форма выбрасываемой струи, а слѣдовательно и пламени, вѣро—или кистеобразная. Сгораніе сопровождается шумомъ и значительнымъ расходомъ пара. Къ тому же подъ сильнымъ давленіемъ горящая нефть бьетъ въ

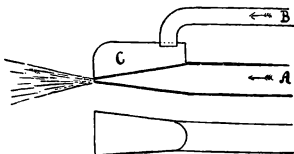


Рис. 24.—Форсунка.

заднюю стѣнку топочной коробки, которая, во избѣжаніе быстрого прогоранія, требуетъ особой защиты огнеупорнымъ щитомъ. Такой щитъ сверхъ того аккумулируетъ теплоту и при остановкѣ дѣйствія форсунки нѣкоторое время поддерживаетъ въ топкѣ высокую температуру, препятствуя вредно дѣйствующему быстрому охлажденію.

Въ жидкомъ видѣ въ печахъ для отопленія и паровозныхъ топкахъ предлагалось сжигать нефть въ расположенныхъ одинъ надъ другимъ плоскихъ сосудахъ (рис. 25).

Топливо автоматически подается въ верхній сосудъ, переходя по трубочкамъ *a* изъ одной чашки въ другую, а избытокъ изъ нижняго сосуда выводится наружу и вновь перекачивается наверхъ. Сосуды укрѣпляютъ въ дверцахъ обыкновенной безколосниковой топки, регулируя притокъ воздуха поддуваломъ. Нефтяные остатки не должны быть слишкомъ густыми и темными, при взбалтываніи съ водою не должны оставлять въ ней грязи и мутныхъ хлопьевъ, а при сожженіи въ форсункѣ не должны оставлять внутри ея чернаго липкаго осадка.

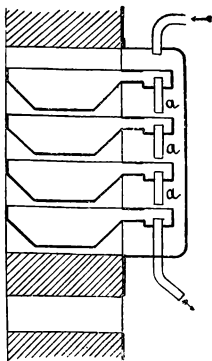


Рис. 25.—Нефтяная топка.

Въ Россіи отопленіе нефтью и нефтяными остатками во многихъ мѣстностяхъ, особенно по Волгѣ, весьма развито. На рѣчныхъ

пароходахъ, паровозахъ и въ топкахъ постоянныхъ паровыхъ котловъ нефть съ успѣхомъ вытѣсняетъ дрова и уголь. Даже въ мѣстностяхъ, гдѣ преимущественно пользуются углемъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ, для хлѣбопечерныхъ печей, предпочитаютъ пользоваться нефтью. Въ настоящее время на Волгу изъ Баку ввозится до 38 милл. пуд. мазута и до 40 милл. пуд. нефти. Цѣна нефти поднялась въ 1909 г. до 30 коп. пудъ, но затѣмъ снова стала падать, дойдя до 15 коп. Это обстоятельство объясняется слухами о богатствѣ майкопскаго района и паденіемъ спроса на русскій керосинъ за-границей. Преимущества жидкаго топлива мы указали выше.

§ 9. **Денатуризованный спиртъ.** Винный спиртъ, этиловый алкоголь (C_2H_5OH) уже давно въ малыхъ количествахъ служитъ топливомъ въ небольшихъ переносныхъ приборахъ и въ лабораторіяхъ.

Его качества какъ топлива весьма высоки, онъ горитъ, не давая копоти и запаха, легко регулируемымъ пламенемъ, имѣетъ значительную теплотворную способность — 6195 кал. и лишь весьма высокая стоимость его сравнительно съ другими родами жидкаго горячаго препятствовала примѣненію его въ большихъ количествахъ.

Продажная цѣна виннаго спирта слагается во всѣхъ странахъ изъ двухъ независимыхъ величинъ, а именно, цѣны самого спирта, какъ техническаго продукта (сравнительно невысокой, около рубля за ведро), и налагаемаго на него акциза, превышающаго почти въ десять разъ собственную цѣну спирта. Попытки придать спирту такія свойства, которыя совершенно исключали бы возможность примѣненія его какъ напитка, дѣлались давно. Спиртъ, непригодный для этой цѣли, но не потерявшій пригодности для техническихъ цѣлей (растворенія и сжиганія), налогомъ не оплачивается. Операция измѣненія свойствъ спирта называется денатурализацией или денатурированіемъ, а полученный спиртъ носить название денатуризованнаго или денатурированнаго.

Въ 1904 г. денатурированіе спирта достигло такого успѣха, что денатурированный спиртъ нашли возможнымъ продавать, освободивъ отъ взиманія акциза, чему прежде препятствовалъ несовершенство денатурализации, допускавшей обратное полученіе чистаго спирта. Надо думать, что въ ближайшемъ будущемъ денатурированный спиртъ во многихъ случаяхъ замѣнитъ собою бензинъ, керосинъ и др. продукты перегонки нефти, особенно для освѣщенія и приведенія въ движеніе моторовъ. У насъ этому несомнѣнно окажетъ препятствіе дешевизна керосина, но въ Германіи уже въ 1903 г. было значительное количество спиртовыхъ локомотивовъ и автомобилей. Въ нѣкоторыхъ

частныхъ случаяхъ спиртъ оказывается болѣе пригоднымъ для полученія опредѣленнаго тепловаго эффекта, чѣмъ каменный уголь, хотя калорія, выдѣляемая при сгораніи угля, раза въ 4—5 дешевле выдѣленной при сгораніи спирта. Напримѣръ, въ тѣхъ случаяхъ, когда использованіе выдѣляемаго горючимъ тепла кратковременно и отдѣльные періоды продуктивной дѣятельности топлива отдѣлены промежутками. Такъ въ кухонныхъ печахъ, отапливаемыхъ углемъ, огонь приходится поддерживать значительно большее время, чѣмъ его нужно для изготовленія кушаній, тогда какъ при спиртовомъ отопленіи огонь можно зажигать и гасить мгновенно, не теряя бесполезно тепла, выдѣляемаго горючимъ.

Этиловый спиртъ добывается въ настоящее время изъ различныхъ частей растений, содержащихъ крахмалъ, какъ то: картофеля, зеренъ злаковъ, кукурузы и т. п. Крахмалъ при помощи діастаза, вещества образующагося въ зернахъ во время ихъ прорастанія, переводится въ моносахаридъ (глюкозу), а этотъ послѣдній, подъ вліяніемъ дрожжей обращается въ этиловый спиртъ и угольный ангидридъ. Готовая глюкоза также служитъ для полученія спирта, при чемъ исключается операція затиранія, т. е. превращенія въ нее крахмала.

Для полученія спирта, идущаго въ качествѣ горючаго, являются пригодными отбросы свеклосахарнаго производства. Помимо этихъ источниковъ предлагаются и не крахмалистыя вещества, содержащія клѣтчатку, которая, при кипяченіи съ сѣрной (и другими) кислотой, обращается въ моносахаридъ. Для этого могутъ идти опилки дерева, старая бумага, мохъ и т. д.

Газообразное топливо.

§ 1. **Общее понятие о горючих газах.** Еще экономичнее и удобнее является отопление газообразным топливом, почти единственным недостатком которого, затрудняющим его широкое применение, является значительный объем газа и, следовательно, ничтожная теплопроизводительность по объему и невозможность транспорта горючих газов. Отопление горючими газами может производиться или непосредственно в местах их получения, или в пунктах, настолько к ним близких, что горючий газ может быть проведен к приборам для его сжигания по трубам.

Теплопроизводительность горючих газов значительна, сгорание их совершенно, без остатка золы и сажи, подовод в топку и регулирование расхода весьма удобны, а пирометрический эффект может быть достигнут весьма значительный.

Всякой горючий газ может служить топливом, но преимущественно для технических целей пользуются газообразными продуктами сухой перегонки каменного угля, нефти и ее остатков, дерева, торфа и частью сланцев, пропитанных естественной минеральной смолой, а также продуктами неполного сгорания твердого топлива, могущими окисляться дальше: генераторным, водяным, полуводяным и доменным газом.

Первоначально так называемый свѣтильный газъ, т. е. продукт перегонки органическаго вещества, богатый углеводородами, былъ примѣненъ для освѣщенія шотландскимъ инженеромъ Мурдохомъ въ 1792 г., освѣтившимъ каменноугольнымъ свѣтильнымъ газомъ свой домъ, а въ 1798 г. два завода.

Технически усовершенствовалъ получение газа Клетгъ, и уже въ 1814 г. часть Лондона была освѣщена газомъ.

Французы оспариваютъ у англичанъ честь первоначальнаго при-
нѣненія свѣтильнаго газа къ практическимъ цѣлямъ, такъ какъ
французъ Лебонъ еще въ 1798 г. взялъ привилегію на полученіе свѣ-
тильнаго газа изъ дерева, хотя за смертью его открытіе не вошло
въ употребленіе.

Въ 1815 г. англичанинъ Тейлоръ получилъ привилегію на добы-
чу свѣтильнаго газа изъ растительныхъ и животныхъ жировъ. Но
еще много раньше указаннаго времени была замѣчена горючесть га-
зообразныхъ продуктовъ сухой перегонки, особенно давно были из-
вѣстны естественные горючіе газы, выдѣляющіеся въ нѣкоторыхъ мѣ-
стахъ земнаго шара изъ почвы.

Со временъ глубокой древности извѣстны священные огни горючихъ
естественныхъ газовъ, выдѣляющихся на Апшеронскомъ полуостровѣ,
Парсы огнепоклонники сжигали въ пламени этихъ огней своихъ мер-
твецовъ. Такіе же горючіе газы извѣстны съ давнихъ временъ въ
нѣкоторыхъ мѣстахъ Америки.

Изъ получаемыхъ искусственно горючихъ газовъ, являющихся
продуктомъ сухой перегонки, преимущественнымъ распространеніемъ
пользуется каменноугольный свѣтильный газъ, хотя помимо указан-
ныхъ матеріаловъ для перегонки предлагались и другіе, въ томъ чи-
слѣ животные отбросы, сухія нечистоты и пр.

**§ 2. Каменноугольный свѣтильный газъ; общее понятіе объ
устройствѣ газоваго завода.** Каменный уголь для газоваго произво-
дства берется по возможности богатый водородомъ, содержащій его
до 5% по вѣсу, т. е. жирный пламенный уголь, или смѣсь различ-
ныхъ сортовъ угля. Иногда, особенно въ Англии, каменноугольный
газъ получаютъ изъ боккеттовъ, т. е. смолистыхъ угольныхъ
сланцевъ.

Примѣрный составъ очищеннаго свѣтильнаго газа, полученнаго
изъ каменнаго угля, можетъ быть выраженъ такою формулою:

$47\text{H} + 41\text{CH}_1 + 0,5\text{CO}_2 + 6\text{CO} + 4\text{C}_2\text{H}_2 + 1,5$ другихъ примѣсей на
100 частей газа, значить, главными составными частями его служатъ
водородъ и метанъ.

Уд. в. свѣтильнаго газа мѣняется, смотря по составу, отъ 0,5 до
0,7. Теплотворная способность одного кубическаго метра 5200 кало-
рій, для одного килограмма до 10.000 калорій, хотя нѣкоторые авто-
ры даютъ еще большее число.

Освѣтительная способность газа тѣмъ выше, чѣмъ больше въ
немъ тяжелыхъ углеводородовъ, сгорающихъ ярко-свѣтящимъ пламе-
немъ. Свѣтловой эффектъ газа, бѣднаго содержаніемъ тяжелыхъ угле-
водородовъ, можетъ быть повышень карбюраціей газа, т. е. примѣ-

шиваніемъ къ нему означенныхъ углеводородовъ, паровъ легко-кипящихъ отгоновъ нефти и пр., а также сжиганіемъ газа въ горѣлкахъ особаго устройства, въ которыхъ газъ сгорая раскаливаетъ окислы некоторыхъ металловъ, т. е. переводя тепловую энергію газа въ свѣтовую энергію.

Для каменноугольнаго и другихъ горючихъ газовъ, примѣняемыхъ какъ топливо, вопросъ о яркости пламени безразличенъ, но желателенъ такой составъ, при которомъ теплопроизводительность газа наибольшая, т. е. возможно большее содержаніе въ газѣ водорода.

Для полученія свѣтильнаго газа каменный уголь закладывается въ реторты (рис. 26), сдѣланныя изъ огнеупорной глины. Реторты за-

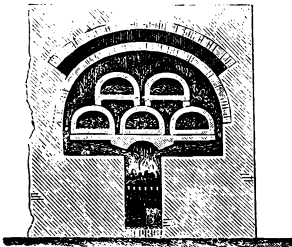


Рис. 26.—Реторты.

крываются чугуннымъ накопникомъ съ желѣзной, наглухо закрѣпленной нажатіемъ болта крышкой и газотводной трубой. Реторты размѣщаются въ печи (рис. 26) батареями по 5—9 и болѣе штукъ и заряжаются углемъ примѣрно на половину своего объема, такъ какъ получающійся при сухой перегонкѣ коксъ пучится, заполняя почти всю реторту.

Отопленіе печи производится коксомъ или, какъ указано выше, продуктами перегонки. Для полученія сильно-свѣтящагося газа температура накаливанія медленно повышается до 1000° и держится на этой высотѣ 5—6 часовъ до конца перегонки. Однако, обыкновенно уголь вносятъ въ раскаленную уже реторту или быстро поднимаютъ температуру и держать ее болѣе высокой, что способствуетъ большому выходу газа, преимущественной составной частью котораго является водородъ. Такой газъ назначается главнымъ образомъ для отопленія, карбюраціи или сожженія въ ауэровскихъ горѣлкахъ, въ которыхъ яркость пламени не зависитъ отъ состава газа.

Количество кокса, сжигаемаго въ печи, составляетъ приблизительно $\frac{1}{3}$ получающагося при этомъ отъ перегонки угля. Этотъ побочный продуктъ долженъ при рациональной эксплуатаціи завода окупать стоимость идущаго въ дѣло угля. Вторымъ побочнымъ продуктомъ перегонки служитъ газовая смола, иногда утилизируемая въ качествѣ топлива, но, что болѣе рационально, чаще подвергающаяся

способом обработки для получения из нея различных цѣнныхъ продуктовъ: красильныхъ пигментовъ, антисептическихъ средствъ, смазочныхъ маселъ и смолистыхъ остатковъ, примѣняемыхъ въ строительномъ дѣлѣ.

Третьимъ побочнымъ продуктомъ сухой перегонки является газовая вода, служащая для получения аммиачныхъ солей.

Газъ, выходящій изъ реторты, содержитъ, помимо полезныхъ составныхъ частей, примѣсь болѣе или менѣе вредныхъ газовъ, отъ

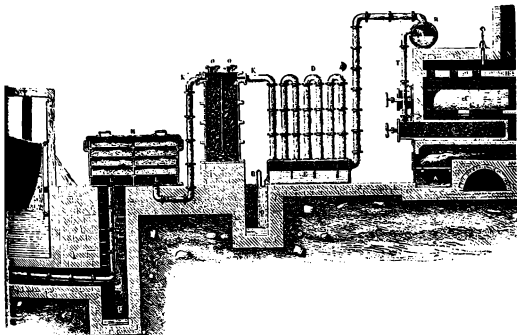


Рис. 27.—Газовый заводъ.

которыхъ онъ долженъ быть совершенно или по мѣрѣ возможности очищенъ; таковы: аммиакъ, сѣроводородъ, сѣроуглеродъ, цианъ, угольный ангидридъ и др., а также трудно-летучія смолистыя части, легко сгущающіяся и могущія засаривать газопроводныя трубы.

Операция очистки газа весьма важна и возможно болѣе правильное веденіе ея является главною цѣлью усовершенствованія газоваго производства. Не входя въ детали, умѣстныя въ курсахъ технологии органическихъ веществъ, укажемъ, что такое освобожденіе газа отъ вредныхъ примѣсей раздѣляютъ на физическую и химическую чистку. Первоначально газъ изъ реторты *C* направляется въ гидравлику *B*,—чугунный или желѣзный цилиндръ, наполненный] на $\frac{2}{3}$ водою. Вода гидравлики задерживаетъ значительную часть аммиака, утилизирующагося, какъ побочный продуктъ производства, осажде-

ніемъ его кислотами, и часть тяжелыхъ смолистыхъ **примѣсеи**, легко конденсирующихся при пониженіи температуры.

Изъ гидравлики газъ идетъ въ конденсаторъ *D*, представляющій рядъ колѣнчатыхъ вертикальныхъ трубъ, входящихъ въ крышку длиннаго ящика, раздѣленнаго перегородками, не входящими до дна, на отдѣльныя части, каждая съ одной входящей и одной выходящей газъ трубами. На днѣ ящика собирается газовая вода и деготь. Охлажденіе газа въ конденсаторѣ производится наружнымъ воздухомъ во время прохожденія газа по длиннымъ вертикальнымъ трубамъ. Изъ конденсатора газъ поступаетъ въ скрубера *O*, цилиндры, наполненные коксомъ, смачиваемымъ амміачной водой, содержаніе амміака въ которой отъ соприкосновенія съ газомъ увеличивается.

Эта амміачная вода служитъ въ настоящее время главнымъ исходнымъ матеріаломъ для полученія амміака и его солей. Въ гидравликѣ, конденсаторѣ и скруберахъ происходитъ такъ называемое физическое или механическое очищеніе газа, для химическаго же очищенія газъ помощью экзостеровъ, т. е. механическихъ всасывателей газа (крыльчатыхъ насосовъ), вкачивается въ



Рис. 28.—Очиститель газа.

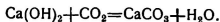
разнообразно устраиваемые химическіе очистители, состоящіе изъ ящика, раздѣленнаго горизонтальными полками на невысокія отдѣленія, лежащія одно надъ другимъ и послѣдовательно сообщающіяся между собою (рис. 28).

На этихъ полкахъ разсыпается то или другое вещество, очищающее газъ, проходящій медленно изъ одного отдѣленія въ другое и соприкасающійся съ веществами, химически связывающими нѣкоторыя вредныя примѣси его, главнымъ образомъ угольный ангидридъ и сѣроводородъ.

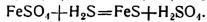
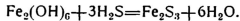
Угольный ангидридъ бесполезно отнимаетъ при горѣннѣ газа часть тепла на нагреваніе и вреденъ для дыханія, а сѣроводородъ обращается при сгораніи въ не менѣе его вредный сѣрнистый ангидридъ: $\text{H}_2\text{S} + 3\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$, почему оба эти газа должны быть удалены очисткой.

Очистительныя массы предлагались разныя, въ практику особенно вошли чистая гашенная известь, окись желѣза и ея соли и смѣси этихъ веществъ.

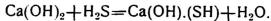
Поглощеніе угольнаго ангидрида известью происходитъ согласно уравненію:



Водная окись желѣза и ея соли, а также желѣзный купоросъ связываютъ сѣроводородъ:

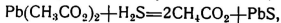


Часть сѣроводорода поглощается известью:



Очистительныя массы по насыщѣніи ихъ подвергаются регенераци. Такъ, напр., изъ нихъ можно добывать желѣзистосинеродистый калий.

Газъ, очищенный отъ сѣроводорода, не долженъ давать чернаго окрашиванія бумаги, смоченной растворомъ свинцоваго сахара (уксусно-свинцовой соли), отъ образованія сѣрнистаго свинца:



чѣмъ и пользуются для опредѣленія степени очистки газа.

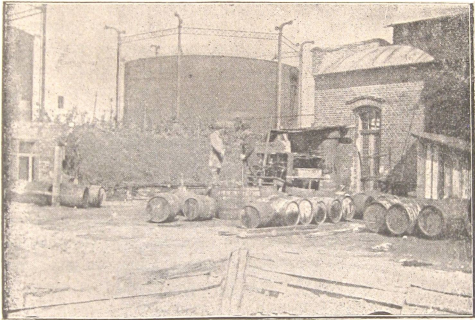


Рис. 29.—Газгольдеры.

Очищенный газъ поступаетъ въ газгольдеръ, обширный резервуаръ, имѣющій форму открытаго цилиндра съ выпуклымъ днищемъ. Цилиндръ обращенъ днищемъ вверхъ, а открытымъ концомъ погруженъ въ бассейнъ, наполненный водою. Первоначально цилиндръ совершенно погружается въ воду, наполняясь ею до верху, при впускѣ же въ него газа, будучи уравновѣшенъ грузами, перекинутыми черезъ блоки, легко всплываетъ (рис. 29). Такимъ образомъ газъ въ газгольдерѣ находится подъ давленіемъ вѣса цилиндра, уменьшеннаго на

сумму вѣсовъ гирь, дѣйствующихъ помощью блоковъ противѣсами. Закрывая доступъ газа и уменьшая вѣсъ грузовъ, гонятъ газъ подъ болѣе или менѣе значительнымъ давленіемъ по выводнымъ трубамъ въ газовую сѣть.

Для правильнаго притока газа къ мѣсту его сожженія въ цѣляхъ отопленія и освѣщенія это давленіе должно быть по возможности равномернымъ, что достигается установкой особыхъ регуляторовъ. Трубы, проводящія газъ, состоятъ изъ чугунныхъ магистралей, проложенныхъ подъ освѣщаемыми улицами, и желѣзныхъ отводныхъ трубъ, ведущихъ газъ изъ магистралей въ мѣста потребленія.

§ 3. **Сожженіе свѣтильнаго газа.** Горѣлки для газа дѣлаются съ узкою щелью, изъ которой газъ вытекаетъ и горитъ вѣерообразно, или съ круглымъ отверстіемъ, при чемъ выходящій изъ отверстія газъ накаливаетъ ауэровскій колпачекъ, свѣтящій ярко-бѣлымъ свѣтомъ. Хотя горѣлки съ цирконіевымъ ауэровскимъ колпачкомъ непрочны и дороги, но онѣ позволяютъ примѣнять для освѣщенія газъ, горящій несвѣтящимъ пламенемъ, т. е. съ незначительнымъ содержаніемъ тяжелыхъ углеводородовъ. Въ аргантовыхъ горѣлкахъ газъ вытекаетъ изъ весьма малыхъ круглыхъ отверстій, расположенныхъ кольцеобразно и дающихъ пламя въ видѣ цилиндрическаго кольца значительныхъ размѣровъ. Существуютъ и другіе типы горѣлокъ, описываемые въ курсахъ технологии освѣщенія.

Примѣненіе свѣтильнаго газа какъ топлива въ Западной Европѣ и въ Америкѣ входитъ въ широкую практику отдѣльныхъ хозяйствъ, особенно въ виду удобствъ, заключающихся въ чистотѣ содержанія и быстромъ растапливаніи комнатныхъ и кухонныхъ печей. Сожженіе газа производится въ очагѣ, выпуская газъ изъ ряда мелкихъ отверстій, расположенныхъ на желѣзной, согнутой кольцомъ или спиралью трубѣ. Для полученія болѣе высокой температуры устраиваютъ горѣлки съ совершеннымъ сгораніемъ по типу лабораторной бунзеновской горѣлки, въ которой легко регулировать притокъ воздуха къ горящему газу. Бунзеновская горѣлка является въ настоящее время незамѣнимымъ приборомъ для нагрѣванія свѣтильнымъ газомъ въ химическихъ и техническихъ лабораторіяхъ. Въ широкую трубку горѣлки газъ входитъ снизу по узкой трубочкѣ, ниже входнаго отверстія которой въ обнимающей ее наружной трубкѣ сдѣлано нѣсколько отверстій, могущихъ по желанію быть открытыми или закрытыми поворотами надѣтаго на основаніе горѣлки кольца съ отверстиями, соотвѣтствующими отверстиямъ трубки. Если отверстия кольца приходятся противъ отверстій трубки, то воздухъ входитъ внутрь трубки, смѣшивается съ газомъ и газъ горитъ безцвѣтнымъ окисли-

тельнымъ пламенемъ. Поворачивая кольцо такъ, чтобы отверстія его пришли на глухую часть поверхности трубки, и въ свою очередь стѣнкой кольца закрывая отверстія трубки, получаютъ ярко-горящее восстановительное пламя.

§ 4. **Искусственный и естественный нефтяной газъ. Древесный газъ.** Газъ, получаемый сухой перегонкой нефтяныхъ остатковъ, нефти и нефтяныхъ, а также другихъ минеральныхъ маселъ, благодаря большому содержанию тяжелыхъ углеводородовъ, горитъ ярче каменноугольного газа. Устройство заводовъ для получения нефтяного газа за исключеніемъ деталей въ общихъ чертахъ таково же, какъ для добычи газа изъ каменного угля. Очистка нефтяного газа проще, такъ какъ онъ не содержитъ сѣрнистыхъ соединений, остающихся въ смолѣ.

Составъ нефтяного газа различенъ въ зависимости отъ состава исходнаго матеріала, температуры и продолжительности гонки.

Какъ образецъ состава нефтяного газа, въ круглыхъ числахъ приведемъ такой:

тяжелыхъ углеводородовъ .	35,5
метана .	42,5
водорода . .	13
окси углерода	2
углекислоты	1
кислорода .	1,3
азота . .	4,7
	100

Уд. в. нефтяного газа 0,7—0,8.

При его полученіи побочными продуктами производства получаютъ смола и незначительное количество весьма плотнаго кокса. При горѣннй нефтяной газъ долженъ быть смѣшанъ съ значительнымъ объемомъ воздуха, при неполномъ сгораніи легко происходитъ значительное выдѣленіе копоти. Нефтяной газъ, какъ въ чистомъ видѣ, такъ въ смѣси съ каменноугольнымъ и древеснымъ, удачно примѣняется для освѣщенія городовъ, но преимущественно привился для небольшихъ установокъ на отдѣльныхъ заводахъ, въ желѣзно-дорожныхъ поѣздахъ и пр.

Въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ изъ земли выдѣляется въ большомъ количествѣ и подъ значительнымъ давленіемъ естественный горючій газъ, сопровождающій нефтяныя мѣсторожденія и состоящій преимущественно изъ метана, имъ пользуются для цѣлей отопленія и освѣщенія, а также въ заводской практикѣ для плавки металловъ, обжига извести, перегонки летучихъ продуктовъ и пр.

Составъ, а слѣдовательно и теплопроизводительная способность естественнаго нефтянаго газа весьма различны и мѣняются не только въ разныхъ мѣстахъ выдѣленія газа, но и въ одномъ и томъ же мѣстѣ. К. Харичковъ приводитъ такой примѣръ состава сураханскаго газа:

углекислоты	3,8
окиси углерода	1,65
непредѣльн. углеводородовъ	2,05
метана	87,21
азота	5,29
	<hr/>
	100

Теплопроизводительность, по даннымъ различныхъ авторовъ, мѣняется въ широкихъ предѣлахъ отъ 5 до 8000 и даже *) до 14.000 калорій.

Наибольшей извѣстностью съ времянь глубокой древности пользуется мѣсторожденіе нефтянаго газа въ Сураханахъ (вблизи Баку), гдѣ до сихъ поръ сохранился храмъ огнепоклонниковъ. Въ Балаханахъ нефтяной газъ утилизировали для различныхъ цѣлей, но затѣмъ оставили, а съ весны 1910 г. опять стали имъ пользоваться. Газъ изъ Сураханъ ведутъ по трубамъ на разстояніи 7 — 8 верстъ и преимущественно сжигаютъ въ топкахъ паровыхъ котловъ. Давленіе газа здѣсь не велико, всего около 3¹/₂ атмосферъ, тогда какъ въ Америкѣ газъ выдѣляется подъ давленіемъ свыше 30 атмосферъ и примѣненіе его весьма обширно. Въ нефтеносной площади С. Америки газъ выдѣляется во многихъ мѣстахъ непрерывно и имъ обслуживаются до 15 городовъ въ цѣляхъ освѣщенія, отопленія, приведенія въ движеніе газомоторовъ и въ качествѣ топлива металлургическихъ печей.

Интересно, что естественный нефтяной газъ выдѣляется также со дна Каспійскаго моря вблизи Биби-Эйбата, образуя «морскіе огни», въ составъ газа которыхъ входитъ также главнымъ образомъ метанъ.

Отсутствіемъ сѣрнистыхъ соединений подобно искусственному нефтяному газу отличается получающійся при сухой перегонкѣ дерева, древесный газъ. Въ настоящее время только въ исключительныхъ случаяхъ древесный газъ можетъ по стоимости конкурировать съ каменноугольнымъ и нефтянымъ, но, какъ побочный продуктъ при сухой перегонкѣ дерева, онъ не безъ выгоды можетъ быть ис-

*) По опредѣленію Инж. А. О. Добрякова, при составѣ газа:
 $93,1\text{CH}_4 + 3,2\text{C}_2\text{H}_4 + 0,9\text{H}_2 + 2,3\text{CO} + 0,3\text{N}_2$

пользованъ для отопленія и освѣщенія. Свѣтовая способность его нѣсколько больше, чѣмъ каменноугольнаго свѣтильнаго газа; составъ въ среднемъ таковъ:

водорода	40
метана	23
тяжелыхъ углеводородовъ .	8
окиси углерода	29

	100.

Уд. в. 0,6 — 0,7.

§ 5. **Генераторный газъ.** При сгораніи твердаго богатаго углеродомъ топлива продуктами горѣнія, т. е. тѣми горячими газами, которые, охлаждаясь и отдавая значительную часть своего тепла окружающему пространству, нагрѣваютъ печь, являются нормально: угольный ангидридъ, водяной паръ, азотъ воздуха и, благодаря несовершенству горѣнія, окись углерода, продукты сухой перегонки топлива, водородъ и сажа, а также избыточно введенный въ топку кислородъ воздуха. При полномъ сгораніи топлива въ кислородѣ оно обращается почти исключительно въ угольный ангидридъ и пары воды.

Для полного сгоранія твердаго топлива температура въ топкѣ должна заключаться между 1000—1200°, въ дѣйствительности же она бываетъ ниже. Для возможно полного сгоранія приходится вводить избытокъ воздуха, который въ свою очередь понижаетъ температуру топки. Какъ бы совершененъ ни былъ очагъ и какъ бы умѣло ни производилась заброска топлива, по выдѣленію изъ дымовой трубы чернаго дыма и по анализу выходящихъ изъ трубы газовъ легко замѣтить, что въ обыкновенныхъ колосниковыхъ, ступенчатыхъ и иныхъ очагахъ полное сожженіе топлива и, слѣдовательно, утилизациа всего тепла, могущаго быть выдѣленнымъ топливомъ при горѣніи, является на практикѣ недостижимой.

Излишне вводимое количество воздуха обнаруживается анализомъ по содержанію свободнаго кислорода въ продуктахъ горѣнія. Онъ, какъ и вводимый по необходимости, но совершенно лишній азотъ, отнимаетъ на нагрѣваніе нѣкоторую долю тепла, развиваемаго горючимъ.

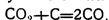
Еще въ 1812 г. Оберто высказалъ мысль о полезности предварительнаго сожженія твердаго топлива въ окись углерода—СО и затѣмъ послѣдней въ угольный ангидридъ (углекислоту *) СО₂. Въ

*) До сихъ поръ весьма распространено названіе углекислоты, совершенно неправильно примѣняемое къ ея ангидриду. Гипотетическая угольная кислота, извѣстная лишь въ видѣ солей, имѣетъ формулу Н₂СО₃.

1839 г. впервые эта мысль была приведена въ исполненіе устройствомъ Бишофомъ генератора съ дутьемъ, т. е. печи съ неполнымъ окисленіемъ топлива и отводомъ изъ нея окиси углерода, а съ 1861 г. генераторы безъ дутья, сконструированные Сименсомъ, начали входить въ широкую практику и способъ раздѣльнаго сожженія углерода топлива сначала въ CO , а уже затѣмъ въ CO_2 получилъ широкое техническое развитие.

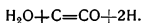
При горѣніи углерода происходитъ предварительное окисленіе его въ ненасыщенное соединеніе—окись углерода, которая сгораетъ, соединяясь объемъ на объемъ съ кислородомъ въ насыщенный окисель—угольный ангидридъ.

Очень долгое время въ химіи держался раздѣляемый еще многими авторами и въ настоящее время взгляды, что и при недостаточномъ количествѣ кислорода углеродъ сгораетъ въ CO_2 , который, оставаясь въ соприкосновеніи съ избыткомъ раскаленного угля, диссоциируетъ, отдавая половину своего кислорода:



Опытныя изслѣдованія не дали положительнаго отвѣта на вопросъ о сущности окислительнаго процесса и даютъ поводъ думать, что объ указанныя реакціи имѣютъ мѣсто одновременно въ разныхъ мѣстахъ очага.

Сжиганіемъ въ генеративныхъ печахъ дешеваго, плохо горящаго и не дающаго высокаго пирометрическаго эффекта горячаго получаютъ окисленіемъ углерода топлива окись углерода, а разложеніемъ паровъ воды, образовавшихся отъ сгорания водорода, входившаго въ составъ топлива, опять таки окись углерода и свободный водородъ:



По необходимости при этомъ вводятъ въ составъ генераторнаго газа азотъ и все же не избеваются отъ нѣкоторой примѣси CO_2 и CH_4 , изъ которыхъ, впрочемъ, послѣдній вреднаго вліянія не оказываетъ.

Идеальнымъ составомъ генераторнаго газа при условіи полученія его изъ кокса будетъ смѣсь 34,4% CO и 65,6% N_2 изъ воздуха, кислородъ котораго окислилъ C въ CO .

Но такъ какъ для сожженія въ генераторахъ берутъ различные древесные отбросы—пни, кору, хворостъ, опилки, а также торфъ, мелкій каменный и бурый уголь и пр. плохо горящіе матеріалы, то и дѣйствительный составъ генераторнаго газа мѣняется въ широкихъ предѣлахъ, объемное содержаніе окиси углерода мѣняется отъ 20—30%, водорода около 10%, какъ и угольнаго ангидрида, а остальное

приходится на долю индифферентнаго азота. Калорическая способность 1-го куб. метра отъ 800—1000 калорій, 1-го килогр. приблизительно 1600—1800 кал. *).

Удѣльный в. около 0,9—0,95.

Температура газа при выходѣ изъ генератора около 1000°. Сжигая газъ воздухомъ, предварительно нагрѣтымъ почти до той же температуры въ регенераторѣ, въ пламенномъ пространствѣ печи достигаютъ высокаго пирометрическаго эффекта, доходящаго до температуры плавленія платины, т. е. около 2000°. Это дѣлаетъ особенно примѣнимымъ генераторный газъ для стекла и металлоплавильныхъ печей.

М. Грагамъ приводитъ такой составъ генераторнаго газа послѣ сожженія твердаго топлива т. н. «первичнымъ воздухомъ»:

CO ₂	. .	5,3
CO	.	24,8
H	.	14,8
CH ₄	.	3,6
N	.	51,5
		100

Будучи сожженъ «вторичнымъ» воздухомъ въ печи, этотъ газъ даетъ въ 100 объемныхъ частяхъ:

CO ₂	. . . . .	18,2
CO	. . . . .	0,9

Въ виду высокой температуры, которую имѣютъ въ этомъ случаѣ окончательные продукты полнаго сгорания, ими пользуются для нагрѣванія внѣшняго воздуха, вступающаго въ реакцію съ топливомъ, въ трубу же отработавшіе газы уходятъ уже охлажденные до 260°.

Что касается самого устройства приборовъ для полученія генераторнаго газа (генераторовъ), нагрѣванія воздуха (регенераторовъ) и смѣшенія его въ мѣстахъ сгорания съ продуктами горѣнія, описываемыхъ въ курсахъ отопленія и въ учении о паровыхъ котлахъ, то генераторы (рис. 30 А) тепла состоятъ изъ небольшихъ шахтенныхъ колосниковыхъ или ступенчатыхъ печей, помѣщаемыхъ для сохраненія ниже уровня земля, а регенераторы В состоятъ изъ сложной системы каналовъ, въ одну часть которыхъ входитъ внѣшній холодный воздухъ, а въ другую отработавшіе газы, накаливающіе кирпичную кладку регенератора. Впускъ газовъ и воздуха въ одни и тѣ же каналы регенератора производится попеременно, т. е. въ каналы, стѣнки которыхъ и расположенные внутри кирпичи, сложенные въ

*) Инж.-техн. А. О. Добряковъ.

клетку (для увеличения поверхности нагрѣва), накалены газомъ, вду- скаютъ воздухъ, а въ охладившуюся

часть регенератора вводятъ газъ и затѣмъ обратно. Количество получающагося газа зависитъ отъ состава топлива: чѣмъ больше въ топливѣ *C* и *H*, тѣмъ больше получится изъ него газа. Приблизительно изъ 1 кг. торфа получается 3,4 кг. (2,8 об. м.) газа, изъ 1 кг. бураго угля 4 кг. (3,4 об. м.), изъ 1 кг. кам. угля 5,4 кг. (4,5 об. м.), изъ кокса 8 кг. (6,5 об. м.) газа.

Выгодами генеративнаго отопленія по сравненію съ прямымъ, несмотря на кажущееся усложненіе дѣла, будетъ повышение коэффициента полезнаго дѣйствія топлива на 50%, экономія въ устройствѣ 1-й общей печи вмѣсто ряда отдѣльныхъ очаговъ и, какъ упомянуто, возможность получения высокихъ температуръ и использования плохихъ сортовъ твердаго горючаго.

§ 6. **Водяной и полуводяной газъ.** Мы уже сказали, что водородъ топлива сгораетъ въ воду, а пары ея, проходя надъ раскаленнымъ углемъ, разлагаются на водородъ и кислородъ, окисляющій углеродъ топлива въ CO . Этой способностью воды диссоциировать въ присутствіи углерода при высокой температурѣ съ образованіемъ горючихъ газовъ воспользовались

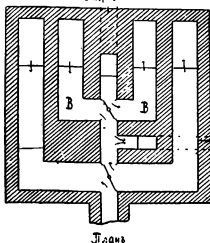
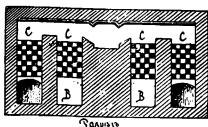
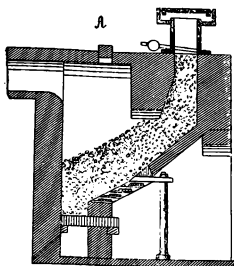
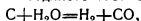


Рис. 30.—Генераторъ.

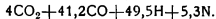
въ техникѣ, приготовляя т. н. водяной генераторный газъ.

Идеальнымъ составомъ водяного газа будетъ, согласно уравненію

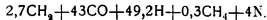


смѣсь равныхъ по объему количествъ окиси углерода и водорода.

Въ техникъ составъ водяного газа бываетъ различенъ въ зависимости отъ способа получения и рода горючаго. По А. Добрякову, составъ водяного газа можетъ быть выраженъ такъ:



Шиллингъ даетъ такой составъ:

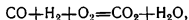


Въ составъ водяного газа, такимъ образомъ, входитъ значительно болѣе полезныхъ, дающихъ высокій термическій эффектъ газовъ, и, дѣйствительно, температура горѣнія его около 2800°, т. е. почти въ 1½ раза выше температуры горѣнія генераторнаго газа, полученнаго сухимъ путемъ.

Одинъ килогр. водяного газа выдѣляетъ около 3800 калорій, а 1 куб. метръ (по Фишеру) 2600 калор., около 2½ раза болѣе, чѣмъ генераторнай.

Можно съ увѣренностью сказать, что обращеніе твердаго топлива въ водяной газъ является съ теоретической стороны наивыгоднѣйшимъ способомъ использованія теплопроизводительности топлива и развиваемаго имъ пирометрическаго эффекта.

При сжиганіи водяного газа въ топкахъ газовыхъ печей получаютъ, согласно уравненію:



угольный ангидридъ и вода, т. е. конечные продукты окисленія, при чемъ объемъ воздуха, вводимаго для сожженія газа, можетъ быть значительно меньшимъ, чѣмъ при сожженіи «вторичнымъ» воздухомъ генераторнаго газа, полученнаго «сухимъ» путемъ, а слѣдовательно вводится въ топку меньше инертнаго азота.

Водяной газъ сталъ извѣстенъ еще съ 1780 г., когда онъ впервые былъ полученъ итальянскимъ профессоромъ Фонтана, но лишь въ 1837 г. его впервые примѣнилъ на практикѣ Э. Зеликэ и лишь въ концѣ прошлаго столѣтія онъ получилъ широкое распространеніе (преимущественно въ С. Америкѣ), чему способствовало примѣненіе его къ освѣщенію. Будучи весьма ядовитъ по присутствію въ немъ окиси углерода, водяной газъ долженъ примѣняться въ высшей степени осторожно, потому что малѣйшая примѣсь окиси углерода въ воздухѣ (0,0003) дѣлаетъ его вреднымъ для дыханія, вызывая тяжелое отравленіе, могущее при продолжительномъ вдыханіи вызвать смертельный исходъ.

Такая смерть отъ «угара» является результатомъ поглощенія СО кровью.

Особенно опаснымъ является поэтому примѣненіе водяного газа для освѣщенія замкнутыхъ пространствъ. Менѣе ядовитый, но также

опасный въ отношеніи взрыва свѣтильный газъ въ случаѣ утечки изъ трубъ или незакрытаго газоваго рожка легко можетъ быть обнаруженъ по своему характерному запаху. Для послѣдней цѣли предлагалось къ водяному газу примѣшивать рѣзко пахнущія составныя части, напримѣръ, минимальное количество отравительно-зловоннаго меркаптана, такъ какъ самъ по себѣ водяной газъ запахомъ не обладаетъ.

Въ западной Европѣ водяной газъ примѣняется почти исключительно какъ топливо, особенно въ Сименсъ-Мартеновскихъ печахъ, въ Америкѣ же служить и для освѣщенія.

Помимо опасности отравленія водяной газъ, несмотря на свои прекрасныя качества какъ топлива, въ настоящее время не можетъ съ успѣхомъ конкурировать съ генеративнымъ газомъ, потому что приготовленіе его обходится значительно дороже.

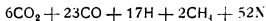
Въ виду того, что разложеніе воды реакція эндотермическая, для образованія водяного газа приходится затрачивать значительное количество тепла, что, понятно, повышаетъ его стоимость.

Приборовъ, служащихъ для полученія водяного газа, придумано много, наиболѣе примѣнимымъ является генераторъ, въ который при забрасываніи топлива выпускаютъ воздухъ, а затѣмъ охлаждають раскаленное топливо вбрызгиваніемъ воды. Какъ топливо при полученіи водяного газа берутъ коксъ, что также удорожаетъ стоимость полученія.

Неоднократно техники стремились соединить преимущества двухъ родовъ горючаго: генераторнаго и водяного газа, т. е. получить такъ называемый полуводяной газъ. Задача устройства прибора для полученія такого газа была разрѣшена въ 1883 году Даусономъ, отъ имени котораго такой газъ и получилъ названіе даусоновскаго.

Для полученія полуводяного газа въ генераторъ вводятъ воду въ видѣ перегрѣтаго пара, смѣшаннаго съ воздухомъ, автоматически питая генераторъ топливомъ, которое до впуска пара и воздуха раскаливается. При этомъ одновременно происходитъ образованіе угольнаго ангидрида, разложеніе водяного пара на водородъ и кислородъ. соединеніе части водорода съ углеродомъ топлива въ горючіе углеводороды, а кислорода въ угольный ангидридъ и разложеніе полученнаго CO_2 съ образованіемъ въ присутствіи раскаленнаго угля окиси углерода.

Составъ даусоновскаго газа не является во всѣхъ случаяхъ полученія тождественнымъ, но въ среднемъ его можно выразить такой формулой:



въ 100 частяхъ по объему.

Теплопроизводительность такого газа больше, нежели генераторнаго, достигая 1300 калорій для 1 куб. метра, а по А. Добрякову около 3800 калорій для 1-го килограмма, стоимость же каждой калоріи меньше, чѣмъ при полученіи водяного газа.

Помимо даусоновскаго существуетъ много другихъ методовъ получения генераторнаго газа съ большей или меньшей примѣсью продуктовъ разложенія воды, вводимой въ генераторъ въ жидкомъ или парообразномъ видѣ, періодически или непрерывно въ зависимости отъ рода твердаго горючаго, сжигаемаго въ генераторѣ, и предъявляемыхъ къ свойствамъ газа требованій.

Такъ какъ угольный ангидридъ образуетъ съ раскаленнымъ углемъ вновь способную къ горѣнію окись углерода, то, впуская въ раскаленный генераторъ часть отработавшихъ газовъ, можно утили-

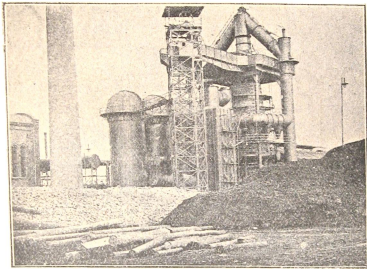
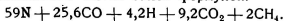


Рис 31.—Кауперы.

зировать конечный продуктъ горѣнія — CO_2 . Газъ, полученный сожженіемъ твердаго топлива воздухомъ съ примѣсью угольнаго ангидрида, носитъ названіе углекислаго генераторнаго газа.

§ 7. **Газъ доменныхъ печей.** При доменномъ процессѣ возстановленія металловъ изъ рудъ колосниковые газы содержатъ значительную примѣсь продуктовъ неполнаго сгорания, почему могутъ продолжать горѣть.

Составъ доменныхъ газовъ приблизительно можетъ быть выраженъ на 100 объемныхъ частей такой формулой:



Теплопроизводительность 1 куб. метра доменныхъ газовъ около 1250 калорій, одного килограмма свыше 1500.

Первоначально колосниковые газы были применены Оберто в 1809 г. для обжига извести, а в 1837 г. Фаберже-Форж вывел газы из домы и отвел их для сжиганія на разстояніи. Въ настоящее время большинство металлургическихъ заводовъ пользуется газами своихъ деменныхъ печей, утилизируя теплоту, выделяемую ими при окончательномъ сгораніи для нагреванія воздуха воздуховныхъ фурмъ, для топки паровыхъ котловъ, сушки влажныхъ продуктовъ и пр., а также приводятъ ими въ движеніе газоваы машины.

Изъ аппаратовъ для нагреванія воздуха деменными газами большимъ распространеніемъ пользуются шахтенные нагреватели Каупера (рис. 31), компактные по объему, но съ значительной поверхностью нагрева.

ГЛАВА V.

Способы опредѣленія достоинства топлива.

§ 1. Понятіе о теплотворной способности топлива и вычисленіе ея по химическому составу топлива. Говоря ранѣе о топливѣ, мы уже выяснили понятіе о сравнительномъ достоинствѣ топлива, зависящемъ отъ его теплопроизводительной способности, пирометрическаго эффекта, компактности и пр.

Важнѣйшимъ свойствомъ топлива является его теплопроизводительная способность, т. е. количество единицъ тепла, — калорій, выдѣляемыхъ единицей вѣса (а для газообразнаго топлива иногда единицей объема) *) топлива при полномъ сгораніи. Для всякаго топлива опредѣленнаго состава величина эта является постоянной независимо отъ способовъ сожженія **), но мѣняется въ зависимости отъ большей или меньшей полноты окисленія горючихъ составныхъ частей топлива и, слѣдовательно, отъ состава продуктовъ горѣнія.

Общепринято выражать теплотворную способность въ калоріяхъ при чемъ калорія есть количество тепла, потребное для нагрѣванія 1 килограмма воды отъ 0° до 1° Цельсія. Предложенія ввести русскую единицу тепла, подразумевая подъ нею количество тепла, нужное для повышенія температуры 1-го фунта воды на 1° Реомюра, не оправдываются необходимостью и лишь вносятъ затрудненіе при перечисленіи изъ однѣхъ единицъ въ другія. Въ физикѣ отличаютъ большую калорію отъ малой, которая относится къ 1 гр. воды, т. е. въ 1000 разъ меньше большой калоріи.

Опредѣленіе теплотворной способности топлива ведется различными путями, при чемъ болѣе или менѣе точное изслѣдованіе отли-

*) Т. н. относительный тепловой эффектъ, получающійся умноженіемъ абсолютнаго теплового эффекта на уд. в. топлива.

**) Установлено С.-Петербургскимъ профессоромъ Гессомъ въ 1840 г.

чается довольно значительной сложностью, а въ практикѣ приходится пользоваться упрощенными методами, хотя и не дающими вполнѣ точной величины теплотворной способности топлива, но все же позволяющими судить о достоинствахъ горючаго матеріала и сравнивать между собою различные роды топлива.

Во всякомъ горючемъ (за исключеніемъ богатаго водородомъ водяного газа) главною составною частью является углеродъ, затѣмъ водородъ, кислородъ и частью другіе элементы въ различныхъ между собою соединеніяхъ.

Первые два элемента (С и Н) по преимуществу производятъ калорическій эффектъ при сгораніи, и по количеству ихъ въ единицѣ вѣса топлива можно съ нѣкоторымъ приближеніемъ судить о его теплотворной способности.

Оставляя въ сторонѣ подробный анализъ топлива, мы укажемъ лишь на опредѣленіе въ немъ по вѣсу углерода, водорода, кислорода и сѣры, а также на опредѣленіе влажности и процентнаго содержанія негорюемыхъ минеральныхъ веществъ — золы.

Топливо, идущее въ дѣло, можетъ обладать при одинаковомъ элементарномъ составѣ его органической части весьма различной теплопроизводительностью въ зависимости отъ степени влажности и зольности. Эта полезная теплопроизводительность всегда значительно меньше вычисляемой теоретически..

Вычисленную теплотворную способность топлива поэтому относить обыкновенно не къ вѣсу взятаго для анализа количества топлива, а къ вѣсу топлива за вычетомъ воды и золы.

Такъ какъ количество гигроскопической воды въ твердомъ топливѣ колеблется въ предѣлахъ 0,5 — 30%, то опредѣленіе влажности ведется различнымъ путемъ по продолжительности и температурѣ нагрѣванія взятой для анализа пробы. Преимущественно въ опредѣленіи влажности нуждаются различные сорта каменнаго угля и торфа. Навѣска измельченнаго топлива высушивается до постояннаго вѣса въ теченіе отъ 1-го до 6 часовъ, при нагрѣваніи не свыше 50° надъ крѣпкой сѣрной кислотой, или нагрѣваніемъ въ паровой банѣ, при чемъ въ послѣднемъ случаѣ нѣкоторые сорта горючаго уже окисляются, что, конечно, отвѣчаетъ на точности опредѣленія.

Вычтя вѣсъ высушеннаго до постояннаго вѣса вещества изъ первоначальнаго, находятъ количество влаги во взятой навѣскѣ, которое и перечисляютъ на процентное содержаніе.

Для опредѣленія золы незначительная навѣска топлива прокаливается въ платиновомъ или за неимѣніемъ его въ фарфоровомъ тиглѣ въ теченіе не менѣе получаса, а иногда, если топливо трудно сго-

раемо, значительно дольше. Въ послѣднемъ случаѣ для облегченія полного сгорания полезно прибавлять къ топливу нѣкоторое количество азотноамміачной соли $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$. Зная вѣсъ тигля, охладивъ прокаленную до постоянного вѣса навѣску, изъ общаго вѣса находятъ вѣсъ минеральнаго остатка. Для большей точности слѣдуетъ по удаленіи изъ тигля золы провѣрить новымъ взвѣшиваніемъ, не измѣнился ли отъ прокаливанія вѣсъ самого тигля.

Такъ какъ дерево содержитъ золы немного, то въ отличіе отъ другихъ родовъ твердаго горючаго навѣску его слѣдуетъ брать возможно большую.

Для опредѣленія теплопроизводительности топлива, содержание въ которомъ влажности и золы извѣстно, принимаютъ по Дюлонгу, что водородъ, находящійся въ топливѣ, окисляется кислородомъ, входящимъ въ составъ топлива, въ воду, а тепловой эффектъ производитъ лишь остающееся избыточнымъ количество водорода, называемое «дѣйствующимъ» или «свободнымъ водородомъ». Слѣдовательно, для опредѣленія свободного водорода нужно все найденное количество его уменьшить на $\frac{1}{8}$ вѣса, опредѣленнаго въ топливѣ количества кислорода.

Дюлонгъ предполагалъ, что теплотворная способность топлива равна суммѣ теплотворныхъ способностей входящихъ въ составъ его элементовъ.

Для вычисленія по этому правилу была предложена формула:

$$Q = \frac{34500\left(H - \frac{O}{8}\right) + 8080C + 2162S}{100},$$

исправленная Менделѣевымъ въ:

$$Q = \frac{8100C + 30000H + 2600(O - S)}{100},$$

и замѣненную О-вомъ Герм. Инженерою слѣдующей:

$$Q = \frac{8100C + 29000\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500S - 600W}{100}$$

гдѣ числовые коэффиціенты выражаютъ теплотворную способность, а химическія обозначенія элементовъ — вѣсовыя количества этихъ элементовъ въ 100 частяхъ топлива, Q — количество калорій, выдѣляемое при сгораніи 1-го килограмма топлива, а W — вѣсъ воды въ сыромъ топливѣ.

Несмотря на то, что предположеніе Дюлонга объ эквивалентности теплотворной способности элементовъ въ соединеніяхъ теплотворной способности тѣхъ же элементовъ въ смѣсяхъ не вѣрно, ошибка при вычисленіи по формуламъ, даннымъ Менделѣевымъ и Общ. Герм. Инж.,

не превышает предѣловъ погрѣшности при анализѣ. Слѣдовательно нужно лишь опредѣлить количества С, Н, О и S въ топливѣ и подставить ихъ въ указанную формулу.

Положимъ, что топливо высушено и состоитъ изъ 90% С, 2% Н и 8% О. По формулѣ Об-ва Герм. Инж. его теплопроизводительность будетъ равна:

$$Q = \frac{8100 \cdot 90 + 2900 \left(2 - \frac{8}{8}\right)}{100} = 7580 \text{ кал.}$$

Предположимъ еще, что составъ топлива (сухого): 84% С, 8% Н, 6% О и 2% S, опредѣлимъ Q по формулѣ Менделѣева:

$$Q = \frac{8100 \cdot 84 + 30000 \cdot 8 + 2600(6 - 2)}{100} = 9308 \text{ кал.}$$

Теплотворная способность топлива того-же состава, по формулѣ Дюлонга:

$$Q = \frac{34500 \left(8 - \frac{6}{8}\right) + 8080 \cdot 84 + 2162 \cdot 2}{100} = 9331,69 \text{ кал.}$$

Понятно, что влажность топлива значительно уменьшаетъ его теплотворную способность. Такъ топливо, состоящее изъ чистаго углерода съ 10% воды, будетъ имѣть теплотворную способность не 8080 калорій, а всего:

$$Q = \frac{8100 \times 90 - 600 \times 10}{100} = 7320 \text{ калорій.}$$

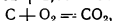
Углеродъ опредѣляютъ сожженіемъ навѣски съ окисью мѣди, производящимся въ приборѣ для органическаго элементарнаго анализа, т. е. въ тугоплавкой стеклянной трубкѣ, съ одного конца запаянной, а съ другого соединенной съ поглотительными приборами.

Кислородъ окиси мѣди окисляетъ углеродъ топлива въ угольный ангидридъ, который поглощается въ кали-аппаратѣ. Кали-аппаратъ взвѣшивается до опыта и послѣ опыта, разница вѣса, происшедшая отъ поглощенія ѣдкимъ кали угольнаго ангидрида:



дастъ вѣсъ послѣдняго. Такъ какъ каждая вѣсовая единица угольнаго ангидрида получена соединеніемъ $\frac{12}{44}$ углерода съ $\frac{32}{44}$ кислорода:

$$12 + 2,16 = 44$$



то для полученія количества углерода въ взятой навѣскѣ горючаго надо найденное количество CO_2 умножить на 0,273 (на $\frac{12}{44}$).

Передъ пропусканіемъ продуктовъ горѣнія въ кали-аппаратъ, ихъ предварительно проводятъ черезъ U-образную трубку, наполнен-

ную кусками пемзы, смоченной крѣпкой соляной кислотой. Увеличеніе вѣса трубки покажетъ количество воды, образовавшейся при сгораніи водорода топлива. Это общее количество водорода получится умноженіемъ вѣса воды на $\frac{1}{9}$ (на 0,111).

Чтобы узнать количество «свободнаго» водорода, надо опредѣлить количество кислорода, входившаго въ составъ горючаго. Для болѣе точнаго опредѣленія кислорода изъ разности предварительнаго опредѣленія вѣса другихъ элементовъ, входящихъ въ составъ топлива, но для указанной формулы достаточно опредѣлить количество сѣры и принять разность суммы вѣсовъ С, Н и S и общаго вѣса органической части топлива, равной вѣсу кислорода.

Для опредѣленія сѣры небольшую навѣску топлива, измельчивъ смѣшиваютъ съ двойнымъ по вѣсу количествомъ жженной магнезійи и безводной соды (взятыхъ въ отношеніи 2:1), накаливаютъ до приобрѣтенія порошкомъ желтаго цвѣта, прибавляютъ NH_4NO_3 въ количествѣ навѣски топлива и нагреваютъ, закрывъ тигель крышкой. Охладивъ, растворяютъ въ горячей водѣ, отфильтровываютъ, подкисляютъ соляной кислотой и осаждаютъ кипящимъ растворомъ хлористаго барія.

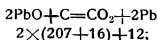
Отфильтровавъ, высушивъ и взвѣсивъ осадокъ сѣрнобаріевой соли — BaSO_4 , умножаютъ найденный вѣсъ на 0,1375 для полученія вѣса сѣры.

§ 2. Опредѣленіе теплотворной способности топлива по способу Бертье. Весьма удобнымъ въ практикѣ является способъ опредѣленія теплотворной способности топлива, предложенный Бертье. Бертье руководствовался принципомъ Вельтера, предполагавшимъ, что теплотворная способность горючаго пропорціональна количеству кислорода, идущему на его сожженіе.

Для весьма богатыхъ углеродомъ сортовъ горючаго, въ которыхъ количество водорода не велико, этотъ способъ пригоденъ, хотя принципъ Вельтера невѣренъ: количества тепла, выдѣляемая при соединеніи разныхъ элементовъ съ разными количествами кислорода, различны.

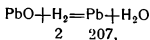
Для опредѣленія теплотворной способности по способу Бертье незначительную навѣску топлива тщательно измельчаютъ и, перемѣшавъ съ большимъ избыткомъ свинцоваго глета PbO , прокаливаютъ. Топливо сгораетъ за счетъ кислорода окиси свинца и часть свинца выплавляется въ королекъ. Взвѣсивъ образовавшійся королекъ свинца, умноженіемъ найденнаго вѣса въ граммахъ на 234 находятъ теплотворность топлива въ малыхъ калоріяхъ.

Дѣйствительно, 207 гр. Pb соотвѣтствуютъ 16 гр. кислорода, въ свою очередь соотвѣтствующихъ 6 граммамъ углерода, согласно уравненію:



обратно, 1 гр. сгорѣвшаго въ угольный ангидридъ углерода соотвѣтствуетъ $2\frac{2}{3}$ гр. кислорода, которымъ отвѣчаетъ $34\frac{1}{2}$ гр. свинца, а такъ какъ 1 гр. углерода при полномъ сгораніи выдѣляетъ 8080 мал. калорій, то $34\frac{1}{2}$ гр. выплавленного свинца соотвѣтствуютъ выдѣленію топливомъ 8080 калорій, а 1 гр. почти 234 калоріямъ.

Такъ какъ 207 гр. выплавленного свинца соотвѣтствуетъ, согласно уравненію:



два грамма водорода, а одному грамму свинца—0,00966 гр. водорода съ теплотворной способностью $0,00966 \times 34500 = 333,27$ малыхъ калорій, то, вычисляя по формулѣ Бертье, мы дѣлаемъ ошибку тѣмъ большую, чѣмъ больше въ топливѣ водорода.

§ 3. Калориметрическое опредѣленіе теплотворной способности топлива. Значительную точностью отличаются методы непосредственнаго опредѣленія теплотворности топлива сожженіемъ опредѣленной его навѣски въ калориметрѣ.

Калориметрической методъ основанъ на извѣстномъ законѣ, что количество тепла, пріобрѣтенное калориметромъ, равно количеству тепла, выдѣленному нагрѣтымъ тѣломъ при охлажденіи или сгорѣвшимъ тѣломъ при сгораніи.

Опредѣливъ увеличеніе температуры воды (или ртути) въ калориметрѣ и зная ея массу, выраженную въ граммахъ или килограммахъ, перемноженіемъ этихъ двухъ количествъ находятъ число калорій, выдѣленныхъ испытуемымъ тѣломъ:

$$Q = Mc(t' - t),$$

гдѣ M—масса жидкости, наполняющей калориметръ, с—теплоемкость, равная для воды 1, (t'—t)—разность температуръ калориметра до и послѣ опыта, а Q—число калорій.

Зная же, какое количество вещества было взято, раздѣленіемъ Q на число единицъ вѣса вещества найдемъ его теплотворную способность.

Для опредѣленія теплотворной способности горючаго въ настоящее время наиболѣе примѣнимъ калориметръ Бертело или видоиз-

мѣненіе этого прибора, сдѣланное Малеромъ *). Сожженіе топлива производится въ сжатомъ кислородѣ, взрывая горючее накаливаніемъ металлической (железной) проволоки помощью электрическаго тока. Испытуемое вещество помѣщается въ стальную, изнутри платинированную бомбу (Бертело) или покрытую слоемъ фарфорової эмали (Малеръ). Бомба (рис. 33) располагается въ калориметрѣ, защищенномъ по возможности отъ потери теплоты черезъ лучеиспусканіе. Кислородъ вгоняется внутрь бомбы подъ весьма сильнѣмъ давленіемъ (до 50 атм.). Приборъ предварительно провѣряютъ опредѣленіемъ уже установленной теплотворной способности какого-либо тѣла, а при вычисленіи результата вводится поправка на лучеиспусканіе, увеличеніе количества тепла отъ сгоранія электрическаго запала и пр.

§ 4. **Оцѣнка достоинства топлива по количеству испаряемой имъ воды.** Въ обыкновенной технической практикѣ можно судить о сравнительномъ достоинствѣ разныхъ родовъ горючаго по количествамъ испаряемой ими воды. Это тѣмъ удобнѣе, что необходимость для опыта значительнаго количества топлива позволяетъ взять среднюю пробу, болѣе близкую къ дѣйствительному его составу, чѣмъ незначительная навѣска, сжигаемая въ вышеописанныхъ способахъ испытанія, легко могущая по составу отклоняться въ ту или другую сторону отъ средняго.

Конечно, при такомъ испытаніи, сжигая топливо подъ паровымъ котломъ и опредѣляя количество тепла, пошедшее на образование пара, опредѣляютъ не всю теплотворную способность, развиваемую топливомъ при сгораніи, такъ какъ значительная часть выдѣленнаго тепла тратится на нагреваніе газообразныхъ продуктовъ горѣнія, остающейся золы, самого котла и пр., но такія же условія существуютъ на практикѣ, а потому количество тепла, израсходованное на испареніе воды, является лучшимъ показателемъ качества топлива, чѣмъ теоретическая теплотворная способность. Обык-

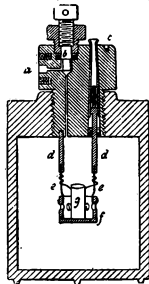


Рис. 33.—а—отверстіе для наполненія кислородомъ; б—вентиль; с—ртутный контактъ; d—железный штифтъ. e—платиновая проволока, f—сосудъ изъ огнеупорной глины, g—угольный цилиндръ, обернутый платиновой проволокой.

*) Существенное улучшеніе этого прибора сдѣлано Н. В. Соколовымъ.

новенно теоретическая теплотворная способность раза въ $1\frac{1}{2}$ больше его практическаго теплового эффекта.

Для опредѣленія по этому способу опытъ производятъ, сжигая въ теченіе нѣсколькихъ часовъ на рѣшеткѣ очага *) испытуемое топливо, отвѣсивая каждый разъ передъ забрасываніемъ, производимымъ черезъ возможно одинаковые промежутки времени. Стараются при этомъ держать одинаковое давленіе въ котлѣ и наблюдаютъ за равномерностью хода работающей отъ котла машины. По окончаніи опыта отмѣчаютъ количество испаренной воды, доведя въ котлѣ уровень воды до начальнаго, выгребаютъ золу и, вычтя ея вѣсъ изъ вѣса взятаго топлива, разсчитываютъ теплопроизводительность по вѣсу сгорѣвшаго горючаго.

Для вычисленія испарительной способности топлива, зная начальную температуру воды, объемъ испаренной воды V' надо уменьшить. Для испаренія 1 килогр. воды при 0° тратится 637 больш. калорий, слѣдовательно, если вода, питающая котель, имѣла первоначальную температуру $t^{\circ}\text{C}$, то на испареніе всего количества воды затрачено:

$$V'(637-t) \text{ калорій,}$$

количество, достаточное для испаренія V килогр. воды при температурѣ 0° , т. е. равное $V \cdot 637$ калорій, откуда Реньо даетъ формулу:

$$V'(637-t) = V \cdot 637 \text{ или } V = \frac{V'(637-t)}{637}.$$

Опредѣливъ V , и выразивъ парообразовательную способность топлива дѣленіемъ V на число килограммовъ сгорѣвшаго топлива черезъ

$$E = \frac{V}{P},$$

можно опредѣлить теплотворную способность въ калоріяхъ.

Положимъ, что вода въ котель подавалась 10°C , а 1000 килогр. горючаго испарили 7000 килогр. воды, тогда

$$V \frac{7000(637-10)}{637} = 69215,$$

$$\frac{V}{P} = \frac{69215}{1000} = 6,92 \text{ килогр.,}$$

а теплотворная способность топлива

$$Q = 6,92 \cdot 637 = 4389 \text{ калорій.}$$

Обратно, опредѣливъ по одному изъ ранѣе указанныхъ методовъ теплотворную способность топлива, теоретическую паропроизво-

*) Если испытывается твердое горючее.

дительность находят дѣленіемъ на 637. Теоретическая парообразовательная способность, т. е. количество воды, при 0°, которое можетъ быть теоретически испарено 1 килограммомъ горючаго, приблизительно въ 1 1/2 раза больше находимой изъ опыта.

Испарительная способность жидкости и газообразнаго топлива также можетъ быть опредѣлена прямымъ путемъ, учитывая объемъ горючаго и перевода его вычисленіемъ на вѣсовое количество.

Испарительная способность 1-го килогр. различныхъ сортовъ горючаго приблизительно такова:

коксъ и каменный уголь . . .	5—8
древесный уголь	6—7
бурый уголь	2,2—5,5
торфъ	2,5—5
дрова	2,5—3,75
нефть	10—14
свѣтильный газъ	14—16
естествен. нефтян. газъ . . .	7,5—12,5
генераторный газъ	2,5—3
водяной газъ	5—6.

§ 5. **Изнѣдованія жидкаго и газообразнаго топлива.** Опредѣленіе количества тепла, выдѣляемаго при горѣніи жидкимъ топливомъ, ведется тѣми же способами, какъ и твердаго.

При иззнѣдованіи химическаго состава опредѣленіе сѣры въ нефтяныхъ остаткахъ удобно вести по способу, указанному проф. Лидовымъ, растворяя 1 гр. нефти въ 25 куб. сант. чистаго эфира и смѣшивая въ ступкѣ съ мелкоистолченной смѣсью химически чистыхъ селитры и соды, въ количествѣ 17 гр. первой и 13 гр. второй. По испареніи эфира смѣсь вбрасывается въ большую платиновую или никелевую чашку, накаленную до красна. Послѣ сожженія навѣски минеральный остатокъ растворяется, подкисляется соляной кислотой и при кипяченіи осаждается хлористымъ баріемъ. Найденный вѣсъ BaSO₄, умноженный на 0,1375, даетъ вѣсъ сѣры.

Теплотворная способность газовъ обыкновенно разсчитывается по ихъ химическому составу, который можетъ быть въ среднемъ обозначенъ такъ:

свѣтильный газъ	62,1H+34,1CH ₄ +1,7CO ₂ +2,1C ₂ H ₄
генераторный (изъ кокса) . . .	64,9H+34CO+0,6CO ₂ +0,5H
водяной газъ	4CO ₂ +41,2CO+49,5H+5,3N
доменный газъ	64,9H+29CO+0,5H+5,6CO ₂ .

Вычисляя по этому составу теплоту горѣнія, инженеръ-технологъ А. Добряковъ даетъ теплотворную способность 1-го килограмма:	
свѣтильнаго газа около	14.000 калорій
генераторнаго коксоваго около	1.600 »
водянаго газа	3.800 »
доменнаго	1.500 »

Газовый анализъ для опредѣленія состава горючаго газа и вычисленія его теплопроизводительности дѣлается въ различно сконструированныхъ приборахъ, изъ которыхъ въ практикѣ наиболѣе привился удобный аппаратъ Орса-Фишера, примѣняемый также для анализовъ топочныхъ газовъ (продуктовъ горѣнія).

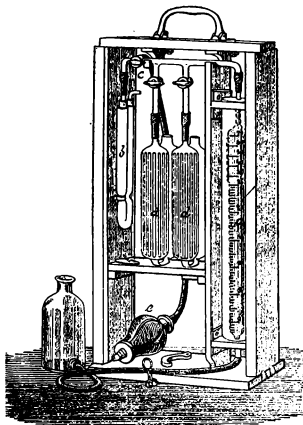


Рис. 33.—Аппаратъ Орса.

Аппаратъ этотъ (рис. 33) состоитъ изъ мѣрной эвдиометрической трубки *a*, наполняемой водой или ртутью, соединенной съ тремя—четырьмя стеклянными поглотителями *d*.*) Поглотители, т. е. сосуды, наполненные растворами тѣлъ, поглощающихъ нѣкоторыя изъ составныхъ частей испытуемаго газа, для увеличенія поверхности соприкосновения газа съ жидкостью внутри заключаютъ пучки тоненькихъ стеклянныхъ трубочекъ. Каждый поглотитель по очереди можетъ быть соединенъ кранами *c* черезъ осушительную трубку *b* съ аспираторомъ или газометромъ, заключающимъ изслѣдуемый газъ, и съ эвдиометромъ.

Первый сосудъ наполняется крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго кали для удержанія угольнаго ангидрида, второй растворомъ пирогаллола— $C_6H_3(OH)_3$ для поглощенія кислорода, и третій насыщеннымъ растворомъ хлористой мѣди**) $CuCl$ въ соляной кислотѣ для удаленія окиси углерода.

*) На рис. представленъ приборъ съ двумя поглотителями, но третій ничѣмъ отъ нихъ по внѣшнему виду не отличается.

**) Прежде часто называвшейся въ отличіе отъ $CuCl_2$ полухлористой мѣдью.

Въ стеклянныя трубочки третьяго сосуда вставлены куски мѣдной проволоки для предупрежденія перехода CuCl въ CuCl_2 .

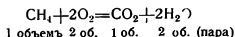
Составъ изслѣдуемыхъ газовъ обычно довольно однообразенъ, мѣняются лишь взаимныя отношенія составныхъ частей. Въ большинствѣ случаевъ приходится опредѣлять количество кислорода, угольнаго ангидрида, окиси углерода, водорода, метана и азота.

Незначительная примѣсь другихъ горючихъ углеводородовъ*) при расчетѣ причисляется къ метану, а негорючихъ къ азоту.

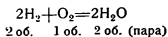
Первоначально опредѣляютъ объемное количество CO_2 , всасывая въ эвдиометръ изъ аспиратора опредѣленный объемъ (напр. 100 куб. сант.) газа и, приводя его въ соприкосновеніе съ КОН проведеніемъ черезъ первый поглотитель, отмѣчаютъ уменьшеніе объема. Такимъ же путемъ послѣдовательнымъ введеніемъ газа во 2-й и въ 3-й поглотитель отсчитываютъ уменьшеніе объема отъ поглощенія кислорода и окиси углерода. Остатокъ предполагаютъ состоящимъ изъ водорода, метана и азота. Для опредѣленія двухъ первыхъ вводятъ въ эвдиометръ избытокъ кислорода и электрической искрой взрываютъ смѣсь. Метанъ сгораетъ въ воду и угольный ангидридъ, а водородъ въ воду. Угольный ангидридъ поглощаютъ вторичнымъ пропусканіемъ продуктовъ взрыва черезъ первый поглотитель и по его объему опредѣляютъ равный ему объемъ метана, бывшаго въ смѣси. Остатокъ приводятъ въ соприкосновеніе съ пирогаллоломъ, а непоглощенную часть смѣси принимаютъ цѣликомъ состоящей изъ азота.

Положимъ, что въ 100 кб. см. газа, взятаго для анализа, мы опредѣлили 17 кб. см. CO_2 , 2 кб. см. СО и 1 кб. см. О. Прибавляемъ къ оставшимся 80 кб. см. метана водорода и азота избытокъ кислорода, на примѣръ, 100 кб. см. и производимъ взрывъ,**) послѣ котораго объемъ оставшихся газовъ падаетъ до 60 кб. см.

При взрывѣ кислородъ, соединившись съ метаномъ, образуетъ CO_2 и H_2O :



а съ водородомъ:



Объемъ сконцентрировавшагося въ воду водяного пара такъ незначителенъ (объемъ воды = $\frac{1}{1694}$ объема пара при той же температурѣ), что имъ можно пренебречь. Въ оставшихся 60 кб. см.

*) Тяжелые углеводороды могутъ поглощаться дымящейся сѣрной кислотой, что требуетъ присутствія четвертаго поглотителя въ приборѣ.

**) Приспособленіе для взрыва, состоящее изъ платиновыхъ электродовъ и источника искры, на рис. не указано.

Название топлива.	Средний элементарный состав топлива.				100 ч. топлива, высушенного на воздухе, содержать:						Теоретич. паров. образ. способ.			
	Воды % Гигроскопической	Зола в сухом %	Въ 100 ч. сухой органической части топлива содержится:			Гигроскопической вод.	Зола.			W E=637	W E'=638			
			С	Н	О		И	Н	О			И	Н	
Дерево, листв. породы . . .	20,0	1,0	49,37	6,28	44,35	20,08	1,00	39,00	4,96	35,04	3400	4293	5,338	6,739
« хвойн. породы . . .	15,0	1,0	50,35	6,29	43,36	15,00	1,00	42,30	5,28	36,42	3717	4419	5,819	6,937
Торфъ, рѣзанный . . .	18,60	8,68	57,70	6,00	36,30	18,60	8,68	41,96	4,36	26,40	3804	5217	5,972	8,190
« машинный . . .	16,70	9,75	58,73	5,70	35,57	16,70	9,75	43,20	4,19	26,16	3857	5236	6,054	8,280
Бурый уголь . . .	14,11	9,78	68,07	5,53	26,40	14,14	9,78	51,79	4,21	20,08	4819	6319	7,565	9,920
Каменный уголь (всѣх странъ свѣта) . . .	4,94	7,57	82,82	5,22	11,96	4,94	7,57	72,46	4,57	10,46	7070	8025	11,098	12,598
« « (зап. басс.) . . .	—	2,83	66,08	5,21	28,71	—	2,83	64,21	5,06	27,90	5782	5951	9,078	9,342
« « (сѣв. басс.) . . .	10,28	21,10	72,63	5,53	21,84	10,28	21,10	49,84	3,79	14,99	4734	6883	7,431	10,805
« « (южн. басс.) . . .	3,13	4,52	84,08	4,71	11,21	3,13	4,52	77,65	4,35	10,35	7377	7983	11,581	12,532
« « (вост. басс.) . . .	1,93	7,73	81,72	5,44	12,84	1,93	7,73	73,83	4,91	11,60	7206	7974	11,313	12,518
Антрацитъ (всѣх странъ свѣта) . . .	3,06	6,83	94,81	2,36	2,83	3,06	6,83	85,43	2,13	2,55	7590	8408	11,914	13,195
« « русский . . .	4,41	3,92	94,35	2,21	3,44	4,41	3,92	86,50	2,02	3,15	7605	8294	11,939	13,020
Нефть . . .	—	—	84,65	12,71	2,64	—	—	—	—	—	—	11133	—	17,477
Черный дресен. уголь . . .	6,14	2,91	91,35	2,94	5,71	6,14	2,91	83,08	2,67	5,20	7463	8203	11,716	12,878
Торфяной уголь . . .	5,82	7,76	83,16	3,79	13,05	5,82	7,76	71,87	3,27	11,28	6505	7517	10,213	11,801
Коксъ . . .	4,65	9,59	93,71	1,03	5,26	4,65	9,59	80,36	0,89	4,51	6663	7762	10,461	12,170

находится образовавшийся угольный ангидридъ, избытокъ взятаго для взрыва кислорода, и азотъ, къ которому, какъ сказано, причисляемъ могушіе быть въ испытуемой смѣси другіе индифферентные газы.

Замѣтимъ, что согласно приведенному уравненію объемъ образовавшагося CO_2 равенъ объему бывшаго въ газѣ метана.

Если мы теперь проведемъ газъ изъ эвдиометра въ поглотитель, наполненный растворомъ КОН, то CO_2 поглотится и объемъ газа вновь уменьшится, предположимъ, до 30 куб. см. Отсюда заключаемъ, что метана было 30 куб. см., на полное же сгораніе его пошло 60 куб. см. кислорода. Узнаемъ теперь поглощеніемъ пирогаллоломъ, сколько кислорода не вошло въ реакцію. Если, напримѣръ, по соединеніи эвдиометра со вторымъ поглотителемъ изъ 30 куб. см. газа у насъ останется лишь 10 куб. см. не поглощенныхъ пирогаллоломъ, которые мы принимаемъ состоящими изъ азота, то мы видимъ, что 20 куб. см. кислорода были взяты избыточно, изъ взятыхъ 100 куб. см. кислорода въ реакцію вошло лишь 80 куб. см. Изъ этого количества двойной объемъ противъ объема метана, а именно 60 куб. см., очевидно, окислили въ воду свободный водородъ, котораго было, слѣдовательно, 40 куб. см. Эти 40 куб. см. водорода, соединившіеся съ 20 куб. см. кислорода и 60 куб. см. кислорода, вошедшіе въ соединеніе съ водородомъ метана и дали тѣ 100 куб. см. уменьшенія объема смѣси послѣ взрыва газа, которое мы наблюдали.

Такимъ образомъ, составъ предполагаемаго взятымъ для анализа газа былъ таковъ:

CO_2	. 17
CO	2
O .	1
CH_4	. 30
H .	. 40
N	. 10
	<hr/>
	100

Въ заключеніе приводимъ изъ „Курса химической технологіи“ проф. И. А. Бунге сравнительную таблицу теплотворной способности различныхъ сортовъ горючаго, вычисленную по правилу Дюлонга (см. стр. 150).

§ 6. **Пирометрической эффектъ и сравненіе различныхъ сортовъ топлива между собою.** Наибольшая температура горѣнія топлива или теоретической пирометрической эффектъ вычисляется по формулѣ:

$$t_{\text{max.}} = \frac{Q}{pc},$$

гдѣ Q —количество тепла, выдѣляемаго топливомъ при горѣніи, а pc —вѣсъ газообразныхъ продуктовъ горѣнія, умноженный на ихъ теплоемкость, принимаемую для упрощенія вычисленій одинаковой для всѣхъ газовъ и равной 0,24. Вычисленный по составу топлива пирометрической эффектъ, развиваемый при сгораніи топлива въ теоретически достаточномъ количествѣ воздуха, обыкновенно, значительно выше дѣйствительнаго. Помимо израсходованія части тепла и сопряженнаго съ нимъ пониженія температуры продуктовъ горѣнія на нагреваніе избыточно вводимаго въ топку воздуха, диссоціація продуктовъ горѣнія, увеличеніе теплоемкости газовъ при повышеніи температуры, потеря тепла на нагреваніе очага и лучеиспусканіе ведутъ къ уменьшенію пирометрическаго эффекта.

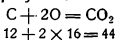
Вышеприведенная формула: $t_{\max} = \frac{Q}{pc}$ обратится въ:

$$t_{\max} = \frac{Q}{3,667C \cdot 0,216 + (9H + W) \cdot 0,48 + [8,928C + 26,783(H - \frac{O}{8})] \cdot 0,243}$$

прод. горѣн.
вода
азотъ

гдѣ продукты горѣнія показаны въ вѣсовыхъ частяхъ.

Положимъ, что топливо состоитъ изъ 90% С и 10% Н. Для сожженія 1 вѣс. части С требуется:

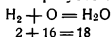


$\frac{8}{3}$ в. част. кислорода, а воздуха $\frac{8}{3} \times \frac{100}{23}$, т. к. можно принять, что въ 100 вѣс. ч. воздуха содержится 23 в. ч. кислорода. Для 1 килогр. топлива даннаго состава получимъ вѣсъ продуктовъ горѣнія углерода:

$$(0,9 \times \frac{8}{3} \times \frac{100}{23} + 0,9) = \infty 11,3 \text{ клгр.},$$

т. е. вѣсъ угольнаго ангидрида, азота воздуха, кислородъ котораго пошелъ на сожженіе углерода, и вѣсъ послѣдняго.

Для сожженія 1 вѣс. ч. Н требуется:



8 в. ч. кислорода, т. е. $8 \times \frac{100}{23}$ в. ч. воздуха, при чемъ вѣсъ продуктовъ сожженія для нашего примѣра=

$$(0,1 \times 8 \times \frac{100}{23} + 0,1) = \infty 3,6 \text{ клгр.}$$

Подставивъ найденныя количества въ формулу термическаго эффекта и вычисливъ Q изъ формулы

$$Q = 81 \cdot C + 290H - 6W = \infty 10.000 \text{ кал.},$$

найдемъ:

$$t_{\text{max.}} = \frac{10.000}{14,9 \times 0,24} = \infty 2800^{\circ}$$

Какъ убѣдимся далѣе, эти теоретически вычисляемые количества всегда выше получающихся въ дѣйствительности, при сожженіи топлива въ печахъ.

Зная теплотворную способность топлива и вѣса продуктовъ горѣнія, можно приблизительно опредѣлить развиваемую топливомъ температуру по такой упрощенной формулѣ:

$$\frac{Q - W.536,5}{(P - W).0,25 + W.0,5} = t^{\circ},$$

гдѣ Q—теплотворная способность, W—вѣсъ воды, входящей въ составъ продуктовъ горѣнія. Теплоемкость продуктовъ горѣнія принята равной 0,25, а водяныхъ паровъ 0,5.

Положимъ, что топливо состоитъ изъ 90% C и 10% H. Его теплотворная способность, какъ было вычислено выше, приблизительно равна 10000 калорій, а вѣсъ продуктовъ горѣнія 14,9 кгр. Въ томъ числѣ вѣсъ воды $0,1 \times 9 = 0,9$ кгр. Слѣдовательно,

$$t_{\text{max.}} = \frac{10000 - 0,9 \times 536,5}{(14,9 - 0,9) 0,25 + 0,9 \times 0,5} = \infty 2404^{\circ}.$$

Однако и въ этомъ вычисленіи пирометрической эффектъ получается слишкомъ высокимъ, т. к. на практикѣ: 1) топливо не бываетъ совершенно сухимъ, 2) въ топку вводится избытокъ воздуха противъ теоретически вычисленнаго количества, что увеличиваетъ вѣсъ продуктовъ сожженія, куда приходится отнести и „не работавшей“ избытокъ воздуха.

Практической пирометрической эффектъ топлива измѣняется различными приборами, подробно разсматриваемыми въ курсахъ физики и называемыми пирометрами, а также измѣненіемъ пироскопическихъ веществъ и помощью оптическихъ приборовъ.

Въ прежнее время, а отчасти и теперь, въ практикѣ примѣнялся пирометръ Веджвуда, хотя показанія его весьма неточны.

Онъ основанъ на уменьшеніи объема слабообожженной глины при вторичномъ ея обжигѣ. Это уменьшеніе тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше температура вторичнаго обжига.

Слабообожженный глиняный конусъ помѣщается между двумя слегка наклоненными линейками, укрѣпленными на дощечкѣ, касаясь ихъ по образующимъ и доходя до 0 шкалы, нанесенной на линейкахъ, соотвѣтствующаго 580°C. Будучи прокаленъ вторично въ про-

странствѣ, температуру котораго желательно узнать, конусъ сжимается и, помѣщенный вновь между линейками, можетъ быть продвинутъ болѣе или менѣе впередъ, до одного изъ слѣдующихъ дѣлений шкалы, изъ которыхъ каждое отвѣчаетъ 72°С. Благодаря различію въ сжатіи разныхъ сортовъ глинъ и зависимости величины сжатія отъ времени пребыванія глины въ изслѣдуемомъ пространствѣ, показанія веджвудовскаго пирометра весьма сомнительны.

Болѣе точныя показанія даютъ сложные газовые пирометры, основанные на законѣ постоянства произведенія удѣльнаго объема V на давленіе p и пропорциональности этого произведенія абсолютной температурѣ газа, что выражается формулой Клапейрона:

$$Vp = RT.$$

Газовый пирометръ Зигерта-Дюрра указываетъ T измѣненіемъ V при постоянномъ p . Онъ состоитъ изъ фарфороваго ре-

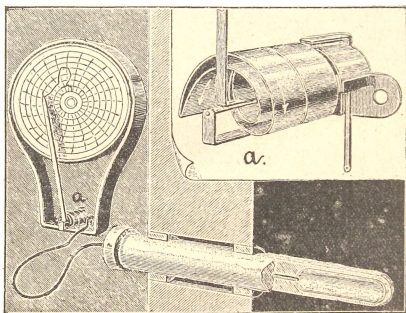


Рис. 34.—Пирометръ.

зервуара, наполненнаго воздухомъ и вводимаго въ пространство, температуру котораго опредѣляютъ, и собственно измѣрителя, соединеннаго съ нимъ капиллярной трубкой. Воздухъ, расширяясь, входитъ въ измѣритель и помощью особыхъ приспособленій приводитъ въ движеніе стрѣлку, указывающую на дуговой шкалѣ температуру резервуара въ градусахъ Цельсія.

Весьма удобенъ на практикѣ основанный на томъ же принципѣ пирометръ Бристоля, состоящій изъ фарфороваго цилиндра, внутри котораго заключенъ пузырекъ, аналогичный шарикъ обыкновен-

новеннаго термометра. наполненный весьма разрѣженнымъ воздухомъ, соединенный съ измѣрителемъ капиллярной трубочкой, доходящей до конца фарфороваго цилиндра и тонкой изогнутой мѣдной трубкой. Мѣдная трубка вводитъ расширяющійся при нагрѣваніи разрѣженный воздухъ въ герметически закрытую полость a въ видѣ спиральной ленты, форма которой при этомъ измѣняется. Измѣненіе формы ленты чувствительными рычагами передается стержню, конецъ котораго автоматически чертитъ на бумажномъ дискѣ кривую измѣненія температуры изслѣдуемаго пространства (рис. 34).

Во избѣжаніе дѣйствія на указатель измѣненія формы спирали, въ зависимости отъ измѣненія барометрическаго давленія, стержень соединенъ со второй такою же спиралью, закрученной въ обратную сторону и не соединенной съ пирометромъ. Очевидно, что внѣшній воздухъ, стремясь закрутить обѣ спирали въ противоположныя стороны съ одинаковой силой, не оказываетъ вліянія на перемѣщеніе стержня указателя.

Конечно, какъ и предыдущій инструментъ, пирометръ Бристоля нуждается въ предварительномъ градуированіи.

Въ газовомъ пирометрѣ Виборга весьма сложнаго устройства и годнаго для измѣренія температуръ не свыше 1400° , маноме-

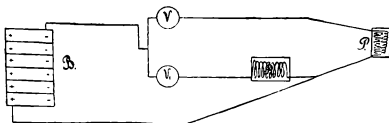


Рис. 35.—Пирометръ Сименса.

тромъ измѣряютъ давленіе, необходимое для введенія въ резервуаръ, помѣщенный въ нагрѣваемомъ пространствѣ, опредѣленнаго объема воздуха.

Электрической пирометръ Сименса основанъ на уменьшеніи электропроводности металла съ повышеніемъ его температуры. Въ пирометрѣ Сименса (рис. 35) токъ отъ 6 элементовъ Лекланше (B) идетъ по проводнику, раздѣленному на двѣ вѣтви, которыми вводится въ вольтметры V и V_1 . Изъ вольтметра V_1 токъ направляется въ спираль R , сопротивление которой извѣстно, а изъ V черезъ платиновую проволоку P , нагрѣвающуюся въ печи для измѣренія температуры послѣдней. Понятно, что сила тока въ обѣихъ вѣтвяхъ обратно-пропорціональна сопротивлениямъ проводниковъ. Зная сопротивление спирали R и опытомъ установивъ соотвѣтствіе опредѣленнымъ

температурамъ опредѣленныхъ измѣненій сопротивленія проволоки R , помощью специально составленныхъ таблицъ находятъ температуру изслѣдуемаго пространства. Отъ времени сопротивленіе платиновой проволоки мѣняется и, вообще, показанія выше 1000° уже неточны. Болѣе удобенъ пирометръ Кейзера и Шмидта, состоящій изъ термоэлемента, накаливаемого въ пространствѣ, температуру котораго желаютъ измѣрить, и чувствительнаго вольтметра, показанія котораго находятся въ опредѣленной зависимости отъ температуры термоэлемента. Предварительно показанія каждаго отдѣльнаго такого прибора сравниваются съ показаніемъ газоваго пирометра.

Предложенные различными конструкторами фотометрическіе и поляризаціонные приборы пригодны для опредѣленія весьма высокихъ температуръ, но показанія ихъ не автоматичны, а зависятъ отъ субъективныхъ свойствъ наблюдателя, слѣдовательно, также не могутъ считаться точными.

Пироскопическими веществами, примѣняемыми въ технической практикѣ для примѣрнаго опредѣленія высокихъ температуръ, называются простыя и сложныя тѣла, точки плавленія которыхъ извѣстны.

Таковыми пироскопическими веществами могутъ служить приводимыя въ нижеслѣдующей таблицѣ тѣла *).

Названіе пироскопич. вещества.	Средняя изъ наблуд. различ. лицъ точки плавленія.
Олово Sn . . . . .	. . . 229 ^o
Висмутъ Bi . . . . .	. . . 267,8 ^o
Талій Ta	289 ^o
Кадмій Cd	320,2 ^o
Свинецъ Pb	326,1 ^o
Іодистый свинецъ PbJ ₂	383 ^o
Іодистый кадмій CdJ ₂	404 ^o
Цинкъ Zn	416 ^o
Бромистое серебро AgBr	429 ^o
Хлористое серебро AgCl	452,6 ^o
Хлористый свинецъ PbCl ₂ .	500 ^o
Іодистое серебро AgJ	528,5 ^o
Хлористый кадмій CdCl . . .	541 ^o
Алюминій Al	632 ^o
Магній Mg	633 ^o
Бромистый калий KBr	716,9 ^o
Бромистый натрій NaBr . . .	733,1 ^o

*) По „Технической химіи“ проф. Н. Любавина.

Хлористый калий KCl	766,3°
Хлористый натрий $NaCl$ (повар. соль).	790°
Углекислый натрий Na_2CO_3 (сода) . .	830°
Углекислый калий K_2CO_3 (поташь) . .	865,6°
Сѣрноокислый натръ Na_2SO_4 (сульфатъ) .	866,2°
Фтористый кальцій CaF_2 (плавик, шпатъ) .	902°
Серебро Ag	966°
Золото Au	1054,7°
Сѣрноокислый калий K_2SO_4	1058°
Мѣдь Cu	1078,5°
Чугунъ бѣлый	1050°—1135°
Чугунъ сѣрый	1100°—1275°
Сталь	1300°—1410°
Никкель Ni	1447°
Палладій Pd	1543°
Желѣзо Fe	1475°—1600°
Платина Pt	1778°
Иридій Ir	1950°
Известь CaO	3000°

Если, напримѣръ, въ печи плавится KBr , но не плавится $NaBr$, то температура печи лежитъ между температурами плавленія указанныхъ солей, т. е. между 717° и 733. Наборъ различныхъ пироскопическихъ веществъ въ практикѣ замѣняется конусами Сегера, состоящими изъ каолина съ примѣсью плавня. Смотря по составу конуса обозначены опредѣленными нумерами, имѣющими каждый опредѣленную точку плавленія. Всего готовятъ 61 сортъ конусовъ для предѣловъ температуръ отъ 590 до 1910°. Если, напр., въ печи плавится конусъ № 30, а № 31 не плавится, то ея температура ниже 1750°, но выше 1730° и т. п.

Еще болѣе простой, хотя тоже весьма приблизительный, способъ измѣренія температуръ—по измѣненію цвѣта каленія металла.

Такъ началу краснаго каленія платины соотвѣтствуетъ температура	525,°
темнокрасному	700,°
началу вишневокраснаго	800,°
вишневокрасному	900,°
свѣтловишневому	1000,°
темнооранжевому	1100,°
желтому	1200,°
бѣлокалийному	1300,°
ослѣпительно бѣлому	1500,°

Различіе оттѣнковъ каленія требуетъ навыка.

Несмотря на обиліе методовъ и еще большаго количества приборовъ, построенныхъ по этимъ методамъ для опредѣленія высокиихъ температуръ, точнаго, легко примѣнимаго практически измѣренія ихъ пока не существуетъ.

Температура горѣнія топлива конечно мѣняется въ весьма широкихъ предѣлахъ еще въ зависимости отъ способа его сжженія. Въ среднемъ при сгораніи твердаго топлива въ правильно устроенной топкѣ при полномъ, но не слишкомъ избыточномъ притокѣ воздуха развивается температура отъ 1000 до 1300°, жидкое и газообразное топливо развиваетъ значительно высшую (до 1700°).

Пламенность топлива зависитъ отъ большаго или меньшаго присутствія въ немъ могущихъ сгорать газовъ и отъ внѣшнихъ условій горѣнія. Какъ сказано выше, длиннымъ пламенемъ горятъ газые угли и дрова, весьма короткимъ—коксъ.

Компактность топлива имѣетъ особо важное значеніе для пароходовъ и паровозовъ, она у разныхъ сортовъ твердаго топлива различна, но всѣ они болѣе объемисты, чѣмъ жидкое топливо.

Приблизительно отношеніе количествъ тепла, даваемого равными объемами нефти, каменнаго угля и дровъ, равно 9:3:1.

По вѣсу теплотворная способность указанныхъ родовъ горячаго измѣняется въ отношеніи 3,6:1,4:1.

По стоимости различные роды топлива въ различныхъ мѣстностяхъ весьма отличаются другъ отъ друга и стоимость калорій, выдѣляемой при сгораніи, равна стоимости килограмма горячаго, раздѣленной на его теплотворную способность.

При рѣшеніи вопроса о выборѣ того или иного сорта топлива, слѣдуетъ руководствоваться главнымъ образомъ стоимостью калорій, имъ выдѣляемой при сгораніи, если этому не препятствуютъ особыя требованія, предъявляемыя къ топливу его назначеніемъ.

Добавленіе къ главѣ I.

§ 2, стр. 17. Способъ Варта въ первоначальномъ видѣ былъ не особенно удобенъ. У насъ онъ описанъ въ измѣненіи магистра Я. М. Зильбера и является вполне практическимъ и удобнымъ, имѣя право именоваться способомъ Варта-Зильбера.

§ 3, стр. 26. При опрѣсненіи большихъ количествъ воды преимущественно примѣняется перегонка при высокомъ давленіи многократнымъ (последовательнымъ) испареніемъ. Аппаратъ Ягна-Коппеля въ Баку при 9-кратномъ испареніи даетъ ежесуточно 75000 ведеръ. Стоимость топлива (мазуть) на 70 ведеръ воды достигаетъ 10 коп. Очищенная вода получается жесткостью въ 1,3 нѣм. градуса и содержитъ 78 миллигр. сухого остатка при 120° и 58 послѣ прокаливанія. До 1908 г. такихъ опрѣснителей въ разныхъ мѣстахъ построено шесть.

Дополненіе къ главѣ II.

Техническія условія № 2

(ПОВЫШЕННЫЯ)

на поставку каменнаго угля западной части Донецкаго бассейна для казенныхъ желѣзныхъ дорогъ.

А) Качество угля.

§ 1. Поставляемый уголь долженъ принадлежать къ одной изъ слѣдующихъ четырехъ группъ (по Грюнеру).

I группа—угли сухіе, длиннопламенные, содержащіе кокса 50—60%*).

II группа—угли жирные, длиннопламенные, слабоспекающіеся (газовые), содержащіе кокса 60—68%.

III группа—угли жирные, кузнечные, спекающіеся, содержащіе кокса 68—74%.

и IV группа—коксовые угли, спекающіеся, содержащіе кокса 74—82%.

Примѣчаніе. Количество кокса выражено въ процентахъ по вѣсу безводнаго каменнаго угля за вычетомъ содержащейся въ немъ золы.

*) Во всѣхъ случаяхъ приводимыхъ опредѣленій процентное содержаніе выражается по вѣсу.

§ 2. Уголь долженъ быть свѣжей добычи, а именно: пролежавшій послѣ вынутія изъ пласта до отправления не болѣе 2-хъ мѣсяцевъ.

§ 3. Уголь «горѣлый», т. е. подвергавшійся самовозгоранію, къ приѣмкѣ не допускается.

§ 4. Уголь не долженъ содержать влаги болѣе 5%.

Примѣчаніе 1-е. Влага опредѣляется на станціи отправления или, по усмотрѣнію управления, на станціи прибытія, если уголь для испытанія взять изъ крытаго вагона.

Примѣчаніе 2-е. Избытокъ влаги, сверхъ нормальнаго количества, не оплачивается, сообразно чему съ поставленнаго количества угля дѣляется соответственная скидка.

§ 5. Уголь допускается къ приѣмкѣ зернистымъ, но не настолько порошкообразнымъ, чтобы эта порошкообразность препятствовала быстрому промачиванію угля водою.

Примѣчаніе 1-е. Испытаніе угля на промачиваемость его водою производится слѣдующимъ образомъ: испытываемый уголь помѣщается въ цилиндрическое ведро съ продыравленнымъ дномъ діаметромъ 12' и высотой 18', при чемъ угля насыпается до $\frac{2}{3}$ высоты ведра, остальная же часть ведра наполняется водою. Если въ теченіе 15 минутъ вся вода успѣетъ впитаться въ уголь (при чемъ часть ея можетъ вытечь черезъ продыравленное дно), то уголь считается удовлетворяющимъ этому параграфу техническихъ условій.

Примѣчаніе 2-е. Угли первой группы при просѣвѣ черезъ грохотъ подъ угломъ 45°, съ продольными промежутками въ 1". должны пропускать мелочи не болѣе 5%.

§ 6. Всей сѣры (вредной и безвредной вмѣстѣ) въ углѣ считается за нормальное количество 2%.

§ 7. Зола въ углѣ (при сжиганіи въ муфелѣ) считается за нормальное количество 7%.

§ 8. При избыткѣ сѣры или золы сверхъ вышеуказанныхъ нормъ (2% и 7%), но не болѣе, однако, предѣльнаго количества 2 $\frac{1}{2}$ % сѣры и 8% золы, допускается покрытие избытка одной примѣси пониженіемъ другой, при чемъ полъ процента сѣры приравнивается одному проценту золы. (Такимъ образомъ нормальный уголь дастъ качественный указатель 11). За каждую $\frac{1}{10}$ единицы качественного указателя сверхъ 11 и до 13, который считается предѣльнымъ, дѣляется вычетъ въ размѣрѣ семидесяти пяти тысячныхъ (0,075) коп. съ пуда угля.

Примѣчаніе 1-е. Получающіяся при вычисленіи сотыя доли единицы качественного указателя до 5 отбрасываются, а 5 и болѣе округляются до единицы и прибавляется къ десятымъ долямъ показателя.

Примѣчаніе 2-е. Въ случаяхъ, если полученный качественный показатель менѣе 8, то эта полезная разница обращается въ погашеніе по вѣсу пудъ за пудъ, тѣхъ вычетовъ за превышеніе качественного показателя свыше 11, которое получится за время поставки угля по одному договору въ предѣлахъ года, при условіи: а) чтобы поставленный уголь съ показателемъ ниже 8 погашалъ собою количество угля съ показателемъ болѣе 11 въ эквивалентномъ отношеніи, такъ наприм.: 50.000 пуд.

угля съ показателемъ б) можетъ быть обращено въ погашеніе вычетовъ за 100.000 пуд. угля съ показателемъ 12 и т. д. и б) чтобы окончательная цѣна на уголь не превышала контрактной цѣны.

§ 9. Угли не должны давать шлаковъ, заливающихъ колосники. Шлаки считаются безвредными, если при пробной поѣздкѣ съ полнымъ курьерскимъ, товарнымъ или пассажирскимъ, по усмотрѣнію дороги, поѣздомъ безъ чистки въ пути топки и прорѣзанія колосниковъ снизу, не произойдетъ удоставреннаго управленіемъ дороги опозданія поѣзда по винѣ топлива послѣ сожженія отъ 100 до 150 пуд. угля.

Б. Наборъ пробъ угля для испытанія.

§ 10. Взятіе угля для лабораторнаго изслѣдованія отъ каждой доставляемой партіи производится или прямо изъ вагоновъ (на станціи отправленія или прибытія), или изъ штабелей въ складѣ, въ послѣднемъ случаѣ не позже семи дней по исполненіи наряда.

§ 11. Для лабораторной пробы уголь берется изъ 40 различныхъ мѣстъ партіи, а при взятіи изъ штабелей извнутри ихъ приблизительно на $1\frac{1}{2}$ аршина отъ поверхности штабеля и почвы, въ количествѣ около десяти фунтовъ изъ каждаго мѣста, раздробляется на куски до $1\frac{1}{2}$ " величиною, перемѣшивается на полу и укладывается слоемъ отъ 4 до 5 дюймовъ толщиною. Изъ 10 различныхъ мѣстъ этого слоя берется въ общей сложности одинъ пудъ угля, который раздробляется на болѣе мелкіе куски величиною не болѣе $1\frac{1}{3}$ ", а затѣмъ вновь перемѣшивается. Отъ полученнаго такимъ образомъ пуда мелкаго угля отбирается 10 фунтовъ, которые отправляются въ лабораторію для изслѣдованія. Анализъ въ лабораторіи дѣлается согласно прилагаемой инструкціи.

Примѣчаніе 1-е. Партіей называется то количество угля, которое получено по какому либо одному наряду въ одномъ опредѣленномъ складѣ,—какъ непосредственно отъ поставщика, такъ и изъ другого, принадлежащаго дорогѣ склада, если явилась необходимость переслать уголь изъ послѣдняго въ первый, не снимая, однако, пломбъ первоначальной станціи отправленія,—или количество угля, полученнаго въ теченіе половины или полнаго мѣсяца, по усмотрѣнію дороги, при чемъ при большихъ партіяхъ одно лабораторное испытаніе дѣлается не болѣе, какъ на 250 тыс. пудовъ.

Примѣчаніе 2-е. Пробы угля, согласно анализа которыхъ угли принимаются со скидкой съ цѣны, сохраняются въ лабораторіи дороги, при чемъ постъ вщику предоставляется право получить до 20 граммъ этой пробы. Результаты анализа этой пробы, произведеннаго поставщикомъ, на расчеты по пріемкѣ угля иліянія не имѣютъ. Время храненія такихъ образцовъ при лабораторіи обязательно не долѣе 3-хъ мѣсяцевъ.

В. Вторичное испытаніе.

§ 12. Въ случаѣ несогласія поставщика съ результатами перваго испытанія, вслѣдствіе котораго уголь не принимается (бракуется), производится окончательное вторичное испытаніе въ лабораторіи дороги или въ лабораторіяхъ высшихъ учебныхъ заведеній и ученыхъ обществъ и другихъ официальныхъ учрежденій, по взаимному согласенію управленія дороги съ постав-

щикомъ, при чемъ наборъ пробы угля для вторичнаго испытанія производится въ назначенный срокъ при участіи поставщика или его довѣреннаго. Неприбытіе, однако, послѣднихъ не останавливаетъ вторичнаго на ora проба, а самое испытаніе считается окончательнымъ и обязательнымъ для поставщика.

Примѣчаніе. Въ случаѣ, если указанное въ этомъ параграфѣ согласіе поставщика съ управленіемъ дороги относительно выбора лаборатории для вторичнаго испытанія не состоится, то управление дороги и поставщикъ производятъ вторичное испытаніе (изъ одной и той же сборки) въ одной изъ перечисленныхъ въ этомъ параграфѣ лабораторій по собственному выбору. Средній выводъ между двумя полученными такимъ образомъ результатами испытанія угля считается окончательнымъ.

§ 13. Содержаніе влаги въ углѣ, полученное при первомъ испытаніи въ лабораторіи дороги, считается окончательнымъ и влага, опредѣленная при вторичномъ испытаніи, на расчетъ съ поставщикомъ вліянія не имѣетъ.

§ 14. Если послѣдуетъ забрѣгованіе угля при пробной поѣздкѣ на паровозѣ, то такое испытаніе повторяется на томъ же участкѣ тяги, въ предѣлахъ котораго находится забракованная партія угля.

Порядокъ и способъ химическаго изслѣдованія каменнаго угля.

а) Отобраніе средней лабораторной пробы. Поступившій въ лабораторію образецъ каменнаго угля, пролежавши трие сутокъ при комнатной температурѣ въ открытомъ плоскомъ сосудѣ или на открытой по ерхности, цѣликомъ измельчается предварительно въ чугунной ступкѣ, затѣмъ пропускается весь черезъ мельницу Альзинга или какой либо другой системы. послѣ чего отбирается средняя лабораторная проба. Измельченный уголь перемѣшивается и укладывается на гладкую поверхность, разравнивается слоемъ отъ $\frac{1}{2}$ до 1 см. и изъ 12 различныхъ мѣстъ отбирается по ложкѣ. Эта проба полностью измельчается въ агатовой или фарфоровой ступкѣ и просѣивается черезъ шелковое или металлическое сито съ отверстіями не болѣе 1,5 мм. безъ остатка. Проба сохраняется во время анализа въ банкѣ съ притертой пробкой за опредѣленнымъ №.

б) Опредѣленіе влаги. Отвѣшивается на часовомъ стеклѣ 2—3 грамма порошка угля и ставится въ эксиккаторъ надъ сѣрной кислотой на 3 сутокъ; затѣмъ взвѣшивается и опредѣляется убыль въ вѣсѣ.

в) Опредѣленіе золы. Отвѣшивается 2—3 грамма порошка угля въ платиновой плоской л-дочкѣ, тиглѣ или фарфоровой чашечкѣ и ставится въ муфель до полного выгоранія; затѣмъ горничій остатокъ вынимается изъ муфеля, ставится въ эксиккаторъ и охлажденный взвѣшивается.

Примѣчаніе. Для опредѣленія золы берутся двѣ пробы и выводится среднее арифметическое.

г) Опредѣленіе сѣры. Слѣдуя способу Eschka, видоизмѣненнаго Fresenius'омъ, отвѣшивается точно 1 граммъ угля и $\frac{1}{2}$ грамма смѣси Эшка (одна вѣсовая часть угленатріевой соли Na_2CO_3 (безводной) и 2 вѣсов. части обожженной магнезій (окси магнезія) MgO , тщательно перемѣшивается платиновой проволокой въ маленькой платиновой чашечкѣ или тиглѣ, затѣмъ нагрѣвается на обыкновенной спиртовой или бензиновой лампѣ, перемѣшивая время отъ времени массу платиновой проволокой, пока кончится главная ре-

акція и масса приметъ сѣрый цвѣтъ; послѣ этого чашка или тигель съ содер-
жимымъ ставится въ раскаленный муфель на 10—15 минутъ, пока вся масса
не поблѣветъ или не приметъ желто-бурого оттѣнка. По охлажденіи всю мас-
су переводятъ въ колбу или стаканъ, ополаскиваютъ чашку или тигель горя-
чей водой и приливаютъ растворъ брома въ соляной кислотѣ, а затѣмъ до-
бавляютъ разбавленной соляной кислоты и нагреваютъ на водяной банѣ до
полнаго удаленія брома, затѣмъ жидкость фильтруютъ и подъ конецъ осадокъ
на фильтрѣ промываютъ горячей водой. (Нерастворившійся осадокъ на филь-
трѣ не долженъ содержать кусочковъ несорговаго угля). Прозрачный филь-
тратъ разбавляютъ водой до 250 кубическихъ сантиметровъ, нагреваютъ до
кипѣнія и осаждаютъ сѣрную кислоту кипящимъ 10% растворомъ хлористаго
барія.

Или, поступая по способу Eschka Post'a, массу, полученную послѣ про-
каливанія угля со смѣсью оксида магнія и угленатріевой соли, обливаютъ горя-
чей водой, прибавляютъ къ смѣси бромъ — въ видѣ бромной воды — до жел-
таго оттѣнка, кипятятъ, фильтруютъ и промываютъ горячей водою. Фильтратъ
подкисляютъ соляной кислотой, нагреваютъ до удаленія брома и въ горячемъ
растворѣ осаждаютъ сѣрную кислоту горячимъ 10% растворомъ хлористаго
барія.

На другой день осадокъ сѣрнокислаго барія отфильтровываютъ и впол-
нѣ промываютъ горячей водой (проба филтратъ азотнокислымъ серебромъ на
соляную кислоту). Затѣмъ осадокъ сжигаютъ въ косо поставленномъ взвѣшен-
номъ платиновомъ тиглѣ, прокалываютъ въ теченіе 30 минутъ, охлаждаютъ въ
эксиккаторѣ, взвѣшиваютъ и по полученному вѣсу сѣрнокислаго барія вычи-
сляютъ процентное содержаніе сѣры въ изслѣдуемомъ углѣ.

Примѣчаніе 1-е. Всѣ реактивы не должны содержать сѣрной ки-
слоты. Въ смѣси Эшка предварительно опредѣляется содержаніе сѣрной
кислоты и принимается въ расчетъ при вычисленіи.

Примѣчаніе 2-е. Для опредѣленія сѣры берутся двѣ пробы и выво-
дится среднее арифметическое.

д) Опредѣленіе кокса. Опредѣленіе количества кокса въ углѣ
производится точно по способу Musck'a: — 1 граммъ порошка каменнаго угля
помѣщаютъ въ платиновый тигель, высотой 40 мм. и съ діаметромъ дна въ
24 мм. Тигель прикрываютъ крышкой, помещаютъ на трехугольникъ изъ тон-
кой платиновой проволоки и нагреваютъ горѣлкой Бунзена до тѣхъ поръ,
пока между краями крышки и тигля не будетъ болѣе замѣтно выдѣленіе горю-
чихъ газовъ. Верхнее отверстіе газовой горѣлки должно отстоять отъ дна
тигля на 30 мм., а высота пламени должна быть не менѣе 18 см. Послѣ про-
каливанія и охлажденія въ эксиккаторѣ взвѣшиваютъ тигель съ крышкой и
вычисляютъ количество кокса — сырого (вмѣстѣ съ золой).

е) Опредѣленіе летучихъ веществъ. Количество летучихъ
веществъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ: изъ 100 вѣсовыхъ частей из-
слѣдуемаго угля вычитается процентное содержаніе влаги и сырого кокса (съ
золой); полученная разность покажетъ процентное содержаніе летучихъ ве-
ществъ.

ж) Расчетъ съ поставщиками производится по результатамъ анализа,
перечисленнымъ на уголь, пролежавшій не менѣе 3-хъ сутокъ въ открытомъ
плоскомъ сосудѣ при комнатной температурѣ.

з) Управленію желѣзной дороги предоставляется право указывать въ актахъ испытанія (на ряду съ расчетомъ по пункту ж) также результаты анализа, перечисленные на безводный каменный уголь.

Добавленіе къ главѣ IV.

Силовой газъ.

(«Kraftgas». Von Ferd. Fischer. «Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure» (1904. № 44).

Силовымъ газомъ можно назвать всякій газъ, примѣняемый для газовыхъ двигателей, т. е. свѣтильный, водяной, полуводяной, различного состава доменный и проч. Первоначально газовые двигатели приводились въ движеніе почти исключительно каменноугольнымъ свѣтильнымъ газомъ, но въ настоящее время имъ пользуются лишь для двигателей малой силы.

Однако, каменноугольнымъ свѣтильнымъ газомъ, какъ побочнымъ продуктомъ при коксованіи угля, во всякомъ случаѣ экономично приводить въ движеніе даже большіе газомоторы.

Водяной газъ, получающійся послѣдовательнымъ дѣйствіемъ воздуха и водяного пара на коксъ, не имѣетъ значенія для газовыхъ машинъ. За то существенную важность имѣетъ полуводяной газъ, получающійся одновременнымъ дѣйствіемъ на топливо водяного пара и воздуха. Здѣсь необходимо различать генераторы съ дутьемъ и генераторы безъ дутья.

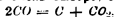
Вопросъ перевода топлива въ газъ дѣйствіемъ воздуха и водяного пара сводится къ слѣдующимъ реакціямъ:

Реакція.	Теплота горѣнія.	Калорическая способность продуктовъ горѣнія.
1) $C + O_2 = CO_2$	976 hw *)	0 hw
2) $C + O = CO$	294 »	682 »
3) $C + CO_2 = 2CO$	-388 »	1364 »
4) $C + H_2O = CO + H_2$	-288 »	1264 »
5) $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$	-188 »	1164 »

12 kg. углерода даютъ при сгораніи въ CO_2 976 hw, а при сжиганіи 2 kg. углерода 44-мя kg. или 22,2 куб. метрами CO_2 (по 3-ей реакціи) надо ввести 388 hw., такъ какъ образующіяся 56 kg. или 44,4 ст. имѣютъ теплотворную способность, равную 1364 hw., такъ какъ выдѣленіе тепла происходитъ лишь при сжиганіи углерода свободнымъ кислородомъ, связанный же кислородъ не обладаетъ свободной теплотворной способностью.

Тепловой эффектъ 2-й и 4-й реакцій, не опредѣленъ изъ опыта, а только вычисленъ изъ теплопроизводительности C и CO, такъ какъ, благодаря диссоціаціи, до сихъ поръ не удавалось сжечь углеродъ въ C.) непосредственно.

Де Виль впервые показалъ, что CO весьма плохо проникаетъ при температурѣ размягченія стекла, а при температурѣ близкой къ точкѣ плавленія серебра, наоборотъ, проходитъ очень быстро, образуя угольный ангидридъ.



при чемъ 388 ед. тепла освобождается. Угольный ангидридъ, диффундирующий

*) hw—техническая единица: 100 калорій.

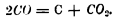
через стѣнки фарфоровой трубки при температурѣ 1300°, диссоциируетъ на CO и O лишь 0,2 объема. Калъете присоединилъ къ этому наблюдению анализъ газовъ отжигательной печи, проходящихъ черезъ охлаждаемую трубу непосредственно около пламени (I) въ 15 метр. разстоянія отъ рѣшетки и далѣе къ томъ же мѣстѣ отведенныхъ обыкновенной металлической трубкой (III).

	I	II	III
CO_2	1,04	7,12	15,02
CO	3,31	2,40	1,42
O	13,15	8,00	1,21
N	82,50	82,48	82,35

Эти анализы показываютъ лишь измѣнчивость состава газовъ этой печи, не имѣя значенія для технологии и изученія диссоціаціи угольного ангидрида.

По Маліарду и Ле-Шателье совершенное распаденіе CO_2 происходитъ лишь при 2000°.

По опытамъ К. Лангера и В. Мейера CO при 1700° частью разлагается съ выдѣленіемъ угля:



Въ платиновомъ сосудѣ угольный ангидридъ можетъ быть доведенъ до температуры близкой къ 1700° безъ разложенія. Лангъ получалъ при медленномъ токъ кислорода черезъ уголь при 500° только CO_2 . По Науману и Эрнсту при медленномъ пропусканіи воздуха черезъ коксъ, при возрастаніи температуры, возрастаетъ количество образующейся CO , особенно значительно при 1000°.

Бодаръ указываетъ, что 27 об. CO и 73 об. N , пропущенные при 400° черезъ уголь, дали 0,6 об. CO_2 . При нагреваніи до 500° съ древеснымъ углемъ, CO даетъ по истеченіи часа 94 об. CO_2 и 6 об. CO . При величинѣ кусковъ древеснаго угля въ орѣхъ и при температурѣ въ 650° CO даетъ:

Продолжительность нагреванія.		Объемы.	
часы	минуты	CO_2	CO
—	8	81,8	18,2
1	4	71,7	28,3
6	—	65,2	34,8

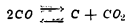
При нагреваніи до 800° съ древеснымъ углемъ или коксомъ въ кускахъ меньшаго размѣра (haselnussgossen).

Продолжительность нагреванія.		Древесный уголь.		Коксъ.	
часы	минуты	CO_2	CO	CO_2	CO
—	30	17,1	82,9	83,3	16,4
1	—	6,1	93,3	—	—
1	30	—	—	42,6	57,4
6	—	6,7	93,3	11,0	89,0

Въ кускахъ отъ 2 до 5 mm.

—	8	39,9	60,1	79,1	20,9
1	—	9,9	90,1	39,8	60,2
6	—	6,3	93,7	15,6	84,4

Теченіе обратной реакціи:



зависитъ какъ отъ температуры, такъ и отъ рода горючаго и его формы. Во всякомъ случаѣ наступленіе равновѣсія диссоціаціи требуетъ значительнаго времени.

Гемпель изслѣдовалъ дѣйствіе воздуха, обогащеннаго кислородомъ. т. н. воздуха—Линде (50% кислорода) на получение генераторнаго газа, при чемъ пережигалъ всего отъ 0,5 до 1,5 kg. топлива. Опытъ съ коксомъ далъ при начальной температурѣ въ 980° и конечной въ 1450° газъ слѣдующаго состава:

CO₂ — 13,3 об.
CO — 34,0 „
H — 1,3 „
W — 51,4 „

несмотря на весьма высокую температуру съ значительнымъ количествомъ CO₂.

Опыты Виланда съ небольшимъ глинянымъ тиглемъ, всегда въ 135 куб. сент. объема, показали, что отношеніе содержанія CO къ CO₂ прогрессируетъ съ возрастаніемъ температуры и времени взаимодѣйствія.

Температура C°.		870	1000	1150	1260	1350	1460
Воздухъ	ltr. часъ	350	295	500	1030	1140	710
Скорость	mm. sk	58	48	82	170	188	117
Толщина слоя	mm.	63	57	62	57	34	38
Время взаимодѣйствія	sk	1,09	1,19	0,76	0,34	0,18	0,32
Анализъ	CO ₂	19,22	18,23	17,15	16,56	17,71	14,66
	O ₂	0,24	—	—	—	0,02	0,1
	CO	1,62	2,67	4,78	6,80	4,54	8,63

Что водяной паръ, пропускаемый черезъ раскаленный уголь образуетъ помимо водорода и угольнаго ангидрида также и окись углерода. извѣстно уже давно.

По Бунзену газъ, образующійся дѣйствіемъ водяного пара на раскаленный уголь, на два объема CO₂ содержитъ 1 объемъ CO. По Ланглюа древесный уголь, накаливаемый въ фарфоровой трубкѣ до возможно высокой температуры, по сравненію съ коксомъ, даетъ:

	Древ. уголь.	Коксъ.
H	49,6	54,5
CO	42,2	31,9
CO ₂	6,0	12,0
CH ₄	2,2	1,6

Лонжъ пропускалъ черезъ накаленный до красна древесный уголь водяной паръ, при чемъ пробы, бравшіяся съ получасовыми промежутками, имѣли слѣдующій составъ:

	I	II	III	IV
H ₂	32,9	53,7	64,2	64,2
CO ₂	19,9	24,4	30,3	30,7
CO	26,9	21,5	5,1	4,8
N	0,3	0,4	0,4	0,3

Къ сожалѣнію температуры имъ не указаны.

Действие водяного пара на кокс из Бураго угля, по опытам автора, начинается уже при 400°, на газовый кокс, по Л а н г у, при 530°. При 630° и медленном токе пара образующийся газ имеет следующий состав:

CO ₂	. 20,4
CO	. . . 0,9
H	. . . 39,8
N	. . . . 38,8

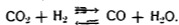
Ретортный графит в струе водяного пара дал:

100 куб. ст. газа получаются в	Температура (°)	Состав газа в ед. объема			
		CO ₂	CO	H	N
Въ 24 часа	814 до 861	18,4	8,8	56,0	21,8
		16,2	10,8	62,2	10,8
» 8 »	861 до 954	22,5	6,1	68,0	3,4
		20,0	10,3	68,3	1,4
1 1/2 » 15 мин.	861 до 954	19,4	13,7	65,7	1,2
		17,5	16,0	65,8	1,2
8 »	954 до 1054	18,3	17,3	62,0	2,4
		18,4	16,9	62,1	2,6

Г а р р и с с пропускал водяной парь через фарфоровую трубку, наполненную кусочками угля:

Въ минуту протекало лтр. газа.	Темпер. С°	CO ₂	CO	H	N
0,9	674	3,84	0,63	8,41	87,12
1,8	758	9,23	2,67	22,28	65,82
3,66	838	11,29	6,04	28,68	54,09
3,28	838	12,11	7,96	32,77	47,15
5,3	861	13,33	11,01	36,48	39,18
6,3	954	5,66	32,70	44,48	17,21
6,15	1010	1,45	48,20	47,30	3,02
9,8	1060	1,25	46,31	48,84	3,68
11,3	1125	0,60	48,34	50,73	0,303

О. Г а н з исследовал равновесие



Для опытовъ бралась кварцевая трубка, покрытая листовой платиной. Опытъ далъ для:

$$K = \frac{\text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}}{\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2}$$

а) Исходя изъ CO и H₂O:

886°	986°	1086°
K = 1,19	1,54	1,95

б) Исходя изъ CO₂ и H₂

1005°	1205°	1405°
K = 1,68	2,1	2,49

Однако, нельзя переносить результаты подобных лабораторных опытов в практику получения газа, так как воздействие между газом и горючим будет слишком значительно для достижения состояния равновесия. Сверх того надо принять во внимание, что состав газа в генераторе неодинаков на разных высотах от решетки и в разных местах поперечного сечения генератора, мѣняясь, сверх того, в зависимости от величины кусков топлива. Здѣсь приходится опредѣлять, напримѣръ, на высотѣ 0,5 от колосниковъ содержание CO_2 , свободного O и образовавшейся CO в различныхъ мѣстахъ. Указанныя пробы газа, взятаго въ различныхъ сѣченіяхъ генератора, все же не дадутъ точную картину процесса происходящаго въ генераторѣ. Непосредственное образование CO по ур-ніямъ (2) и (4) (стр. 164) пока не удостовѣрено, во всякомъ случаѣ для генераторной практики безразлично, такъ что обѣ эти формулы примѣняются лишь ради удобства вычисления. Въ печахъ при поступленіи воздуха и водяного пара происходитъ лишь реакція $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 976 \text{ kal.}$, съ выдѣленіемъ тепла, и $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2 - 188 \text{ kal.}$ съ поглощеніемъ тепла, а также съ расходомъ тепла: $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO} - 388 \text{ kal.}$

Складывая всѣ эти формулы вмѣстѣ, получаемъ: $4\text{C} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{CO} + 2\text{H}_2 + 12 \text{ kal.}$, что возможно лишь при полной утилизациі въ генераторѣ тепла, совершенно невозможной практически, но что достижимо подогрѣваніемъ потребляемаго воздуха. Такимъ образомъ, 48 кг. C дадутъ 88,8 куб. м. CO и 44,4 куб. м. H_2 , и полученный газъ будетъ имѣть составъ:

CO	. . .	41,1
H_2	. . .	20,4
N_2	. . .	38,5

На каждые 44,4 куб. м. кислорода или 127 куб. м. воздуха здѣсь приходится 36 кг. водяного пара. Большое количество водяного пара нельзя вводить безъ риска понизить температуру, необходимую для образования CO . Установленіе правильнаго отношенія количествъ воздуха и водяного пара весьма важно для полученія газа хорошаго качества. При вдуваніи струи пара этого достигнуть трудно, такъ какъ количество воздуха, соответствующее количеству введеннаго пара, зависитъ отъ толщины слоя горячаго. Еще болѣе шатко отношеніе во всасывающихъ генераторахъ. При незначительныхъ установкахъ, благодаря усиленному расходу газа, оно особенно ненадежно.

Для большихъ установокъ въ виду этого же предпочтительнѣе генераторы съ давленіемъ (*Druckgasgeneratoren*).

До сихъ поръ для полученія газа преимущественно берется антрацитъ, такъ какъ газъ изъ угля нуждается въ очисткѣ.

При очень большомъ расходѣ газа выгоднѣе его получать изъ угля, съ избыткомъ окулая очистку газа использованиемъ получающагося амміака.

Л. М о н д ѣ для полученія смѣшаннаго газа (газъ Монда) примѣняютъ битумозный уголь, дѣйствуя на него воздухомъ и водянымъ паромъ. Газъ эксплуатируется для полученія амміака промывкой сѣрной кислотой, а затѣмъ идетъ въ качествѣ горючаго или силового газа. При хорошемъ (I) и плохомъ углѣ (II) газъ имѣетъ слѣдующій составъ:

	. I	II
CO_2	. 16,3	16
CO	. 10,2	11
CH_4	. 2,5	2
H_2	. 26,4	29
N_2	. 44,6	42

На одной из крупных центральных станций для той же цели применяют битумозный сланец. Недавно предложено обращать в парь смоляные пары в рѣшетчатых кирпичных печах (gittermauerwerk).

Дуффъ получалъ газъ изъ угля въ шахтенной печи высотой въ 6,5 мет., газъ промывался, очищался отъ амміака осажденіемъ его въ видѣ сѣрнокислаго аммонія и служилъ для сожженія въ сталелитейнѣ и для приведенія въ движеніе 1000-сильнаго газомотора. Такъ какъ для такой эксплуатаціи можетъ служить самый дешевый угольный отбросъ, то она обращаетъ на себя вниманіе своей выгодностью. Примѣненіе доменныхъ газовъ для двигателей первоначально было предложено Ф. В. Люрманомъ. Для заводовъ съ домами это примѣненіе весьма важно.

Въ послѣднее время много говорится о превращеніи въ газъ торфа. Мы можемъ поговорить объ этомъ подробно.

Перегонка и превращеніе въ газъ торфа для полученія газообразнаго горючаго, парафина, маселъ, амміака, древеснаго спирта и въ заключеніе торфянаго кокса изучались уже Рееке*). Его работамъ слѣдовали извѣстные опыты Вагенмана, Тэніуса и особенно Х. Воля. По этимъ даннымъ чистый доходъ предпріятія выходитъ весьма великъ и даже граничитъ съ «невѣроятнымъ». Практически получали лишь убытки. Прошумѣвшій въ свое время способъ Экелунда**) за невыгодностью былъ вскорѣ оставленъ.

Еще К. Бирнбаумъ предложилъ примѣнять для полученія газа изъ торфа вертикальныя реторты, употребляющіяся въ парафиновомъ производствѣ. М. Циглеръ измѣнилъ предложенный способъ, введя въ него значительныя улучшения.

Для фабрики въ 12 печей, съ основнымъ капиталомъ въ 900,000 м. данъ слѣдующій расчетъ:

Въ годъ коксуется 10,000 т. воздушно-сухого торфа, дающаго:

14,000 тоннъ торфянаго угля	34,5%
160 » парафина . . .	0,4 »
920 » легкихъ маселъ .	2,3 »
200 » креозотнаго масла .	0,5 »
160 » сѣрнокислаго аммонія .	0,4 »
240 » уксуснокислой извести	0,6 »
80 » древеснаго спирта	0,2 »
15,760 тоннъ	39,4%

Д о х о д ы:

14.000 тоннъ торфянаго угля по 40 мар.	560,000 мар.
160 » парафина » 450 »	72,000 »
920 » легкаго масла » 100 »	92,000 »
200 » креозотн. » » 40 »	8,000 »
160 » сѣрнокисл. аммонія » 200 »	32,000 »
240 » уксуснокис. кальція » 120 »	28,000 »
80 » древеснаго спирта » 700 »	56,000 »

848,000 мар.

* Въ 1841 году.

** Ekelund: „Die Herstellung kompiemirter Kohle aus Torf (Leipzig, 1902).

Р а с х о д ъ:

40,000 тоннъ воздушносухого торфа		
по 5 марокъ	200,000	мар.
Рабочая плата и содержаніе фабрики .	80,000	»
Матеріалы, реагенты, страхование и пр.	70,000	»
Топливо	15,000	»
Амортизація 580,000 м. по 10%о	58,000	»
Проценты съ 200,000 м. по 5%о	10,000	»
Непредвидѣнные расходы	10,800	»
	<u>443,800</u>	мар.
	Доходъ	405,000 мар.

45%о съ основного капитала 900,000 марокъ!

О предпріятіи по способу Циглера въ Рѣдъкинѣ (Россія) Р. Глазенапа *) не даетъ хорошаго отзыва.

Л. Г. Вольфъ сообщилъ объ опытахъ, произведенныхъ по порученію прусскаго министерства, съ печью Циглера въ Ольденбургѣ.

Въ вычисленіяхъ не предусмтрѣно, что при полученіи газа изъ торфа требуется обратить значительное количество воды въ парь. Доводъ въ пользу того, что коэффициентъ торфа 122,5 ошибоченъ. Его можно признать равнымъ лишь 69, такъ какъ образующіся газъ нагрѣваетъ реторты, развивая теплоту изъ реакцій $C + 2H_2 = CO_2 + H_2$ и $C + CO_2 = 2CO$, происходящихъ въ ретортахъ.

Невѣрно также, что образованіе торфа идетъ съ поглощеніемъ тепла наоборотъ, теплота при этомъ выдѣляется.

Генераторы для торфяного газа предложены уже въ 1842 г. Эбелемъ и Ленокше для газа, полученнаго перегонкой торфа (I) и для генераторнаго торфяного газа, (II), слѣдующій составъ:

	I	II
CO ₂	14,0	2,0
CO	30,0	34,0
CH ₄	7,0	1,0
C ₂ H ₄	2,5	0,4
Пары углеводорода .	1,5	0,2
H	40,0	5,8
N	5,0	51,6
	<u>100</u>	<u>100</u>

Такіе генераторы, безъ введенія воды, до сихъ поръ примѣняются въ Швеціи.

Торфяной газъ для моторовъ примѣнялся еще въ 1843 г. въ Дюнебергѣ, близъ Гамбурга. Фабрика газомоторовъ Дейтца разсчитываетъ, что въ генераторахъ ганноверскій торфъ даетъ 1,0 куб. м., а гингенскій 1,3 куб. м. „силового“ газа слѣдующаго состава:

	Ганноверъ.	Гингенъ.
CO ₂	5,7	6
CO	30,6	30
CH ₄	5,1	2,4
H	6,1	10
N	52,5	51,6
	<u>100</u>	<u>100</u>

*) Проф. Рижск. Политехн. Инст.

Для 1 PSe въ часті требуется 1.8 1.1 kg. торфа. Расчетъ бр. Кертинга близокъ къ приведенному.

А. Франкъ въ различныхъ повременныхъ изданіяхъ усиленно рекомендуетъ пользоваться торфомъ для полученія газа, приводящаго въ движеніе центральныя станціи, энергія которыхъ можетъ передаваться на разстояніе, служить для полученія кальция карбида и пр.

Исполненіе этого, заслуживающаго вниманія предложенія, встрѣчаетъ главнѣйшее препятствіе въ сущности торфа, особенно же осушки торфяниковъ. При большомъ, правильно организованномъ предпріятіи нѣкоторую выгоду дастъ использованіе амміака.

Окажутся ли при этомъ полученіе другихъ продуктовъ перегонки, особенно древеснаго спирта и маселъ, будетъ зависѣть отъ состава торфа и ричныхъ цѣвъ. Вѣроятно, въ большинствѣ случаевъ проще превращать и эти продукты въ горючій газъ, проводя ихъ надъ раскаленнымъ торфянымъ углемъ

Замѣченныя опечатки:

- Стр. 14 строка 2 свер. и 5-я сл. напеч. калориметрическимъ.—должно быть колориметрическимъ.
- Стр. 21-я строка 24 сл. напеч. Непрерывное.—должно быть Периодическ.
- Стр. 24-я строка 3 св. напеч. минеральныхъ,—должно быть взвѣшенныхъ и минеральныхъ.
- Стр. 26-я строка 6 св. напеч. втрое,—должно быть вшестеро.
- Стр. 39-я строка 12 св. напеч. 1910,—должно быть 1909.
-