А. П. Лидовъ
Проф. Харьковск. Технол. Институт. Императ. Александра III.

ВВЕДЕНІЕ
ВЪ ХИМИЧЕСКУЮ ТЕХНОЛОГІЮ.

Съ 34 рисунками.

ИЗДАНІЕ КНИЖНАГО МАГАЗИНА
П. А. БРЕЙТИГАМА
въ Харьковѣ.
1903.

Книжнымъ магазиномъ П. А. БРЕЙТИГАМ

въ Харьковѣ

издано вторымъ переработ. русскимъ изданіемъ

профессора К. БАХЪ

ДЕТАЛИ МАШИН

ихъ расчетъ и устройство согласно новѣйшимъ изслѣдованія

Пер. подъ редакц. инж.-технолога **А. В. Шкларевича.**

Содержаніе:

Гл. I. Упругость и сопротивленіе матеріаловъ. А. Общія п Б. Бруски съ прямою осью. В. Бруски съ изогнутою осью. Г. Со плиты. Д. Коеффиціенты упругости и сопротивленія. Гл. II. Средс соединенія частей машинъ. Виды соединеній. А. Разъемныя соед Б. Неразъемныя соединенія. Заклепки. Гл. III. Части машинъ дл дачи вращательнаго движенія отъ одного вала къ другому. А. Зу колеса. Б. Зубчатыя колеса для цѣпей. В. Колеса тренія. Г. Реме канатная передача. Гл. IV. Прочія части машинъ, относящіяся къ тельному движенію. А. Цапфы. Б. Оси и валы. В. Муфты Г. П ники и подпятники. Гл. V. Части машинъ, относящіяся къ посту ному движенію. А. Канаты, цѣпи, блоки и барабаны для нихъ. В. ни и поршневые штоки. В. Сальники. Гл. VI. Части машинъ дл образованія поступательнаго движенія во вращательное и обратно. ханизмъ кривошипа. Б. Кривошипы, эксцентрики. В. Шатуны. Г. влияющій. Гл. VII. Части машинъ, служащія для принятія и передв жидкостей. А. Цилиндры. Б. Трубы. В. Затворы.

Это руководство является одинаково полезнымъ и цѣннымъ для студентовъ спеціальныхъ институтовъ, преподавателей и учен техническихъ и ремесленныхъ школъ, такъ и для чертежныхъ на строительныхъ заводовъ и желѣзнодорожныхъ мастерскихъ, для ческихъ бюро и пр.

Это сочиненіе состоитъ изъ **ТЕКСТА** со **множествомъ** поясн ныхъ **рисунковъ**, болѣе **50** печатныхъ листовъ **большого форм АТЛАСА**, состоящаго изъ **53 большихъ ТАВЛИЦЪ**.

ВЫШЛИ ВЪ СВѢТЪ ВЕСЬ атласъ и I **часть ТЕКСТА.**

ВСЕ сочиненіе будетъ выпущено въ **концѣ іюня 1903 года.**

Подписная цѣна 10 руб., пересылка по почтовому тарифу.

По выходѣ всего сочиненія цѣна будетъ 12 руб.

Дозволено цензурою. Москва, 13 марта 1903 г.

МОСКВА.
Типо-литографія Т-ва И. И. Кушнеревъ и К° Пименовская ул., соб. домъ.
1903.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Стр.

I. Задачи химической технологіи, какъ отдѣльной отрасли знанія. 1

II. Основныя работающія причины:

1. Свѣтъ 15
2. Теплота 31
3. Электричество 43
4. Магнетизмъ 54
5. Жизнедѣятельность 56
6. Естественныя силы природы или природныя формы кинетической энергіи 70

III. Основные матеріалы:

1. Вода 78
2. Воздухъ 114
3. Топливо 132

IV. Эквиваленты энергіи 167

Предметъ и задачи химической технологіи, какъ отдѣльной отрасли знанія.

Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что матеріальная и умственная культура человѣческихъ общежитій находится между собой въ тѣсной генетической связи. Варварскій режимъ внѣшнихъ жизненвыхъ условій некультурныхъ человѣческихъ общежитій въ большинствѣ случаевъ сопровождается варварскими обычаями, варварской этикой и отсутствіемъ высшихъ стремленій. Трудно, конечно, утверждать, что нравственная сторона представляетъ непремѣнно слѣдствіе сочетанія извѣстныхъ внѣшнихъ условій; возможны случаи, когда и внѣшнія условія человѣческаго общежитія можно разсматривать, какъ результатъ извѣстныхъ психическихъ началъ, но, во всякомъ случаѣ, области умственной и матеріальной культуры всегда между собою тѣсно связаны.

Въ отдаленные періоды человѣческой жизни, когда духовная дѣятельность была въ зачаткѣ и отъ нея не сохранилось никакихъ историческихъ памятниковъ, внѣшнія матеріальныя условія человѣческихъ сообществъ въ видѣ сохранившихся до нашихъ дней различныхъ каменныхъ или металлическихъ издѣлій: орудій, предметовъ житейскаго обихода и т. п., являются исключительными свидѣтельствами той или другой формы человѣческаго быта и пройденные въ тѣ отдаленные вѣка пути людской жизни характеризуются именно по этимъ остаткамъ внѣшней культуры, какъ каменный, бронзовый и т. п. вѣка.

Человѣческія общежитія, и понывѣ встрѣчающіяся на крайне низкомъ уровнѣ развитія (извѣстно, что каннибальство не только въ переносномъ, но и въ буквальномъ смыслѣ еще не уничтожено съ лица земного шара), являются живыми свидѣтельствами того, какъ мало въ извѣстныхъ условіяхъ днній, первобытный человѣкъ отличается отъ отживнаго. Подобно животному, онъ не нуждается въ кровѣ и одеждѣ, подобно ему, онъ пользуется исключительно дарами природы въ сыромъ или необработанномъ

видѣ и, подобно послѣднему, онъ не интересуется вопросами самосознанія и своего значенія въ природѣ. Съ постепеннымъ измѣненіемъ внѣшнихъ условій измѣняется и психика, и на нашихъ глазахъ потомки дикарей Полинезіи и Астралазіи, при первомъ знакомствѣ съ европейцами смотрѣвшіе на нихъ исключительно съ гастрономической точки зрѣнія (извѣстно, что такъ погибъ знаменитый путешественникъ Кукъ), въ настоящее время стоятъ почти на уровнѣ европейской культуры.

Съ переходомъ отъ дикаго состоянія къ сколько-нибудь культурному тотчасъ является необходимость въ одеждѣ и кровѣ, двухъ потребностяхъ, которыя добываемымъ въ природѣ сырьемъ въ сколько-нибудь совершенной формѣ удовлетворены быть не могутъ, а въ связи съ этимъ развиваются пріемы обработки сырья, появляются зачатки обработывающей промышленности. Съ дальнѣйшимъ развитіемъ культуры являются потребности взаимнаго общенія, обмѣна товаровъ, потребности искусственнаго полученія тепла и свѣта, и всѣ эти потребности удовлетворяются такъ называемой обработывающей промышленностью. Несомнѣнно, что въ жизни человѣчества немаловажную роль сыграло и явилось очень крупнымъ факторомъ человѣческаго прогресса, или весьма замѣтной спицей въ колесницѣ прогресса, обыкновенное простое колесо, которое однако, въ очень значительной степени облегчило еношенія между людьми. Развитіе постепенныхъ формъ, въ которыя выливалась идея колеса отъ простѣйшихъ деревянныхъ дисковъ, насаженныхъ на ось (подобныхъ тѣмъ, какіе и теперь еще встрѣчаются у татарскихъ „мажаръ“ въ Крыму), до современнаго велосипеднаго колеса, представляетъ поучительную страницу изъ области человѣческой изобрѣтательности.

Такимъ образомъ зачатки технологической дѣятельности человѣка кроятся въ потемкахъ доисторической древности. Вмѣстѣ съ тѣмъ переработка сырья въ тѣ или другія издѣлія, или фабрикаты, можетъ имѣть своимъ предметомъ или переработку внѣшняго вида, формы вещества, или измѣненія химическаго состава вещества. Сообразно съ этимъ различаютъ или механическую технологію, имѣющую своимъ предметомъ по преимуществу измѣненія внѣшнія, измѣненія формы обработываемаго вещества, или химическую, имѣющую своимъ предметомъ измѣненія состава сырья.

Сказанное можно пояснить слѣдующимъ примѣромъ. Технологія дерева имѣетъ своимъ предметомъ превратить дерево въ тѣ или другія издѣлія, при чемъ механическая технологія дерева научаетъ превращать дерево въ доски (лѣсопильное производство), столярныя издѣлія, сапожные гвозди, шпалы, бочки (бондарное производство), паркетъ и т. п., а химическая технологія того же дерева научаетъ приготовлять изъ него

тѣ или другія химическія вещества, представляющія въ большей или меньшей степени продуктъ разрушенія, химическаго метаморфоза дерева, какъ-то: бумагу, уксусную кислоту, древесный спиртъ, смолу, а въ послѣднее время и въ искусственныя шелкоподобныя и волосоподобныя волокна, взрывчатыя вещества (хлопчатобумажный порохъ) и даже винный спиртъ.

Несомнѣнно, что внѣшняя обработка формы, превращеніе дерева въ какое-нибудь деревянное издѣліе, напримѣръ, деревянный столъ, для большинства неподготовленныхъ лицъ представляется задачей болѣе простою, болѣе доступною, чѣмъ превращеніе того же самаго дерева въ уксусъ или искусственный шелкъ.

Возможно, что въ связи съ этою большею доступностью пониманія измѣненія внѣшней формы въ странахъ съ начинающеюся промышленною дѣятельностью всегда раньше развивается механическая промышленность и уже только значительно позднѣе химическая.

Такимъ образомъ химическая технологія имѣетъ своимъ предметомъ научное описаніе тѣхъ пріемовъ работы и вспомогательныхъ средствъ, помощью которыхъ повышается цѣнность сырья. Хотя чисто практическій элементъ имѣетъ очень большое значеніе въ этой отрасли знанія, тѣмъ не менѣе технологія ни въ какомъ случаѣ не должна подчиняться эмпиризму; наоборотъ, она сама должна быть руководящею нитью для практики.

При опредѣленіи, на какихъ научныхъ основахъ покоится химическая технологія, прежде всего необходимо сравнить задачи этой науки съ тѣми средствами, которыми она располагаетъ для рѣшенія этихъ задачъ.

Задачи технологіи, несомнѣнно, заключаются въ превращеяіи научныхъ цѣнностей въ общественныя цѣнности, или, иначе, въ превращеяіи отвлеченныхъ идеальныхъ благъ въ реальныя блага.

Технологія вообще, а химическая въ частности, имѣетъ цѣлью удешевить фабрикатъ, сдѣлать его общедоступнымъ, т.-е. сдѣлать по возможности незначительной разницу между сырьемъ и фабрикатомъ. Такимъ образомъ принципіально химическая технологія должна быть въ состояніи теоретически вычислять и изыскивать наиболѣе дешевые и выгодные методы фабрикаціи тѣхъ или другихъ предметовъ.

„Технологія, какъ говоритъ проф. Клоди, является важнымъ связующимъ звеномъ между чистыми и прикладными науками съ одной стороны и политической экономіей съ другой; оставаясь на почвѣ науки, она должна служить интереемъ этой послѣдней“.

Научно обоснованная химическая технологія должна такимъ образомъ

изслѣдовать протекающій химическій процессъ не въ одномъ какомъ-нибудь, а во всѣхъ направленіяхъ, при чемъ является необходимымъ выяснить наиболѣе выгодныя условія работы, отъ которыхъ зависитъ максимальный выходъ продукта и правильный ходъ процесса.

Главными основами ея являются: общая, физическая и аналитическія химія, физика и математика; очень важными вспомогательными науками механическая технологія, ученіе о машинахъ и о сопротивленіи матеріаловъ.

Наибольшее значеніе, не подлежитъ сомнѣнію, для химика-технолога имѣетъ химія. Это базисъ, на которомъ построено все зданіе. Какіе бы совершенные приборы ни употреблялись лицомъ, не компетентнымъ въ химической сущности веденнаго процесса и не способнымъ оріентироваться въ химическихъ деталяхъ процесса, крупный и прочный успѣхъ дѣла не мыслимъ. Съ другой стороны, исторія химіи указываетъ намъ цѣлый рядъ славныхъ именъ, которыя при самыхъ ничтожныхъ средствахъ и съ самыми простыми приборами достигали крупныхъ химическихъ результатовъ.

Гёте сравниваетъ химическіе элементы съ лѣсными духами, которыхъ вызвалъ ученикъ (подмастерье) волшебника и съ которыми онъ потомъ не можетъ справиться. Многіе начинающіе химики находятся въ положенія этого подмастерья, такъ какъ при ихъ опытахъ и экспериментахъ духи „химическіе элементы“ ихъ не слушаются и результаты получаются совсѣмъ не тѣ, на которые они разсчитываютъ и надѣются.

Чтобы не попасть въ положеніе Гётевскаго подмастерья и является существенно важнымъ основательное знаніе химіи во всемъ ея объемѣ для всякаго желающаго стать технологомъ.

Это справедливо въ особенности потому, что рѣшеніе предъявляемыхъ фабрично-заводскою житейскою практикою химическихъ задачъ не только не легче, а иногда даже значительно труднѣе рѣшенія различныхъ чисто химическихъ задачъ въ лабораторіи.

Не подлежитъ вмѣстѣ съ тѣмъ никакому сомнѣнію, что въ жизни культурныхъ человѣческихъ обществъ значеніе какъ добывающей, такъ и обработывающей промышленностей совершенно равноцѣнно; преобладающаго значенія ни та, ни другая форма труда не имѣетъ.

Нельзя, однако, не указать на весьма существенную разницу между этими двумя отраслями дѣятельности. Тогда какъ въ добывающей промышленности, все равно будетъ ли это земледѣліе, скотоводство, охота, рыболовство, даже рудничное дѣло, человѣкъ находится въ большей или меньшей власти земли, т.-е. принужденъ подчиняться независимымъ отъ него атмосферическимъ воздѣйствіямъ космической природы, въ обрабо-

тывающей, фабричнозаводской промышленности усиѣхъ работы находится въ полной зависимости отъ человѣка, если только, конечно, онъ не нарушаетъ элементарныхъ механическихъ, физическихъ и химическихъ законовъ природы.

Факторы, обусловливающіе успѣхъ сельско-хозяйственной культуры: различныя количества падающихъ въ тотъ или другой годъ тепловыхъ и свѣтовыхъ лучей, а также и влаги, совершенно не подчинены человѣку, и онъ только съ бо́льшимъ или меньшимъ успѣхомъ примѣняется къ нимъ, а факторы, обусловливающіе усиѣхъ какого-нибудь техническаго производства, находятся въ большинствѣ случаевъ въ полной зависимости отъ человѣка.

Въ этомъ основномъ принципіальномъ различіи этихъ двухъ отраслей человѣческаго труда и кроется моральное отличіе въ характерахъ земледѣльческихъ и промышленныхъ странъ.

Значеніе химической технологіи при настоящихъ условіяхъ культурной жизни человѣчества весьма велико, такъ какъ на ряду съ механической технологіей она обслуживаетъ главнѣйшія матеріальныя потребности человѣка въ одеждѣ, пищѣ, кровѣ и т. п. Съ развитіемъ и улучшеніемъ техники того или другого производства въ очень значительной степени понижается стоимость издѣлія, а въ связи съ этимъ, издѣліи конечно становятся доступными гораздо бо́льшему, чѣмъ прежде, кругу потребителей. Въ началѣ прошлаго столѣтія пудъ купороснаго масла, основного продукта при многихъ химическихъ производствахъ, стоилъ въ Москвѣ 19 рублей (теперь 80 коп. — 1 рубль), аршинъ ситца 50—60 коп. (теперь 7—10 коп.), стеклянная посуда, различныя металлическія издѣлія, также какъ сахаръ и свѣчи, составляли предметъ роскоши, доступной только немногимъ. Можно съ увѣренностью сказать, что теперешній датскій крестьянинъ или американскій фермеръ живутъ гораздо гигіеничнѣе и въ бо́льшемъ довольствѣ, чѣмъ англійскіе лорды XVII вѣка, и если не въ такой рѣзкой формѣ, то все же улучшеніе въ матеріальныхъ условіяхъ современныхъ работающихъ классовъ всѣхъ народовъ по сравненію съ матеріальными условіями жизни тѣхъ же классовъ въ прошломъ, XVIII столѣтіи, весьма существенно.

На ряду съ продуктами обработывающей промышленности подешевѣли также и пищевыя вещества, такъ какъ съ развитіемъ парового флота въ настоящее время въ огромныхъ количествахъ ввозятся самыя разнообразныя пищевыя вещества тропическихъ странъ, въ которыхъ, какъ извѣстно, природа гораздо щедрѣе умѣреннаго пояса и гдѣ при самыхъ незначительныхъ усиліяхъ получаются баснословные урожаи. А съ примѣненіемъ къ земледѣльческой дѣятельности и въ умѣренномъ поясѣ

механической силы и искусственныхъ удобреній урожайность и здѣсь повышается въ очень значительной степени, а въ связи съ этимъ, конечно, происходитъ и удешевленіе хлѣба, что представляется существенно важнымъ.

Именно въ связи съ падеціемъ цѣнъ на предметы первой необходимости, извѣстная гипотеза Мальтуса потеряла въ значительной степени свой бывшій кредитъ.

О томъ значеніи, которое имѣетъ химическая технологія въ ряду другихъ отраслей человѣческаго знанія, всего лучше судить по нѣсколькимъ отдѣльнымъ частнымъ примѣрамъ.

Мало замѣтнымъ, но въ общей сложности довольно яркимъ примѣромъ этого значенія химической технологіи въ обыденной жизни могутъ служить спички, открытыя химикомъ Іеттелемъ всего 70 лѣтъ тому назадъ. Еще на памяти многихъ живущихъ, лѣтъ 50 тому назадъ, когда спички были дороги, почти во всеобщемъ употребленіи былъ кремень для высѣканія огня, инструментъ, теперь имѣющій преимущественно историческое значеніе. Кто видѣлъ пользованіе кремнемъ, тотъ знаетъ, какая это хлопотливая, требующая усилій и времени операція. Если подсчитать то непроизводительно терявшееся время, которое человѣчество тратило на высѣканіе огня (разность времени между тѣмъ количествомъ, которое нужно, чтобы зажечь спичку и тѣмъ количествомъ, которое нужно чтобы высѣчь и раздуть огонь отъ кремня), и ту непроизводительно тратившуюся мускульную силу (разность между тѣмъ усиліемъ, которое нужно, чтобы зажечь спичку и тѣмъ, которое нужно, чтобы высѣчь огонь), то, конечно, въ суммѣ для всего человѣчества получится очень значительная величина, выражающаяся, навѣрное, въ нѣсколькихъ милліонахъ килограммъ-метровъ непроизводительно тратившейся работы и многихъ десятковъ, если не сотенъ, лѣтъ потеряннаго времени. А между тѣмъ и высѣканіе огня кремнемъ представляетъ крупный шагъ впередъ по сравненію, напримѣръ, со способомъ добыванія огня треніемъ двухъ деревянныхъ поверхностей, способомъ и понынѣ практикуемымъ дикарями центральной Африки и требующимъ нерѣдко многочасовой непрерывной работы. О значеніи же огня въ жизни человѣка можно судить по тому, что существовали и существуютъ и понынѣ цѣлые религіозные культы, посвященные огню, какова, напримѣръ, религія огнепоклонниковъ-парсовъ, и что въ наиболѣе культурныхъ общежитіяхъ древности, напримѣръ, въ древнемъ Римѣ, существовали цѣлыя касты (весталокъ), назначеніе которыхъ состояло въ поддержаніи огня. Наконецъ, къ тому же типу явленій относится и традиціонный семейный очагъ, въ которомъ непрерывно поддерживался огонь на зарѣ культурной жизни человѣчества.

Другимъ характернымъ и яркимъ примѣромъ того общественнаго значенія, которое имѣетъ химическая технологія, можетъ служить развитіе техники освѣщенія. Если, не забираясь въ глубь вѣковъ, остановиться на порогѣ XIX столѣтія и заглянуть въ ночное время въ большіе культурные центры того времени, напримѣръ, Парижъ и Лондонъ, то можно видѣть, что съ наступленіемъ ночи жизнь этихъ городовъ замирала, и если, напримѣръ, Мольеру по окончаніи спектакля надо было возвращаться изъ театра домой, то это дѣлалось имъ не иначе, какъ въ сопровожденіи провожатыхъ, освѣщавшихъ его путь факелами, такъ какъ улицы въ то время не освѣщались и путешествовать по нимъ въ ночное время, въ особенности одному, было не безопасно.

Наиболѣе распространеннымъ источникомъ свѣта въ жилыхъ помѣщеніяхъ достаточныхъ классовъ были сальныя свѣчи, съ теоретической точки зрѣнія, какъ и всякая свѣча, представлявшія приборъ очень остроумный, газовый заводъ въ миніатюрѣ, но на практикѣ, какъ извѣстно, очень далекій отъ совершенства, такъ какъ эти свѣчи издаютъ зловоніе, часто коптятъ и требуютъ непрерывнаго наблюденія, чтобы снимать нагаръ, или, какъ тогда выражались, „сочкнуть со свѣчки“.

Въ настоящее время, черезъ 100 лѣтъ, благодаря развитію нѣсколькихъ новыхъ отраслей химической технологіи: 1) карбонизаціи каменнаго угля, или *производства свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля*, производства, возникшаго въ началѣ XIX столѣтія по иниціативѣ француза Лебона и англичанина Мурдоха; 2) выдѣленію стеарина изъ твердыхъ жировъ, или возникновенію *стеаринового производства*, явившагося какъ слѣдствіе классическихъ работъ надъ жирами извѣстныхъ французскихъ химиковъ: Шевреля и Гей-Люссака, взявшихъ первую относящуюся къ стеариновому производству привиллегію; 3) полученіе въ 40-хъ годахъ англичаниномъ Юнгомъ новаго освѣтительнаго матеріала *фотогена* перегонкою сланцевъ и американскимъ полковникомъ Дрэкомъ въ 60-хъ годахъ аналогичнаго же продукта изъ нефти, извѣстнаго подъ названіемъ *керосина;* 4) наконецъ, первой удачной попытки примѣнить *электрическій токъ* для освѣщенія, сдѣланной русскимъ Яблочковымъ; 5) возникшей только въ самые послѣдніе годы новой отрясли химической электротехнологіи производства *карбида кальція* и изъ него новаго въ высшей степени яркаго и интенсивнаго источника свѣта *ацетилена*, всего такимъ образомъ черезъ 100 лѣтъ, т.-е. черезъ сравнительно небольшой промежутокъ времени, техника освѣщенія по сравненію съ прошлымъ сдѣлала очень крупный шагъ впередъ.

Простѣйшая керосиновая лампа, которая мало-по-малу проникаетъ даже въ самые бѣдные дома, несомнѣнно, представляетъ болѣе яркій,

болѣе гигіеничный и болѣе дешевый источникъ свѣта по сравненію съ сальной свѣчей, освѣщавшей дома только состоятельныхъ людей XVIII в.

Кромѣ каменноугольнаго, цѣлый рядъ другихъ технически важныхъ газовъ является теперь основнымъ матеріаломъ современной освѣтительной техники: нефтяной, водяной (приготовляемый пропускашіемъ водяного пара черезъ раскаленный коксъ), воздушный свѣтильный газъ, представляющій воздухъ, насыщенный парами летучихъ углеводородовъ, а также упомянутый выше ацетиленъ на ряду съ керосиномъ, фотогеномъ, восковыми, сальными, стеариновыми и параффиновыми свѣчами и различными пріемами электрическаго освѣщенія являются въ настоящее время конкурирующими между собою источниками свѣтовой энергіи.

Изъ всѣхъ указанныхъ источниковъ свѣта наибольшимъ распространеніемъ пользуется каменноугольный газъ, производство котораго, несмотря на указанную выше конкуренцію, ежегодно очень значительно возрастаетъ.

Примѣромъ этого указаннаго быстраго роста каменноугольно-газоваго производства можетъ служить расходъ газа въ Глазго. 20 лѣтъ тому назадъ этотъ расходъ былъ уже очень значителенъ и достигалъ почти 2.000.000.000 куб. футовъ; въ настоящее же время онъ почти утроился и доходитъ уже до 6 милліардовъ куб. футъ. Такое быстрое развитіе производства обусловливается, однако, не исключительно расходомъ газа какъ освѣтительнаго матеріала, но также и очень значительнымъ потребленіемъ его для отопленія жилыхъ помѣщеній и какъ источника механической силы при сжиганіи его въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ, „газомоторахъ“.

Небезъинтересно, что тогда какъ въ Европѣ, даже въ наиболѣе культурныхъ странахъ, газовое производство пріурочивается преимущественно къ большимъ городамъ и промышленнымъ центрамъ, въ Америкѣ это производство настолько демократизировалось, свѣтильный газъ, какъ источникъ силы, свѣта и тепла, настолько вошелъ въ потребленіе, сталъ предметомъ первой необходимости, что тамъ существуетъ очень значительное количество маленькихъ городовъ, съ числомъ жителей не болѣе 10.000 человѣкъ, имѣющихъ свои самостоятельные газовые заводы (460 изъ общаго числа 877 газовыхъ заводовъ, существующихъ въ Соед. Штат. или 52,5%).

Очень крупный шагъ впередъ въ техникѣ газоваго освѣщенія сдѣланъ всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ (не болѣе 12) введеніемъ въ большую житейскую практику такъ называемыхъ Ауеровскихъ горѣлокъ (называемыхъ такъ по имени изобрѣтателя ихъ, Ауера фонъ-Вельсбаха), горѣлокъ, главную работающую часть которыхъ составляетъ накаливаю-

щійся чулочекъ, сдѣланный изъ окисловъ рѣдкихъ металловъ, главнымъ образомъ торія и церія. Это изобрѣтеніе имѣетъ очень большое значеніе какъ съ технической и экономической, такъ и съ санитарной точки зрѣнія. Съ введеніемъ Ауеровскихъ горѣлокъ сила свѣта газа возрасла въ огромной пропорціи. 1 куб. футъ водянаго газа (для каменноугольнаго разница еще больше) въ обыкновенной горѣлкѣ развиваетъ силу свѣта всего въ пять нормальныхъ парафиновыхъ свѣчей, а въ Ауеровской въ зависимости отъ давленія и конструкціи горѣлки отъ 20 до 25 свѣчей. Очевидно, что если для полученія одной и той же силы свѣта расходуется *въ пять разъ меньше* газа, то этотъ новый способъ освѣщенія не только *въ пять разъ экономичнѣе*, но также и *въ пять разъ гигіеничнѣе*, такъ какъ при горѣніи выдѣляется въ пять разъ меньше теплоты, въ пять разъ меньше углекислоты, и горящій источникъ свѣта отнимаетъ отъ воздуха въ пять разъ меньше кислорода, т.-е. съ санитарной точки зрѣнія условія горѣнія существенно улучшаются. Вмѣстѣ съ тѣмъ введеніе этого новаго пріема освѣщенія самымъ существеннымъ образомъ измѣнило пріемы газофикаціи, а также и оцѣнки достоинства свѣтильнаго газа, такъ какъ уже не бо́льшее или меньшее содержаніе тяжелыхъ углеводовъ, такъ называемыхъ *свѣтообразователей* (этилена, этана, бензола и др.), а теплотворная способность газа и большая или меньшая температура его пламени или пирометрическій эффектъ горѣнія являются рѣшающими факторами при оцѣнкѣ его достоинства.

Весьма интереснымъ и чрезвычайно страннымъ представляется тотъ фактъ, что наибольшее количество свѣта выдѣляется колпачками, состоящими изъ 99% окиси торіи и 1% окиси церія. Увеличивая или уменьшая процентное содержаніе церія, получаютъ силу свѣта въ очень значительной степени пониженную.

Введеніе такихъ рѣдкихъ металловъ, какъ торій и церій, въ обыденную жизнь представляетъ тоже характерный примѣръ успѣховъ прикладной химіи. Всего 25—30 лѣтъ тому назадъ церій и торій на ряду съ другими металлами этой группы: лантаномъ, дидимомъ и др., были настолько рѣдкими веществами, что далеко не всѣ химики имѣли случай держать ихъ въ рукахъ. Но явилось требованіе, и большіе запасы торіи были найдены въ монацитовыхъ пескахъ Сѣверной Каролины, а церія въ приморскихъ пескахъ Бразиліи.

На едѣлаяныхъ успѣхахъ техника освѣщенія, однако, не останавливается, и непрерывно идетъ дальнѣйшая работа, направленная въ улучшенію и удешевленію различныхъ источниковъ свѣта, при чемъ главное вниманіе на ряду съ даваемой силой свѣта обращается также и на гигіеническую сторону дѣла, т.-е. уменьшеніе или устраненіе продуктовъ

сгоранія газа: углекислоты и паровъ воды, а также выдѣляемой при горѣніи теплоты.

Значеніе газовыхъ заводовъ за границей непрерывно возрастаетъ, и они все болѣе и болѣе начинаютъ играть роль центральныхъ распредѣлительныхъ станцій свѣтовой, тепловой и механической энергіи.

Примѣромъ задачъ химической технологіи другого порядка, гораздо болѣе крупныхъ, затрогивающихъ насущные интересы человѣчества, но зато и гораздо болѣе отдаленныхъ, являются задачи техническаго использованіи атмосферы, которыя ставятся на очередь какъ химиками теоретиками (Рамзай, Круксъ, Вертело), такъ и многими химиками практиками и техниками, что выражается всего рельефнѣе въ большомъ числѣ выданныхъ на этотъ предметъ привиллегій, главнымъ образомъ въ Америкѣ и Англіи. Извѣстно, что воздухъ въ главной массѣ состоитъ изъ 78% по объему азота, 1% аргона и 21% кислорода. Въ помѣщеніи емкостью 25 куб. метровъ содержится около 130 кило воздуха, или около 8 пудовъ. Вѣсъ же всей атмосферы, окружающей земной шаръ (воздухъ, какъ извѣстно, при постепенномъ разрѣженіи распредѣляется на десятки верстъ вверхъ, по даннымъ Экгольма на 70 километровъ), по подсчетамъ Дюма и Буссенго, отвѣчаетъ 581.000 мѣднымъ кубамъ, сторона квадрата которыхъ равна 1 километру.

Если принять во вниманіе, что милліардъ людей въ теченіи столѣтія, по вычисленію тѣхъ же химиковъ, истратитъ количество кислорода, эквивалентное всего 15—16 кубамъ указаннаго размѣра, то станетъ очевидно, какъ значителенъ вѣсъ газовой оболочки земли. По даннымъ географа и астронома Франкёра, этотъ же вѣсъ въ тоннахъ (по 1.000 кило каждая) выражается цифрою 523.260.000.000.000, хотя по сравненію съ вѣсомъ всей земли представляется все же совершенно ничтожнымъ, такъ какъ составляетъ всего только 0.000000856 долей вѣса земли.

Очень значительнымъ тормозомъ развитія раціональной агрономіи является дороговизна азотистыхъ удобреній, существенно необходимыхъ для успѣшнаго произрастанія злаковъ. Въ настоящее время источниками азотистыхъ удобреній служатъ или чилійская селитра, естественные запасы которой уже близки къ истощенію, или сѣрно-кислый амміакъ, получающійся какъ побочный продуктъ при фабрикаціи свѣтильнаго газа на газовыхъ заводахъ и металлургическаго кокса изъ каменнаго угля въ усовершенствованныхъ коксовальныхъ печахъ. Необходимость азотистаго удобренія при культурѣ хлѣбовъ доказана многочисленными наблюденіями и каждые 22 фунта селитры, брошенные въ землю, увеличиваютъ урожайность на 1,5—2 пуда зерна съ акра при всѣхъ другихъ равныхъ условіяхъ.

Попытокъ фиксировать азотъ воздуха, соединить его съ водородомъ въ амміакъ, съ углемъ въ ціанъ и съ кислородомъ въ азотную кислоту было сдѣлано множество, и, если эта задача въ настоящее время и не разрѣшена, то невозможно сомнѣваться, что она рано или поздно будетъ разрѣшена въ положительную сторону. Именно въ послѣднемъ направленіи, сжиганіи воздуха въ азотную кислоту при посредствѣ электрическаго тока, работы уже настолько приблизились къ цѣли, что можно считать установленнымъ, что часовая работа электрической лошади даетъ 29,4 грамма окисловъ азота, что эквивалентно 74 граммамъ селитры. Если готовить селитру такимъ путемъ, пользуясь электрической энергіей, добываемой при посредствѣ пара, то селитра будетъ все еще очень дорога, больше трехъ рублей за пудъ. Если же пользоваться дешевой электрической силой, напримѣръ, силою паденіи воды въ водопадахъ, трансформируемой турбинами въ электрическую энергію, то дѣло уже и теперь представляется въ болѣе благопріятномъ свѣтѣ и можно готовить селитру по цѣнѣ, не превышающей 80 к. за пудъ, т.-е. по цѣнѣ только немного выше той, какую она имѣетъ въ настоящее время.

Какъ сообщаетъ въ одномъ изъ послѣднихъ номеровъ за 1902 г. Electrician, дѣло это даже вышло уже изъ области попытокъ, такъ какъ процессъ Брэдлэй и Ловджой полученія азотной кислоты изъ воздуха практикуется уже на Ніагарѣ въ большихъ размѣрахъ. Употребляемый токъ въ 10.000 вольтъ распредѣляется на 138 контактовъ, дающихъ каждый 3.000 разрядовъ, или всего 414.000 въ минуту. Такимъ образомъ, подобно электролизаторамъ, и здѣсь машина представляетъ сочетаніе ряда небольшихъ пріемниковъ, внутри которыхъ течетъ воздухъ со скоростью 5 куб. футъ въ часъ, и гдѣ располагаются работающіе контакты. Выходящій воздухъ содержитъ $2^1/_2$% окисловъ азота, которые проходя черезъ конденсаціонную башню, превращаются въ смѣсь азотной и азотистой кислоты. Послѣдняя затѣмъ окисляется въ азотную. Въ статьѣ указывается, что азотная кислота, приготовляемая токомъ, химически чиста, и стоимость ея приготовленія по этому способу ниже, чѣмъ по старому, изъ селитры.

Примѣрами другихъ задачъ химической технологіи, гораздо менѣе значительныхъ, но зато несомнѣнно гораздо болѣе близкихъ намъ, временнымъ или постояннымъ обитателямъ крупныхъ промышленныхъ центровъ, представляются вопросы о раціональной утилизаціи отбросовъ.

Общеизвѣстно, что остающіеся въ различныхъ производствахъ и крупныхъ человѣческихъ общежитіяхъ отбросы, скопляясь нерѣдко въ огромныхъ количествахъ, заражаютъ воздухъ, воду и почву, обуеловливаютъ возникновеніе различныхъ инфекціонныхъ заболѣваній и тѣмъ самымъ,

конечно, весьма существеннымъ и положительнымъ образомъ нарушаютъ коренные интересы обывателей.

Пока такіе отбросы представляютъ res nullius, вещество безъ цѣны, не имѣющее опредѣленнаго примѣненія, какъ показываетъ житейская практика, какія бы узаконенія ни писались и какія бы правила ни предписывались, тѣмъ не менѣе они не удаляются и не обезвреживаются, часто въ виду значительности вызываемыхъ этими требованіями расходовъ; такимъ образомъ общественные санитарные интересы или остаются не удовлетворенными, или же удовлетворяются только закрытіемъ самыхъ промышленныхъ заведеній, что, конечно, не представляетъ удачнаго рѣшенія вопроса и нарушаетъ интересы лицъ, занятыхъ работою въ данной отрасли промышленности.

Но вопросъ совершенно мѣняется, какъ только такой отбросъ является возможность переработывать въ ту или другую цѣнность и изъ вещества безполезнаго или даже вреднаго въ общественномъ отношеніи приготовлять вещество цѣнное. Такъ было, напримѣръ, съ шлаками въ доменномъ и сталелитейномъ производствахъ, имѣющими въ настоящее время значительную цѣнность, колчеданными огарками заводовъ сѣрной кислоты, отбросами крахмальныхъ заводовъ, опилками съ лѣсопильныхъ заводовъ, смолой, подсмольной водой и отработавшей очистительной массой газовыхъ заводовъ, городскомъ мусорѣ, который, скопляясь въ массахъ на дворахъ, несомнѣнно, обусловливаетъ зараженіе почвы и за границей въ настоящее время сжигается въ спеціальныхъ печахъ, при чемъ получающаяся, какъ результатъ сгоранія мусора, теплота трансформируется въ электрическую энергію, примѣняемую для освѣщенія улицъ, и такъ будетъ, конечно, и съ другими отбросами, въ настоящее время еще не имѣющими техническаго примѣненія.

Спеціально въ Россіи крупной задачей такого рода является вопросъ объ утилизаціи щелочныхъ и кислотныхъ отбросовъ, получающихся при очисткѣ керосина, и смазочныхъ маслъ въ количествѣ около 1.000.000 пудовъ, а также утилизація отбросовъ шерстомойнаго производства. Обѣ эти задачи съ технической точки зрѣнія еще не рѣшены; а между тѣмъ спускъ этихъ отбросовъ въ общественные водоемы вызываетъ какъ за границей, такъ и у насъ частыя и справедливыя нареканія. И тѣ, и другіе отбросы представляются вредными въ особенности потому, что и минеральный (нефть), и органическій жиръ (шерстяное сало), распредѣляющіеся по поверхности воды тонкимъ слоемъ, въ очень значительной степени замедляютъ естественную очистку ея и препятствуютъ газовому обмѣну между водой и воздухомъ. Такимъ образомъ одной изъ непосредственныхъ, часто встрѣчающихся на пути практической технической

дѣятельности задачъ химической технологіи являются задачи превращенія различныхъ веществъ, не имѣющихъ цѣны, а часто вмѣстѣ съ тѣмъ и вредныхъ, въ вещества безвредныя, цѣнныя и пригодныя для тѣхъ или другихъ цѣлей. Съ точки зрѣнія химика нѣтъ и не можетъ быть грязныхъ, негодныхъ и абсолютно вредныхъ веществъ; въ составъ всѣхъ веществъ входятъ тѣ же самые элементы, число которыхъ, какъ извѣстно, довольно ограничено, и азотъ атмосферы, находящійся въ буквальномъ смыслѣ этого слова, въ заоблачныхъ сферахъ, на недоступной высотѣ, на границѣ мірового эеира, азотъ входящій въ составъ лепестка розы, азотъ нашатыря и азотъ мочи совершенно тождественны, и взаимный метаморфозъ ихъ только вопросъ болѣе или менѣе отдаленнаго будущаго. Нѣтъ сомнѣнія, что и теперь уже кое-что сдѣлано для утилизаціи вышеуказанныхъ отбросовъ, по крайней мѣрѣ для утилизаціи отбросовъ, получающихся при очисткѣ керосина щелочью. Наиболѣе важной примѣсью неочищеннаго керосина, примѣсью, которая, на ряду съ феноламн, обусловливаетъ его малую стойкость при храненіи, являются такъ называемыя „нефтяныя“ или „нафтеновыя“ кислоты, которыя и выдѣляются изъ керосина при очисткѣ его щелочью. На нѣкоторыхъ заводахъ эти отбросы, еще не такъ давно цѣликомъ выпускавшіеся въ Баку въ море, а во внутренней Россіи въ рѣки, въ настоящее время собираются и утилизируются или для приготовленія нефтяного мыла, или ализариноваго масла, или дешевой зеленой масляной краски взамѣнъ яри-мѣдянки, или алюминіевой соли для производства брезентовъ, или, наконецъ, какъ антисептикъ, для пропитки шпалъ и т. и.

Побочными продуктами, или „отбросами“, въ различныхъ производствахъ могутъ быть однако не только тѣ или другіе матеріалы, но также и различные виды трансформированной энергіи. Тогда какъ на первые отбросы, „матеріальные“, теперь обращается все большее и большее вниманіе, отбросы энергіи до сихъ поръ не утилизируются, и въ этомъ направленіи лежитъ еще широкое, совершенно неразработанное поле дѣятельности. Примѣрами ихъ можетъ служить: работа машинъ, трансформирующихся въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ теплоту и электричество, неизбѣжное выдѣленіе тепла, свѣта и электричества при многихъ реакціяхъ и т. п.

Таковы въ общихъ чертахъ тѣ задачи, которыя ставитъ себѣ химическая технологія, какъ отдѣльная отрасль знанія.

Уже изъ вышеизложеннаго становится очевиднымъ то большое значеніе, которое имѣетъ прикладная химія въ общественной жизни. Оно станетъ еще болѣе очевиднымъ, если принять во вниманіе, что весь видимый міръ есть не что иное, какъ цѣлый рядъ непрерывно протекаю-

щихъ сложныхъ и разнообразныхъ химическихъ процессовъ и всего лучше выясняется слѣдующими, можетъ быть, немного слишкомъ патетическими, но все же въ основѣ своей вѣрными словами проф. Перкина, приведенными имъ въ годовомъ засѣданіи англійскаго общества химической промышленности.

„Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что страна, въ которой находятся наилучшіе химики и въ которой наиболѣе широко распространено химическое образованіе, будетъ въ концѣ-концовъ и наиболѣе цвѣтущей и наиболѣе могущественной страной. Она будетъ имѣть наиболѣе дешевыя и лучшіи пищевыя средства, наилучшія мануфактурныя издѣліи, наименьшее количество безполезныхъ цѣнностей, наиболѣе сильно дѣйствующія взрывчатыя вещества и наиболѣе сильное и прочное оружіе. Жители этой страны будутъ всего раціональнѣе пользоваться естественными богатствами страны, будутъ наиболѣе здоровы, такъ какъ вопросы гигіены и санитарной техники въ большинствѣ случаевъ только вопросы прикладной химіи, наиболѣе культурны, богаты, домовиты и потому независимы отъ другихъ. Въ настоящее время соперничество между отдѣльными народами сводится къ соперничеству въ наукѣ вообще и химіи въ частности“.

На ряду съ предметомъ и задачами химической технологіи не меньшаго, конечно, вниманія заслуживаютъ и тѣ различные виды энергіи или „основныя работающія причины“, которыми пользуется химическая технологія для достиженія указанныхъ задачъ и подъ вліяніемъ которыхъ и происходитъ химическій метаморфозъ веществъ. Силы эти, которыми пользуются въ тѣхъ или другихъ отрасляхъ химической дѣятельности, суть: теплота, свѣтъ, электричество, магнетизмъ, жизнедѣятельность, а также и естественныя силы природы или различныя формы природной кинетической энергіи, напримѣръ, теченіе воды, вѣтеръ, приливъ и отливъ и т. п., пользованіе которыми, однако, находится еще въ младенческомъ состояніи.

Различные виды энергіи или основныя работающія причины.

Свѣтъ.

Что свѣтъ оказывается очень дѣятельнымъ и энергичнымъ химическимъ, дѣятелемъ, въ настоящее время извѣстно каждому. Но не далѣе однако, конца прошлаго столѣтія эти свѣдѣнія о воздѣйствіи свѣта были еще очень скудны и явленія какъ фотолиза (разложенія веществъ подъ вліяніемъ свѣта), такъ и фотосинтеза (соединеніе веществъ подъ вліяніемъ свѣта) были очень еще мало изучены.

Отрывочныя наблюденія надъ химическимъ воздѣйствіемъ свѣта производились, впрочемъ, уже издавна. Еще Аристотель указывалъ, что растенія въ темнотѣ остаются бѣлыми и только на свѣту пріобрѣтають зеленую окраску. Ветрувіемъ было замѣчено, что красная киноварь на солнцѣ дѣлается черной.

Теперь извѣстно множество реакцій, болѣе или менѣе энергично протекающихъ подъ вліяніемъ свѣта, и свѣтъ на ряду съ теплотой и электричествомъ получилъ примѣненіе также и въ техникѣ.

Примѣрами фотолитическихъ реакцій могутъ служить:

Разложеніе сѣрнистой кислоты подъ вліяніемъ свѣта на сѣру и сѣрный ангидридъ.

Разложеніе основной азотяо-желѣзной соли отъ окиси, при чемъ выпадаетъ въ осадокъ окись желѣза, а въ растворѣ остается средняя азотно-желѣзная соль.

Разложеніе щавелево-желѣзной соли отъ окиси на углекислоту и щавелево-желѣзную соль отъ закиси. Эта реакція протекаетъ настолько энергично и постоянно, что примѣняется для такъ называемой „актинометріи“, или опредѣленія интенсивности свѣта. Одинъ изъ наиболѣе употребительныхъ теперь актиинометровъ, приборъ Марпана, даетъ возможность, пользуясь этою реакціею, совершенно точно опредѣлять количество свѣтовой энергіи въ каждую отдѣльную единицу времени

по количеству выдѣлившейся изъ раствора, подъ вліяніемъ инсоляціи, углекислоты.

Въ актинометрѣ Маршана (рис. 1) главную работающую часть представляетъ металлическій сосудъ съ растворомъ указанной соли, сосудъ, въ которомъ съ одной стороны сдѣланъ вырѣзъ, закрытый стекломъ, площадью въ 4 кв. сантиметра. Выдѣляющаяся подъ вліяніемъ свѣта углекислота по каучуковой трубкѣ направляется въ пріемную бюретку, наполненную глицериномъ. Въ іюлѣ въ Мюльгаузенѣ, въ часъ и съ одного кв. сантиметра поверхности выдѣляется какъ максимумъ 2,52 к. с., какъ минимумъ 0,07 к. с. и въ среднемъ 0,91 к. с. углекислоты.

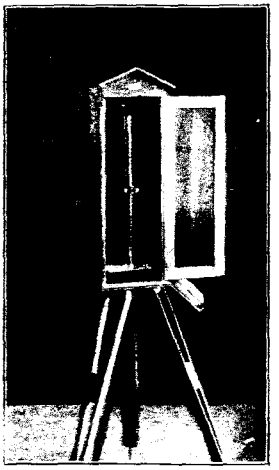

Рис. 1.

Явленія спеціально фотосинтеза настолько же многочисленны, какъ и явленія фотолиза, и если многія изъ нихъ еще не достаточно изучены, то, конечно, въ значительной степени это обусловливается тѣмъ, что лабораторныя работы въ большинствѣ случаевъ ведутся при солнечномъ свѣтѣ, и, слѣдовательно, весьма возможно, что многія чисто свѣтовыя, фотосинтетическія реакціи принимаются въ настоящее время за реакціи, обусловленныя воздѣйствіемъ другихъ силъ природы.

Однимъ изъ наиболѣе характерныхъ примѣровъ фотосинтеза является сочетаніе хлора съ водородомъ въ соляную кислоту; эта реакція въ виду ея чувствительности также примѣняется въ актинометріи. Рядъ произведенныхъ такимъ путемъ измѣреній показалъ, что съ приближеніемъ къ экватору химическая сила свѣта сильно увеличивается. Если количество соляной кислоты, образующейся при дѣйствіи свѣта въ Петербургѣ во время равноденствія, выразить цифрой 2806, то въ Гейдельбергѣ это количество выразится цифрой 4136, а въ Каиро даже 6437.

Въ высшей степени поучительный примѣръ фотолиза, а единовременно и фотосинтеза, только благодаря которому и существуетъ весь растительный и животный міръ, представляетъ разложеніе углекислоты зелеными частями растеній или заключеннымъ въ нихъ хлорофилломъ съ образованіемъ крахмала. Можно по справедливости сказать, что на этой реакціи держится весь міръ, такъ какъ до сихъ поръ по крайней мѣрѣ нигдѣ въ природѣ не образуются запасы пищевыхъ веществъ непосред-

ственно изъ минеральныхъ веществъ (если считать углекислоту за минеральное соединеніе), за исключеніемъ только растеній.

Эта реакція была изучена еще въ 1779 году голландскимъ естествоиспытателемъ Ингенгузомъ.

Хлорофилломъ называется зеленый пигментъ, обусловливающій зеленый цвѣтъ листьевъ. Подъ микроскопомъ онъ представляется въ видѣ шарообразныхъ или овальныхъ тѣлецъ, которыя вкраплены въ безцвѣтную массу листа. Величина ихъ настолько незначительна, что листъ средней величины содержитъ ихъ цѣлые милліоны. Хлорофиллъ вырабатывается самимъ растеніемъ, что всего нагляднѣе подтверждается тѣмъ, что молодые листья не имѣютъ ярко-зеленаго оттѣнка, свойственнаго уже развившимся листьямъ. Подобно организованнымъ клѣткамъ, хлорофиллъ увеличивается въ числѣ дѣленіемъ.

Именно въ этихъ хлорофильныхъ клѣткахъ происходитъ разложеніе углекислоты воздуха подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта. Углеродъ углекислоты соединяется съ водородомъ и кислородомъ воды, образуя углеводъ, *крахмалъ*, очень часто замѣчаемый подъ микроскопомъ въ видѣ отдѣльныхъ ядрышекъ въ самой толщѣ хлофильнаго тѣльца.

$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2$$

Какъ видно, при этой реакціи всегда выдѣляется кислородъ; этотъ поучительный экспериментъ легко можетъ быть провѣренъ каждымъ, пользуясь нижеизображеннымъ простымъ ириспособленіемъ (рис. 2). Для теченія этой реакціи существенно важно, чтобы температура держалась въ предѣлахъ 25°—35°; при 0° хотя она и идетъ, но такъ слабо, что едва замѣтно. Факторомъ, сбусловливающимъ это разложеніе, является свѣтъ; въ темнотѣ оно не происходитъ. Выраженіе это, однако, не совсѣмъ точно; свѣтъ нуженъ собственно для образованія хлорофилла, безъ котораго, насколько нынѣ извѣстно, немыслимо и разложеніе. Изслѣдованія Тимирязева, Сакса и Пфеффера показали, что наибольшее значеніе для этого ассимилизаціоннаго процесса играютъ желто-красные лучи спектра, тогда какъ синевато-фіолетовые оказываются въ сущности очень мало дѣятельными.

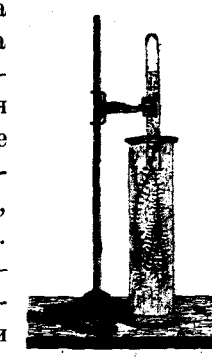

Рис. 2.

Хотя каждое въ отдѣльности ядрышко хлорофилла и ничтожно, но такъ какъ въ одномъ листѣ ихъ милліоны, то синтетическая дѣятельность ихъ въ суммѣ очень значительна.

Саксъ показалъ, что 1 кв. метръ поверхности листьевъ въ 15-ти-

часовой лѣтній день вырабатываетъ 25—30 граммъ крахмала; такимъ образомъ каждое растеніе, листья котораго имѣютъ поверхность равную 1 кв. метру, можетъ выработать за лѣто 2 съ половиной килограмма крахмала, принимая при этомъ во вниманіе, что на поддержаніе жизнедѣятельности растенія тратится почти такое же количество образовавшагося крахмала, какое и отлагается растеніемъ въ запасъ въ клубняхъ, стволахъ, корняхъ, сѣменахъ и т. п.

Такимъ образомъ жатва, снимаемая ежегодно во всемъ мірѣ съ полей и выражающаяся тысячами милліоновъ тоннъ, вся обусловливается исключительно правильнымъ теченіемъ этой фотолитической реакціи, т.-е. взаимнымъ отношеніемъ свѣта, влаги и тепла, факторовъ, не подчиняющихся волѣ человѣка [1]).

Другое чисто уже техническое примѣненіе свѣта представляетъ фотографіи или свѣтопись. Возможность воспроизводить рисунокъ при посредствѣ свѣта и серебряныхъ солей была впервые указана въ 1802 г. Фомою Веджвудомъ, но фотографія, въ собственномъ смыслѣ этого слова, открыта значительно позднѣе Дагерромъ и Ніепсомъ.

Изслѣдованія Ніепса, послужившія къ открытію фотографіи, начаты имъ еще въ 1814 году. Вначалѣ Ніепсъ копировалъ при помощи камеры-обскуры (изобрѣтатель ея Баптистъ Порта въ 1588 г.) гравюры на мѣдной посеребреной пластинкѣ, покрытой растворомъ асфальта въ лавендуловомъ маслѣ. Эта пластинка помѣщалась въ камеру-обскуру на 4—8 часовъ, послѣ чего погружалась въ смѣсь лавендуловаго и фотогеноваго масла; растворимость асфальта подъ вліяніемъ свѣта сильно измѣняется и поэтому асфальтъ переходить въ растворъ только съ тѣхъ мѣстъ пластинки, которыя не подвергались дѣйствію свѣта. Послѣ тщательной обработки растворителями пластинка подвергалась дѣйствію кислоты, при чемъ эта послѣдняя разъѣдала ее на всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ не было слоя асфальта, и такимъ образомъ получалось мѣдное клише, пригодное для печати. Съ 1829 г. Ніепсъ начинаетъ работать

---

[1]) Въ послѣднее время ученію о хлорофиллѣ съ одной стороны, и высказывавшемуся положенію, что возстановленіе углекислоты въ углеводы въ лабораторіи невозможно, нанесены существенные дефекты опытами Бергерштейна и многими химическими работами. Опыты Бергерштейна показали, что молодыя голосѣмянныя растенія зеленѣютъ и при отсутствіи всякаго свѣта; хлорофиллъ также развивается во всѣхъ частяхъ растеній у очень многихъ видовъ низшконосныхъ и кипарисовъ. Съ другой стороны, работа Вальтера по вопросу о электролизѣ углекислоты въ водномъ растворѣ, заставляетъ думать, что возстановленіе углекислоты съ образованіемъ сложныхъ органическихъ веществъ можетъ идти и подъ вліяніемъ чисто химическихъ силъ.

совмѣстно съ Дагерромъ, по имени котораго фотографія на металлическихъ пластинкахъ и носитъ названіе „дагерротипіи“.

Много усилій, труда и изобрѣтательности положили Ніепсъ и Дагерръ на усовершенствованіе найденнаго ими способа, но одному изъ нихъ, именно Ніепсу, не суждено было видѣть окончательное торжество его идеи, такъ какъ онъ умеръ въ 1833 г. и Дагерръ продолжалъ работать одинъ. Въ теченіе двухъ лѣтъ онъ почти безвыходно оставался въ своей лабораторіи, вдали отъ всѣхъ, пока не добился положительныхъ результатовъ.

Тогда онъ обратилъ вниманіе трехъ членовъ французской академіи на сдѣланную имъ работу, а именно Гумбольдта, Біо и Араго. По настоянію Араго и Гэй-Люссака сдѣланное открытіе было пріобрѣтено французскимъ правительствомъ за опредѣленную пожизненную ренту въ пользу Дагерра и сына Ніепса и опубликовано имъ во всеобщее свѣдѣніе.

Въ этихъ послѣднихъ опытахъ для полученія изображенія Дагерръ примѣняетъ уже іодистое серебро, какъ проявитель пары ртути, а для фиксажа экспонированной пластинки сѣрноватистонатровую соль, т.-е. примѣняетъ тотъ пріемъ работы, который въ основныхъ чертахъ употребляется и теперь.

Увлеченіе этимъ новымъ искусствомъ среди публики были настолько велико (дагерротипіей), что въ цѣляхъ пріобрѣтенія необходимыхъ приборовъ и матеріаловъ начался почти полный разгромъ оптическихъ и аптекарскихъ магазиновъ.

Дальнѣйшимъ шагомъ впередъ, сдѣланнымъ уже въ 50 г., было введеніе такъ называемаго коллодіоннаго способа, который просуществовалъ почти 25 лѣтъ. Сущность этого способа состояла въ томъ, что стеклянная пластинка обливалась растворомъ іодистаго каліи въ коллодіумѣ и по высыханіи растворителей погружалась въ растворъ азотносеребряной соли, при чемъ въ самой толщѣ коллодіоннаго слоя пленки равномѣрно распредѣлялось образовавшееся іодистое серебро. Какъ проявитель, употреблялся растворъ пирогалловой кислоты.

Англійскій врачъ Кеннэтъ замѣнилъ коллодіонъ желатиной я это было началомъ эмульсіоннаго способа, теперь наиболѣе распространеннаго. Для приготовленія свѣточувствительнаго слоя на пластинкахъ растворъ желатины смѣшивается съ растворомъ бромистаго каліи и при тщательномъ помѣшиваніи къ этой смѣси растворовъ, понятно въ абсолютной темнотѣ или только при слабомъ красномъ свѣтѣ, прибавляется растворъ серебряной соли. Наблюденія Сеннзбье показываютъ, что галлоидныя соли въ фіолетовыхъ лучахъ спектра червѣютъ уже по прошествіи 15

секундъ, а въ красныхъ только послѣ 20 минутъ. При этомъ въ эмульсіи выдѣляется въ мелко раздробленномъ состояніи бромистое серебро. Чувствительность такимъ образомъ приготовленной эмульсіи можетъ быть въ очень значительной степени повышена продолжительнымъ нагрѣваніемъ ея. Броможелатинныя пластинки разъ въ 10—20 чувствительнѣе коллодіонныхъ и этимъ, конечно, и объясняется оказываемое имъ предпочтеніе.

Въ настоящее время свѣтопись примѣняется уже и въ типографскомъ дѣлѣ и обусловила чрезвычайное удешевленіе рисунковъ. Фототипія или фотогравюра основывается на воздѣйствіи свѣта на смѣсь желатины съ хромпикомъ, при чемъ въ этихъ условіяхъ желатина подъ вліяніемъ свѣта дѣлается нерастворимой. Металлическія пластинки покрываются указанною смѣсью и помѣщаются въ копировальныя рамки подъ стекло, на которомъ находится снимаемое изображеніе. При этомъ на металлической пластинкѣ получается обратное желтое изображеніе на коричневомъ грунтѣ. Этотъ грунтъ нерастворимъ, а желтыя мѣста рисунка, содержащія неизмѣненную дѣйствіемъ свѣта смѣсь, легко смываются. Послѣ тщательной промывки водой пластинки подвергаются разъѣдающему дѣйствію азотной кислоты, при чемъ кислота не дѣйствуетъ на защищенныя непроницаемымъ слоемъ мѣста пластинки. Слѣдовательно, получающаяся такимъ образомъ геліогравюра совершенно подобна той, съ которой началъ работать еще Ніепсъ, съ тою только разницею, что указанная смѣсь хромпика и желатины разъ въ 20—30 чувствительнѣе асфальтовой мастики.

Вообще говоря, фотографія пріобрѣла уже почти универсальный характеръ. Она необходима астроному, который, пользуясь ею, снимаетъ звѣздное небо и теченіе планетъ; помощью фотографіи автоматически въ техникѣ и метеорологіи записываются показанія термометровъ и барометровъ, ею пользуются въ широкихъ размѣрахъ для копированія чертежей, плановъ, рукописей и т. п.

Наконецъ, какъ извѣстно, найдена уже возможность воспроизводить цвѣтныя фотографіи, что конечно представляетъ колоссальный шагъ впередъ, а также и фотографировать при помощи Рентгеновскихъ лучей черезъ считавшіяся непроницаемыми перегородки.

Изъ чисто техническихъ примѣненій фотографіи слѣдуетъ также упомянуть о свѣтописи по фарфору и тканямъ.

Свѣтопись по фарфору или приготовленіе фотографической эмали въ основѣ своей имѣетъ много общаго съ приготовленіемъ клише для фототипій. По фарфору точно также наносится свѣточувствительная мастика изъ желатины и хромпика, но къ ней для послѣдующаго закрѣпленія

получающагося изображенія прибавляется еще порошокъ изъ легкоплавкой смѣси, который по обработкѣ и проявленіи изображенія и фиксируетъ его при прокаливаніи на фарфорѣ. Давно точно также дѣлаются попытки примѣнить свѣтопись и къ ситцепечатанію. На подобномъ же принципѣ, какъ и полученіе фотографическихъ изображеній по фарфору, Рольфсъ основалъ способъ гравированія рисунковъ на ситцепечатныхъ валахъ. Очень легко могутъ быть получены фотографическіе оттиски на тканяхъ при помощи азокрасокъ, которыя вообще представляются по отношенію къ свѣту мало прочными. Впрочемъ и получающійся при этомъ оттискъ тоже не представляется прочнымъ по отношенію къ свѣту и потому для полученія прочныхъ, по отношенію къ свѣту, мылу и щелочамъ, свѣтописныхъ оттисковъ по тканямъ примѣняются чаще ализариновые пигменты, работа съ которыми сравнительно уже болѣе сложна. Нерѣдко примѣняется такой пріемъ. Отбѣленная льняная или хлопчатобумажная ткань пропитывается смѣсью равныхъ частей раствора: 75 граммъ лимонноамміачно-желѣзной соли въ 200 к. с. воды и 75 граммъ желтой синильной соли тоже въ 200 к. с. воды и затѣмъ высушивается въ темнотѣ.

Подготовленная такимъ образомъ ткань помѣщается подъ негативъ, при чемъ мало-по-малу выступаетъ синій рисунокъ вслѣдствіе образованія подъ вліяніемъ свѣта берлинской лазури. Когда онъ будетъ достаточно отчетливъ, ткань промываютъ въ слабомъ растворѣ ѣдкаго натра, содержащемъ 2,5 к. с. крѣпкаго раствора удѣльнаго вѣса 1,35 въ 1.000 к. с. воды; вслѣдствіе разложенія берлинской лазури и осажденія въ порахъ волокна окиси желѣза синій узоръ рисунка при этомъ пропадаетъ. Послѣ этой обработки ткань тщательно промывается горячей водой и для закрѣпленія оставшейся въ порахъ волокна окиси желѣза пропускается черезъ нагрѣтый слабый растворъ фосфорнонатровой соли, содержащій 3 грамма соли въ 1.000 к. с. воды, послѣ чего вновь слѣдуетъ промывка, а затѣмъ уже и выкрашиваніе въ какомъ-нибудь ализариновомъ пигментѣ. Всего чаще употребляется ресорциновая зелень, и красильная ванна готовится раствореніемъ въ 1.000 к. с. воды 3—5 граммъ краски и 5 к. с. раствора клея. Послѣ выкрашиванія слѣдуютъ тщательная промывка и мыловка. Кромѣ указанной ресорциновой зелени, можно употреблять для пурпуровыхъ оттѣнковъ ализаринъ, для фіолетовыхъ галлоціанинъ и для коричневыхъ оттѣнковъ, „сепіа“, бурый ализаринъ. Приготовленное такимъ образомъ свѣтописное окрашиваніе отличается очень большою прочностью.

Извѣстно, что фотографированіе въ настоящее время производится также и при посредствѣ искусственнаго освѣщенія. Для этой цѣли при-

мѣняется или элекричесній свѣтъ, или свѣтъ магнія, или свѣтъ легко сгорающихъ различныхъ порошкообразныхъ смѣсей, въ составъ которыхъ тоже большею частью входитъ порошкообразный магній.

Наконецъ, фотографированіе, какъ извѣстно, производится при помощи такъ называемыхъ X или Рентгеновскихъ лучей, каковые, были обнаружены Рентгеномъ при пропусканіи тока отъ Румкорфовой спирали черезъ Круксовсція трубки, изъ которыхъ выкачанъ воздухъ. Интересную попытку техническаго примѣненія X—лучей представляетъ попытка готовить наборное клише для типографскаго печатанія, сдѣланное Изамберомъ. На пишущей машинѣ по бумагѣ печатается текстъ краской, въ составъ которой входятъ вещества, пропускающія X—лучи. Поверхъ написаннаго наносится на бумагу слой изъ состава не пропускающаго лучей не пристающаго къ тѣмъ мѣстамъ, гдѣ написанъ текстъ. Подготовленный такимъ образомъ экранъ является негативомъ и при экспозиція, которая длится всего 20—30 секундъ, получается на соотвѣтствующимъ образомъ подготовленной бумагѣ точная копія написаннаго. Введеніе подобнаго пріема работы въ большую типографскую практику въ значительной степени удешевило бы книгопечатаніе.

Съ дѣйствіемъ свѣта въ техникѣ приходится считаться во многихъ случаяхъ, въ особенности въ красильномъ и ситцепечатномъ дѣлѣ и въ технологіи жировъ. Было уже упомянуто, что группа наиболѣе въ настоящее время распространенныхъ азокрасокъ отличается сравнительно малою стойкостью по отношенію къ свѣту, а въ большей или меньшей степени подъ вліяніемъ свѣта измѣняются и всѣ остальныя краски. Съ этимъ обстоятельствомъ неизбѣжно приходится считаться въ красильной и ситцепечатной техникѣ.

Бѣлый свѣтъ по отношенію къ краскамъ наиболѣе дѣятеленъ, за нимъ по порядку слѣдуютъ: желтый, синій, оранжевый, фіолетовый и красный. Многочисленныя изслѣдованія (между прочимъ изслѣдованія Оглоблина) показали, что разрушающее дѣйствіе свѣтового луча существенно увеличивается въ присутствіи кислорода и влаги, и что природа волокна имѣетъ также очень большое вліяніе на прочность врасокъ, такъ какъ однѣ краски оказываются болѣе прочными на хлопчатобумажной ткани, чѣмъ на шелковой и шерстяной, и обратно. Кронѣ того, есть пигменты, которые съ одними протравами даютъ прочное окрашиваніе, а съ другими непрочное. Испытаніе разрушающаго дѣйствія свѣта на краски производится при помощи различнаго рода инсоляціонныхъ приборовъ. Въ томъ случаѣ, если изслѣдованіе ведется не при искусственномъ электрическомъ свѣтѣ (сила котораго легко можетъ быть учтена), а при посредствѣ солнечнаго свѣта, необходимо во время изслѣдованія

вліянія свѣта на краски производить актинометрическія опредѣленія, чтобы такимъ образомъ точно знать количество свѣтовой энергіи, дѣйствовавшее на изслѣдуемые образцы.

По этому вопросу о выцвѣтаніи красокъ подъ вліяніемъ свѣта чрезвычайно интересны и поучительны опыты Шерера и Брылинскаго, опубликованные года два тому назадъ въ Извѣстіяхъ Мюльгаузенскаго Промышленнаго Общества. Указанные авторы вопросъ о выцвѣтаніи красокъ свели на количественную почву. Предварительно рядомъ непосредственныхъ опытовъ они опредѣлили, что три типическихъ образца окрашенной кубовой ткани: bleu foncé, bleu moyen и bleu clair отвѣчаютъ содержанію индиго въ 1 кв. метрѣ 1,2 гр., 0,51 и 0,26 грамма. Затѣмъ параллельно съ изслѣдованіемъ вліянія на означенные образцы солнечнаго свѣта они производили и непосредственныя актинометрическія опредѣленія силы свѣта. Такимъ путемъ они убѣдились, что потеря индиго съ площади ткани въ 1 кв. метръ, равная 100 миллиграммамъ, эквивалентна 312—315 к. с. углекислоты, выдѣленной въ то же время въ актинометрѣ. А такъ какъ 1.000 к. с. выдѣленной въ актинометрѣ углекислоты эквивалентны 1.356 калори, то слѣдовательно, разрушительную по отношенію къ краскамъ свѣтовую энергію является возможнымъ выражать въ тепловыхъ единицахъ, и для каждаго даннаго случая при изслѣдованіи различныхъ красокъ это количество измѣняется въ очень широкихъ предѣлахъ.

Въ виду указаннаго отношенія свѣта къ пигментамъ не удивительно, что свѣтъ лежитъ въ основаніи нѣкоторыхъ производствъ, имѣющихъ цѣлью обецвѣчиваніе тѣхъ или другихъ веществъ, напримѣръ, воскобѣлильнаго производства, луговой отбѣлки льняныхъ издѣлій, бѣленіи жирныхъ маслъ и т. п. Какъ извѣстно, воскъ сырецъ большею частью окрашенъ въ желтый, бурый, а иногда въ почти черный и даже въ зеленый цвѣтъ. Такой желтый воскъ не годится для многихъ примѣненій и потому большею частью подвергается бѣленію, которое нерѣдко производится на самостоятельныхъ воскобѣлильныхъ заводахъ и почти исключительно инсоляціей. Воскъ съ этою цѣлью прежде всего разеучивается, т.-е. превращается въ стружки. Очень важно, чтобы восковая стружка была вся совершенно одинаковой толщины, и поэтому сученіе воска производится возможно тщательно. Съ опредѣленной высоты расплавленный желтый воскъ льется непрерывной струей на каменный валъ, вращающійся въ холодной водѣ, при чемъ воскъ, конечно, быстро застываетъ въ видѣ тонкой ленты. Влажная восковая стружка располагается затѣмъ тонкимъ слоемъ въ хорошо освѣщаемомъ и провѣтриваемомъ помѣщеніи, гдѣ совмѣстнымъ дѣйствіемъ свѣта, влаги и воздуха и про-

исходитъ отбѣливаніе воска. Обыкновенно отбѣливаніе длится около двухъ недѣль. Съ цѣлью ускорить этотъ процессъ къ расплавленному воску прибавляется иногда немного скипидара: благопріятное дѣйствіе этого послѣдняго основывается на томъ, что скипидаръ съ водой (а стружка все время бѣленія черезъ опредѣленные промежутки поливается водой) образуетъ перекись водорода, которая, конечно, и обусловливаетъ сравнительно быстрое уничтоженіе пигмента.

Обыкновенно воскъ при бѣленіи теряетъ отъ 2 до 5% и есть сорта восковъ, въ особенности тропическихъ, которые отбѣливаются очень трудно.

Этотъ же пріемъ бѣленія примѣняется также для отбѣлки нѣкоторыхъ жировъ и, конечно, лежитъ въ основѣ и лугового бѣленія тканей, которое прежде имѣло очень большое значеніе, и нерѣдко примѣняется и теперь.

Дѣйствіе свѣта на жиры заключается, однако, не только въ одномъ обезцвѣчиваніи ихъ. Несомнѣнно, что на нѣкоторые жиры свѣтъ дѣйствуетъ чисто химически и подобно тому, какъ подъ вліяніемъ теплоты нерѣдко происходитъ молекулярная перегруппировка входящихъ въ составъ того или другого вещества атомовъ, также и подъ вліяніемъ свѣта происходитъ подобный же глубокій метаморфозъ. Изъ многихъ извѣстныхъ уже фактовъ въ особенности интересно остановиться на двухъ.

Коровье масло, продуктъ, какъ извѣстно, весьма распространенный, состоитъ изъ смѣси многихъ глицеридовъ кислотъ какъ малаго (масляной, каприновой, каприловой и др.), такъ и высокаго частичнаго вѣса (олеиновой, пальмитиновой, стеариновой и др.); оно оказывается весьма чувствительнымъ по отношенію къ свѣту. Если лучшее сливочное масло, даже стерилизированное, помѣстить въ герметически закрытую банку, изъ которой выкачанъ воздухъ и оставить это масло на солнечномъ свѣту, то черезъ болѣе или менѣе продолжительный срокъ оно рѣзко измѣняется какъ по внѣшности, такъ и на вкусъ, т.-е. съ нимъ происходитъ то, что извѣстно въ общежитіи подъ именемъ „осаливанія“, такъ какъ оно пріобрѣтаетъ и вкусъ, и запахъ сала. Элементарный составъ такого масла, однако нисколько не измѣняется и въ немъ находятся все тѣ же и въ томъ же количествѣ химическіе элементы, какъ и до инсоляціи. Процессъ этотъ съ теоретической точки не выясненъ съ полною достовѣрностью, хотя и существуетъ рядъ попытокъ объяснить его.

Другой подобный же примѣръ химическаго воздѣйствія свѣта на жиры представляетъ такъ называемая „элаидиновая“ реакція. Эта реакція состоитъ въ томъ, что подъ вліяніемъ азотистой кислоты или окисловъ азота жидкая олеиновая кислота, входящая въ составъ многихъ жировъ и жирныхъ маслъ, переходитъ въ твердую изомерную съ олеиновой, эла-

идиновую кислоту. Если однако, любое масло, легко затвердѣвающее подъ вліяніемъ азотистой кислоты, предварительно подвергнуть инсоляціи, болѣе или менѣе продолжительному воздѣйствію свѣта, то такое масло подъ вліяніемъ азотистой кислоты уже болѣе не затвердѣваетъ, т.-е. входящая въ его составъ олеиновая кислота уже не превращается въ элаидиновую.

Заслуживаютъ полнаго вниманія пока еще находящіяся въ зачаточномъ состояніи попытки магазинировать солнечный свѣтъ, и нѣтъ ничего невѣроятнаго, что со временемъ и солнечная энергія, подобно электрической, будетъ собираться въ аккумуляторахъ и ее можно будетъ транспортировать на разстоянія. Въ основѣ этихъ попытокъ лежитъ свойство нѣкоторыхъ химическихъ веществъ подъ вліяніемъ свѣта при болѣе или менѣе продолжительной инсоляціи пріобрѣтать способность затѣмъ свѣтить въ темнотѣ. Такого рода фосфоресцирующихъ веществъ извѣстно множество, но систематическое изученіе этого вопроса еще только началось и болѣе или удачное рѣшеніе этого вопроса еще все въ будущемъ. Весьма замѣчательно, что способность фосфоресцировать въ очень значительной степени увеличивается отъ незначительной примѣси однихъ веществъ къ другимъ. Такъ, самъ по себѣ сѣрнистый стронцій обладаетъ хотя и не очень рѣзко выраженной, способностью послѣ болѣе или менѣе продолжительной инсоляціи свѣтиться въ темнотѣ; если же къ нему прибавить хотя бы только незначительное количество висмута въ видѣ какой-нибудь соли, то эта способность увеличивается въ очень значительной степени и инсолированная смѣсь даже по прошествіи двухъ лѣтъ обладаетъ этою способностью. Въ такой смѣси настолько рѣзко выражена способность свѣтить, что Мурель, открывшій это явленіе, называетъ ее стронціевымъ фосфоромъ. Для приготовленія его прокаливаютъ 100 гр. углестронціевой соли, 2 грамма основной азотновисмутовой соли, 2 гр. соды и 0,12 граммъ поваренной соли съ сѣрнымъ цвѣтомъ.

Другое же подобное вещество, получившее техническое примѣненіе, представляетъ такъ называемый глицеринъ-фосфоръ, приготовляемый тѣснымъ смѣшеніемъ сѣрнистаго кальція и глицерина. Это вещество примѣняется въ практикѣ для покрыванія циферблатовъ, электрическихъ коммутаторовъ, газовыхъ крановъ, шкаповъ для ключей и т. п.

Не только, однако, естественный солнечный свѣтъ, но также и искусственный является объектомъ технической дѣятельности и притомъ, пожалуй, даже въ большей мѣрѣ, чѣмъ естественный.

Трудно отрицать всю важность хорошаго искусственнаго освѣщенія при современныхъ условіяхъ существованія цивилизованнаго человѣчества. Достаточно по этому поводу напомнить, что въ дневникѣ, который

велъ Нансенъ въ теченіе непрерывной полярной ночи, онъ часто съ восторгомъ и благодарностью вспоминаетъ о томъ огромномъ значеніи и вліяніи на состояніе духа экипажа, которое имѣло хорошо устроенное электрическое освѣщеніе Фрама, дававшее возможность по произволу создавать подобіе дня.

Электрическій свѣтъ по своей природѣ дѣйствительно наиболѣе приближается къ дневному солнечному свѣту, и, какъ извѣстно, въ настоящее время электрическое освѣщеніе довольно часто устраивается въ парникахъ и оранжереяхъ, такъ какъ подъ вліяніемъ электрическаго свѣта происходитъ значительно энергичнѣе ростъ и питаніе растеній.

На ряду съ электрическимъ освѣщеніемъ, которое представляетъ несомнѣнныя преимущества, такъ какъ не ухудшаетъ качества воздуха того помѣщенія, въ которомъ горитъ, очень большое техническое значеніе имѣетъ и свѣтильный газъ, который, несмотря на конкуренцію многихъ другихъ источниковъ свѣта, получаетъ все болѣе и болѣе широкое распространеніе. О современномъ положеніи этого производства можно судить по слѣдующимъ цифровымъ даннымъ относительно числа газовыхъ заводовъ, расхода угля въ газовомъ производствѣ и количествѣ расходуемаго газа въ Англіи.

По даннымъ, опубликованнымъ за 1900 годъ, въ Англіи было всего 693 крупныхъ газовыхъ завода; изъ нихъ 240 принадлежали муниципалитетамъ, а 453 частнымъ газовымъ компаніямъ. Угля на всѣхъ газовыхъ заводахъ было переработано 13.906.000 тоннъ, или 876.078.000 пудовъ, т.-е. количество въ полтора раза большее всей добычи каменнаго угля въ Европейской и Азіатской Россіи и было получено и израсходовано въ теченіе года 152.007.811.000 к. ф. газа. Въ одномъ только Гласго расходъ газа въ годъ составляетъ около 6 милліардовъ или почти въ 120 разъ больше расхода въ Харьковѣ, гдѣ этотъ расходъ немногимъ болѣе 50 милліоновъ куб. футовъ. Въ среднемъ годовой расходъ газа на одного человѣка въ Англіи (принимая во вниманіе конечно, что много газа расходуется также и для отопленія и для приведенія въ движеніе газомоторовъ) составляетъ 125 куб. метровъ или 4.400 к. ф.

Изъ другихъ источниковъ искусственнаго свѣта наиболѣе важнымъ, не подлежитъ сомнѣнію, является керосинъ, центрами производства котораго являются Россія и Америка. По количеству добываемой нефти Россія въ настоящее время занимаетъ первое мѣсто, такъ какъ въ ней добывается около 800 милліоновъ пудовъ въ годъ; ежегодно много нефти выбрасывается изъ буровыхъ фонтанами, какъ это изображено на рис. 3. По количеству же добываемаго керосина первое мѣсто все еще занимаетъ Америка. Это обстоятельство находится въ непосред-

ственной зависимости отъ состава русской и американской нефти. Тогда какъ американская нефть въ главной массѣ состоитъ изъ насыщен-

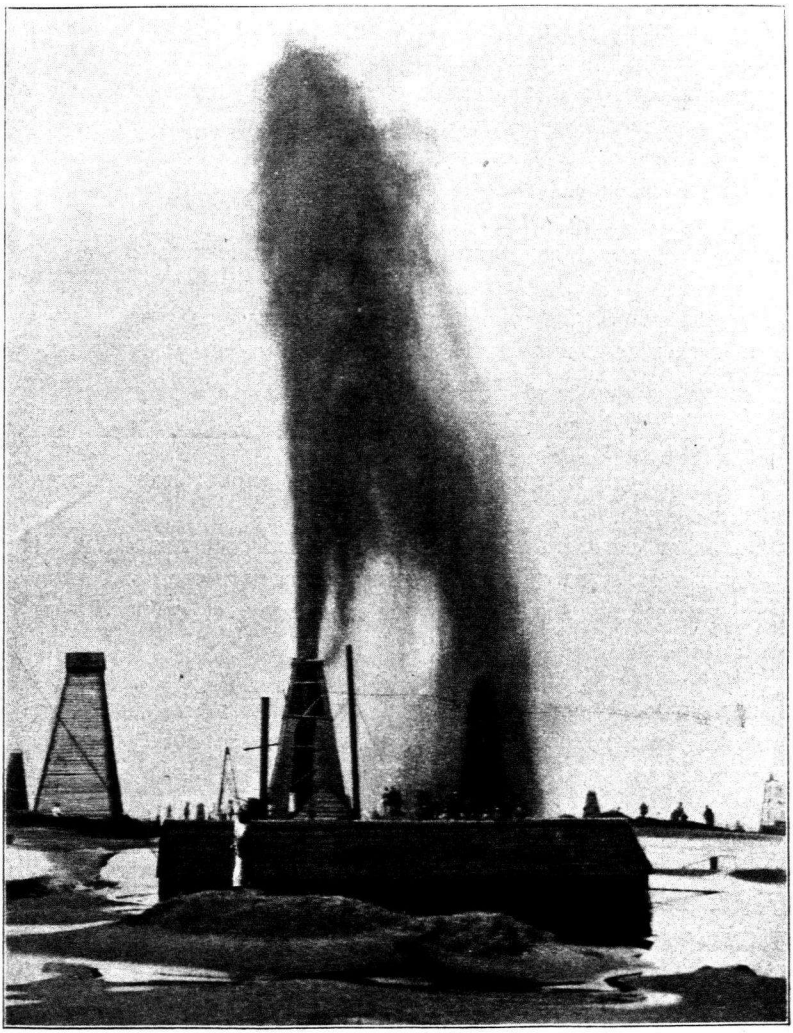

Рис. 3.

ныхъ углеводородовъ парафиноваго ряда и содержитъ очень значительное количество, до 70—80% легко летучихъ веществъ, входящихъ въ составъ керосина, бакинская нефть состоитъ въ главной массѣ изъ

нафтеновъ и даетъ сравнительно мало, всего только 40—50%, легко летучихъ веществъ.

Керосинъ вмѣстѣ съ тѣмъ представляетъ одинъ изъ наиболѣе дешевыхъ источниковъ свѣта, такъ какъ, принимая стоимость освѣщенія свѣтильнымъ газомъ въ простѣйшихъ газовыхъ рожкахъ за 100 (стоимость освѣщенія газомъ въ Ауэровскихъ горѣлкахъ значительно меньше, всего 20—30), стоимость освѣщенія керосиномъ выразится цифрою 62, растительнымъ масломъ 125 и стеариновыми свѣчами 592. Такимъ образомъ стеариновыя свѣчи являются въ настоящее время однимъ изъ наиболѣе дорогихъ источниковъ свѣта.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, по даннымъ извѣстнаго гигіениста Эрисмана, онѣ представляютъ и съ гигіенической точки зрѣнія наименѣе пригодный матеріалъ, такъ какъ при горѣніи сала и стеарина расходуется значительно больше кислорода и выдѣляется значительно больше углекислоты, чѣмъ при горѣніи свѣтильнаго газа или керосина. Это освѣщеніе настолько менѣе совершенно въ гигіеническомъ отношеніи, что при употребленіи стеариновыхъ свѣчей помѣщеніе должно быть вентилируемо вдвое энергичнѣе, чѣмъ при освѣщеніи газомъ или керосиномъ, иначе воздухъ будетъ вдвое хуже.

Изъ всѣхъ свѣчныхъ матеріаловъ всего менѣе портятъ воздухъ восковыя свѣчи и въ этомъ можетъ быть и кроется причина того, что воскъ издавна употребляется для освѣщенія многолюдныхъ собраній, въ церквахъ и т. п.

Съ гигіенической точки зрѣнія, впрочемъ, какъ уже было указано раньше, всѣ нынѣ примѣняемые источники свѣта очень далеки отъ совершенства, такъ какъ не только портятъ воздухъ, лишая его кислорода и увеличивая въ немъ содержаніе углекислоты, но также и въ большей или меньшей степени обогрѣваютъ его. Въ наиболѣе совершенныхъ освѣтительныхъ приборахъ при сжиганіи освѣтительнаго матеріала образуется всего только 10% свѣтовой энергіи, а 90% безполезно тратится въ видѣ тепловой энергіи. Идеальный же освѣтительный приборъ долженъ удовлетворять по меньшей мѣрѣ обратному положенію, т.-е. въ немъ должно рождаться не менѣе 90% свѣтовой и развѣ только 10% тепловой энергіи. Словомъ, какъ уже было указано, задача, съ точки зрѣнія гигіены и техники, сводится къ полученіе дешеваго и яркаго „холоднаго“ свѣта.

Возможность такого „холоднаго“ свѣта въ настоящее время въ принципѣ не подлежитъ сомнѣнію. Всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ былъ открытъ фактъ, по поводу котораго какъ нельзя болѣе примѣнимы слова, вложенныя Шекспиромъ въ уста Гамлета: „О, другъ Горацiо, есть многое въ природѣ, чего не вѣдаютъ и наши мудрецы“, до такой степени

противуестественъ и страненъ фактъ свѣченія и химическаго воздѣйствія различнаго рода радіоактивныхъ веществъ, открытый супругами Кюри и Беккерелемъ.

При отсутствіи для него въ настоящее время подходящаго объясненія онъ въ сущности въ корнѣ подрываетъ основы современной физики, именно ученіе объ энергіи, основными положеніями котораго являются аксіомы: что самопроизвольнаго зарожденія энергіи нѣтъ, что всякая энергіи легко модифицируется, переходитъ изъ одного вида энергіи въ другой и что въ сущности нѣтъ силы безъ матеріи.

Толчкомъ къ открытію радіоактивности послужили X—лучи Рентгена, получившіе теперь такое большое значеніе въ медицинѣ, фотографіи и техникѣ. Желая объяснить сущность и происхожденіе этихъ невидимыхъ рентгеновскихъ лучей, Беккерель пытался связать ихъ съ фосфоресценціей и предположилъ, что незримые рентгеновскіе лучи рождаются отъ видимыхъ лучей зеленовато-желтаго сіянія, обусловливаемаго фосфоресценціей. Изслѣдуя цѣлый рядъ фосфоресцирующихъ веществъ, Беккерель скоро нашелъ, что очень многія вещества какъ фосфоресцирующія, такъ и нефосфоресцирующія, способны испускать незримые, химически дѣятельные лучи. Наиболѣе дѣятельными оказываются минеральныя вещества высокаго частичнаго вѣса, напримѣръ, соли тяжелыхъ рѣдкихъ металловъ, урана и др.

Дальнѣйшимъ шагомъ впередъ было открытіе супругами Кюри новыхъ радіоактивныхъ элементовъ: актинія, полоніи и въ особенности радія, который обладаетъ въ 100.000 разъ большею радіоактивностью, чѣмъ уранъ.

Хотя металлическій радій и не выдѣленъ въ чистомъ видѣ, но тѣмъ не менѣе сомнѣваться въ его существованіи невозможно въ виду того, что спектръ его представляетъ такую характерную картину, которая еще не получена ни для какого другого тѣла.

Приготовляется радій изъ смоляной руды (pechblende), урановой, въ которой содержится въ ничтожномъ количествѣ. Для полученія одного грамма радіи надо подвергнуть обработкѣ милліардъ граммовъ этой дорогой руды, что стоитъ около 20.000 рублей.

Радіоактивность характеризуется слѣдующими особенностями. Обладающія ею тѣла непрерывно испускаютъ изъ себя невидимые волны лучей, которые, подобно X—лучамъ, проникаютъ черезъ всѣ тѣла, хотя и не одинаково легко. Чѣмъ меньшею плотностью обладаетъ вещество, тѣмъ оно легче проницаемо для радіоактивныхъ лучей; такимъ образомъ нѣкоторыя металлическіи пластинки также легко проницаемы для радіевыхъ лучей, какъ стекло для свѣтовыхъ лучей. Если помѣстить въ

сферу воздѣйствія лучей радія рубинъ, алмазъ, плавиковый шпатъ, сѣрнокислый кальцій и многія другія вещества, то они начинаютъ свѣтиться.

Вмѣстѣ съ этимъ радіоактивные лучи химически чревычайно дѣятельны. Они превращаютъ кислородъ въ озонъ, бѣлый фосфоръ переводятъ въ красный, стеклу и фосфору сообщаютъ фіолетовый цвѣтъ, энергично дѣйствуютъ на разстояніи и черезъ непрозрачные предметы (подобно рентгеновскимъ лучамъ) на животныя ткани и фотографическую пластинку.

Такимъ образомъ радій съ его рѣзко выраженною лучевою активностью представляетъ въ высокой степени интересную и глубокую загадку: онъ способенъ изъ ничего, самъ не расходуясь, создавать свѣтъ, способенъ также, самъ не измѣняясь и не расходуясь, производить глубокіе химическіе метаморфозы, и не подлежитъ сомнѣнію, что дальнѣйшія изслѣдованія въ области радіоактивности представляютъ очень значительный научный, а также и техническій интересъ.

Теплота.

Что теплота играетъ очень большую роль въ различнаго рода химическихъ производствахъ и что химическія реакціи протекаютъ или съ выдѣленіемъ, или съ поглощеніемъ тепла, это извѣстно уже изъ хиніи.

Въ химической технологіи теплота является или какъ источникъ и причина химизма, глубокаго метаморфоза веществъ или же какъ причина, только способствующая теченію реакцій и сочетанію тѣхъ или другихъ веществъ.

Въ первомъ случаѣ, при такъ называемомъ „термолизѣ", происходитъ подъ вліяніемъ тепла разрушеніе вещества, образованіе изъ болѣе сложныхъ болѣе простыхъ веществъ, однимъ словомъ, дифференцированіе или дезинтеграція вещества, возможно совершенное химическое дробленіе его. Примѣрами такого рода глубокаго измѣненія веществъ подъ вліяніемъ тепла являются такъ называемыя „пирогенныя" производства, напримѣръ: сухая перегонка дерева, газовое производство и т. п., когда исключительно подъ вліяніемъ возвышенной температуры изъ сравнительно сложныхъ веществъ, каковы, напримѣръ, древесина или уголь, получается свѣтильный газъ (въ составъ котораго въ значительномъ количествѣ входитъ даже элементъ водородъ), уксусная кислота, древесный спиртъ, карболовая кислота и другіе фенолы, различные углеводороды и т. п.

Количество и качество этихъ продуктовъ термолитическаго разложенія зависитъ не только отъ матеріала, но также и, пожалуй главнымъ образомъ, отъ той температуры, при которой происходитъ разложеніе. Такимъ образомъ одно и то же дерево, перегоняемое при различной температурѣ въ одномъ и томъ же перегонномъ приборѣ и вообще при совершенно тождественныхъ другихъ условіяхъ, тѣмъ не менѣе даетъ продукты качественно и количественно различные. Если перегонку ведутъ при температурѣ не выше 400° С, то получается сравнительно много подсмольной воды съ большимъ содержаніемъ уксусной кислоты в древес-

наго спирта и сравнительно мало газа и смолы. Если то же дерево перегонять при температурѣ около 800°—1000°, то подсмольной воды и смолы получается сравнительно мало, но за то количество газа увеличивается по крайней мѣрѣ въ 5 разъ.

Такимъ образомъ, если при нормальныхъ условіяхъ работы ходъ сухой перегонки дерева можетъ быть выраженъ слѣдующимъ уравненіемъ:

$$C_6H_{10}O_5 = 3C + 4H_2O + C_3H_2O$$

100 част. дерева 22,2% угля 44,5% воды 33,3% смолы и газовъ,

то это уравненіе уже совершенно не соотвѣтствуетъ ходу разложенія того же самаго дерева при болѣе высокой температурѣ, такъ какъ и количество угля и количество подсмольной воды получается значительно меньшее, а газа и смолы большее.

Иными словами, если сухую перегонку дерева, веденную при низкой температурѣ, можно разсматривать (конечно, съ значительнымъ приближеніемъ) какъ процессъ десгидратаціи или постепеннаго обезвоживанія клѣтчатки или типическаго углевода:

При 150° С	$C_6H_{10}O_5$	При 290°	$C_6H_4O_2$	что подтверждается анализами остающагося углистаго остатка,
„ 185° „	$C_6H_8O_4$	„ 350°	C_6H_2O	
„ 220° „	$C_6H_6O_3$	„ 430°	C_6	

то сухая перегонка, веденная при болѣе высокой температурѣ, представляетъ уже болѣе сложный процессъ, въ которомъ на ряду съ удаленіемъ воды, происходитъ и рядъ другихъ реакцій, обусловливаемыхъ воздѣйствіемъ выдѣляющейся химической воды на остающійся уголь, вслѣдствіе чего твердый остатокъ при перегонкѣ и получается въ значительно меньшемъ количествѣ.

Также рѣзко и даже въ еще болѣе рѣзкихъ предѣлахъ замѣчается вліяніе высокой температуры въ газовомъ производствѣ. До введенія въ практику газоваго дѣла генеративнаго отопленія предѣльная температура газофикаціи не превышала 1000°, а теперь она обыкновенно не ниже 1100° и очень часто доходитъ до 1200°. Такое сравнительно незначительное повышеніе сказалось однако весьма замѣтно на колнчественныхъ выходахъ газа; прежде изъ лучшихъ сортовъ угля не удавалось получить болѣе 7000 к. ф. на одну реторту въ сутки, теперь выходъ часто превышаетъ 10.000 к. ф. При этой температурѣ даже таніе стойкіе углеводороды, какъ метанъ, разлагаются съ выдѣленіемъ угля, въ формѣ ретортнаго графита и водорода, согласно уравненію:

$$CH_4 = C + 2H_2$$

Существуетъ однако рядъ производствъ, гдѣ теплота только способствуетъ раздѣленію различныхъ составныхъ частей. Этотъ пріемъ работы, очень часто практикуемый въ лабораторіяхъ и на заводахъ, называется дробной или фракціонированной перегонкою. На немъ цѣликомъ основано нефтяное производство, ректификація виннаго спирта, приготовленіе коньяка, производство скипидара изъ живицы или сѣрки, производство эеирныхъ маслъ и т. п.

Въ указанныхъ примѣрахъ сама теплота является такимъ образомъ и источникомъ и причиной химическаго метаморфоза; на ряду съ этимъ существуетъ однако цѣлый рядъ производствъ, гдѣ теплота если и не является основной причиной, то все же обусловливаетъ возникновеніе и правильное теченіе реакцій. Примѣрами могутъ служить цѣлый рядъ производствъ основанныхъ на термосинтезѣ, гдѣ слѣдовательно именно благодаря теплотѣ происходитъ соединеніе тѣхъ или другихъ веществъ, при чемъ получается новый, болѣе сложный продуктъ съ отличными уже отъ первоначальныхъ матеріаловъ свойствами. Примѣрами такого рода производствъ могутъ служить: стеклянное, фарфоровое, мыловаренное, содовое по способу Леблана и многія другія. Что поддержаніе опредѣленной, строго необходимой и достаточной температуры для успѣха многихъ производствъ существенно необходимо, явствуетъ само собою. Если, напримѣръ, температура въ стеклоплавильной печи будетъ ниже чѣмъ нужно, то положенные матеріалы не соединятся другъ съ другомъ, стекло, какъ говоритъ, не сварится.

Наконецъ, существуетъ цѣлая обширная область химической технологіи, которая цѣликомъ основана какъ на термолизѣ, такъ и термосинтезѣ, именно металлургія.

Въ металлургіи дѣйствительно очень часто руды подвергаются предварительно обжигу, при чемъ непосредственно дѣйствіемъ тепла измѣняются химически; этотъ пріемъ работы несомнѣнно основанъ на термолизѣ. Но на ряду съ этимъ, а очень часто также и непосредственно вслѣдъ за обжигомъ, руды накаливаются съ углемъ и флюсами или плавнями съ цѣлью выдѣленія металла „in corpore“, что по существу представляетъ цѣлый рядъ нерѣдко довольно сложныхъ химическихъ реакцій, правильное теченіе которыхъ поддерживается и обусловливается достаточнымъ количествомъ притекающаго извнѣ тепла.

Наконецъ представляется общеизвѣстнымъ, что не только непосредственно, но и какъ наиболѣе важный источникъ энергіи, теплота имѣетъ существеннѣйшее значеніе въ промышленности вообще, а слѣдовательно и въ химической въ частности.

Съ конца прошлаго вѣка паръ, какъ извѣстно, совершенно измѣнилъ

условія и пріемы работы и теперь паръ или, слѣдовательно, теплота сгоранія топлива является источникомъ силы, имѣющимъ преимущественное значеніе. До указаннаго періода работа производилась преимущественно вручную; въ каждой деревнѣ, у каждаго крестьянина былъ ткацкій станокъ и прялка. Въ промежутки между полевыми работами каждый фермеръ прялъ и ткалъ со всѣмъ своимъ семействомъ какъ для своей потребности, такъ и на продажу. Со времени же изобрѣтенія Уаттомъ паровой машины и съ введеніемъ ея въ большую практику, дѣло измѣнилось и паровая прялка, такъ называемый сельфакторъ (самодѣйствующая Дженни), паровой ткацкій и паровой механическій станокъ совершенно измѣнили условія работы и вызвали концентрацію производствъ. Если такимъ образомъ прежде значительная часть необходимой для человѣчества работы производилась при помощи живой силы людей и лошадей, то въ настоящее время дѣло обстоитъ совершенно иначе, и человѣчеству уже по преимуществу, главнымъ образомъ служатъ паровыя лошади для самыхъ различныхъ цѣлей въ образѣ паровыхъ машинъ, паровыхъ станковъ, паровозовъ, пароходовъ и т. п. Всякая же работа паровой лошади отвѣчаетъ опредѣленному количеству сожженнаго угля, и въ хорошихъ машинахъ часовая работа паровой лошади отвѣчаетъ всего только двумъ фунтамъ угля. Принимая во вниманіе, что паровая лошадь отвѣчаетъ работѣ въ 15 пудофутовъ (600 фунтофутовъ или 75 килограмметровъ) въ секунду, а работа одного человѣка колеблется въ предѣлахъ отъ 1 до 1.75 пудофутовъ въ секунду, видно, что каждая паровая лошадь отвѣчаетъ по крайней мѣрѣ силѣ 9—15 человѣкъ и слѣдовательно часовая работа человѣка можетъ быть въ настоящее время замѣнена тратой 55—90 граммъ угля, или эквивалента такому количеству угля, которое легко можетъ быть отвѣшено на химическихъ вѣсахъ и измельчено въ фарфоровой ступкѣ.

Такимъ образомъ всякая каменноугольная залежь представляетъ значительный запасъ потенціальной энергіи, которая можетъ сохраняться неопредѣленно долгое время и которая во всякое время, по желанію, можетъ быть превращена въ кинетическую, какъ скоро уголь будетъ добытъ и въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ сожженъ.

Если затѣмъ принять во вниманіе, что механическая сила по желанію можетъ быть трансформирована въ электричество, свѣтъ и т. п., то станетъ понятнымъ все громадное значеніе каменноугольныхъ залежей для промышленнаго развитія странъ.

Говоря о значеніи теплоты въ ряду основныхъ работающихъ причинъ, невозможно не остановиться на все возрастающемъ значеніи термохиміи. Принципы термохиміи и выводы термохимическихъ теоремъ не

только объясняютъ реакціи, но и даютъ возможность ихъ предугадывать. На основаніи этихъ данныхъ является возможнымъ, даже не дѣлая опыта, заранѣе съ большею или меньшею достовѣрностью сказать, что такая-то реакція возможна, а такая-то невозможна. Термохимія, какъ извѣстно, отрасль химіи сравнительно новая (разработана съ начала шестидесятыхъ годовъ главнымъ образомъ трудами Томсена и Бертело) и далеко еще не достигала полнаго развитія, но и при настоящемъ уже ея положеніи является очевиднымъ, что въ основу раціональной химической технологіи, а въ особенности въ основу изысканій новыхъ пріемовъ работы въ химической техникѣ, неизбѣжно должны быть положены термохимическія данныя, позволяющія вести точный учетъ расходуемаго при химическихъ метаморфозахъ тепла.

Какъ извѣстно изъ механической теоріи теплоты, работами Майера, Джауля и Клаузіуса твердо установленъ такъ называемый механическій эквивалентъ теплоты, т.-е. пропорціональность между количествомъ теплоты, исчезнувшимъ при работѣ машины, и количествомъ произведенной въ то же время механической работы. Этотъ принципъ указанными выше химиками примѣненъ и къ опредѣленію молекулярной работы, вызываемой химическими реакціями, работы, которая, конечно, не поддается измѣренію обычнымъ путемъ, но видимымъ признакомъ которой является или поглощеніе, или выдѣленіе тепла. Сообразно съ этимъ всѣ химическіи реакціи или экзотермичны, или эндотермичны и химическое сродство, прежде считавшееся за особый видъ энергіи, въ настоящее время не признается за таковое и разсматривается какъ равнодѣйствующая всѣхъ тѣхъ вліяній: теплоты, свѣта, электричества и т. п., которыя обусловливаютъ или разложеніе, или соединеніе тѣлъ.

Для того, чтобы показать, какое отношеніе могутъ имѣть термохимическія данныя къ техническимъ задачамъ, я позволю себѣ привести лишь два примѣра изъ очень большого числа, которое могло бы быть приведено.

Извѣстно изъ химіи, что есть сильныя и слабыя кислоты; иными словами, кислотность кислотъ далеко не одинакова. Чѣмъ кислота сильнѣе, тѣмъ ея кислотныя свойства: способность давать соли и эеиры, въ ней, конечно, болѣе рѣзко выражена. Съ этой различной энергіей кислотъ нерѣдко приходится считаться въ технической практикѣ, напримѣръ, въ крашеніи и ситцепечатаніи. Какъ извѣстно, сильныя кислоты при сколько-нибудь повышенной температурѣ очень энергично дѣйствуютъ на хлопокъ, образуя эеироподобное порошкообразное соединеніе „дицеллулозу“ Жерара. Поэтому въ ситцепечатаніи приходится преимущественно пользоваться или слабыми кислотами какъ, напримѣръ, уксусная или такъ называемыми спирто-кислотами, какъ напримѣръ: молочная, виннокаменная и

лимонная. Крѣпость или энергія различныхъ кислотъ всего лучше характеризуется термохимическими данными ихъ нейтрализаціи, и потому на основаніи этихъ численныхъ данныхъ является возможнымъ судить о большей или меньшей пригодности кислотъ для указанной выше цѣли. Съ этою различною энергіею кислотъ приходится считаться и во многихъ другихъ производствахъ, преимущественно, конечно, въ производствахъ, занимающихся переработкою органическихъ веществъ. Термохимическія данныя совершенно точно характеризуютъ степень энергіи кислотности кислотъ числами, выражающими число калорій, идущихъ на нейтрализацію заключающихся въ нихъ металлическихъ водородовъ. Какъ показываютъ эти данныя, въ многоосновныхъ кислотахъ кислотность металлическихъ водородовъ не одинакова. Такъ, кислотность перваго водорода фосфорной кислоты 14700, втораго 11600, третьяго 7300. Кислотность перваго водорода сѣрной кислоты, или, слѣдовательно, количество тепла, выдѣляемое при соединеніи ея съ такимъ количествомъ ѣдкаго натра, которое необходимо для образованія кислой соли 31700, а кислотность второго водорода, или то количество тепла, которое выдѣляется при нейтрализаціи кислой сѣрнонатровой соли, всего 14700. Поэтому въ очень многихъ случаяхъ въ химической практикѣ, гдѣ нельзя употреблять сѣрную кислоту, можно съ успѣхомъ пользоваться кислою сѣрнонатровою солью.

Другой примѣръ удачнаго примѣненія термохимическихъ данныхъ къ чисто техническимъ задачамъ представляетъ работа Гольдшмита относительно примѣненія металлической аллюминіевой пыли для приготовленія чистыхъ трудновозстановляемыхъ металловъ и для полученія въ очень короткій срокъ самыми простыми средствами очень высокихъ температуръ. Теплота сгоранія различныхъ элементовъ, какъ это видно изъ прилагаемой таблицы, далеко не одинакова.

Теплота сгоранія:

H_2	34200	Fe	1352
C	8317	Zn	1314
Al	7140	As	1030
Mg	6077	Si	573
P	5964	Cu	321
Na	3293	Pl	243
Ca	3284	Bi	95
S	2200	Ag	27

Аллюминій имѣетъ почти такую же теплоту горѣнія, какъ и углеродъ, а именно 7140, а потому и не удивительно, что при помощи его можно съ чрезвычайною легкостью, такъ же какъ и при помощи угля, возстановить окись желѣза въ металлическое желѣзо. Теплота горѣнія

желѣза всего 1352 и потому при воздѣйствіи металлическаго аллюминія на окись желѣза выдѣляется очень значительное количество единицъ тепла, а именно около 6000. Этимъ, конечно, и объясняется, что достаточно нагрѣть смѣсь аллюминіевой пыли и окиси желѣза до самой незначительной степени, чтобы выдѣлилось очень значительное количество тепла и реакція сама бы пошла дальше, безъ всякаго посторонняго нагрѣванія, т.-е. въ данномъ случаѣ происходить то же самое, что и при зажиганіи топлива. При этой реакціи тепло концентрируется однако въ гораздо большей степени, чѣмъ при возстановленіи окиси желѣза при помощи угля, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ очень большое количество тепла поглощается улетающими газообразными продуктами, выдѣляющимися при этой реакціи.

Какъ показалъ Гольдшмитъ, при помощи аллюминія легко получаются въ совершенно чистомъ состояніи самые трудновозстановляемые металлы, которые до сихъ поръ въ чистомъ состояніи и не могли получаться въ сколько-нибудь значительномъ количествѣ, какъ, напримѣръ: марганецъ и хромъ. Въ теченіе одной минуты въ неособенно большомъ глиняномъ тиглѣ, внутри выложенномъ магнезіей, Гольдшмиту удалось получить 1 кило хрома и температура внутри тигля, какъ это показали непосредственныя опредѣленія при помощи пирометра Виборга, достигаетъ 3000° Самый опытъ производится такимъ образомъ, что въ тигель, помѣщенный въ песчаную баню и выложенный окисью магнія, закладывается смѣсь металлическаго окисла и аллюминія и небольшой зажигательный шарикъ изъ смѣси какого-нибудь окислителя, который служитъ запаломъ и въ которомъ укрѣплены двѣ магніевыя ленты, служащія при зажиганіи передатчиками теплоты запалу и смѣси. Выдѣляющійся при реакціи расплавленный металлъ скопляется на днѣ тигля. Если внутрь тигля съ смѣсью аллюминіевой пыли и какой-нибудь окиси положить металлическій предметъ, то, конечно, онъ очень быстро накаливается до значительной степени. Такимъ путемъ, напримѣръ, легко разогрѣть до бѣла заклепку; этою смѣсью можно пользоваться также для паянія металловъ. Спаиваемые предметы, помѣстивъ между ними припой, покрываютъ реагирующею смѣсью, которую затѣмъ и зажигаютъ; какъ только масса воспламеняется, ее закрываютъ пескомъ, чтобы по возможности задержать, концентрировать тепло. Для подобнаго опыта соединенія двухъ заклепокъ, вѣсомъ около 250 граммъ каждая, надо всего около 100 граммъ аллюминія, что по существующимъ цѣнамъ составляетъ всего 10 коп. Этотъ пріемъ работы Оствальдъ назвалъ, очень остроумно и совершенно подходяще, доменной печью и кузнечнымъ горномъ въ жилетномъ карманѣ; это названіе дѣйствительно выражаетъ самую сущ-

ность этого новаго способа. Аллюминій является здѣсь необычайно большихъ размѣровъ тепловымъ аккумуляторомъ, энергія котораго можетъ быть проявлена въ любомъ мѣстѣ и для разнообразныхъ цѣлей.

Изобрѣтеніе Гольдшмита получило теперь очень широкое примѣненіе и, какъ показываетъ прилагаемый рис. 4, очень часто примѣняется для сварки рельсовъ и трубъ, исправленія поломокъ или неудавшихся отливокъ.

Вода, какъ извѣстно, является очень дѣятельнымъ веществомъ по отношенію къ очень многимъ органическимъ веществамъ; въ присутствіи воды происходитъ гидролизъ или разложеніе ихъ на вещества обыкновенно меньшаго частичнаго вѣса. При обыкновенной температурѣ гидролитическія реакціи протекаютъ однако въ большинствѣ случаевъ очень медленно; при повышеніи же температуры скорость теченія реакцій въ очень значительной степени возрастаетъ. Воздѣйствіе воды или при нагрѣваніи, или въ формѣ пара, иногда даже перегрѣтаго, лежитъ въ основаніи клееваренного производства (полученіе клея изъ клеевины или сырой, невыдубленной кожи и костей), въ стеариновомъ производствѣ при гидролитическомъ разложеніи твердыхъ жировъ перегрѣтымъ паромъ, при превращеніи крахмала въ растворимое состояніе (въ винокуренномъ производствѣ) и т. п.

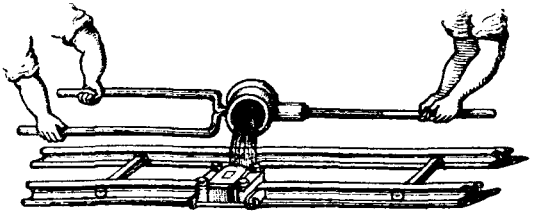

Рис. 4.

Утилизація солнечной теплоты практиковалась съ незапамятныхъ временъ и практикуется еще и понынѣ при приготовленіи соли изъ морской воды по побережью Средиземнаго моря. Морская вода содержитъ 3,5% солей и слѣдовательно 96,5% воды и имѣетъ уд. вѣсъ 1,025. Для того, чтобы выкристаллизовалась соль, надо довести концентрацію раствора до уд. вѣса 1,21. Въ „салинахъ“ Средиземнаго моря съ каждаго акра испарительной поверхности получаютъ 40 тоннъ поваренной соли. Въ Россіи такимъ путемъ приготовляется „крымская“ соль. Вмѣстѣ съ тѣмъ производительность „салинъ“ находится въ прямой зависимости отъ климатическихъ условій (количества тепловыхъ лучей и количества атмосферныхъ осадковъ, падающихъ на единицу площади). Тогда какъ на Средиземномъ морѣ, на югѣ Франціи, средняя суточная испаряемость съ площади въ 1 акръ доходитъ до $^1/_2$ дюйма (или около 50 тоннъ воды), въ Англіи, въ Портсмутѣ, эта величина достигаетъ всего 0,17 дюйма.

Для правильнаго хода очень многихъ химическихъ процессовъ является весьма часто существенно важнымъ поддержаніе въ теченіе всего хода переработки совершенно опредѣленной температуры, т.-е. работа идетъ правильно только тогда, когда теплота притекаетъ въ достаточномъ и необходимомъ количествѣ. Учетъ количества теплоты производится помощью различныхъ измѣрительныхъ приборовъ: термометровъ и пирометровъ.

Обыкновенный термометръ основанъ на расширеніи и сжатіи ртути подъ вліяніемъ тепла или холода. Ртуть въ этомъ случаѣ оказалась потому наиболѣе пригодной жидкостью, что она расширяется довольно равномѣрно въ очень широкихъ предѣлахъ температуры. Ртутные термометры даютъ точныя показанія однако только въ предѣлахъ — 39° С., когда ртуть застываетъ, и до + 320° С., такъ какъ, начиная съ этой температуры до + 357° С., когда ртуть кипитъ, она испаряется въ очень значительной степени. Въ настоящее время однако дѣлаются термометры, показывающіе, правда, съ меньшею точностью, температуру до + 400° С. и даже до + 550° С. Эти инструменты наполнены азотомъ подъ давленіемъ 10 атмосферъ или углекислотой подъ давленіемъ 20 атмосферъ. Подъ такимъ значительнымъ давленіемъ ртуть кипитъ при значительно высшей температурѣ. Для производства такихъ термометровъ употребляется стекло особаго сорта, такъ называемое „боросиликатное". Иногда внутрь такихъ термометровъ помѣщается сплавъ калія и натрія, изъ 23 частей металлическаго натрія и 39 частей металлическаго калія, застывающій при — 4° С. и кипящій при + 650° С.

Для опредѣленія еще болѣе высокихъ температуръ употребляются или пирометры, или наблюдается моментъ расплавленія тѣхъ или другихъ веществъ, температура плавленія которыхъ уже извѣстна или опредѣляется предварительно. Для этой цѣли въ печь на шамотную подставку кладутъ цѣлую серію обрѣзковъ различныхъ металловъ или ихъ сплавовъ, или, наконецъ, спеціально для этого приготовленныхъ такъ называемыхъ зегеровскихъ конусовъ изъ глины или трудноплавкихъ силикатныхъ смѣсей. Такимъ путемъ составляется цѣлая скала температуръ, помощью которой является возможнымъ измѣрять температуру печей съ точностью до 50° С. при самыхъ высшихъ предѣлахъ, достигаемыхъ генеративнымъ отопленіемъ.

Необходимость точнаго измѣренія высокихъ температуръ, особенно въ металлургіи, настолько значительна, что вызвала устройство цѣлаго ряда приборовъ, имѣющихъ удовлетворить этой потребности. Въ основу этихъ инструментовъ положены самые разнообразные принципы: въ Веджвудовскомъ пирометрѣ сжатіе огнеупорной глины; приборъ этотъ однако

не отличается большою точностью, такъ какъ различные сорта глины сжимаются не одинаково, въ зависимости отъ ихъ химическаго состава; расширеніе воздуха положено въ основу пирометровъ Зигерта, Виборга, Юлинга и Штейнбарта; относительное расширеніе двухъ металловъ въ пирометрахъ Броуна и Бюклея; время необходимое для нагрѣванія опредѣленнаго объема воды въ такъ называемомъ водяномъ пирометрѣ; измѣненіе въ электропроводности платины или другихъ металловъ въ пирометрѣ Сименса; измѣреніе интенсивности электрическаго тока, образующагося при нагрѣваніи спая двухъ металловъ лежитъ въ основѣ пирометра Лё-Шателье, и наконецъ, существуютъ и оптическіе пирометры, примѣромъ которыхъ можетъ служить инструментъ Мезюрэ и Ноэля, основанный на поляризаціи и рефракціи свѣта, выдѣляемаго ярко накаленными поверхностями.

Наибольшимъ распространеніемъ пользуются электричесніе пирометры Сименса, Брауна и Лё-Шателье. Послѣдній основанъ на томъ, что когда два различныхъ металла или сплава находятся въ тѣсномъ контактномъ соприкосновеніи и нагрѣваются до высокой температуры, то при этомъ образуется электрическій токъ, сила котораго пропорціональна температурѣ и можетъ быть легко измѣрена гальванометромъ. Термоэлектрическая пара, обычно употребляемая для этой цѣли, состоитъ изъ чистой платины и сплава платины съ 10% родія; эта пара (2 толстыхъ проволоки, спаянныхъ съ одной стороны и длиною въ метръ) помѣщается въ накаленное пространство, температуру котораго желательно опредѣлить и соединяется съ гальванометромъ д'Арсонваля. Инструментъ даетъ возможность опредѣлять весьма точно очень высокія температуры.

Для измѣренія низкихъ температуръ пользуются иногда хлороформомъ, который застываетъ въ твердую массу при 83° С, выше же этой температуры остается жидкимъ.

Пользуясь сгущенными газами, въ настоящее время удается достигнуть очень низкихъ температуръ и если абсолютный нуль или—273° С еще не достигнутъ, то во всякомъ случаѣ къ нему уже въ значительной степени приблизились.

Газы, какъ извѣстно, расширяются на $^1/_{273}$ своего объема; поэтому, напримѣръ, если нагрѣвать какой-нибудь газъ съ 0° до 273° С, то давленіе въ томъ сосудѣ, въ которомъ заключенъ газъ, очевидно возрастетъ вдвое. При расхолаживаніи газа, замкнутаго въ какомъ-нибудь приемникѣ, до температуры—273° С будетъ, конечно, достигнутъ тотъ пунктъ, когда газъ больше не будетъ оказывать никакого давленія на стѣнки сосуда. Такъ какъ давленіе обусловливается движеніемъ газовыхъ молекулъ подъ вліяніемъ теплоты, то очевидно, что это состояніе

дѣйствительно отвѣчаетъ абсолютному нулю, т.-е. отсутствію всякаго движенія, обусловливаемаго теплотою.

Въ настоящее время существуютъ значительныя отрасли промышленности, основанныя на полученіи искусственнаго холода, и нѣкоторыя производства, которыя прежде могли практиковаться только зимою и въ холодныхъ странахъ, въ настоящее время практикуются независимо отъ климатическихъ условій. Наибольшее значеніе пріобрѣло производство искусственнаго льда, который въ виду большей чистоты и дешевизны все болѣе и болѣе вытѣсняетъ естественный.

Принципъ, на которомъ основано устройство холодильныхъ машинъ, состоитъ въ поглащеніи тепла вслѣдствіе быстраго испаренія легко летучихъ жидкостей. Чаще всего для этой цѣли употребляются: жидкій амміакъ, сѣрнистая кислота, углекислота и наиболѣе летучіе погоны, выдѣляемые изъ нефти, главнымъ образомъ цимогенъ и риголенъ.

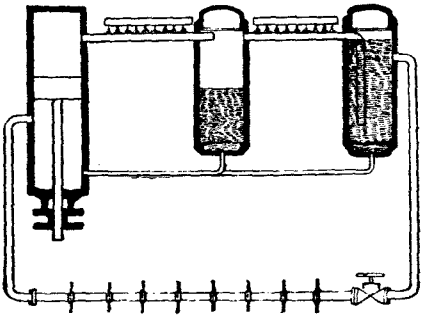

Рис. 5.

Прилагаемая схема (рис. 5) изображаетъ устройство холодильнаго завода для полученія льда при помощи жидкаго амміака. Испаритель, который имѣетъ видъ змѣевика съ приливными дисками, для увеличенія поверхности отдачи тепла погруженъ въ сосудъ съ растворомъ хлористаго кальція, въ который уже и помѣщаются ящики изъ гальванизированнаго желѣза, наполняемые дистиллированной или вообще чистой водой для превращенія ея въ ледъ. Испарившійся амміакъ поступаетъ въ компрессоръ, гдѣ вновь сгущается въ жидкость, охлаждаемую холодной водой и сохраняемую въ двухъ пріемникахъ. Внизу этихъ пріемниковъ для сгущеннаго амміака находится небольшое количество масла, которое входитъ въ компрессоръ при каждомъ его ходѣ. Это притекающее масло смазываетъ поршень и препятствуетъ выходу газа обратно при сгущеніи его, а также поглощаетъ часть тепла, образующагося внутри цилиндра вслѣдствіе сжатія газа.

Это масло затѣмъ легко отдѣляется отъ амміака въ отстойникахъ и такимъ образомъ непрерывно циркулируетъ черезъ компрессоръ, чѣмъ въ очень значительной степени облегчаетъ его работу.

Существуютъ холодильныя машины, которыя построены на поглощеніи паровъ легко летучихъ веществъ, напримѣръ, амміака, растворите-

лемъ, чаще всего водой. Охлажденіе и въ этомъ случаѣ обусловливается испареніемъ легко летучаго газа, и разница заключается только въ способѣ регенераціи испарившагося вещества.

Типическимъ примѣромъ ихъ можетъ служить машина Каррэ, въ корой употребляется насыщенный водный растворъ амміака. Подъ вліяніемъ теплоты при нагрѣваніи амміакъ выдѣляется изъ раствора и сгущается подъ вліяніемъ существующаго въ приборѣ давленія въ жидкость въ пріемникѣ, погруженномъ въ охлажденную воду. При прекращеніи нагрѣванія сгустившійся амміакъ быстро улетаетъ и вновь растворяется въ жидкости и такимъ образомъ замораживаетъ воду, въ которую сосудъ съ нимъ погруженъ. Такого рода машины однако по большей части значительно сложнѣе и дороже ранѣе описанныхъ и потому употребляются рѣже первыхъ. Въ самое послѣднее время для цѣлей охлажденія начинаютъ пріобрѣтать все большее и большее значеніе жидкій воздухъ и другіе сгущенные газы.

Электричество.

Хотя электролизъ или способность тока разлагать сложныя химическія соединенія на элементы извѣстенъ уже давно, и вопросы теоретической электрохиміи разрабатывались многими химиками, тѣмъ не менѣе техническая электрохимія или электрохимическая технологія и электрометаллургія представляютъ сравнительно новыя отрасли знанія. Это болѣе позднее развитіе электрохимической технологіи, конечно, зависитъ отъ того, что до самаго послѣдняго времени сколько-нибудь сильный токъ стоилъ дорого. Какъ скоро, однако, были изобрѣтены и усовершенствованы электродинамическіи машины и любая водяная или паровая сила могла быть превращена въ электрическую энергію безъ значительныхъ потерь, токъ получилъ многообразное примѣненіе и въ большой химической практикѣ.

Электрическая энергія представляетъ значительныя преимущества по сравненію съ тепловой энергіей. Она представляетъ энергію болѣе подвижную, легко транспонтируемую на любыя разстоянія (тогда какъ паръ можетъ быть проведенъ только на небольшое разстояніе), легко раздробляемую до самой ничтожной величины и въ большинствѣ случаевъ весьма дѣятельную по отношенію къ сложнымъ химическимъ веществамъ.

Принимая указанныя очень значительныя преимущества, не представляется невѣроятнымъ, что только что наступившее столѣтіе будетъ по преимуществу вѣкомъ электричества и паръ будетъ замѣненъ какъ въ механической, такъ и въ химической промышленности токомъ. Возможность такой замѣны имѣетъ очень большое общественное значеніе. Дѣйствительно, въ прошломъ столѣтіи измѣненія условій общественной жизни было по преимуществу вызвано паромъ. Какъ уже было указано ранѣе, въ первой главѣ, до открытія Уаттомъ паровой машины, паровой прялки, парового ткацкаго станка и парового механическаго станка почти исключительное значеніе во всѣхъ отрасляхъ человѣческой дѣятельности имѣла такъ называемая кустарная форма производства, т.-е. фабричнаго про-

изводства въ настоящемъ смыслѣ слова тогда не было и необходимость въ тѣхъ или другихъ издѣліяхъ удовлетворялась работою отдѣльныхъ лицъ, большею частью вручную или при помощи простѣйшихъ водяныхъ или конныхъ двигателей т. е. лошадиной или водяной силы. Съ введешіемъ же паровыхъ двигателей дѣло измѣняется и начинаетъ развиваться фабричная форма производства, вызванная къ жизни тѣмъ обстоятельствомъ, что работа паровыхъ двигателей и различнаго рода станковъ обходится значительно дешевле при большомъ, массовомъ производствѣ. Такимъ образомъ съ полнымъ правомъ можно сказать, что изобрѣтеніе паровой машины обусловило концентрацію производствъ, имѣвшую своимъ результатомъ скопленіе рабочихъ въ промышленные центры. Такъ какъ въ этотъ первоначальный періодъ измѣненія промышленнаго строя жизни, вслѣдствіе неприспособленности торговли питательными матеріалами, жизнь неизбѣжно дорожала, то возникали часто серьезныя движенія на экономической подкладкѣ; бѣдствія, претерпѣваемыя рабочими, объяснялись именно введеніемъ въ практику паровыхъ машинъ, которыя въ виду этого часто подвергались уничтоженію. Послѣдовавшее изобрѣтеніе паровоза и парохода уравновѣсило шансы, такъ какъ съ введеніемъ въ житейскую практику болѣе удешевленныхъ пріемовъ транспорта значительно удешевилась стоимость питательныхъ веществъ. Такимъ образомъ одной паровой машинѣ, нарушившей условія существованія рабочихъ классовъ, пришла на помощь другая паровая машина въ видѣ паровозовъ и пароходовъ и дешевый фрахтъ урегулировалъ дешевыя цѣны на всемъ земномъ шарѣ, а тѣмъ самымъ уничтожилъ препятствіе къ дальнѣйшей концентраціи производствъ. Въ результатѣ такого воздѣйствія пара возникла и процвѣла крупная промышленность, стремившаяся, конечно, основаться поближе къ углю, нефти или лѣснымъ богатствамъ, однимъ словомъ, поближе къ естественнымъ запасамъ потенціальной энергіи.

Главнымъ и наиболѣе грознымъ признакомъ неудовлетворительности современнаго состоянія промышленности, помимо вредныхъ въ гигіеническомъ отношеніи и непрерывно ухудшающихся санитарныхъ условій жизни промышленныхъ центровъ, является замѣчаемое вырожденіе рабочихъ классовъ,—вырожденіе, несомнѣнно, доказанное,—и обусловливаемое тупою работою, которою занято большинство въ крупныхъ промышленныхъ предпріятіяхъ (прядильныхъ, ткацкихъ, механическихъ заводахъ и т. п.), гдѣ, какъ это многократно указывалось, не рабочій командуетъ машиной, а самъ находится въ полномъ подчиненіи у нея. Результатомъ такой напряженной, тупой, не одухотворенной и не требующей въ большинствѣ случаевъ отъ рабочаго ничего, кромѣ вниманія, работы является

полный упадокъ личной энергіи и умственное и физическое вырожденіе расы.

Все, однако, заставляетъ думать, что электричество, которое уже теперь во многихъ случаяхъ является конкурентомъ пару, обусловить съ течеціемъ времени измѣненіе существующаго промышленнаго строя въ другую сторону, въ обратномъ направленіи. Въ отличіе отъ пара электричество можетъ быть распредѣлено по широкой площади вокругъ отъ мѣста его приготовленія; въ отличіе отъ пара оно сохраняется въ пріемникахъ при извѣстныхъ условіяхъ неопредѣленно долгое время (аккумуляторахъ), и въ отличіе отъ пара его можно легко дробить даже до той незначительной величины, которая нужна, чтобы привести въ движеніе швейную машину или небольшой механическій станокъ.

Такимъ образомъ, тогда какъ паръ неизбѣжно требуетъ въ промышленныхъ предпріятіяхъ концентраціи производствъ и можетъ быть поэтому названъ символомъ „централизаціи работы", электричество допускаетъ широкое распредѣленіе энергіи и съ такимъ же правомъ можетъ быть названо символомъ „децентрализаціи работы".

Имѣются литературныя указанія, что уже и теперь во многихъ промышленныхъ центрахъ Бельгіи и Америки усиленно развивается абонементъ на электрическую силу среди мелкихъ производителей. Замѣна ручной работы машинной даетъ возможность и кустарю, въ особенности не лишенному личной инициативы въ улучшеніи производства, успѣшно конкурировать съ массовымъ машиннымъ производствомъ.

Ограничиваясь этими немногими словами относительно нынѣ видимыхъ преимуществъ электрической энергіи по сравненію съ паромъ въ общественно-промышленномъ отношеніи, небезъинтересно также взглянуть на тѣ успѣхи, которые уже въ настоящее время сдѣланы токомъ спеціально въ химической промышленности.

Всего 10 — 12 лѣтъ тому назадъ электрическая энергія не имѣла большаго значенія въ химической промышленности, а за 1900 годъ, по даннымъ Census Bulletin Соединенныхъ Штатовъ, тамъ въ этомъ году было 14 химическихъ заводовъ, работавшихъ при помощи тока и стоимость ихъ производства достигала 2.045.535 долларовъ.

Изъ техническихъ примѣненій тока, имѣющихъ сравнительно большое значеніе, представляются наиболѣе интересными примѣненіи тока въ такъ называемой большой химической промышленности (содовое дѣло и производство различныхъ солей), въ металлургіи, въ гальванопластикѣ и гальваностегіи.

По иниціативѣ Лачинова, въ настоящее время въ большихъ размѣрахъ готовятся электролитически водородъ, кислородъ и гремучій газъ, разло-

жешіемъ слабаго раствора сѣрной кислоты или ѣдкаго натра, при употребленіи угольныхъ и свинцовыхъ электродовъ. Эти газы, приготовленные электролизомъ, обходятся дешевле и значительно чище (кислородъ до 99,8%), чѣмъ приготовленные химическимъ путемъ; для приготовленія въ 24 часа 100 к. метровъ кислорода и 200 к. м. водорода нужна работа 90 лошадей. По даннымъ Даммера, 1 к. м. или 1000 литровъ электролитическаго водорода стоитъ всего отъ 0,65 до 0,80 марокъ, т. е. около 30 коп.

На ряду съ бѣлильными солями для отбѣлки различныхъ издѣлій въ большихъ количествахъ употребляется озонъ. Сименсъ и Гальске построили озонизаторъ, въ которомъ проходящій черезъ него воздухъ подъ вліяніемъ непрерывнаго ряда разрядовъ обогащается озономъ настолько, что содержаніе его нерѣдко повышается до 5%.

По сравненію съ хлоромъ для нѣкоторыхъ цѣлей озонъ имѣетъ несомнѣнныя преимущества. Отбѣливаемый матеріалъ помѣщается въ камеру, куда и направляется вроходящій черезъ озонизаторъ воздухъ. По даннымъ Фрёлиха, въ аппаратѣ Сименса и Гальске каждая лошадиная сила въ часъ даетъ 20 граммъ озона и это количество озона достаточно для отбѣлки 50 кило льняной пряжи. Озонъ употребляется также для отбѣлки картофельнаго крахмала и для приготовленія изъ крахмала искусственной аравійской камеди.

Но наиболѣе важное техническое значеніе пріобрѣли электролитическая содовая промышленность и производство различныхъ солей. Это дѣло стало на прочную почву только въ послѣднее десятилѣтіе, но теперь оно уже вышло изъ стадіи первоначальныхъ опытовъ и существуетъ рядъ заводовъ въ Германіи, Англіи, Америкѣ и Россіи, готовящихъ хлоръ, ѣдкій натръ и хлорноватыя соли электролизомъ. При электролитическомъ разложеніи хлориетыхъ щелочей на ряду съ ѣдкою щелочью выдѣляется и хлоръ, который обычнымъ порядкомъ можетъ быть превращенъ или въ бѣлильную известь, или сгущенъ въ жидкость. Если вести электролизъ не раздѣляя электролитовъ, получаются при обыкновенной температурѣ хлорноватистыя соли (жавелевая вода и лабарракова жидкость), а при повышенной хлорноватыя (бертолетова или хлорноватонатріевая соль). Какъ указываетъ Эттель, при приготовленіи хлорноватистыхъ солей существуетъ опредѣленный предѣлъ, а именно содержаніе дѣйствующаго хлора въ литрѣ жидкости не можетъ превышать 12,7 граммъ въ литрѣ.

Къ числу замѣчательныхъ, хотя еще съ теоретической точки зрѣнія не выясненныхъ преимуществъ раствора хлорноватистыхъ солей, приготовленныхъ электролизомъ, по сравненію съ растворомъ обыкновенной бѣлильной извести, содержащимъ то же количество дѣйствующаго хлора,

относятся: 1) гораздо большее постоянство жидкости какъ при храненіи на свѣту, такъ и въ темнетѣ, и во 2) гораздо болѣе энергичное отбѣливающее дѣйствіе. Въ виду этого можно думать, что составъ отбѣльныхъ жидкостей, приготовленныхъ при посредствѣ тока, по составу не вполнѣ соотвѣтствуетъ раствору хлорноватистыхъ солей. На свѣту растворъ приготовленный электролизомъ оказывается въ 10 разъ болѣе прочнымъ, а въ темнотѣ въ два раза болѣе прочнымъ.

Принимая во вниманіе сложность какъ Леблановскаго процесса, такъ и амміачнаго способа приготовленія соды и сравнивая съ ними простоту электролиза, когда непосредственно подъ вліяніемъ дѣйствія тока въ водномъ растворѣ прямо получаются какъ ѣдкій натръ, такъ и хлоръ, становится очевиднымъ, что электролитическій способъ имѣетъ всѣ шансы къ дальнѣйшему развитію. Этотъ способъ, кромѣ того, и дешевле.

1 Амперъ выдѣляетъ въ 1 секунду 0,01038^{mg} H_2 (это число представляетъ электрохимическій эквивалентъ водорода). Помножая это число на эквивалентъ какого-нибудь другого элемента (атомный вѣсъ, раздѣленный на атомность), находятъ его электрическій эквивалентъ. Такъ какъ натрій и хлоръ одноатомны, то ихъ электрохимическій эквивалентъ находится помноженіемъ ихъ атомнаго вѣса 23 и 35,5 на вышеуказанное число. Расчитывая по этимъ даннымъ, 100 амперовъ даютъ въ часъ 149,5 гр. ѣдкаго натра и 132,7 гр. хлора.

На ряду съ электролизомъ воднаго раствора поваренной соли въ большихъ количествахъ дѣлались попытки подвергать электролизу расплавленную поваренную соль. При этомъ получается хлоръ и металлическій натрій. Этотъ пріемъ работы однако еще не получилъ, въ виду многочисленныхъ трудностей, техническаго значенія, тогда какъ электролизъ водныхъ растворовъ составляетъ уже предметъ фабричнаго производства.

Электролитическое содовое производство въ настоящее время ведется двумя различными способами: или при посредствѣ ртути, или при посредствѣ водопроницаемыхъ перепонокъ, такъ называемыхъ „діафрагмъ“. Въ первомъ случаѣ выдѣляемый токомъ металлъ устраняется отъ вторичныхъ химическихъ процессовъ тѣмъ, что растворяется въ ртути, которая служитъ однимъ изъ электродовъ и отдѣлена пористой перегородкой отъ остальной массы электролизуемаго раствора. Во второмъ случаѣ діафрагма дѣлитъ электролизаторъ (сосудъ, въ которомъ производится разложеніе, обыкновенно небольшихъ размѣровъ) на двѣ части: анодное и катодное пространство, въ которыхъ и протекаютъ самостоятельные химическіе процессы, въ конечномъ результатѣ имѣющіе образованіе съ одной стороны ѣдкаго натра, съ другой хлора, который по стеклянным трубкамъ направляется въ пріемникъ. Если во время самаго процесса

электролиза въ катодное пространство направлять струю углекислоты, то непосредственно образуются сода или поташъ. Главное затрудненіе при этомъ послѣднемъ пріемѣ работы и представляетъ именно сама діафрагма. Она должна быть съ одной стороны стойка какъ по отношенію къ хлору, такъ и по отношенію къ ѣдкой щелочи, а съ другой стороны она должна оказывать возможно меньшее сопротивленіе току и должна по возможности препятствовать диффузіи образовавшагося ѣдкаго натра въ анодное пространство. Только сравнительно небольшое число предложенныхъ и испытанныхъ на дѣлѣ матеріаловъ въ большей или меньшей степени удовлетворяетъ указаннымъ условіямъ. Въ настоящее время наибольшее значеніе пріобрѣла діафрагма, приготовляемая изъ цемента, которому, предварительнымъ примѣшиваніемъ растворимыхъ солей, а во затвердѣваніи позднѣйшимъ выщелачиваніемъ, придается возможно большая пористость.

Употребляются и предложены также діафрагмы изъ поваренной соли (Роберстсъ), оксихлористыхъ нерастворимыхъ солей (Спилкеръ и Лёве) и, наконецъ, діафрагма изъ мыла (Кельнеръ). Къ числу недостатковъ діафрагменнаго электрическаго способа относится пока еще неустраненная потеря поваренной соли. Оказывается, что электролизъ не можетъ идти до конца, и обыкновенно въ маточныхъ щелокахъ, выпускаемыхъ съ завода, остается еще до 12% поваренной соли.

Въ ртутномъ способѣ этотъ недостатокъ устраненъ и реакція можетъ идти до конца, или же почти до конца. Но самый способъ имѣетъ и свои недостатки. Одинъ изъ нихъ тотъ, что образующаяся амальгама всплываетъ на поверхность ртути и препятствуетъ дальнѣйшему поглощенію металла, вслѣдствіе чего, конечно, начинается рядъ обратныхъ процессовъ. До нѣкоторой степени этотъ недостатокъ устраняютъ, приводя ртуть въ непрерывное качательное или вращательное движеніе, вслѣдствіе чего амальгама совершеннѣе растворяется въ ртути, а съ другой стороны по возможности часто мѣняютъ ртуть, такъ, чтобы въ ней не содержалось больше 5—8% амальгамы въ растворѣ.

Рисунокъ 6 изображаетъ электролизаторъ Кастнера-Кельнера, раздѣленный двумя вертикальными перегородками, доходящимъ почти до дна сосуда и опущенными въ ртуть, на три отдѣленія. Въ отдѣленіяхъ A и C находится растворъ поваренной соли, въ B вода. Приборъ устанавливается съ одной стороны на треножную подставку, а съ другой на вращающійся эксцентрическій валъ; вслѣдствіе чего непрерывно качается. Въ анодномъ отдѣленіи B образуется ѣдній натръ вслѣдствіе разложенія амальгамы и выдѣляется какъ результатъ реакціи водородъ; въ анодныхъ отдѣленіяхъ выдѣляется хлоръ.

Этимъ способомъ работаетъ, расходуя до 4.000 силъ, Mathieson Alkali Company на Ніагарѣ. Судя по литературнымъ даннымъ, Кастнеръ достигаетъ, работая по этому способу, до 90% полезнаго дѣйствія. Онъ преимущественно распространенъ въ Англіи и Америкѣ, а діафрагменный способъ въ Германіи.

Цѣлый рядъ заводовъ въ Швейцаріи, Франціи, Швеціи и Америкѣ (на Ніагарѣ) работаютъ при посредствѣ электролиза хлорноватыя соли и въ настоящее время вся поступающая на рынокъ бертолетовая соль представляетъ соль, приготовленную почти исключительно электролизомъ. Въ основѣ этого способа лежитъ, конечно, разложеніе хлористыхъ солей безъ раздѣленіи электролитовъ и при сравнительно повышенной температурѣ.

Электролизъ примѣняется также и къ химической технологіи органическихъ веществъ; хотя въ этомъ направленіи сдѣлано пока сравнительно немного. Это, конечно, находится въ зависимости отъ того, что въ большинствѣ случаевъ органическіе процессы болѣе сложны. Тѣмъ не менѣе токъ примѣняется и на заводахъ, перерабатывающихъ органическія вещества. Онъ примѣняется для возстановленія нитротѣлъ (электролитическая редукція), для приготовленія нѣкоторыхъ пигментовъ, хлороформа и іодоформа, въ сахарномъ производствѣ для очистки свекольнаго сока, для очистки виннаго спирта, въ красильномъ производствѣ, въ кожевенномъ производствѣ для дубленія кожъ и т. п.

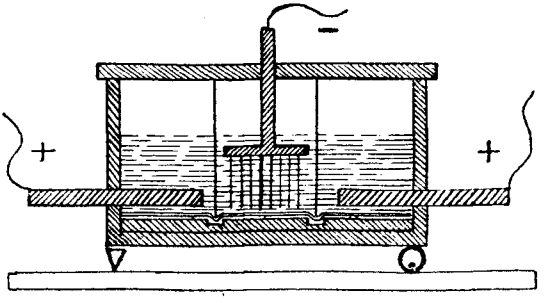

Рис. 6.

Гальванопластика, открытая въ тридцатыхъ годахъ русскимъ ученымъ Якоби, основывается на выдѣленіи мѣди при посредствѣ электрическаго тока изъ сѣрнокислаго раствора, подкисленнаго сѣрной кислотой. Весьма замѣчательно, что до сихъ поръ для гальванопластической репродукціи употребляется исключительно мѣдь; остальные металлы мало пригодны, такъ какъ не выдѣляются въ такомъ плотномъ елоѣ.

При гальванопластическихъ работахъ сперва приготовляются матрицы или формы (представляющія негативъ оригинала), изъ гуттаперчи, стеарина, гипса, воска и т. п., которыя, чтобы сдѣлать ихъ проводниками тока, покрываются съ поверхности графитомъ. На такой формѣ осѣдаетъ

по желанію болѣе или менѣе толстымъ слоемъ мѣдь, при чемъ и получается точная копія взятаго оригинала. Обыкновенно примѣняется токъ силою въ 0,6 — 1 амперъ, а растворъ мѣднаго купороса содержитъ не болѣе 18% соли. Какъ скоро будетъ нарощенъ достаточно толстый слой мѣди, матрицу вынимаютъ, промываютъ водой и высушиваютъ. Обливаніемъ горячей водой или нагрѣваніемъ надъ открытымъ пламенемъ отдѣляютъ матрицу и очищаютъ приготовленный оттискъ.

Гальваностегіей называется отрасль гальванопластики, имѣющая цѣлью покрываніе металлическихъ поверхностей стойкими металлами: никкелемъ, серебромъ, золотомъ съ цѣлью сдѣлать ихъ болѣе неизмѣняемыми на воздухѣ. Гальваностегія въ настоящее время въ широкихъ размѣрахъ примѣняется въ машиностроительномъ дѣлѣ и въ производствѣ различныхъ приборовъ и домашнихъ вещей.

Металлургія тоже въ значительной степени пользуется электрической энергіей, въ особенности для раффинированія, а также и для извлеченія нѣкоторыхъ металловъ изъ рудъ. Гальванопластическій пріемъ работы лежитъ въ сущности въ основѣ заводскаго раффинированія металловъ электролизомъ, которое при работѣ обычнымъ путомъ представляетъ нерѣдко большія трудности. Въ особенности большія трудности представляетъ очистка мѣди и потому очень крупнымъ шагомъ впередъ въ этомъ производствѣ слѣдуетъ признать введеный теперь въ практику пріемъ очистки электрохимическимъ путемъ, дающій возможность приготовлять почти совершенно химически чистую мѣдь. Въ принципѣ пріемъ электролитической очистки мѣди очень иростъ. Въ слабо—кислый сѣрнокислый растворъ мѣди иодвѣшиваютъ съ одной стороны сырую мѣдь въ видѣ толстыхъ пластинъ, а съ другой тонкіе листы изъ чистой мѣди. Первый соединяютъ съ положительнымъ, а вторые съ отрицательнымъ полюсомъ динамомашины. По мѣрѣ того, какъ мѣдь изъ раствора осаждается на тонкихъ листкахъ отрицательнаго электрода, на положительномъ происходитъ раствореніе сырой мѣди [1]). Примѣси частью переходятъ въ растворъ, частью же остаются, въ видѣ нерастворимаго губчатаго остатка. Электролитическая мѣдь цѣнится дороже и примѣняется въ особенности въ большихъ количествахъ въ электротехникѣ. На ряду съ этой очисткой примѣняется также и непосредственно добыча мѣди изъ рудъ при помощи тока по способу Марчезе.

Кромѣ мѣди, электролизъ примѣняется и для очистки никкеля, а

---

[1]) Очищенная электролизомъ, такъ называемая катодная мѣдь, содержатъ въ среднемъ около 99,925% мѣди, 0,070 кислорода и всего около 0,005% постороннихъ металловъ. Въ 1900 г. было приготовлено только въ Соединенныхъ Штатахъ 211,000 тоннъ катодной мѣди.

также и для отдѣленія серебра и золота отъ другихъ металловъ. Въ особенности же большое значеніе пріобрѣло электричество при добываніи алюминія, и можно сказать, что добыча этого металла, теперь стоящаго уже не дороже мѣди, исключительно обусловлена примѣненіемъ къ его добыванію электричества. Въ настоящее время существуетъ рядъ заводовъ, приготовляющихъ алюминій электролизомъ; одинъ изъ наиболѣе значительныхъ пользуется силою Нейнгаузенскаго водопада на Рейнѣ. Цѣна алюминія упала въ особенности съ тѣхъ поръ, когда представилась возможность въ электрическихъ печахъ возстановлять глиноземъ въ присутствіи угля въ металлическій алюминій и окись углерода.

При помощи тока добываются также магній и металлическій натрій. Введеніе въ большую практику электрическихъ печей или вольтовой дуги вообще представляетъ крупный шагъ впередъ. Главное преимущество заключается въ томъ, что въ такого рода печахъ является возможнымъ вести работу при такихъ температурахъ, достигнуть которыхъ не представлялось до самаго послѣдняго времени возможнымъ никакимъ другимъ способомъ. Какъ среднее, можно принять, что температура въ этихъ печахъ не ниже 4000° С (тогда какъ t° громучаго газа 2000° С), и при такой температурѣ протокаетъ легко цѣлый рядъ процессовъ, которые въ иныхъ условіяхъ не идутъ. Въ электрическихъ печахъ легко возстановляются всѣ наиболѣе трудно возстановляющіеся металлы и, что въ особенности интересно, при этомъ они выдѣляются очень часто въ видѣ соединеній съ углеродомъ или въ видѣ карбидовъ. Такъ, если въ электрической печи нагрѣвать тѣсную смѣсь измельченной извести и углерода, образуется карбидъ кальція, соединеніе, котовое пріобрѣло теперь очень большое значеніе какъ исходный матеріалъ при приготовленіи ацетилена, въ большихъ количествахъ расходуемаго для освѣщенія. Для приготовленія карбида берутъ обыкновенно смѣсь 56 частей извести и 36 частей угля, при чемъ и тотъ, и другой матеріалъ предварительно самымъ тщательнымъ образомъ измельчается. Токъ берется въ 1700—2000 амперовъ и 65—100 вольтъ. Какъ побочный продуктъ реакціи, въ большихъ количествахъ выдѣляется окись углерода. Для приготовленія карбида безразлично, употребляется ли постоянный или перемѣнный токъ, такъ какъ при его приготовленіи имѣетъ мѣсто не электролизъ, а вліяетъ исключительно высокая температура тока. Стоимость тонны карбида колеблется въ предѣлахъ около 150—250 франковъ [1]).

---

[1]) Наибольшее число заводовъ, приготовляющихъ карбидъ, сосредоточивается въ Швейцаріи, гдѣ на это производство расходуется болѣе 15.000 электрическихъ лошадей.

Цѣлый рядъ другихъ карбидовъ былъ приготовленъ и изученъ Муассаномъ. Нѣкоторые изъ нихъ представляютъ глубокій теоретическій интересъ, а нѣкоторые весьма возможно пріобрѣтутъ и техническое значеніе. На ряду съ карбидами обращаетъ на себя вниманіе производство въ электрическихъ печахъ и силицидовъ, или соединеній металловъ и металлоидовъ съ кремніемъ. Изъ этихъ силицидовъ большое техническое значеніе пріобрѣлъ карборундъ, или соединеніе кремнія съ углеродомъ, соединеніе, отличающееся выдающеюся твердостью, почему оно и расходуется въ большихъ количествахъ, какъ шлифовальный матеріалъ.

Въ электрическихъ печахъ, какъ показали братья Каулесъ, нагрѣваніемъ смѣси глинозема, угля и мѣдной окалины можетъ быть приготовлена алюминіевая бронза и нѣкоторые другіе сплавы.

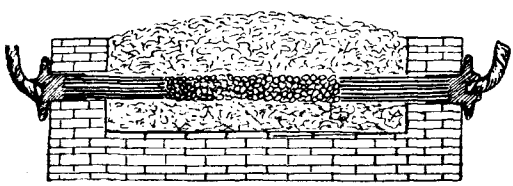

Рис. 7.

Изъ сравнительно болѣе новыхъ электро-химическихъ производствъ заслуживаетъ вниманія въ особенности производство графита, по способу Ачесона, изъ кокса или угля. Единственный во всемъ мірѣ такой заводъ работаетъ съ 1899 года на Ніагарѣ; выдѣлываемый имъ графитъ отличается весьма высокими качествами.

Совершенно оригинальный пріемъ производства въ электрической печи сѣроуглерода патентованный въ 1900 году, практикуется на заводѣ въ Торрэй, штатѣ Нью-Іоркъ.

Непрерывное производство фосфора по способу Рндшара, Паркера и Робинзона изъ фосфорнокальціевой соли (100 частей), песка (50) и кокса (50) представляетъ другой удачный примѣръ примѣненія электрической энергіи къ технологіи.

Такимъ путемъ удается получить изъ фосфата кальція до 80% содержавшагося въ немъ фосфора, который выдѣляется при этомъ въ видѣ пара и сгущается въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ.

Электрическія печи, схематическое изображеніе которыхъ видно на рис. 7, а внѣшній видъ печи на рис. 8, конструируются теперь нерѣдко очень значительныхъ размѣровъ изъ кирпича длиною до 16 футъ и шириною и высотою до 5 фут. Стѣнки дѣлаются до 2 фут. толщиною. Основаніе печи дѣлается изъ прочнаго матеріала и не разбирается во время работы; боковыя же стѣнки послѣ каждой плавки разбираются и при каждой загрузкѣ вновь выкладываются. Съ боковъ печи помѣщаются

квадратныя металлическія пластины, въ которыхъ укрѣпляются проводники, внутри печи соединяющіеся съ угольными электродами. Загрузка составляетъ 750—800 пудовъ.

Наконецъ, сравнительно очень недавно, Вальтеръ въ Петербургѣ показалъ, что, подвергая электролизу водные растворы углекислоты, легко получаютъ, модифицируя въ томъ или другомъ направленіи условія работы, самыя разнообразныя органическія вещества: углеводы, кислоты: щавелевая, виннокаменная, лимонная и др., и, наконецъ, бѣлки, и тѣмъ самымъ показалъ очевидную возможность, хотя бы только въ болѣе или менѣе отдаленномъ будущемъ, готовить органическія вещества, исходя изъ минеральнаго углерода, заключеннаго въ различнаго рода горныхъ породахъ.

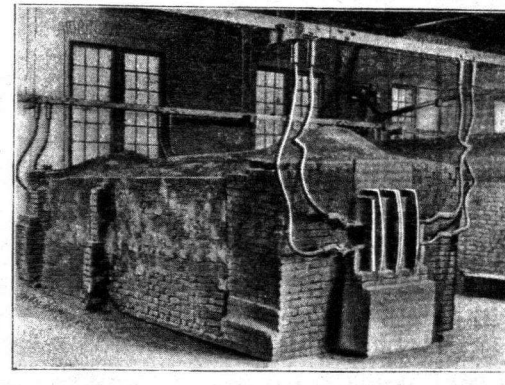

Рис. 8.

Таковы главнѣйшіе, нынѣ практикуемые въ химической технологіи пріемы работы при помощи электричества, и нѣтъ сомнѣнія, что въ виду многихъ значительныхъ удобствъ примѣненіе электричества на этомъ не остановится и эта отрасль техники будетъ развиваться все больше и больше.

Магнетизмъ.

Намеки на то, что магнитъ можетъ имѣть иногда очень большое значеніе, можно усмотрѣть изъ смысла старой восточной сказки, которая гласитъ, что въ нѣкоемъ морѣ стоитъ магнитная гора, которая обладаетъ такимъ сильнымъ вліяніемъ, что на разстояніи вытаскиваетъ изъ приближающихся кораблей всѣ гвозди и желѣзные скрѣпы, обусловливая такимъ образомъ ихъ погибель. Возможно, что эта сказка простой перефразъ миѳа о Сциллѣ и Харибдѣ.

Изъ реальныхъ техническихъ примѣненій магнита заслуживаютъ вниманія слѣдующія.

Въ фабричной гигіенѣ магнитъ въ послѣднее время нашелъ себѣ примѣненіе для очистки воздуха на желѣзодѣлательныхъ и механическихъ заводахъ. Воздухъ въ такого рода заводскихъ помѣщеніяхъ всегда насыщенъ мельчайшею желѣзною пылью, которая осѣдая въ легкихъ, обусловливаетъ рядъ легочныхъ заболѣваній. Поставленные нѣсколько вращающихся магнитовъ въ значительной степени очищаютъ воздухъ. На такихъ же заводахъ часто случается засореніе глазъ окалиною; для этой цѣли тоже примѣняются магниты или даже болѣе сильные электромагниты съ заостренными концами. Если окалина впилась не глубоко, то магнитъ ее легко извлекаетъ.

Изъ чисто техническихъ примѣненій магнита слѣдуетъ упомянуть о примѣненіи магнитовъ въ фарфоровомъ производствѣ для очистки жидко разведенной форфоровой глины отъ содержащихся въ ней частицъ окиси желѣза. Очищенная такимъ путемъ глина даетъ значительно болѣе чистыя издѣлія.

Сравнительно недавно распространилось извѣстіе о новомъ открытіи Эдиссона, имѣющемъ большое техническое значеніе и основанномъ на магнетизмѣ, именно объ обогащеніи бѣдныхъ желѣзныхъ рудъ.

Способъ состоитъ въ общихъ чертахъ въ томъ, что тщательно измельченнная желѣзная руда освобождается въ очень значительной степени отъ сопровождающей ее пустой породы помощью сильнаго магнита.

Исторія этого открытія, какъ въ сущности и многихъ другихъ значительныхъ открытій, очень проста. Однажды, 16 лѣтъ тому назадъ Эдиссонъ гулялъ по берегу Long Island и обратилъ свое вниманіе на кучи наносимаго моремъ черноватаго съ металическимъ блескомъ песка. Захвативъ образецъ съ собою въ лабораторію, онъ убѣдился, что этотъ песокъ притягивается магнитомъ, а слѣдовательно въ главной массѣ состоитъ изъ магнитнаго желѣзника, а потому представляетъ очень большой экономическій интересъ.

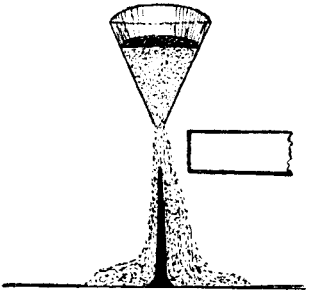

Рис. 9.

Въ принципѣ выработанный Эдиссономъ способъ обогащенія рудъ состоитъ въ слѣдующемъ. Изъ воронки, рис. 9, падаетъ мелко истолченный матеріалъ внизъ, при чемъ желѣзо—содержанія частицы подъ вліяніемъ магнита отклоняются вправо, а пустая порода падаетъ по вертикали. Какъ ни простъ этотъ пріемъ работы въ принципѣ, соотвѣтствующій ему исполнительный механизмъ представляется весьма сложнымъ. На этомъ же принципѣ построена и машина Сименса, употребляемая на нѣкоторыхъ европейскихъ металлургическихъ заводахъ. Шагъ впередъ въ указанномъ направленіи представляетъ патентъ Ренара и Бекера, въ Липецкѣ (Россія), которые превращаютъ бѣдныя желѣзныя кремнеземистыя руды въ магнитныя, подвергая ихъ какъ окислительному такъ и возстановительному дѣйствію генераторныхъ газовъ, и уже только послѣ такой предварительной обработки переходятъ къ ихъ магнитному обогащенію.

Жизнедѣятельность.

Небезъинтереснымъ и весьма важнымъ фактомъ въ области химической технчки послѣдняго времени, притомъ не только одного какого-нибудь производства, а многихъ, является введеніе въ циклъ основныхъ работающихъ причинъ безконечно малыхъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ весьма дѣятельныхъ микроорганизмовъ.

Если токъ атмосфернаго воздуха пропускать въ теченіе нѣкотораго времени черезъ химически чистую, безцвѣтную, сѣрную кислоту, то она мало-по-малу окрашивается и подъ конецъ становится совершенно темной. Это окрашиваніе обусловливается присутствіемъ въ воздухѣ невидимыхъ простымъ глазомъ органическихъ газообразныхъ и твердыхъ организованныхъ веществъ, всегда находящихся въ немъ въ большемъ или меньшемъ количествѣ. Эти организованныя вещества въ главной массѣ состоятъ изъ зародышей мельчайшихъ микроорганизмовъ, или такъ называемыхъ „бактерій“ и „плѣсеней“. Подъ вліяніемъ атмосферныхъ осадковъ, дождя и снѣга, а также и при процѣживаніи воздуха черезъ вату, какъ это показали работы Шрёдера, Дюша и въ особенности Пастёра, воздухъ въ очень значительной степени освобождается отъ этихъ примѣсей.

Эти микроскопическія существа постоянно находятся въ воздухѣ во всѣхъ частяхъ земного шара въ большемъ или меньшемъ количествѣ и играютъ очень большую роль въ жизни природы. Они являются главными возбудителями различныхъ ферментаціонныхъ процессовъ, болѣзней и смерти какъ животныхъ, такъ и растеній. На ряду съ этимъ однако эти же микроорганизмы обусловливаютъ плодородіе почвы и естественную очистку воды рѣкъ и озеръ, а также воздуха. Однимъ изъ наиболѣе крупныхъ научныхъ завоеваній XIX столѣтія и является именно выясненіе вопроса о тѣхъ, долго бывшихъ скрытыми, причинахъ, которыя вызываютъ различныя болѣзни и измѣненія (гнилостныя, бродиль-

ныя и т. п.) въ органическихъ веществахъ при храненіи ихъ на воздухѣ. Такого рода явленія еще въ началѣ прошлаго столѣтія не имѣли никакого научнаго объясненія и соединялись въ одну группу подъ именемъ *міазматическихъ* явленій. Начиная однако работами Шванна въ Берлинѣ (въ 1837 году), который прокаливалъ воздухъ, Шульце, который пропускалъ воздухъ черезъ сѣрную кислоту, и кончая работами Шрёдера и Пастёра, которые процѣживали воздухъ черезъ вату, было наконецъ твердо установлено, что такого рода очищенный воздухъ ужо не вызываетъ указанныхъ міазматическихъ измѣненій въ органическихъ веществахъ, т.-е. по отношенію къ нимъ, въ отличіе отъ свѣжаго воздуха, остается недѣятельнымъ, или какъ говоритъ, стерильнымъ. Точно также и во всякой сырой водѣ (только въ очень различныхъ количествахъ) содержатся эти зародыши и микроорганизмы; стоитъ однако прокипятить ее, какъ она становится обезпложенной, такъ какъ эти микроскопическія вещества подъ вліяніемъ кипяченія погибаютъ. Если такую прокипяченую воду оставить на воздухѣ въ открытомъ сосудѣ, то она вновь заражается попадающими изъ воздуха зародышами и въ ней вновь при благопріятныхъ условіяхъ, т.-е. при прибавкѣ тѣхъ или другихъ органическихъ веществъ, напримѣръ, сахаристыхъ или бѣлковыхъ, можетъ развиться броженіе.

Микробіологія, или наука объ этихъ безконечно мелкихъ существахъ, есть въ сущности зоологія, ботаника и физіологія безконечно малыхъ, часто не видимыхъ простымъ глазомъ животныхъ и растительныхъ организмовъ. Изученіе отношенія нѣкоторыхъ изъ этихъ существъ къ природѣ вообще и къ животному міру въ особенности составляетъ сущность классическихъ изслѣдованій Пастёра, а также Ганзена и Коха, которые доказали, что эти невидимыя существа, проникающія всюду, носящіяся въ видѣ зародышей въ воздухѣ и обыкновенно въ огромныхъ количествахъ заключающіяся въ водѣ, воздухѣ и почвѣ, оказываютъ капитальное вліяніе на жизнь всей органической природы. Въ настоящее время эта новая отрасль знанія трудами многихъ сотенъ ученыхъ болѣе или менѣе изучена, и выдѣленъ при помощи такъ называемыхъ чистыхъ культуръ цѣлый рядъ отдѣльныхъ микроорганизмовъ, изучены условія ихъ существованія, отношенія къ другимъ организмамъ и т. п.

Эти безконечно малыя существа интересуютъ человѣчество съ очень различныхъ точекъ зрѣнія. Патогенные или болѣзнетворные микроорганизмы, вызывающіе болѣзни животныхъ и растеній, составляютъ предметъ медицинской бактеріологіи; эпидеміи холеры, скарлатины, дифтерита, оспы, инфлюэнцы, тифа и т. п., возникающія въ тѣхъ или другихъ мѣстностяхъ, обусловливаются, какъ принято теперь думать, распростране-

ніемъ въ воздухѣ тѣхъ или другихъ спеціальныхъ болѣзнетворныхъ микробовъ. На ряду однако съ патогенными существуетъ цѣлый рядъ другихъ, которые оказываются полезными человѣчеству въ томъ или другомъ отношеніи.

Разложеніе сложныхъ органическихъ веществъ какъ въ природѣ, такъ и въ лаборатории, обусловливается не только дѣйствіемъ различныхъ физическихъ причинъ, напримѣръ: высокой температуры, электрическаго тока и т. п., но также и различнаго рода реагентовъ, даже воды (гидролизъ), другихъ сложныхъ органическихъ, но не организованныхъ ферментовъ, такъ называемыхъ „энзимъ", и, наконецъ, организованныхъ ферментовъ, или микроскопическихъ животныхъ и растительныхъ организмовъ, тѣхъ самыхъ микроскопическихъ существъ, изученіе которыхъ и составляетъ предметъ микробіологіи. Изъ этихъ организованныхъ ферментовъ одни могутъ существовать только въ присутствіи воздуха (аэробные микроорганизмы), другіе же для своего существованіи не требуютъ воздуха (такъ называемые анаэробные микроорганизмы). Всѣ эти ферменты относятся въ настоящее время къ тремъ группамъ: плѣсеней, дрожжей, или сахаромицетовъ, и бактерій или миизомицетовъ.

Эти мельчайшіе организмы состоятъ въ большинствѣ случаевъ изъ одной клѣтки (или ряда клѣтокъ), которая живетъ, принимаетъ пищу, выдѣляетъ отбросы, размножается и наконецъ умираетъ. Именно различіями, наблюдаемыми въ ихъ размноженіи, питаніи и въ продуктахъ выдѣленія они и отличаются одни отъ другихъ. Для діагностики, отождествленія ихъ, наиболѣе важными являются величина ихъ, строеніе и способъ размноженія; единицею при опредѣленіи ихъ величины является „микронъ", μ, или $^1/_{1000}$ миллиметра.

На рис. 10, вверху, изображены дрожди (*a*—культурныя дрожжи, Sacharomyces cerevisiae, увеличенныя въ 500 разъ, а *b* дикія дрожжи, Mycoderma cerevisiae, тоже увеличенныя въ 500 разъ). Въ срединѣ изображены разныя формы бактерій: *a*—микрококки, *b*—диплококки, *c*—тетракокки, *d*—пакетъ-кокки (сарцина) *e*—стафилококки, *f*—стрептококки, *g*—колонія зооглея, *h*—бациллы, *i*—спириллы, *j*—комма бацилла, *k*—спирохеты, *l*—бактеріи, снабженныя волосиками, *m*—кокки съ капсюлями, *n*—маслянокислая бактерія.

Внизу изображены 2 типа наиболѣе распространенныхъ плѣсеней; *a*—изображаетъ нити, или мицелій, очень распространенной плѣсени Mucor mucedo, а рис. *b*—сѣроватозеленую плѣсень Penicilium glaucum.

Быстрота размноженія бактерій находится въ зависимости отъ температуры, вида бактеріи и существованія подходящей питательной среды. Сѣнная бацилла (изъ настоя сѣна) развиваетъ вторую генераціи при

35° въ 20 минутъ, при 20° въ 30 минутъ. Если предположить, что каждая отдѣльная бактерія черезъ 30 минутъ образуетъ вторую, то одна бацилла длиною 2 μ и шириною 1 μ, вѣсомъ 0,000000001571 mg. че-

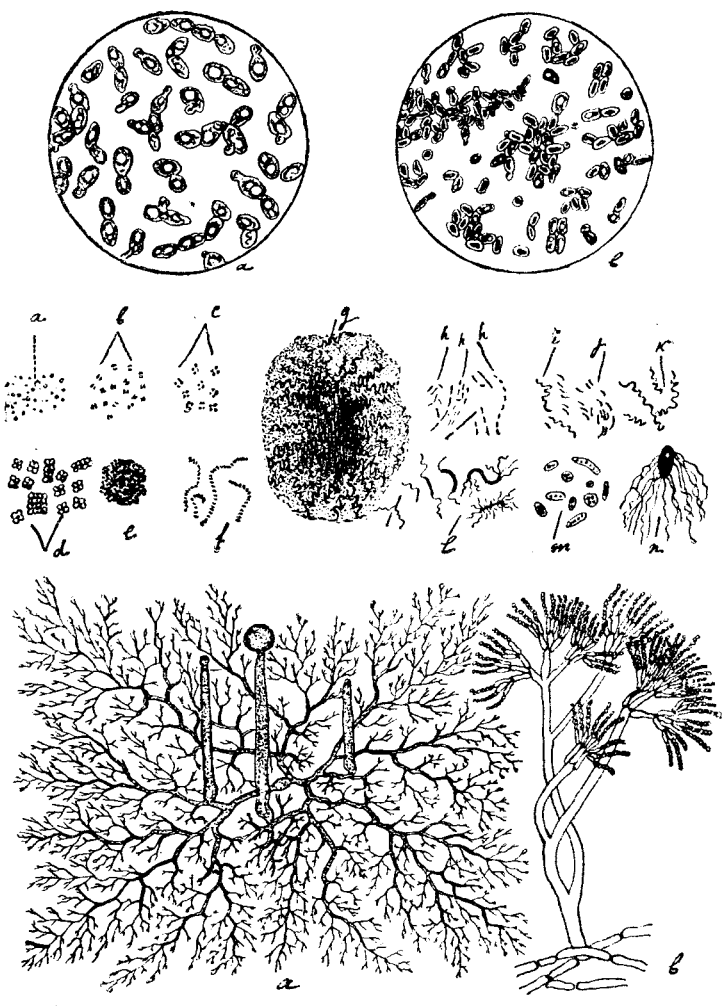

Рис. 10.

резъ 2 дня даетъ 281 билліонъ отдѣльныхъ экземпляровъ, которые займутъ объемъ въ $^1/_2$ литра. По прошествіи дальнѣйшихъ трехъ дней ихъ должно образоваться такое количество, что они заполнили бы всѣ моря; количество ихъ могло бы быть выражено только числомъ въ 37 знаковъ.

Нѣкоторые изъ этихъ организмовъ издавна уже служатъ человѣчеству; таковы, напримѣръ, дрожжи. Подтвержденіемъ этому можетъ служить тотъ фактъ, что хотя обыкновенныя пивныя дрожжи и чрезвычайно распространены, но всегда находятся только въ человѣческомъ общежитіи; въ дикомъ же состояніи они до сихъ поръ съ достовѣрностью не найдены, хотя другихъ видовъ дрожжи, кромѣ пивныхъ, находятся и въ дикомъ состояніи на поверхности плодовъ, корней растеній, въ растительныхъ слизистыхъ сокахъ и т. п.

Дрожжевые грибки, или сахаромицеты, грибки съ совершенно своеобразною организаціею и характернымъ ходомъ развитія, обладаютъ рѣзко выраженною способностью вызывать такъ называемое „спиртовое" броженіе, т.-е. превращать сахаръ въ углекислоту и спиртъ.

Именно въ виду этой способности дрожжи имѣли и имѣютъ огромное значеніе при производствѣ различныхъ спиртуозныхъ жидкостей, приготовляемыхъ броженіемъ: вина, водки, пива и т. п.

Изученіе жизнедѣятельности дрожжей составляетъ заслугу датскаго ученаго Ганзена, который выработалъ методу выдѣленія отдѣльныхъ разновидностей при помощи такъ называемой „чистой культуры", или разводки ихъ въ подходящихъ температурныхъ условіяхъ и въ соотвѣтствующей питательной средѣ. Имъ выдѣленъ былъ цѣлый рядъ видовъ: Sacharomyces cerevisiae I, S. Pastorianus I, S. P. II, S. P. III, S. ellipsoideus и др.

Спеціально пивныхъ дрожжей извѣстно нѣсколько разновидностей, но всѣ онѣ относятся къ двумъ расамъ, обусловливающимъ или такъ называемое „верховое", или такъ называемое „низовое" броженіе. Ганзенъ вмѣстѣ съ тѣмъ показалъ, что различнаго рода болѣзни пива или уклоненія отъ нормальнаго хода производства и нормальнаго состава, обусловливаются чаще всего примѣсью къ пивнымъ дрожжамъ дикихъ дрожжей или даже другихъ микроорганизмовъ. Поэтому, во избѣжаніе этихъ неправильностей, существенно важно употреблять чистыя дрожжи, „дрожжи чистой культуры", и старательно избѣгать зараженія сусла со стороны. Такимъ образомъ въ настоящее время строго установлено, что для полученія пива опредѣленныхъ свойствъ существенно важно, помимо соотвѣтствующаго химическаго состава веществъ, идущихъ для приготовленія затора, еще и совершенно опредѣленный сортъ дрожжей чистой культуры.

Тотъ же самый пріемъ примѣняется и въ винокуренномъ производствѣ и въ винодѣліи. Прежде при винокуреніи пользовались обыкновенно пивными дрожжами, въ настоящее время большею частью употребляютъ дрожжи собственнаго производства, для чего на заводахъ

приготовляется спеціальный дрожжевой заторъ, который и служитъ питательной средой для задаваемыхъ ему дрожжей чистой культуры. При приготовленіи вина изъ винограда въ сущности нѣтъ необходимости употреблять дрожжи, такъ какъ зародыши дрожжевыхъ клѣтокъ находятся на самомъ винограде и при выдавливаніи сока переходятъ въ сусло. Однако такой пріемъ работы, въ широкихъ размѣрахъ практиковавшійся въ прежнее время, теперь тоже примѣняется все рѣже и рѣже: какъ показываетъ винодѣльная практика, для полученія вина опредѣленнаго качества, „букета", существенно важно, помимо употребленія опредѣленнаго сорта винограда еще и соотвѣтствующія дрожжи. Есть даже указанія, что употребляя дрожжи опредѣленнаго сорта и изъ винограда, считавшагося непригоднымъ или мало пригоднымъ для выдѣлки вина опредѣленнаго сорта, удается приготовить вино, близкое къ нему по свойствамъ.

Въ ячменномъ суслѣ винныя дрожжи даютъ вино со спеціальнымъ букетомъ того вина, изъ котораго онѣ получены. Въ Неаполѣ, какъ это видно изъ консульскихъ отчетовъ, въ широкихъ размѣрахъ приготовляются виноградныя вина изъ ячменя, при чемъ сбраживаніе ячменнаго сусла производится винными дрожжями: хересными, малаговыми и т. п. Въ Германіи тоже имѣется рядъ заводовъ для выдѣлки подобнымъ путемъ виноградного вина изъ солода.

Небезъинтересно также, что съ развитіемъ бактеріологіи, дрожжамъ явился новый сильный конкурентъ въ образѣ мукориновой плѣсени или грибка „Amylomyces Roukii", грибка обладающаго способностью не только разлагать сахаръ на спиртъ и углекислоту, но также весьма энергично осахаривать крахмаль (каковою способностью дрожжи не обладаютъ), что представляетъ значительное преимущество, такъ какъ ускоряетъ и облегчаетъ работу и дѣлаетъ излишнимъ употребленіе солода. Такое же дѣйствіе оказываетъ и другой грибокъ, Aspergillus oryzae, употребляемый въ Японіи вмѣсто дрожжей для приготовленія спиртуозныхъ жидкостей.

Въ огромныхъ количествахъ расходуются дрожжи и въ хлѣбопеченіи; представляется фактомъ вполнѣ общеизвѣстнымъ, что изъ одного и того же тѣста съ двумя различнаго сорта дрожжями получается хлѣбъ неодинаковаго качества. Потребность хлѣбопеченія въ дрожжяхъ удовлетворяется продуктами нѣсколькихъ заводовъ, приготовляющихъ такъ называемыя „прессованныя" дрожжи, которыя и въ самомъ дѣлѣ получаются прессованіемъ отброднвшаго дрожжеваго затора, смѣшаннаго съ крахмаломъ.

Оставленное вино, пиво или какая-нибудь другая спиртуозная жидкость, содержащая небольшое количество азотистыхъ веществъ, въ от-

крытомъ сосудѣ на воздухѣ, быстро окисляется вслѣдствіе превращенія спирта въ уксусную кислоту. Окисленіе вызывается жизнедѣятельностью микроорганизма, относящагося къ плѣсенямъ, Micoderma aceti, зародыши котораго носятся въ воздухѣ. Наиболѣе благопріятная температура не превышаетъ 30° С., и существенно важно, какъ и при всякомъ броженіи, чтобы жидкость содержала подходящую питательную среду, т.-е., кромѣ бѣлковыхъ веществъ также и соотвѣтствующія количества различныхъ минеральныхъ солей. Производство уксуса брожешемъ ведется еще безъ достаточнаго внимашія къ основнымъ принципамъ ферментаціи при помощи чистыхъ культуръ, примѣняемыхъ уже, какъ выше указано, въ широкихъ размѣрахъ въ пивовареніи и винокуреніи, и недостаточно еще освѣщена необходимость вести работу съ организмомъ опредѣлеинаго только вида.

Въ послѣдшіе годы быстро развивается совершенно новая отрасль химической технологіи, основанная на броженіи, а именно, производство органическихъ кислотъ: молочной и лимонной. Первая, молочная кислота, находитъ большое примѣнешіе въ красильной техникѣ, главнымъ образомъ при окрашиваніи шерсти, вторая въ значительныхъ количествахъ расходуется въ общежитіи, кондитерскомъ дѣлѣ и медицинѣ и до послѣдняго времени готовились изъ лимоновъ, вслѣдствіе чего стоила очень дорого, до 40—50 за пудъ. Производство молочной кислоты изъ патоки есть результатъ жизнедѣятельности микроорганизма „Bacillus acidi lactici“, или той же самой молочной бактеріи, которая обусловливаетъ и скисаніе молока. Къ патокѣ прибавляется подходящій азотистый и минеральный питательный матеріалъ и закваска изъ кислаго молока. Броженіе длится 3—5 дней, и въ результатѣ его получается жидкость, содержащая молочную кислоту почти въ двойномъ количествѣ противъ первоначально содержавшагося въ растворѣ сахара, такъ какъ изъ одной частицы глюкозы получается двѣ частицы молочной кислоты.

Нѣсколько лѣтъ тому назадъ Вемеръ показалъ, что грибокъ „Citromyces“ обусловливаетъ разложеніе патоки въ подходящихъ условіяхъ съ образовашемъ лимонной кислоты. Въ настоящее время для той же цѣли примѣняется другое микроскопическое существо „Мисог piriformis“. Этотъ грибокъ находится на гвіющихъ плодахъ. Чистая культура этого грибка легко приготовляется высѣвашеиъ споръ на соотвѣтствующую питательную среду при подходящей температурѣ не выше 14°—20° С. Приготовленіе лимонной кислоты изъ глюкозы производится въ довольно значительныхъ размѣрахъ и до 60 % отъ вѣса взятой глюкозы можетъ быть такимъ путемъ превращено въ лимонную кислоту.

Небезъинтересно, что даже такое рутинное производство какъ ко-

жевеняое начинаетъ пользоваться услугами микробіологія. Въ этомъ производствѣ весьма важное значеніе имѣетъ „золка“, операція, состоящая въ такой подготовкѣ сырой кожи, что волосяной покровъ послѣ этой операціи удаляется очень легко при помощи простого деревяннаго ножа; обстоятельство это имѣетъ очень большое значеніе, такъ какъ при этомъ безусловно избѣгается порча лицевой стороны кожи или порѣзъ ея. Кромѣ извести, русмы, или сѣрнистаго мышьяка, старыхъ дубильныхъ соковъ, давно уже, въ особенности для подошвенныхъ кожъ, примѣняется золка „припариваніемъ“, состоящая въ томъ, что кожи развѣшиваются въ спеціальныхъ потныхъ или швицъ-камерахъ, въ которыхъ поддерживаются опредѣленная температура и опредѣленная степень влажности. При этомъ припариваніи сравнительно скоро съ мясной стороны, или „бахтармы“, начинается поверхностное загниваніе, въ результатѣ котораго выдѣляется амміакъ, обусловливающій разрыхленіе луковичекъ волосъ. Это припариваніе даетъ высокій сортъ подошвеннаго товара, но не всегда удается, такъ какъ иногда гнилостный процессъ протекаетъ не нормально быстро и вся толща кожи портится. По изслѣдованіямъ Виллона и Шмитцъ-Дюмона, озоленіе припариваніемъ обусловливается жизнедѣятельностью особаго микроба, гнилостной бактеріи „Streptococcus“. Для успѣшнаго веденія этого пріема золки Шмитцъ-Дюмонъ рекомендуетъ сперва стерилизовать кожу и уже на стерилизованную, обезпложенную, лишенную другихъ микробовъ кожу наносить чистую культуру необходимой бактеріи, такъ какъ неправильности въ работѣ, по его изслѣдованіямъ, обусловливаются именно жизнедѣятельностью другихъ, кромѣ указанной, бактерій. Какъ показываютъ нѣкоторыя позднѣйшія работы, огромное значеніе бактеріальная жизнь имѣетъ и при нѣкоторыхъ другихъ процессахъ кожевеннаго производства, напримѣръ, при „шакшеваніи“, а также и при самомъ дубленіи кожъ, такъ какъ въ дубильныхъ чанахъ, въ которыхъ кожи остаются лежать въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, иногда протекаютъ различнаго рода бактеріальные процессы, обусловливающіе разложеніе какъ дубла, такъ и самой кожи.

Въ клееваренномъ производствѣ хлопотливой, но вмѣстѣ съ тѣмъ очень важной операціей является сушка остудененнаго и нарѣзаннаго на куски клея. Сырой клей высыхаетъ очень трудно; сушка идетъ сравнительно хорошо только на свѣжемъ воздухѣ, и притомъ тогда, когда и не очень жарко, и не очень холодно, т.-е. только весною и осенью. Лѣтомъ же клей расплавляется и не успѣваетъ подсохнуть. Понятно, что на большихъ клеевареяныхъ заводахъ давно уже перешли къ искусственной сушкѣ въ спеціальныхъ сушилкахъ съ очень большимъ прито-

комъ воздуха. При этомъ однако носящіося въ воздухѣ зародыши различныхъ микроорганизмовъ, встрѣчая подходящую питательную среду сравнительно быстро развиваются, а разъ на поверхности не вполнѣ высохшаго клея развивается бактеріальная жизнь, то качества его значительно ухудшаются. Въ настоящее время это иногда устраняется тѣмъ, что входящій въ сушильную камеру воздухъ процѣживается черезъ вату, которая такимъ образомъ и задерживаетъ носящіеся въ воздухѣ зародыши.

Съ клёковой бациллой, Ascoccus mesenterioides, приходится считаться въ сахарномъ производствѣ. Бактерія эта попадается въ свекловичномъ сокѣ, а также въ патокѣ сахарныхъ заводовъ и образуетъ здѣсь слизи, такъ называемый „клёкъ". Сильное развитіе этой бактеріи причиняетъ на сахарныхъ заводахъ большіе убытки вслѣдствіе потери сахара.

Микробіологія имѣетъ значеніе и въ красильной техникѣ, именно въ кубовомъ крашеніи или крашеніи индиго, при окрашиваніи шерстяныхъ тканей въ горячихъ ферментаціонныхъ кубахъ. Въ составъ этихъ кубовъ входитъ краппъ, вайда, отруби, щелочь (известь или сода) и индиго. Броженіе развивается подъ вліяніемъ микроба Bacillus subtilis, споры котораго находятся въ заложенныхъ матеріалахъ и въ самомъ помѣщеніи красильни. Нерѣдко случается однако, что ферментація идетъ неправильно, образуется то, что на языкѣ красильщиковъ носитъ названіе „болѣзней" куба. Прежде эти уклоненія въ работѣ были совершенно необъяснимы, такъ какъ случалось, что при тѣхъ же самыхъ матеріалахъ и щепетильномъ соблюденіи тѣхъ же самыхъ условій работы, заправленный кубъ тѣмъ не менѣе не красилъ, т.-е. въ немъ не происходило возстановленіе индиго или же оно шло дальше, чѣмъ это нужно для дѣла. Съ развитіемъ микробіологіи становится очевиднымъ, что и эти уклоненія въ работѣ кубовъ зависитъ исключительно отъ введенія въ подходящую питательную среду другихъ микроорганизмовъ, измѣняющихъ теченіе реакціи въ нежелательномъ направленіи.

Точно такъ же и приготовленіе нѣкоторыхъ пигментовъ цѣликомъ основано на бактеріальной дѣятельности; таково, напримѣръ, производство естественнаго индиго изъ сока индигоносокъ и орсейля изъ различныхъ лишайниковъ. Нѣкоторыя бактеріи, кромѣ того, въ собственномъ смыслѣ слова являются пигменто-образователями (хромогенныя бактеріи), такъ какъ продуктами ихъ нормальной жизнедѣятельноети являются не только окрашенныя, но и красящія вещества въ собственномъ смыслѣ этого слова. Многимъ, вѣроятно, приходилось видѣть заплеснѣвшій зеленый и красный хлѣбъ, синее молоко и т. п.; бѣлоснѣжный покровъ высокихъ

горъ нерѣдко окрашенъ въ интенсивно-красный цвѣтъ; къ тому же типу явленій относится также окрашенная вода многихъ морей и озеръ.

Не меньшее значеніе начинаетъ пріобрѣтать микробіологія въ молочномъ хозяйствѣ, главнымъ образомъ при приготовленіи масла и сыровъ. Извѣстно, что при приготовленіи масла въ большихъ количествахъ его приготовляютъ не изъ сливокъ, а изъ сметаны, представляющей въ сущности закисшія сливки. Закисаніе молока и сливокъ обусловливается жизнедѣятельностью молочныхъ бактерій. Конъ опредѣлилъ, что въ 1 к. с. свѣжихъ сливокъ содержится 4.060.000 бактерій, а въ 1 к. с. тѣхъ же сливокъ, но скисшихся въ сметану, черезъ 48 часовъ уже 346.040.000. Кромѣ молочныхъ бактерій, находящихся въ молокѣ, въ него попадаютъ бактеріи и изъ воздуха; при храненіи молока и сливокъ въ недостаточно чистой посудѣ и въ помѣщеніи съ плохимъ воздухомъ молоко инфицируется, ферментаціонный процессъ идетъ въ другомъ направленіи и получается сметана ненормальнаго вкуса, дающая и масло плохого качества Отсюда видно, какъ важно въ молочномъ хозяйствѣ для полученія масла хорошаго вкуса, цвѣта и стойкости, чтобы ферментаціонный процессъ протекалъ нормально, и не удивительно, что въ Даніи, Голландіи и Германіи уже пришли къ необходимости не давать закисать перерабатываемымъ молочнымъ продуктамъ самопроизвольно, а только по прибавкѣ опредѣленной закваски или чистой культуры молочныхъ бактерій, приготовляемой на такъ называемыхъ молочныхъ опытныхъ станціяхъ. Идеаломъ работы большихъ маслодѣльныхъ заводовъ уже въ большомъ числѣ существующихъ за границей, расположенныхъ по преимуществу въ узловыхъ желѣзнодорожныхъ центрахъ, перерабатывающихъ по нѣскольку тысячъ пудовъ молока въ сутки, является стерилизація всего доставляемаго на заводъ молока, непосредственно по полученіи, а затѣмъ уже прибавка къ нему закваски нормальнаго состава. Сыроваренное производство еще очень мало изучено, но несомнѣнно цѣликомъ основано на микробіологическихъ данныхъ.

Наконецъ, и въ земледѣльческой промышленности микробіологія начинаетъ оказывать вліяніе. Извѣстно, что бобовыя растенія: вика, горохъ и т п., обладаютъ способностью поглощать изъ воздуха нужный для ихъ питанія азотъ. Эта способность обусловливается жизнедѣятельностью бактерій, гнѣздящихся въ наростахъ или бугоркахъ на корняхъ этихъ растеній. Если эти наросты, и слѣдовательно бактеріи, будутъ удалены, то растеніе погибаетъ или можетъ расти только въ томъ случаѣ, если получитъ азотъ въ видѣ удобренія, такъ какъ азота воздуха оно уже поглощать не можетъ.

Такимъ образомъ присутствіе бактерій имѣетъ огромное значеніе для культуры многихъ растеній. Д-ра Ноббэ и Гильтнеръ приготовили чистую культуру указанныхъ бактерій въ соотвѣтствующей благопріятной для ихъ развитія средѣ, и эта чистая культура была ими названа „нитражиномъ". Въ настоящее время нитражинъ готовится въ большихъ количествахъ химическимъ заводомъ акціонернаго общества въ Гёхстѣ. Нитражинъ или прибавляется передъ посѣвомъ къ сѣменамъ, или, что лучше, предварительно смѣшивается съ землей, и эта земля равномѣрно распредѣляется по пашнѣ. Для различныхъ растеній имѣются различныя культуры нитражина. Пробы, произведенныя съ нитражиномъ, показали, что онъ дѣйствительно представляетъ цѣнное и энергично дѣйствующее вещество въ смыслѣ обогащенія почвы азотомъ. При употребленіи нитражина подъ культуру указанныхъ растеній могутъ быть заняты такія земли, которыя безъ нитражина для этой цѣли совершенно непригодны. Другой подобный же продуктъ, способствующій росту злаковъ, представляетъ „алинитъ", выпущенный въ продажу фабрикою Байеръ. Для одной десятины, предназначенной подъ посѣвъ зерновыхъ растеній, достаточно всего 2 граммъ алинита, разведеннаго съ водой и смѣшаннаго съ землей. Есть указанія, что и алинитъ оказываетъ благопріятное дѣйствіе.

Что, однако, въ особенности представляетъ выдающійся общественный интересъ, это содѣйствіе микробіологіи къ рѣшенію одной изъ наиболѣе трудныхъ задачъ общественной гигіены, именно примѣненіе ея къ очисткѣ городскихъ и заводскихъ сточныхъ водъ. Какъ извѣстно, наилучшая метода, спускъ этихъ водъ на поля орошенія, не вездѣ примѣнима вслѣдствіе отсутствія подходящихъ участковъ земли, отсутствія подходящей почвы, климатическихъ условій и т. п., и потому на всемъ земномъ шарѣ найдется только очень немного населенныхъ пунктовъ, такъ или иначе, но удачно разрѣшившихъ эту задачу. Въ годовомъ митингѣ „Общества химической промышленности" въ Англіи, происходившемъ въ іюлѣ 1902 г. въ Ноттингэмѣ, предсѣдатель профессоръ Клаусъ въ сказанной имъ привѣтственной рѣчи указалъ, какъ на очень крупный фактъ въ ходѣ развитія санитарной техники, на опыты производившіеся въ Лондонѣ надъ очисткой сточныхъ водъ фильтраціей ихъ черезъ коксъ, предварительно инфицированный бактеріями, обусловливающими быстрое разложеніе органическихъ веществъ. Опыты, пока производились въ небольшихъ размѣрахъ, но съ несомнѣнностью показали, что двойная фильтрація сточной лондонской воды черезъ два небольшихъ фильтра съ бактеріальнымъ коксомъ дала очень благопріятные результаты. Какъ констатируетъ производившая эти опыты комиссія,

при такого рода процѣживаніи сточная вода очищается на 95%. Теперь лондонскій муниципалитетъ производитъ подобные же опыты въ значительно бо́льшихъ размѣрахъ.

На аналогичномъ же, очищающемъ, дѣйствіи бактерій во многихъ городахъ Америки (С.-Ш.) теперь примѣняются такъ называемыя септическія ямы и чаны, замѣняющія поля орошенія. Жидкіе городскіе отбросы вмѣстѣ съ канализаціонными водами послѣ фильтраціи направляются въ закрытыя или открытыя ямы, въ которыхъ и остаются въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Такъ какъ на ряду со сложными органическими веществами, легко приходящими въ гнилостное броженіе, въ этихъ водахъ содержится также много различныхъ бактерій, то быстро развивается бактеріальная жизнь, въ результатѣ которой и происходитъ очистка воды. Обыкновенно по прошествіи 24—48 часовъ вслѣдствіе усиленной бактеріальной дѣятельности сточная вода настолько очищается, что послѣ фильтраціи можетъ быть безъ вреда спущена въ рѣки.

Въ высшей степени интереснымъ и поучительнымъ является возможность метаморфоза жизнедѣятельности разсматриваемыхъ микроорганизмовъ въ теплоту, свѣтъ и механическую энергію.

Примѣрами накопленія такого значительнаго количества теплоты, что является даже возможность самовоспламененія органическихъ веществъ, могутъ служить случаи воспламененія сѣна, соломы, подмоченныхъ кипъ хлопка, табака и т. п., хорошо извѣстныя сельскимъ хозяевамъ и страховымъ обществамъ. Извѣстно, что если сохраняется въ прокъ не вполнѣ подсушенное, слегка влажное сѣно, то почти всегда является опасность его разогрѣванія и порчи, если только не воспламененія. Это обстоятельство находится въ непосредственной зависимости отъ развитія бактеріальной жизни, развитія находящаго себѣ точку опоры въ достаточной влажности и присутствіи подходящаго питательнаго матеріала; результатомъ же быстраго развитія жизнедѣятельности является разрушеніе органическаго вещества и выдѣленіе въ данномъ мѣстѣ значительнаго количества тепла, которое вслѣдствіе дурной теплопроводимости матеріала, въ главной массѣ состоящаго изъ клѣтчатки и остается сосредоточеннымъ въ одномъ мѣстѣ. Какъ показываетъ непосредственный опытъ, въ условіяхъ благопріятныхъ для жизнедѣятельности бактерій внутри сѣнныхъ стоговъ или сараевъ, температура нерѣдко повышается до 300° С, при чемъ сѣно конечно превращается въ углистую, пористую и очень легкую труху. Стоитъ въ такой внутренній очагъ дать доступъ наружному воздуху, какъ накалившаяся масса моментально воспламеняется.

Другой примѣръ непосредственнаго превращенія жизнедѣятельности въ механическую силу представляютъ „бактеріальныя машины“ инженеръ-технолога Мельникова. Машины такого рода основаны на томъ фактѣ, что большинство бактеріальныхъ жизненныхъ процессовъ сопровождается выдѣлевіемъ тепла и газовъ. Спеціально дрожжевой микроорганизмъ, Sacharomyces cerevisiae, разлагаетъ своею жизнедѣятельностью сахаръ на винный спиртъ и углекислоту, при чемъ каждые 180 частей глюкозы даютъ 92 части спирта и 88 частей углекислоты. Именно выдѣляющейся углекислотой и пользуется Мельниковъ для приведенія въ движеніе машины, построенной подобно паровой, при чемъ въ паровой цилиндръ вмѣсто пара направляется подъ опредѣленнымъ давленіемъ углекислота.

Для усиленія броженія къ крахмалу, обсахаренному солодомъ, прибавляется необходимый для поддержанія энергичной жизнедѣятельности дрожжей питательный матеріалъ: селитра, фосфорнонатровая соль и какъ азотистое питательное вещество столярный клей. При сбраживаніи 15 фунтовъ сахаристаго вещества (25%), при температурѣ 12°—14° С., уже черезъ 6 часовъ внутри сосуда замѣчается давленіе въ 10—15 фунтовъ, и маленькая машина, съ цилиндромъ въ 10 миллиметровъ (при 15 миллиметрахъ хода поршня) двигается за счетъ развивающейся подъ вліяніемъ жизнедѣятельности дрожжей углекислоты безостановочно, въ теченіе 10—12 часовъ. Машина работаетъ конечно и подъ вліяніемъ всякихъ другихъ газовъ, выдѣляющихся при различныхъ ферментаціонныхъ и гнилостныхъ процессахъ; такимъ образомъ, какъ указываетъ авторъ, она съ такимъ же успѣхомъ работала и подъ напоромъ газовъ, выдѣлявшихся при разложеніи навоза сдобреннаго крахмаломъ, клеемъ и соотвѣтствующими минеральными солями.

Подобное же превращеніе бактеріальной жизни въ свѣтъ могли видѣть всѣ посѣтители послѣдней Парижской выставки, гдѣ цѣлая комната освѣщалась лампочками, представлявшими просто-на-просто запаянныя колбы съ разводками особаго сорта бактерій. Явленіе это само по себѣ не должно представляться особенно страннымъ, такъ какъ извѣстно много животныхъ съ гораздо болѣе совершенной организаціей, которые тоже выдѣляютъ свѣтъ: конечно, многими наблюдалось лѣтомъ свѣченіе обыкновеннаго свѣтляка, или Иванова червячка, который въ темныя лѣтнія ночи рѣзко виднѣется въ видѣ огненныхъ искорокъ на темномъ фонѣ листвы.

Наконецъ, существуютъ бактеріи, и это какъ разъ однѣ изъ наиболѣе распространенныхъ въ природѣ (Amylobacter), которыя выдѣ-

ляютъ горючій газъ, въ главной массѣ состоящій изъ водорода и метана. Именно ихъ непрерывною жизнедѣятельностью объясняется обильное и непрерывное выдѣленіе горючаго газа въ торфяныхъ болотахъ, на поемныхъ лугахъ и т. п., которое такъ часто наблюдается подъ всевозможными широтами. Въ данномъ случаѣ, въ присутствіи воды и при содѣйствіи указанныхъ бактерій, которыи питаются клѣтчаткой, послѣдняя распадается согласно уравненію: $C_6H_{10}O_5+H_2O=3CH_4+3CO_2$. Такой горючій газъ, если только онъ выдѣляется въ значительныхъ количествахъ, легко можетъ быть превращенъ, и въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ уже и превращается, въ теплоту, свѣтъ, электричество и механическую энергію, совершенно подобно обыкновенному твердому горючему.

Естественныя силы природы.

Естественныя силы природы представляютъ уже не потенціальную энергію какъ уголь, а кинетическую, вызванную очевидно взаимодѣйствіемъ жизненныхъ условій земного шара, а частью, конечно, и всего мірового пространства (какъ, напримѣръ, приливъ и отливъ). Въ большинствѣ случаевъ эти силы сравнительно еще трудно поддаются человѣку и независимы отъ него. Въ связи съ этимъ, конечно, находится и тотъ фактъ, что онѣ по настоящее время сравнительно мало утилизируются.

Изъ естественныхъ силъ природы наибольшее значеніе имѣютъ паденіе и теченіе воды, сила вѣтра и солнечная теплота. Меньшее значеніе, хотя уже давно дѣлаются попытки утилизировать эту силу, имѣетъ сила морскихъ приливовъ и отливовъ, а также и теплота нѣдръ земли.

„Вода въ стихіяхъ перва власть", сказалъ еще Державинъ и былъ безусловно правъ. Безъ воды немыслимо существованіе ни растительнаго, ни животнаго міра; на ряду съ этимъ она имѣетъ также огромное значеніе и какъ механическій дѣятель, такъ какъ механическая сила воды не менѣе значительна.

Милліоны ручейковъ и тысячи рѣкъ направляются по наклонной плоскости къ океану и несутъ въ себѣ огромный запасъ живой силы, представляющей вмѣстѣ съ тѣмъ весьма важнаго геологическаго дѣятеля.

Горные потоки промываютъ толщи самыхъ твердыхъ породъ. Латинская пословица: „Gutta eavat lapidem non vis, sed saepe cadendo безусловно вѣрна.

Рѣка Колорадо (въ Америкѣ) прорѣзала ущелье среди плоскогорья въ 300 верстъ длиною и около 2 верстъ глубиною. Можетъ ли какое-нибудь человѣческое сооруженіе сравниться съ подобной коллоссальной работой воды?

„Рѣки несутъ въ своихъ волнахъ исторію и судьбы народовъ“, говоритъ Реклю.

Дѣйствительно цѣлые горные хребты исчезаютъ подъ вліяніемъ разрушительной силы воды. Вода рѣкъ несетъ въ себѣ массу взвѣшенныхъ частицъ; эти частицы осѣдая обусловливаютъ обмелѣніе морей. Основываясь на этомъ, не подлежитъ сомнѣнію, что когда-нибудь и Средиземное море превратится въ рядъ прѣсныхъ озеръ.

Работа воды въ сущности работа солнца, говоритъ Клейнъ. Солнце поднимаетъ частицу воды надъ уровнемъ моря; падая обратно, каждая частица развиваетъ то самое количество энергіи, какое было затрачено солнечнымъ лучомъ при ея подъемѣ. Такимъ образомъ вода расходуетъ энергію, заимствованную отъ солнца. Солнце художникъ; вода рѣзецъ. Обыкновенный каменный уголь, сохранившійся до нашихъ дней остатокъ доисторической флоры, представляетъ въ сущности тоже аккумулированную энергію солнца; поэтому выраженіе „бѣлый уголь“ въ примѣненіи ко всякой водяной силѣ безусловно справедливо и вполнѣ отвѣчаетъ дѣйствительности.

Этотъ бѣлый уголь дѣйствительно съ каждымъ годомъ пріобрѣтаетъ все большее и большее значеніе въ примѣненіи какъ къ агрикультурѣ, такъ и промышленности.

Чаще всего утилизируется сила водопадовъ и нѣтъ сомнѣнія, что въ этомъ направленіи ближайшее столѣтіе будетъ имѣть рѣшающее вліяніе, такъ какъ съ развитіемъ электротехники и гидравлики стоимость водяной, а слѣдовательно и электрической силы все болѣе и болѣе удешевляется, и уже теперь водяная сила и трансформированная изъ нея электрическая энергія стоятъ дешевле паровой силы. Конечно, водопады тѣмъ выгоднѣе, чѣмъ большее количество воды они несутъ въ себѣ и чѣмъ больше высота ея паденія. Въ нѣкоторыхъ условіяхъ, при помощи плотинъ является возможность поднять воду и, слѣдовательно, увеличить паденіе, но такого рода сооруженія стоятъ обыкновенно уже довольно дорого. Какъ извѣстно, для пріема водяной силы употребляются или водяныя колеса, или турбины; въ послѣднее время все больше и больше распространяются турбины, въ особенности американской конструкціи, дающія максимумъ работы при минимумѣ издержекъ.

Большею частью гидравлическіе пріемники не помѣщаются на самомъ водопадѣ, а устраивается особое русло, по которому и направляется необходимое количество воды, которое можетъ быть регулируемо по произволу.

Утилизація силы водопадовъ находится въ непрерывномъ ростѣ и, по мнѣнію лорда Кельвина или физика Томсона, недалекъ тотъ день,

когда водопады дадутъ жизнь и благосостояніе горнымъ странамъ, въ настоящее время большею частью бѣднымъ и малонаселеннымъ (Швейцарія, Шотландія, Норвегія, Тироль).

Изъ всѣхъ нынѣ эксплоатируемыхъ гидравлическихъ станцій наибольшее значеніе имѣетъ Ніагарскій водопадъ, который представляетъ въ сравнительно маломъ объемѣ колоссальное сочетаніе 7,000,000 паровыхъ лошадей. Въ настоящее время утилизируется только часть его, именно около полъ-милліона лошадей, но и эта утилизируемая уже сила, работающая безъ отдыха всѣ 24 часа въ сутки подъ рядъ, эквивалентна работѣ 58,000,000 людей. Запряжена на полезную работу Ніагара умомъ, знаніемъ и энергіей 5 лицъ, а именно: физика Томсона, проф. Унвайна, инженера Силлерса, франц. проф. Маскара и итальянскаго инженера Туррентини. Въ настоящее время въ пустынныхъ нѣкогда окрестностяхъ Ніагары возникъ промышленный городокъ Экота, гдѣ находится рядъ электрохимическихъ, металлургическихъ и механическихъ заводовъ. Сверхъ того, уже и въ настоящее время сила Ніагарскаго водопада продается оптомъ и въ розницу враздробь до той незначительной силы, которая нужна для приведенія въ движеніе швейной машины, во всей прилегающей къ Ніагарѣ мѣстности по радіусу въ 40 миль или на пространствѣ въ 233 раза большемъ, чѣмъ весь Нью-Іоркъ со всѣми его окрестностями. Когда будетъ утилизироваться всѣ 7,000,000 лошадей, то обслуживаемая токомъ площадь будетъ имѣть радіусомъ 150 миль и работа одной Ніагары будетъ эквивалентна работѣ нѣсколькихъ сотенъ милліоновъ людей. Рис. 11 изображаетъ Ніагару и общій видъ пріемной гидравлическ. станціи, а на рис. 12 видна установка электрогенераторовъ, по 5.000 силъ каждый, приводимыхъ въ движеніе отъ турбинъ.

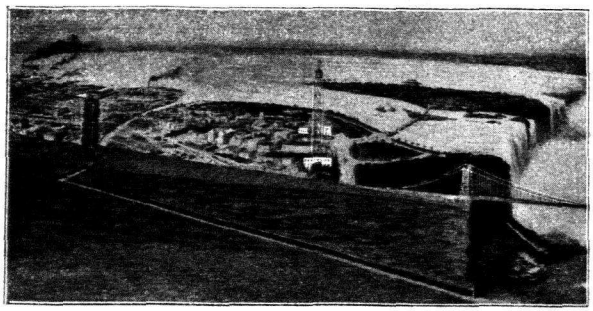

Рис. 11.

Кромѣ Ніагары въ Америкѣ утилизируется также водопадъ на рѣкѣ св. Лаврентія (150,000) и множество болѣе мелкихъ, въ особенности въ штатахъ Колорадо, Утахѣ, Калифорніи. Въ Европѣ наиболѣе значительныя гидравлическія станція находятся въ Швейцаріи (Женева, Нейнгуазенъ)

и въ Италіи (Римъ), а также въ самомъ послѣднемъ времени въ Норвегіи. Большею частью сила водопадовъ трансформируется въ электрическую энергію, которая примѣняется для полученія: алюминія, соды, хлора (хлорноватыя соли въ настоящее время въ продажѣ исключительно электрическаго производства), производства карбида, электрическаго освѣщенія, трамваевъ и т. п.

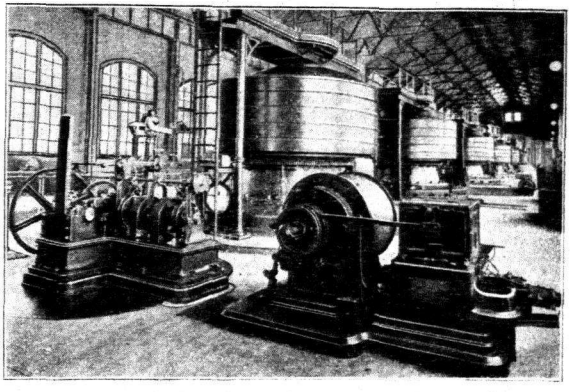

Рис. 12.

Вопросъ объ утилизаціи теченія воды въ рѣкахъ, несомнѣнно тоже представляющаго даровую силу, не можетъ считаться вполнѣ рѣшеннымъ, что конечно зависитъ отъ большей трудности аккумулировать эту силу. Тѣмъ не менѣе и въ этомъ направленіи имѣется рядъ весьма важныхъ приборовъ, между прочимъ остроумный, хотя какъ и другіе не вполнѣ свободный отъ недостатковъ, приборъ русскаго инженера изобрѣтателя Ягна.

Сила морскихъ приливовъ и отливовъ (обусловливаемая вращеніемъ земли и притяженіемъ луны), въ суммѣ представляющая колоссальную силу, еще труднѣе поддается утилизаціи, хотя въ приморскихъ мѣстностяхъ уже издавна, въ устьяхъ рѣкъ напримѣръ, пользуются ею для передвиженія грузовъ вверхъ противъ теченія.

Около Нью-Іорка, въ деревнѣ Flatlands, южнѣе Бруклина, на Ямайка-бухтѣ, находится дачное мѣсто, въ которомъ имѣются 3 мельницы, приводимыя въ движеніе силою воды, задерживаемой при приливѣ. Эти мельницы устроены голландскими эмигрантами, основавшими Нью-Іоркъ, и имъ уже насчитывается около 250 лѣтъ.

Сила вѣтра, издавна, съ незапамятныхъ временъ тоже утилизируется въ мореплаваніи. Весьма вѣроятно, онъ и понынѣ представляетъ наиболѣе дешевую и доступную природную энергію.

Давленіе, производимое вѣтромъ, измѣняется въ зависимости отъ его скорости, плотности и температуры воздуха. Не принимая во вниманіе послѣднихъ факторовъ, давленіе вѣтра P, которое можно разсматривать

какъ его работу, въ фунтахъ на квадратный футъ и скорость въ миляхъ въ часъ могутъ быть связаны слѣдующимъ уравненіемъ

$$\sqrt{200\,P} = V.$$

Чѣмъ сильнѣе вѣтеръ, тѣмъ конечно большею скоростью онъ обладаетъ и тѣмъ большее оказываетъ давленіе. Такъ, едва замѣтный вѣтеръ „зефиръ“ дуетъ со скоростью около одной мили въ часъ или 88 футовъ въ минуту и оказываетъ давленіе всего только 0,005 фунтовъ на квадратный футъ. Легкій приморскій вѣтеръ „бризъ“ дуетъ со скоростью 5 миль въ часъ, или 352 футовъ въ минуту, и оказываетъ давленіе въ 0,106 фунтовъ на квадратный футъ. Сильный вѣтеръ дуетъ уже со скоростью 35 миль въ часъ, штормъ со скоростью 60 миль въ часъ, а урагаиъ со скоростью уже до 80—90 миль въ часъ и оказываютъ давленіе въ 6,1, или 18,3, или 32,8 фунтовъ на квадратный футъ.

Такіе ураганы топятъ цѣлыя флотиліи, разрушаютъ города, губятъ тысячи людей, опустошаютъ страны.

Въ октябрѣ 1844 г. около острововъ Кубы разразился ураганъ, бушевавшій 3 дня. Профессоръ Роне вычислилъ, что одна только эта буря произвела работу въ *473 милліона* лошадиныхъ силъ.

Работа всѣхъ вѣтряныхъ и водяныхъ мельницъ, всѣхъ паровыхъ машинъ, всѣхъ людей и животныхъ меньше этой цифры. Менѣе значительныя бури вовсе не представляютъ рѣдкости. Въ прошломъ году, въ концѣ сентября 1902 г., надъ Японіей разразилась ужасная буря, сопровождавшаяся человѣческими жертвами. 25-го сентября она бушевала на о. Кіу-сіу, 29-го достигла Токіо и свирѣпствовала тамъ 3 часа: буддійскій храмъ „Зицушо“, три школьныхъ зданія, три фабрики, около 60 домовъ были разрушены порывами вѣтра, падеціемъ деревьевъ и фабричныхъ трубъ; повалено было множество заборовъ, попорчены телеграфныя линіи и т. д. Нѣсколько человѣкъ было убито, а число раненыхъ достигало нѣсколькихъ десятковъ. Большія опустошенія были произведены и во многихъ другихъ мѣстностяхъ Японіи. Въ провинціи „Сайтама“ было разрушено 130 домовъ, погибъ одинъ человѣкъ; въ Чиба 683 дома, 36 человѣкъ погибло, ранены 309 человѣкъ; въ Нбараки разрушено около 200 домовъ, погибло 409 человѣкъ, въ Фукушима разрушено 172 дома, и т. д. Однимъ словомъ, убытокъ, причиненный бурей, настолько великъ, что не поддается даже приблизительному опредѣленію. Она прошла почти по всей странѣ съ юга на сѣверъ и удалилась въ Японское море.

Цѣлыя страны мѣняютъ свой видъ подъ вліяніемъ вѣтра; одна превращается въ роскошный садъ, другая въ безплодную, безлюдную, ды-

шащую зноемъ пустыню. Вѣтеръ создалъ ужасные пески Сахары и высушилъ Среднюю Азію; онъ же приготовилъ для Китая мощные пласты плодороднаго желтозема, на которыхъ кормятся сотни милліоновъ людей.

Но сами по себѣ массы воздуха спокойны, недвижимы и безсильны. Ихъ оживляетъ, одухотворяетъ тотъ потокъ теплыхъ лучей, который льется съ далскаго солнца на землю. Вѣтеръ послушное орудіе солнца, говоритъ Клейнъ.

Для опредѣленія силы вѣтра употребляются различнаго рода анемометры, напр. анемометры Робинзона, Бирама и др. Одинъ изъ нихъ изображенъ на рис. 13.

Въ различныхъ мѣстностяхъ вѣтеръ дуетъ не съ одинаковою силою и не одинаковое число часовъ въ годъ. Въ среднемъ для нѣкоторыхъ мѣстностей Соединенныхъ Штатовъ принимается для расчета установокъ,

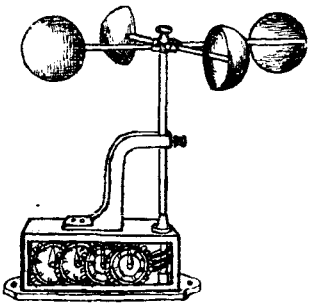

Рис. 13.

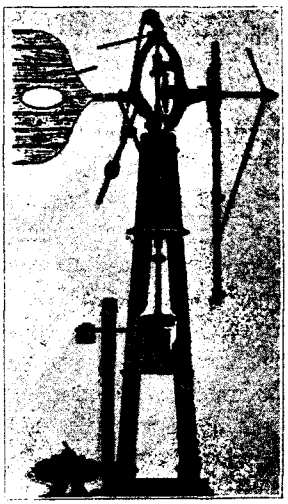

Рис. 14.

что вѣтеръ дуетъ въ теченіе года 5,000—6,000 часовъ со среднею скоростью 8 миль въ часъ.

Въ Соединенныхъ Штатахъ, преимущественно въ западныхъ, вѣтряцые двигатели широко распространены для искусственной ирригаціи. Съ глубины 15 футовъ, двигатель въ 10 футовъ въ діаметрѣ качаетъ въ часъ 1,918 галлоновъ воды, количество достаточное для поливки 0,57 акровъ; двигатель въ 16 футъ 6,460 галлоновъ, количество достаточное для 1,84 акра и двигатель въ 30 футовъ или въ 3 силы 31,660 галлоновъ, количество достаточное для поливки 12,88 акровъ при средней силѣ вѣтра въ 16 миль въ теченіи 8 часовъ въ сутки. Очень часто вѣтеръ трансформируется въ электрическую энергію, которая затѣмъ или расходуется для освѣщенія, или же собирается въ аккумуляторахъ. Рис. 14 изображаетъ устройство такого аэро-электрогенератора.

Изъ вѣтряныхъ двигателей въ настоящее время наибольшее значеніе имѣютъ американскіе аэромоторы „Эклипсъ“ и русскіе инженера Давыдова.

Достойны вниманіе попытки примѣнить вѣтеръ для отопленія въ холодныхъ странахъ, что въ сущности вполнѣ возможно, хотя на первый взглядъ и представляется нѣсколько парадоксальнымъ. Основное положеніе механической теоріи теплоты гласитъ, что теплота легко превращается въ работу, а отсюда понятно, что возможенъ и обратный метаморфозъ, т.-е. превращеніе работы въ теплоту. Такимъ образомъ сила вѣтра передается особаго устройства калорическимъ машинамъ, въ которыхъ и превращается въ теплоту, которая конечно можетъ быть или собрана, или передана на большее или меньшее пространство внутри помѣщенія, при помощи тѣхъ или другихъ нагрѣвательныхъ приборовъ. Этотъ вопросъ, отопленіе при помощи вѣтра, имѣетъ уже довольно обширную литературу и хотя конечно не грозитъ еще разореніемъ торговцамъ топливомъ, но все же заслуживаетъ полнаго вниманія техника.

Вѣтеръ уже съ весьма отдаленнаго времени примѣняется какъ двигательная сила на вѣтряныхъ мельницахъ. Само собою понятно, что такъ какъ вѣтеръ представляетъ силу очень непостоянную и измѣнчивую, для постояннаго производства приходится имѣть большое количество вѣтряныхъ двигателей и аккумулировать даваемую ими силу, чтобы имѣть возможность расходовать ее всегда въ необходимомъ и достаточномъ количествѣ. Въ настоящее время существуетъ цѣлый рядъ весьма усовершенствованныхъ вѣтряныхъ двигателей, и они очень часто примѣняются для подъема воды, выкачиванія воды изъ баржъ, для электрическаго освѣщенія и другихъ мелкихъ электрическихъ установокъ. Аккумулированіе силы вѣтра производится или при посредствѣ гидравлическихъ пріемниковъ, при чемъ силою вѣтра вода непрерывно накачивается въ выше лежащій резервуаръ, изъ котораго уже и расходуется гидравлическимъ пріемникомъ по мѣрѣ надобности всегда въ одинаковомъ количествѣ, или же при помощи динамо-машинъ и электрическихъ аккумуляторовъ.

Аккумуляція солнечной энергіи безостановочно производится растительною жизнью: каждый квадратный метръ поверхности листьевъ при посредствѣ солнечной энергіи вырабатываетъ въ 15-часовой лѣтній день изъ углекислоты воздуха около 25—30 граммъ крахмала. Много дѣлалось попытокъ утилизировать и непосредственно солнечную энергію: для нагрѣванія воды, перегонки ея или другихъ летучихъ жидкостей, при чемъ выдѣляющимся паромъ пользовались иногда для превращенія его въ механическую работу. Однако въ виду непостоянства солнечнаго свѣта концентрація его хотя бы при помощи зеркалъ или стеколъ пред-

ставляетъ вопросъ далеко еще не рѣшенный съ технической точки зрѣнія. Тѣмъ не менѣе и непосредственно солнечная теплота находитъ себѣ примѣненіе въ химической технологіи для концентраціи соляныхъ растворовъ (въ градирняхъ), морской воды на солеварняхъ, а также иногда (въ особенности на морскихъ судахъ) и для приготовленія изъ морской воды дистиллированной воды.

На ряду съ солнечной теплотой дѣлались попытки утилизировать и теплоту нѣдръ земли. Что теплота внутренности земли представляетъ силу очень значительную, это не разъ съ очевидностью доказывалось грандіозными землетрясеніями, сопровождавшимися нерѣдко могучими вулканическими изверженіями. Примѣры разрушеній, произведенныхъ такого рода страшною силой, у всѣхъ еще на памяти; бѣдствія Шемахи, Андижана и Мартиники по своей колоссальности совершенно исключительны, однако техническая утилизація этой силы еще вся въ будущемъ.

Конечно всѣ эти разсмотрѣнныя силы находятъ себѣ примѣненіе не непосредственно въ химической технологіи, но онѣ легко трансформируются въ свѣтъ, электричество или теплоту и въ той или другой формѣ, какъ уже указано выше, нерѣдко утилизируются въ большой заводской практикѣ.

Вода.

Несмотря на все огромное значеніе воды въ повседневной жизни и техники, несмотря на то, что она, какъ выразился Державинъ, „въ стихіяхъ перва власть“, тѣмъ но менѣе истинный химическій составъ воды сталъ извѣстенъ человѣчеству сравнительно недавно. Въ теченіе цѣлыхъ столѣтій воду разсматривали какъ элементъ, и еще Бойль и Ванъ Гельмонтъ въ 1738 году думали, что вода при извѣстныхъ условіяхъ превращается въ другое элементарное вещество „землю“.

Впервые въ 1781 г., т.-е. всего около 120 лѣтъ тому назадъ (3—4 человѣческихъ поколѣнія), Кавендишъ и Уаттъ установили непосредственнымъ экспериментальнымъ опытомъ, что при сгораніи „горючаго“ воздуха или водорода въ обыкновенномъ или дефлогистрированномъ воздухѣ т.-е. кислородѣ образуется чистая вода. Позднѣе, въ 1783 году, этотъ же опытъ былъ повторенъ Лавуазье и Монжемъ въ Парижѣ въ болѣе широкихъ размѣрахъ, въ присутствіи большаго числа зрителей, при чемъ Лавуазье и было высказано, что вода есть окиселъ водорода и что это соединеніе вполнѣ аналогично глёту или жженой магнезіи, представляющихъ окись свинца и окись магнія.

Вода въ природѣ встрѣчается повсюду и является существенно необходимой для поддержанія жизнедѣятельности растеній и животныхъ. Въ составъ растеній она входитъ въ количествѣ 8 или $^9/_{10}$ отъ ихъ вѣса. Нѣкоторыя растенія, какъ, напримѣръ, кактусъ, содержатъ даже до 95% воды. Въ составъ человѣческаго организма вода входитъ тоже въ количествѣ около $^9/_{10}$. Вода всегда находится въ парообразномъ состояніи въ воздухѣ, большею частью въ количествѣ 5 — 15 граммъ на 1 куб. метръ при обыкновенной температурѣ, въ видѣ облаковъ, тумановъ; въ жидкомъ состояніи: въ видѣ росы, дождя, въ надземныхъ и подземныхъ рѣкахъ, озерахъ, ключахъ и моряхъ и, наконецъ, въ твердомъ состояніи: въ видѣ снѣга, града и льда.

Сообразно съ этимъ всѣ встрѣчающіяся въ природѣ воды раздѣляются на двѣ большія группы: такъ называемыхъ *метеорныхъ водъ*, образующихся вслѣдствіе конденсаціи атмосферной влаги и *теллурическихъ водъ*, къ каковымъ относятся воды рѣкъ, озеръ, морей и т. п.

Метеорныя воды съ химической точки зрѣнія наиболѣе чисты. Какъ показали многочисленныя изслѣдованія, дождевая вода содержитъ обыкновенно отъ 30 до 36 граммъ сухого остатка на 1 куб. метръ (но иногда и значительно больше, до 85 граммъ), остатка, состоящаго какъ изъ минеральныхъ, такъ и изъ органическихъ веществъ. Въ этой водѣ всегда находятся въ растворѣ атмосферные газы, хлористыя, сѣрнокислыя и азотнокислыя соли щелочей и щелочноземельныхъ металловъ, амміакъ, частички песка и глины, полуразрушенныя частицы органическихъ веществъ, микроорганизмы и зародыши растительныхъ и животныхъ организмовъ. Содержаніе амміака и азотной кислоты въ дождевой водѣ имѣетъ огромное значеніе, такъ какъ эти вещества, попадая въ почву, обусловливаютъ въ очень значительной степени ея плодородіе.

Какъ показали двадцатилѣтніе опыты въ Монсури (во Франціи), на гектаръ земли тамъ падаетъ въ теченіе года въ среднемъ около 10,86 кило азота въ видѣ амміака и 3,94 кило азота въ видѣ азотнокислыхъ солей, т.-е. въ среднемъ около 14,8 кило или около 1 пуда азота. Для различныхъ странъ въ зависимости, конечно, отъ количества падающаго дождя и другихъ условій эта цифра измѣняется въ широкихъ предѣлахъ отъ 2 до 23,4 кило. Количество падающаго дождя измѣняется всего рѣзче по мѣрѣ удаленія отъ экватора. Высота слоя падающаго дождя въ Бомбеѣ выражается цифрою 2350 миллиметровъ, въ Гаваніѣ 2320 мил., въ Тунисѣ 1257,8 мил., во Франціи 656 мил., Скандинавіи 478 мил. Въ Россіи это количество тоже измѣняется весьма значительно. Такъ, въ западномъ Закавказьѣ (Даховскій посадъ) 2060, Кутаисъ 1790, Москва 550, С.-Петербургъ 470, а въ Петро-Александровскѣ (Средней Азіи) всего 60.

Въ сыромъ состояніи дождевая вода легко измѣняется, портится. Послѣ же кипяченія, при чемъ она обезпложивается, стерилизуется и изъ нея удаляются слѣды амміака и азотистой кислоты, она пріобрѣтаетъ способность сохраняться довольно долгое время безъ всякаго измѣненія.

Этотъ фактъ имѣетъ въ особенности большое значеніе тамъ, гдѣ приходится пользоваться исключительно дождевой водой, гдѣ нѣтъ другихъ естественныхъ водоемовъ, какъ напримѣръ, въ Аравіи.

Метеорныя воды, попадая на поверхность земли и пропитывая ее, растворяютъ находящіяся въ ней растворимыя соли и превращаются въ теллурическія. На ряду съ растворимыми, эти воды увлекаютъ также и

мельчайшія частицы нерастворимыхъ, взвѣшенныхъ частичекъ: глины, песка, фосфорныхъ солей и т. п. Воды нѣкоторыхъ рѣкъ, напримѣръ, Ганга [1]) и Нила, несутъ огромное количество ихъ и отлагая во время разлива или выдѣляя „илъ", обусловливаютъ плодородіе затопляемыхъ водою мѣстъ. Основываясь на этомъ, теперь въ Европѣ, въ мѣстностяхъ, въ которыхъ условіе теченія рѣкъ это позволяетъ, дѣлаются попытки удобрять участки земли, искусственно затопляя ихъ на болѣе или менѣе продолжительный срокъ весною и осенью.

Теллурическія, также какъ и атмосферныя, воды содержатъ въ растворѣ кромѣ твердыхъ, также и газообразныя вещества. Изъ газообразныхъ веществъ всегда находится въ растворѣ углекислота, азотъ и кислородъ и значительно рѣже сѣрнистый водородъ и другіе газы. Количество растворенныхъ газовъ на 1 литръ обыкновенно не превышаетъ 50 к. с.

Содержаніе свободнаго кислорода въ рѣчной водѣ колеблется въ зависимости отъ чистоты ея. Въ чистой водѣ содержаніе его всегда выше чѣмъ въ загрязненной и это обстоятельство является настолько характернымъ признакомъ, что опредѣленіе содержанія въ водѣ свободнаго кислорода можетъ служить показателемъ большей или меньшей чистоты ея.

Вода рѣки Темзы на нѣкоторомъ разстояніи отъ Лондона содержитъ 7,4 к. с. свободнаго кислорода на литръ; въ Гаммерсмисѣ 4,7 въ Соммерсетѣ 1,5 и въ Вульвичѣ всего 0,25. Эти числа говорятъ сами за себя.

Въ большинствѣ случаевъ рѣчная вода содержитъ отъ 4 до 8 к. с. и даже 11 к. с. свободнаго кислорода на литръ. Чѣмъ больше въ водѣ содержится свободнаго кислорода, тѣмъ она лучше и пригоднѣе для питья. Вода рѣки Роны вдали отъ городовъ содержитъ 8,4 к. с. кислорода на литръ, тогда какъ вода р. Сены вблизи Парижа всего 3,9 к. с. Это, конечно, находится въ зависимости отъ того, что кислородъ расходуется какъ на поддержаніе жизнедѣятельности организмовъ, живущихъ въ водѣ, въ томъ числѣ и микроорганизмовъ, такъ и на окисленіе содержащихся въ водѣ легко окисляющихся органическихъ веществъ.

Изъ твердыхъ веществъ, растворимыхъ въ водѣ, обычными спутниками теллурическихъ водъ являются: двууглещелочноземельныя соли, сѣрнокислыя, хлористыя, фосфорнокислыя, кремнекислыя, изрѣдка азотнокислыя соли щелочей, щелочно-земельныхъ металловъ, желѣза и глино-

---

[1]) Гангъ несетъ въ 24 часа 860.000 куб. метровъ сухого вещества. Терекъ въ теченіе іюня 2.427.000 куб. метр., Волга въ 30 дней половодья около 1.000.000 куб. метровъ.

зема, органическія вещества, частью въ видѣ кислотъ (гумусовой и апокреновой) и солей ихъ, изрѣдка какъ продукты разрушенія бѣлковыхъ веществъ: азотистая кислота и амміакъ, а также другія органическія, азотистыя и безазотистыя вещества. Общее количество плотнаго остатка въ одномъ литрѣ большею частью колеблется въ предѣлахъ 22—1250 миллиграммовъ, хотя встрѣчаются воды, содержанія и значительно большее количество. Вода рѣки Невы содержитъ въ литрѣ 55 миллиграммовъ, Дона 124, Днѣпра 187, Дуная отъ 117 до 234, Іордана 1052, Темзы около 400, Нила 1580, а вода Ладожскаго озера всего 47.

Составъ рѣчныхъ водъ въ теченіи года подвергается очень значительнымъ колебаніямъ. Сверхъ того, по теченію рѣкъ, въ мѣстахъ, гдѣ находятся значительныя поселенія, весьма естественно измѣняется составъ воды, въ ней увеличивается содержаніе органическихъ веществъ.

Вода, годная для питья, такъ называемая „питьевая“ вода, должна удовлетворять совершенно опредѣленнымъ требованіямъ и притомъ опредѣляемымъ не только внѣшнимъ видомъ воды (прозрачностью, чистымъ вкусомъ, отсутствіемъ запаха, свѣжестью и т. п.), но также и химическимъ анализомъ и микроскопическимъ и бактеріологическимъ изслѣдованіями.

Одною изъ постоянныхъ, хотя сравнительно рѣдко опредѣляемыхъ примѣсей воды, является содержаніе въ водѣ жирныхъ кислотъ, которыя поступаютъ въ рѣки вмѣстѣ съ сточными водами, а также, какъ показалъ Готье, образуются изъ бѣлковъ подъ вліяніемъ анаэробной бактеріальной жизни. Присутствіе жирныхъ кислотъ разсматривается, съ технической точки зрѣнія, какъ признакъ весьма существеннаго загрязненія воды. По даннымъ Косса, рѣка Рона содержитъ въ одномъ литрѣ зимою 0,6 миллиграмма жирныхъ кислотъ, лѣтомъ содержаніе повышается до 1 миллиграмма, а весною падаетъ до 0,2—0,3 миллиграмма. При содержаніи до 2 миллиграммовъ жирныхъ кислотъ въ литрѣ вода еще не представляется вредной съ гигіенической точки зрѣнія; болѣе же значительное содержаніе является уже неблагопріятнымъ признакомъ.

Шосса и Буссенго обращаютъ вниманіе на то, что такъ какъ составныя части воды легко усвояются организмомъ, то всякая минеральная составная часть воды имѣетъ нѣкоторое значеніе въ экономіи организма и можетъ быть или полезной, или если не входитъ въ составъ тканей, то и вредной.

Составъ воды, употребляемой въ общежитіи, имѣетъ также огромное экономическое значеніе. Употребленіе жесткой воды вызываетъ значительно большій и совершенно непроизводительный расходъ мыла, чая и т. п. Даже приготовленіе супа на жесткой водѣ требуетъ большаго ко-

личества мяса для полученія навара одной и той же крѣпости и болѣе продолжительнаго кипяченія. Санитарное значенія чистой воды всего лучше видно изъ того, что, какъ это наблюдалось въ Лондонѣ, количество тифозныхъ заболѣваній сократилось на 86% съ тѣхъ поръ, какъ весь Лондонъ сталъ снабжаться исключительно фильтрованной водой. То же самое замѣчено въ Петербургѣ и Варшавѣ. Во время послѣдней холерной эпидеміи въ Гамбургѣ, гдѣ употреблялась нефильтрованная вода рѣки Эльбы, умерло 9.000 человѣкъ, тогда какъ въ то же самое время сосѣдній городъ Альтона, употреблявшій ту же воду изъ Эльбы только послѣ предварительной фильтраціи, почти совершенно не пострадалъ отъ этой эпидеміи.

На ряду съ водой, скопляющейся на поверхности земли въ рѣкахъ, озерахъ и т. п., все большее и большее значеніе начинаетъ пріобрѣтать и текучая и стоячая вода нѣдръ земли. Какъ извѣстно, во многихъ мѣстахъ на различныхъ глубинахъ скопляется въ очень значительномъ количествѣ почвенная вода и подземныя рѣки, выбивающіяся на поверхность, не составляютъ рѣдкости.

Количество воды, которое удерживается почвой, гораздо больше, чѣмъ это обыкновенно принимаютъ; площадь въ одну квадратную милю песка въ 130 футъ толщиной способна удерживать такое количество воды, что изъ нея можетъ вытекать въ теченіе 13 лѣтъ потокъ воды, несущій одинъ кубическій футъ въ минуту. Вообще различныя почвенныя породы удерживаютъ отъ 20 до 35% воды.

Отысканіе этой почвенной воды изстари имѣетъ большое значеніе въ человѣческой жизни; начиная съ жезла Аарона и кончая „virgula divina“ или „baculus divinatorius“ римлянъ и волшебною палочкою или „baguette“ французовъ, существуетъ множество проетѣйшихъ приспособленій, дающихъ, какъ утверждаютъ, возможность особенно чувствительно организованнымъ натурамъ угадывать или ощущать текущую въ нѣдрахъ земли воду. Какъ извѣстно, „водознатцы“ - колодезники дѣйствительно нерѣдко весьма удачно опредѣляютъ мѣсто, гдѣ можно съ большею вѣроятностью найти близко почвенную воду или попасть на водяную жилу.

Какъ указываетъ профессоръ Бунге, питьевая вода:

1) должна быть безцвѣтна, прозрачна, безъ запаха и не содержать сколько-нибудь значительныхъ количествъ взвѣшенныхъ веществъ и патогенныхъ микроорганизмовъ;

2) химическій составъ и температура воды должны быть въ теченіе года по возможности постоянными и температура ея должна колебаться въ предѣлахъ + 6 — + 12° Ц.;

3) вода должна быть въ достаточной степени насыщена газами, содержать ихъ не менѣе 30 куб. с. на 1 литръ, при чемъ, какъ уже выше упомянуто, содержаніе кислорода является наиболѣе характернымъ;

4) она должна содержать не болѣе 500 миллиграммъ сухого остатка на 1 литръ, при чемъ не должна содержать болѣе 15 миллиграммъ органическихъ веществъ и совершенно не должна содержать азотистой кислоты и амміака.

Изъ естественныхъ водъ зтимъ требованіямъ всего ближе удовлетворяютъ обыкновенно ключевыя воды и значительно рѣже рѣчная и колодезная воды.

При современномъ положеніи промышленности, когда главнымъ источникомъ силы является водяной паръ, обусловливающій движеніе паровыхъ механизмовъ, вода, несомнѣнно, является однимъ изъ основныхъ матеріаловъ. Помимо того, она и сама по себѣ имѣетъ огромное значеніе какъ основной матеріалъ почти во всѣхъ химическихъ производствахъ.

Требованія, которыя предъявляются къ водѣ въ промышленности, не вполнѣ совпадаютъ съ тѣми, которыя предъявляются къ питьевой водѣ, и нерѣдко вода, непригодная для питья, пригодна для питанія парового котла и въ производствѣ.

Всѣ встрѣчающіяся въ природѣ естественныя воды могутъ быть отнесены со стороны ихъ химическаго состава къ слѣдующимъ тремъ группамъ:

1) жесткихъ известковыхъ водъ,

2) мягкихъ водъ,

3) соленыхъ водъ.

Составъ воды, несомнѣнно, находится въ зависимости отъ состава почвы; такимъ образомъ всѣ текучія, колодезныя, а часто и ключевыя воды мѣстности съ рѣзко выраженной известковой почвой всегда содержатъ болѣе или менѣе значительное количество извести.

Наиболѣе характерною составною частью жесткихъ известковыхъ водъ являются кислыя углеизвестковая и углемагнезіальная соли, а также нерѣдко и гипсъ или сѣрнокислый кальцій. Въ зависимости отъ того, какихъ солей въ водѣ содержится болѣе: углекислыхъ или сѣрнокислыхъ, различаютъ „жесткія воды съ временною и постоянною жесткостью". Жесткая вода съ временною жесткостью, содержащая значительное количество двууглещелочноземельныхъ солей, называется такъ потому, что простымъ кипяченіемъ можетъ быть въ значительной степени очищена, такъ какъ при этомъ двууглекислыя соли разлагаются, углекислота улетаетъ, а нерастворимыя углекислыя соли извести или магнія осѣдаютъ

на дно и могутъ быть удалены декантаціей. Разложеніе ихъ идетъ согласно уравненіямъ:

$$Ca\ H_2\ (CO_3)_2 = Ca\ CO_3 + H_2O + CO_2$$
$$Mg\ H_2\ (CO_3)_2 = Mg\ CO_3 + H_2O + CO_2$$

Водою же съ постоянною жесткостью называется вода, содержащая сравнительно значительное количество гипса; сколько бы такую воду не кипятить, жесткость ея не уменьшается или уменьшается только немного, сообразно съ большимъ или меньшимъ содержаніемъ двууглекислыхъ солей.

Вода, содержащая значительное количество известковыхъ и магнезіальныхъ солей, обусловливаетъ въ паровыхъ котлахъ образованіе накипи. Воды съ временною жесткостью даютъ болѣе рыхлую, болѣе легко удаляемую накипь по сравненію съ водами съ постоянною жесткостью.

Нижеприводимые три анализа указываютъ составъ накипи (I), образующейся при употребленіи воды, содержащей какъ углекислыя соли извести и магнезіи, такъ и гипсъ, а также накипей образующихся при употребленіи типичныхъ водъ съ постоянною жесткостью (II) и съ временною жесткостью (III).

	I.	II.	III.
Углекальціевой соли	55,65	—	81,10
Гипса	31,96	97,01	6,86
Окиси магнія	7,11	0,37	2,58
Воды	—	1,75	—
Окиси желѣза и глинозема	2,10	—	1,48
Кремнекислоты и нерастворимаго въ кислотахъ остатка	2,46	—	3,54

Какъ показываютъ многочисленные анализы накипей изъ паровыхъ котловъ, составъ накипи изъ одного и того же котла, но изъ разныхъ мѣстъ его, а также и съ одного и того же мѣста, но различныхъ слоевъ ея имѣетъ далеко не одинаковый составъ, что конечно обусловливается воздѣйствіемъ тепла. Слой накипи, непосредственно соприкасающійся съ желѣзомъ и накипь въ той части котла, которая непосредственно соприкасается съ топочными газами, всегда содержитъ значительно меньше углекислоты и въ главной массѣ состоитъ изъ гидратовъ окиси магнія и кальція. Средній слой содержитъ какъ окиси, такъ и углекислыя соли, а верхній, въ большинствѣ случаевъ, состоитъ исключительно изъ углекислыхъ солей.

Жесткая вода мало пригодна и въ большинствѣ химическихъ производствъ: мыловаренномъ, кожевенномъ, красильномъ и т. п. Вредное вліяніе жесткой воды сказывается прежде всего въ излишнемъ непроиз-

водительномъ расходѣ мыла, вслѣдствіе образованія нерастворимыхъ въ водѣ известковыхъ и магнезіальныхъ солей жирныхъ кислотъ. Если принять во вниманіе, что каждый граммъ извести связываетъ 15,5 граммъ мыла, то при сколько-нибудь значительномъ расходѣ жесткой воды и непроизводительный расходъ мыла очень великъ. На красильныхъ фабрикахъ жесткая вода увеличиваетъ расходъ пигментовъ.

Большая или меньшая жесткость воды часто выражается въ градусахъ, при чемъ въ Германіи 1° жесткости выражаетъ содержаніе 1 части окиси кальція въ 100.000 частяхъ воды, во Франціи содержаніе 1 части углекальціевой соли въ 100.000 частяхъ воды, въ Англіи 1 части углекальціевой соли въ 70.000 частяхъ воды. Поэтому 1° нѣмецкій = 1,25° англійскаго = 1,79° французскаго.

Большая или меньшая жесткость воды опредѣляется титрованнымъ растворомъ мыла опредѣленнаго состава, титръ котораго устанавливается по раствору хлористаго кальція. Появленіе пѣны при взбалтываніи служитъ указаніемъ конца реакціи. Подробности способа излагаются въ аналитической химіи. Для красильнаго производства вода считается непригодной, если жесткость ея превышаетъ 6 нѣмецкихъ градусовъ.

„Мягкою“ водою называется такая естественная вода, которая содержитъ сравнительно мало минеральныхъ веществъ. Типичнымъ примѣромъ мягкой воды можетъ служить дождевая вода, которая по анализамъ Rivers Pollution Commission (въ среднемъ изъ 73 анализовъ) содержитъ всего 39,5 миллиграммовъ на 1 литръ сухого остатка.

Мягкая рѣчная вода встрѣчается преимущественно въ мѣстностяхъ, почва которыхъ содержитъ мало растворимыхъ минеральныхъ веществъ. На ряду съ отсутствіемъ значительнаго количества известковыхъ солей, мягкія воды характеризуются присутствіемъ въ нихъ гумусовыхъ, перегнойныхъ кислотъ, известковыя соли которыхъ нерастворимы въ водѣ, вслѣдствіе чего въ жесткихъ водахъ эти кислоты большей частью отсутствуютъ. Такого рода воды, благодаря содержаніе свободныхъ кислотъ, дѣйствуютъ болѣе или менѣе разрушительно на стѣнки котловъ, но легко исправляются прибавкой небольшого количества соды.

Морская вода представляетъ типичный примѣръ соленой воды и содержитъ обыкновенно отъ 20 до 30 граммъ на литръ поваренной соли, 1—2 грамма гипса, 2—3 грамма хлористаго магнія и общее содержаніе плотнаго остатка доходитъ до 40 граммъ на литръ. При употребленіи морской воды для питанія котловъ, по мѣрѣ ея концентраціи, ее приходится время отъ времени выпускать изъ котла, такъ какъ иначе она черезчуръ обогащается солями. Съ цѣлью по возможности облегчить эту работу утилизируется обратный паръ и ставятся опрѣснители, т.-е. при-

готовляется перегнанная вода. Въ накипи, образующейся въ котлахъ при употребленіи морской воды, содержится всегда довольно много магнезіи, образующейся въ котлѣ вслѣдствіе разложенія хлористой магнезіи подъ вліяніемъ высокой температуры, при чемъ, конечно, выдѣляется соляная кислота, обусловливающая разъѣданіе стѣнокъ котла, паропроводныхъ трубъ, а иногда даже и стѣнокъ пароваго цилиндра. Ходъ этой реакціи можетъ быть выраженъ формулой:

$$Mg\,Cl_2 + Fe + 2H_2O = Mg\,(HO)_2 + Fe\,Cl_2 + H_2.$$

Примѣромъ котельной накипи, образующейся въ паровомъ котлѣ при употребленіи морской воды, можетъ служить нижеприводимый анализъ накипи, сдѣланный Ливесомъ:

Гипса	84,27%
Магнезіи	7,04 „
Песка	1,94 „
Окиси желѣза и глинозема	1,10 „
Воды и другихъ составныхъ частей . .	5,65 „

Вода, выкачиваемая изъ рудниковъ и нефтяныхъ буровыхъ скважинъ, также содержитъ обыкновенно въ растворѣ много солей, въ особенности сѣрнокислыхъ, а иногда даже (вода изъ каменноугольныхъ рудниковъ) въ незначительныхъ количествахъ свободную сѣрную кислоту.

Щелочными водами называются воды, содержащія значительныя количества углекислыхъ и сѣрнокислыхъ щелочей.

На продолжительность службы паровыхъ котловъ и большую или меньшую экономичность ихъ работы очень значительное вліяніе оказываетъ составъ воды. При употребленіи жесткой известковой воды сравнительно быстро образуется накипь, представляющая весьма дурной проводникъ тепла, вслѣдствіе чего сильно понижается коеффиціентъ полезнаго дѣйствія топки. Непосредственные опыты показали, что при накипи въ $^1/_6$ дюйма толщины расходъ топлива увеличивается на 16%, при накипи толщиною въ $^1/_4$ дюйма на 50% и при накипи въ $^1/_2$ дюйма на 150%. На ряду съ этимъ происходитъ быстрое изнашиваніе парового котла вслѣдствіе:

1) разрушенія лиетовъ и заклепокъ подъ вліяніемъ перегрѣва,

2) механическихъ поврежденій при періодической очисткѣ накипи.

Въ трубчатыхъ котлахъ накипь иногда обусловливаетъ засореніе трубокъ котла.

Союзъ американскихъ желѣзнодорожныхъ механиковъ опредѣляетъ денежную потерю въ излишне потраченномъ топливѣ вслѣдствіе упо-

треблешя жесткой воды, не считая стоимости ремонта, въ 750 долларовъ въ годъ на каждый паровозъ, и конечно, едва ли меньше этой суммы составляетъ излишнiй расходъ и для стацiонарныхъ паровыхъ котловъ.

Чѣмъ меньше накипеобразователей содержится въ водѣ, тѣмъ большiй пробѣгъ можетъ сдѣлать паровозъ, не требуя чистки. Такимъ образомъ при употребленiи хорошей воды въ Соединенныхъ Штатахъ пробѣгъ паровоза безъ чистки доходитъ до 1500 — 2000 миль, а при употребленiи плохой воды приходится очищать уже по пробѣгѣ всего 300 — 400 миль.

Съ цѣлью облегчить удаленiе изъ котла трудно отдѣляющихся накипей находятъ полезнымъ за нѣсколько часовъ до чистки ввести въ котелъ растворъ ѣдкаго натра въ количествѣ $^1/_4$ фунта на 1 силу.

При употребленiи въ паровыхъ котлахъ рудничныхъ водъ надо опасаться присутствiя въ нихъ даже незначительныхъ количествъ мѣдныхъ солей, такъ какъ въ котлѣ въ этомъ случаѣ осѣдаетъ на стѣнкахъ металлическая мѣдь, при чемъ съ желѣзомъ образуется гальваническая пара, разлагающая воду и обусловливающая непрерывное разъѣданiе стѣнокъ котла.

Значительное влiянiе на разъѣданiе стѣнокъ котловъ оказываетъ, какъ уже упомянуто выше, содержанiе въ водѣ гумусовыхъ веществъ и кислорода. Послѣднiй обусловливаетъ разъѣданiе стѣнокъ котла по ватеръ-линiи.

Очень вредное влiянiе на образованiе накипи и разъѣданiе стѣнокъ котла оказываетъ также содержанiе въ водѣ органическихъ и минеральныхъ жировъ. Свободныя жирныя кислоты, образующiяся при гидролизѣ жировъ разъѣдаютъ стѣнки, а самые жиры обусловливаютъ болѣе совершенную цементацiю накипи, при чемъ еще въ значительной степени понижается ея теплопроводная способность.

Иногда въ цѣляхъ уменьшенiя накипи въ паровыхъ котлахъ, вода употребляемая для ихъ питанiя, предварительно подогрѣвается въ особаго устройства подогрѣвателяхъ. Такое приспособленiе оказывается, конечно, главнымъ образомъ полезнымъ при употребленiи воды съ значительною временною жесткостью, такъ какъ только такая вода при кипяченiи, выдѣляя углекислоту, осаждаетъ углекислыя соли щелочно-земельныхъ металловъ. Подогрѣватели, вертикальные или горизонтальные, обогрѣваются отработавшимъ или обратнымъ паромъ изъ паровыхъ машинъ. Внутри ихъ имѣются приспособленiя для удержанiя выдѣляющихся при кипяченiи нерастворимыхъ углекислыхъ солей. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ они оказываются очень полезными. Такъ въ одномъ случаѣ, по даннымъ

Стильмана, вода до подогрѣванія содержала 128,7 гранъ минеральныхъ веществъ и 3,4 органическихъ веществъ; послѣ подогрѣванія передъ входомъ въ котелъ 8,5 гранъ минеральныхъ и 3,2 грана органическихъ веществъ на галлонъ воды.

Если вода, употребляемая заводомъ для производства или питанія котловъ, содержитъ много взвѣшенныхъ веществъ (мутна), то она обыкновенно подвергается механическому очищенію; если содержитъ много растворимыхъ веществъ, то подвергается химической очисткѣ. Въ нашу задачу не входитъ изложеніе методовъ практикуемыхъ для очистки воды предназначаемой для питья, а потому здѣсь будутъ упомянуты въ краткихъ чертахъ только тѣ пріемы работы, которые примѣняются для заводской очистки воды.

Механическое очищеніе воды, питающей котелъ и употребляемой въ производствѣ, встрѣчается сравнительно рѣдко и примѣняется только въ томъ случаѣ, если въ водѣ содержится очень много взвѣшенныхъ частицъ (мути): частичекъ глины, песка, окиси желѣза, органическихъ веществъ, водорослей и т. п. Если муть состоитъ попреимуществу изъ веществъ сравнительно большаго удѣльнаго вѣса, то въ большинствѣ случаевъ удаленіе ея можетъ быть достигнуто простымъ отстаиваніемъ въ осадочномъ бассейнѣ. Если же удѣльный вѣсъ примѣсей близокъ къ плотности воды, то приходится прибѣгать къ фильтраціи.

Для этой цѣли употребляются или фильтры-прессы, или же спеціальные угольные или песочные фильтры. Производительность фильтръ-пресса средней величины на 6 камеръ, длиною 1,6 метра, ширина 1,2 метра, составляетъ около 2 кубическихъ метровъ совершенно прозрачной воды въ часъ.

Фильтръ-прессъ состоитъ изъ ряда фильтровальныхъ деревянныхъ или металлическихъ камеръ, которыя устанавливаются на двухъ продольныхъ стержняхъ, укрѣпленныхъ на чугунномъ постаментѣ. Задняя камера укрѣплена неподвижно, а передняя соединена съ винтомъ и помощью послѣдняго можетъ передвигаться по горизонтальной плоскости. Между отдѣльными камерами подвѣшивается ткань, черезъ которую происходитъ процѣживаніе. Когда всѣ камеры заправлены, нажатіемъ винта скрѣпляется положеніе камеръ и такимъ образомъ въ каждой камерѣ имѣется полое пространство, ограниченное натянутой тканью, черезъ которую и продавливается процѣживаемая жидкость въ пріемный желобъ фильтръ-пресса. На рисункѣ 15 изображенъ процессъ очистки воды для паровыхъ котловъ фильтраціей черезъ фильтръ-прессъ по способу Дэнэ.

Фильтрующимъ слоемъ въ песочныхъ фильтрахъ являются положенные одинъ на другой въ послѣдовательномъ порядкѣ крупный гра-

вій, мелкій гравій и рѣчной песокъ. Чѣмъ большее количество взвѣшенныхъ частицъ содержитъ вода, чѣмъ эти частицы мельче и чѣмъ крупнѣе фильтрующій матеріалъ, тѣмъ медленнѣе должно происходить процѣживаніе и, слѣдовательно, на каждый объемъ процѣживаемой воды въ единицу времени должна приходиться тѣмъ большая фильтрующая поверхность. Это отношеніе опредѣляется опытомъ, при чемъ скорость разсчитывается такъ, чтобы взвѣшенныя частицы сполна удерживались верхнимъ слоемъ песка.

Для водоснабженія городовъ и большихъ промышленныхъ предпріятій употребляются нерѣдко массивные песочные фильтры. Внизу такихъ фильтровъ помѣщается слой глины, поверхъ его крупный булыжникъ, слой измельченнаго булыжника, слой крупнаго гравія, слой мелкаго гравія и, наконецъ, слой въ $^3/_4$ метра толщиной песка.

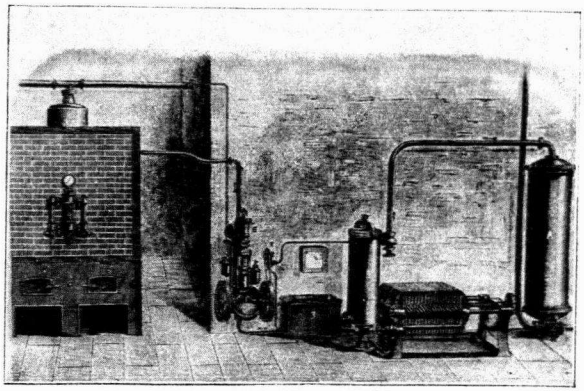

Рис. 15.

Пріемные каналы для процѣженной воды располагаются внизу фильтровъ наполовину въ слоѣ глины и наполовину въ слоѣ булыжника; размѣръ ихъ 75 на 60 сантиметровъ. Слой воды на поверхности песка держится около $^1/_2$ метра. Скорость фильтраціи, конечно, находится въ прямой зависимости отъ состава воды.

Огромное значеніе въ песочныхъ фильтрахъ имѣетъ величина зерна песка; наиболѣе пригоденъ песокъ величиною отъ $^1/_2$ миллиметра до 1 миллиметра. Болѣе мелкій песокъ скоро становится непроницаемымъ для воды. Фильтрація черезъ песокъ имѣетъ такое очень большое значеніе въ смыслѣ очистки воды отъ микроорганизмовъ.

Какъ показываютъ однако произведенныя изслѣдованія, чистый стерилизованный песокъ не оказываетъ никакого очищающаго дѣйствія на воду въ бактеріологическомъ отношеніи. Для того, чтобы песчаный фильтръ началъ бы работать, онъ непремѣнно долженъ достигнуть „спѣлости“, т.-е. на поверхности его долженъ образоваться слой изъ мелкихъ частицъ глины, въ смѣси съ массами бактерій, водорослей, діатомей и т. п.

По даннымъ доктора Кемпа, главное очищающее дѣйствіе оказываютъ скопляющіеся въ верхнемъ слоѣ: Melosira, Fragilaria, Synedra, Cyclotellia, и въ особенности водоросль Hydrodictyon. Скорость фильтраціи не должна превышать 100 миллиметровъ въ часъ, и въ сутки черезъ фильтръ величиною въ одинъ акръ не должно проходить болѣе 2.000.000 галлоновъ. Согласно даннымъ Франкланда, хорошо работающій фильтръ весьма совершенно очищаетъ воду отъ бактерій; количество ихъ понижается на 99,5%.

Одинъ изъ довольно распространенныхъ песочныхъ фильтровъ меньшихъ размѣровъ имѣетъ слѣдующее устройство (рис. 16). Внутри ци-

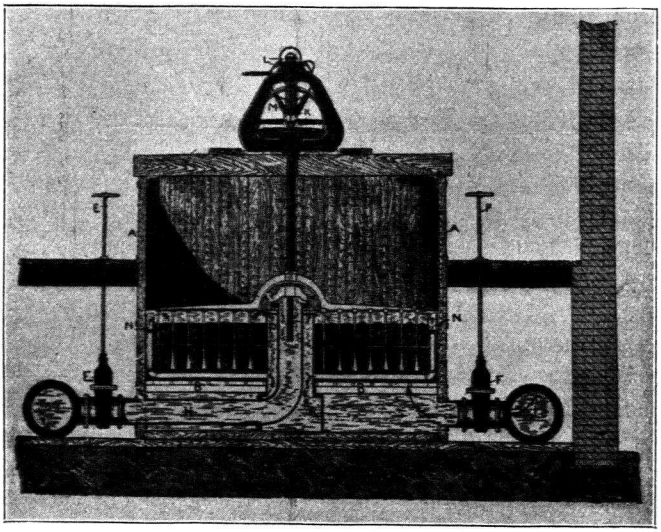

Рис. 16.

линдрическаго металлическаго сосуда располагается фильтрирующій матеріалъ, чаще всего одинъ песокъ, или же песокъ и гравій. Вода для процѣживанія входитъ черезъ кранъ F въ сосудъ, распредѣляется по фильтрующему матеріалу и процѣдившись стекаетъ внизъ по трубѣ H. Вслѣдствіе того, что фильтръ по сравненію съ приводящею воду трубою имѣетъ значительно большіе размѣры, вода въ немъ остается сравнительно долго. Рисунокъ 17 указываетъ установку нѣсколькихъ такихъ песочныхъ фильтровъ.

По мѣрѣ накопленія въ пескѣ мути, что опредѣляется конечно неудовлетворительностью очистки, песокъ и гравій промываются не разгру-

жаясь, при посредствѣ мѣшалки D, которая приводится въ вращательное движеніе, вслѣдствіе чего, конечно, передвигаются (перегребаются) и песокъ, и гравій. Въ то же время черезъ третій кранъ, не показанный на рисункѣ, при закрытыхъ кранахъ F и E, впускается въ фильтръ вода, которая промываетъ фильтрующій песокъ и уноситъ отмытую муть сверху черезъ боковую сточную трубу.

На крупныхъ фабрикахъ распространено примѣненіе конденсаціонной воды для питанія паровиковъ, а также и для другихъ цѣлей, напримѣръ: растворенія солей и пигментовъ, промывки, варки красокъ и т. п. При этомъ въ такой водѣ нерѣдко содержится масло, увлекаемое изъ цилиндровъ паровыхъ машинъ или въ видѣ эмульсіи, или in corpore. Какъ уже указано выше, если масло попадаетъ въ котелъ, то это грозитъ серьезными неудобствами. При продувкахъ котла плавающее на поверхности масло при пониженіи уровня садится на стѣнки котла, особенно на огневыя трубы, и при охлажденіи удерживаетъ известковыя и магнезіальныя соли, образуя плотную кору. Образующіяся подъ вліяніемъ гидролиза жирныя кислоты разрушаютъ стѣнки котла.

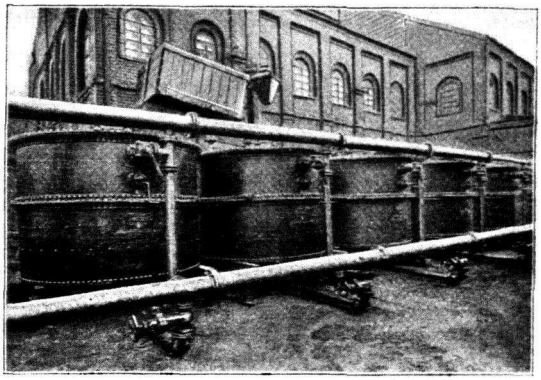

Рис 17.

Для выдѣленія масла изъ конденсаціонной воды примѣняются фильтры наполненные древесной шерстью; иногда ихъ ставятъ нѣсколько одинъ за другимъ. Возобновленіе древесной шерсти производится черезъ недѣлю.

Во Франціи для удаленія масла изъ конденсаціонной воды примѣняютъ губку, которая энергично вбираетъ масло. Для часового очищенія 300 кило конденсаціонной воды достаточно 1 □ сантиметра поперечнаго сѣченія губчатаго фильтра. Когда губка насытится масломъ, масло отпрессовываютъ и губку вывариваютъ въ мыльной водѣ, послѣ чего она вновь можетъ идти въ дѣло.

Отдѣленіе масла производится также отстаиваніемъ и декантаціей, при чемъ масло скопляется, конечно, на поверхности.

Химическая очистка сырой воды имѣетъ цѣлью главнымъ образомъ „мягченіе“ ея, или удаленіе солеобразныхъ примѣсей, обусловливающихъ ея жесткость.

Для очистки воды съ постоянною и временною жесткостью примѣняются не вполнѣ однородные пріемы работы.

Вода съ временною жесткостью, содержащая значительныя количества двууглекислыхъ солей щелочноземельныхъ металловъ, можетъ быть въ значительной степени улучшена простымъ кипяченіемъ. При этомъ растворимыя двууглекислыя соли диссоціируютъ, углекислота выдѣляется, а нерастворимые углекислые кальцій и магній осѣдаютъ на дно.

Понятно, что для очистки большихъ количествъ эта метода не примѣнима по дороговизнѣ и въ этомъ случаѣ прибѣгаютъ уже къ воздѣйствію тѣхъ или другихъ химическихъ реактивовъ. Чаще всего употребляютъ соду, ѣдкій натръ или известь.

Реакціи въ этомъ случаѣ протекаютъ согласно уравненіямъ:

$$\left.\begin{array}{l} CaH_2(CO_3)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaHCO_3 \\ CaH_2(CO_3)_2 + 2NaHO = CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O \end{array}\right\} (I)$$

или, если работа ведется съ известью, по уравненію

$$CaH_2(CO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O \qquad (II)$$

Всего лучше вести очистку воды съ значительною временною жесткостью, пользуясь прозрачнымъ насыщеннымъ растворомъ ѣдкой извести; этотъ пріемъ работы требуетъ, однако, очень объемистыхъ отетоечныхъ и смѣшивательныхъ чановъ. Поэтому чаще употребляютъ тщательно приготовленное известковое молоко, которое и смѣшивается съ водою въ строго необходимомъ и достаточномъ количествѣ. Такъ щіемъ работы носитъ названіе способа очистки воды Кларка.

При очисткѣ небольшихъ количествъ воды съ значительною временною жесткостью, какъ это иногда является существенно необходимымъ, на химическихъ и красильныхъ фабрикахъ и заводахъ употребляютъ ѣдкій баритъ и щавелевонатровую соль

$$\left.\begin{array}{l} CaH_2(CO_3)_2 + Ba(HO)_2 = CaCO_3 + BaCO_3 + 2H_2O \\ CaH_2(CO_3) + Na_2C_2O_4 = CaC_2O_4 + 2NaHCO_3 \end{array}\right\} (III)$$

Этотъ способъ хотя и даетъ хорошіе результаты, но сравнительно очень дорогъ.

Очищеніе воды съ постоянною жесткостью (содержащей значительныя количества гипса) происходитъ уже не такъ легко, а что главное, при этомъ выдѣляются вещества, сами по себѣ не вполнѣ безвредныя по отношенію къ стѣнкамъ котла.

Очистка такой воды производится на основаніи слѣдующихъ реакцій:

1) $CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$
2) $CaSO_4 + Ba(HO)_2 = BaSO_4 + Ca(HO)_2$
3) $CaSO_4 + BaCl_2 = CaCl_2 + BaSO_4$
4) $CaCl_2 + Na_2C_2O_4 = CaC_2O_4 + 2NaCl$.

Для очистки воды съ значительною постоянною жесткостью, т.-е. съ большимъ содержаніемъ гипса, рекомендуется употреблять алюминатъ барія $BaO.Al_2O_3$, который приготовляется прокаливаніемъ тяжелаго шпата съ баукситомъ. При выщелащиваніи сплава водой получается жидкость въ 5°Б, которая реагируетъ съ гипсомъ согласно уравненію:

$$BaO.Al_2O_3 + CaO.SO_3 = BaO.SO_3 + CaO.Al_2O_3.$$

$CaO.Al_2O_3$ тоже трудно растворимъ въ H_2O и съ своей стороны реагируетъ съ двууглекислыми солями, при чемъ осаждаются $CaCO_3$ и Al_2O_3.

Для очищенія небольшихъ количествъ жесткой воды на красильныхъ фабрикахъ иногда пользуются щавелевой кислотой, которую прибавляютъ къ водѣ на основаніи аналитическаго изслѣдованія въ количествѣ строго необходимомъ и достаточномъ для выдѣленія извести въ видѣ щавелевоизвестковой соли.

Понятно, если вода содержитъ какъ двууглекислыя соли, такъ и сѣрнокислыя соли, то соотвѣтствующіе реактивы для выдѣленія тѣхъ и другихъ, прибавляются къ водѣ въ строго необходимыхъ и достаточныхъ количествахъ. Чаще всего употребляютъ смѣсь соды и ѣдкаго натра. Отстаиваніе выдѣляющихся нерастворимыхъ углекислыхъ и сѣрнокислыхъ солей идетъ въ обыкновенныхъ условіяхъ сравнительно очень медленно, почему для этой цѣли и предложенъ цѣлый рядъ приборовъ.

Какъ уже сказано выше, въ послѣднее время, если только количество очищаемой воды не очень значительно, для отдѣленія осадка употребляются фильтръ-прессы и для болѣе совершеннаго процѣживанія въ мутную жидкость вводитъ немного древесной массы, волокна которой энергично удерживаютъ даже очень мелкую муть.

Въ большинствѣ отстойныхъ очистительныхъ приборовъ главную работающую часть представляютъ рядъ или ряды наклонно поставленныхъ перегородокъ, мимо которыхъ протекаетъ снизу вверхъ очищаемая мутная вода. Такъ какъ разстояніе между перегородками весьма невелико, а теченіе воды весьма медленно, то вслѣдствіе происходящаго тренія о стѣнки перегородокъ взвѣшенныя частицы легко осѣдаютъ на нихъ. Одинъ изъ довольно употребительныхъ для этой цѣли приборовъ, чанъ Гальэ и Гюэ, который представляетъ высокій четырехъугольный

желѣзный чанъ съ рядомъ внутри его наклонно поставленныхъ и не доходящихъ до противоположной стороны перегородокъ.

Мутная вода, притекая снизу, поднимается медленно вверхъ, неизбѣжно огибая каждую перегородку, и уходитъ вверху по отводной трубѣ. Съ той стороны чана, въ которую наклонены перегородки, находится рядъ лазовъ, открывая которые время отъ времени очищаютъ полки отъ осѣвшихъ на нихъ осадковъ.

Большимъ распространеніемъ въ Германіи и Франціи пользуется очистительный приборъ Дерво (рис. 18). Въ этомъ приборѣ очищается вода механически и химически.

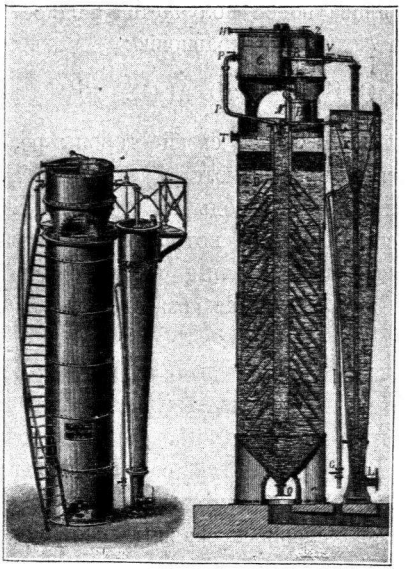

Рис. 18.

S известкователь, наполненный известью. Вода въ этотъ приборъ протекаетъ на дно его по трубѣ V; въ виду того, что онъ представляетъ обратно поставленный конусъ, теченіе воды все замедляется и въ верхней части находится прозрачная известковая вода. Этому очищенію способствуетъ коническая насадка k. Прозрачная, насыщенная ѣдкою известью вода, содержащая 1,3 грамма извести въ литрѣ, протекаетъ непосредственно въ смѣшивательную трубку E рядомъ расположеннаго очистителя. Сюда же по сифону N притекаетъ растворъ соды и очищаемая вода по трубѣ p. Спеціальныя приспособленія регулируютъ притокъ какъ воды, такъ и очистительныхъ реагентовъ. Смѣшанная съ очистителями вода, содержащая въ взвѣшенномъ состояніи карбонаты щелочноземельныхъ металловъ, поднимается вверхъ, встрѣчая на пути рядъ коническихъ насадокъ, на которыхъ и осѣдаетъ образовавшаяся муть. Въ верхней части очистителя располагается фильтръ съ опилками или стружками, проходя черезъ который вода совершенно очищается.

При очисткѣ большихъ количествъ воды смѣшеніе воды съ реактивами производится въ особаго рода приборахъ, снабженныхъ мѣшалками, такъ называемыхъ меланжёрахъ, изъ которыхъ вода уже непрерывно направляется въ отстойники.

Для предупрежденія накипи въ паровыхъ котлахъ употребляется цѣ-

лый рядъ композицій, такъ называемыхъ „акти-инкрустаторовъ“, „анти-кальцитовъ“ и т. п. Большею частью эти вещества не имѣютъ большого практическаго значенія и могутъ быть пригодны только въ томъ или другомъ частномъ случаѣ; универсальное средство, пригодное для всякой воды, представляетъ съ химической точки зрѣнія абсурдъ.

Различнаго рода анти-накипи прибавляются обыкновенно непосредственно въ котелъ.

Предполагаемое полезное дѣйствіе ихъ частью химическое, частью механическое, такъ какъ они должны предохранять стѣнки котла отъ образованія на нихъ плотнаго слоя накипи. Въ составъ ихъ входитъ самыя разнообразныя вещества, чаще другихъ: сода-ашъ, ѣдній натръ, ѣдкій баритъ, сѣрнисто- и фосфорнонатровыя соли, таннинъ, крахмалъ и т. п.

Щелочныя воды, содержащія много соды или сѣрнокислаго натрія, обусловливаютъ бурное кипѣніе, вслѣдствіе чего паръ содержитъ много увлеченной воды, поэтому прибавка въ котелъ сколько-нибудь значительныхъ количествъ соды едва ли можетъ быть рекомендована.

Что касается химическаго состава воды, употребляемой для химическихъ производствъ, то въ этомъ направленіи могутъ быть сдѣланы только самыя общіи замѣчанія.

Вода имѣетъ въ особенности большое значеніе въ красильномъ производствѣ и ни въ какой другой отрасли химической промышленности употребленіе нечистой воды не вызываетъ столькихъ неудобствъ.

Мягкая вода, какъ уже указано, желательна на мыловаренныхъ, отбѣльныхъ и красильныхъ заводахъ, такъ какъ жесткая вода обусловливаетъ непроизводительную потерю мыла, и известковое мыло, осѣдая на ткань, пачкаетъ ее и вызываетъ неоднородность окрашиванія. Для нѣкоторыхъ родовъ окрашиванія, напримѣръ, крашенія ализариномъ или пунцоваго крашенія, нѣкоторое содержаніе извести въ водѣ является однако существенно необходимымъ, зато самое незначительное содержаніе желѣза (даже 1 милиллиграммъ въ литрѣ) оказываетъ очень вредное вліяніе на красоту оттѣнка цвѣта. Въ пивоваренномъ производствѣ считается болѣе пригодной вода, содержащая гипсъ, а въ кожевеняомъ двууглекислыя соли извести и магнезіи (при золкѣ). Въ писчебумажномъ и крахмальномъ производствахъ большая или меньшая жесткость не имѣетъ большого значенія, но зато она не должна содержать взвѣшенныхъ веществъ.

Сточныя воды.

Химическіе способы употребляются не только для очистки естественныхъ водъ, но также примѣняются и для очистки сточныхъ заводскихъ и го-

родскихъ водъ. Едва ли можно сомнѣваться въ справедливости требованія, чтобы заводы, употребляя для своихъ надобностей чистую воду, такую же и спускали бы обратно въ общественные водоемы. Практика однако пока еще очень далека отъ этого теоретическаго пожеланія и сточныя воды нерѣдко содержатъ значительное количество органгческихъ и минеральныхъ веществъ, иногда даже ядовитыхъ, какъ напримѣръ: мышьяковыя соли, рвотный камень, сѣрная кислота и т. п.

Сточныя воды шерстомойныхъ заводовъ, кожевенныхъ заводовъ, отбѣльныхъ фабрикъ, сахарныхъ и пивоваренныхъ заводовъ, на ряду со сточными водами многихъ чисто химическихъ заводовъ, оказываются наиболѣе вредными.

Вопросы обезвреживанія этихъ водъ, а на ряду съ обезвреживаніемъ и раціональнаго техническаго использованія ихъ представляютъ капитальные вопросы санитарной техники, имѣющіе большое общественное значеніе.

Самое существованіе людей въ многочисленныхъ центрахъ уже ведетъ за собою накопленіе отбросовъ, такъ какъ по даннымъ гигіенистовъ каждый взрослый человѣкъ въ среднемъ въ годъ выдѣляетъ около 40 кило твердыхъ экскрементовъ, около 430 кило мочи, а на ряду съ этими естественными отбросами въ среднемъ на человѣка падаетъ около 36 куб. метровъ (около 3.000 ведеръ) сточныхъ грязныхъ водъ и 110 кило твердыхъ отбросовъ: топлива, пищи, платья и т. п.

Съ точки зрѣнія гигіены всѣ эти отбросы являются безусловно вредными для общественнаго здоровья; даже въ выдѣленіяхъ здоровыхъ людей находится рядъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ, которые при извѣстныхъ благопріятныхъ условіяхъ размножаются и обусловливаютъ возникновеніе тѣхъ или другихъ эпидемій. Сверхъ того, всѣ эти отбросы содержатъ всегда большее или меньшее количество легко разлагающихся органическихъ веществъ и потому являются отличнымъ питательнымъ матеріаломъ для зародышей, носящихся въ воздухѣ. Подъ вліяніемъ атмосферныхъ осадковъ, какъ эти микроорганизмы, такъ и продукты ихъ жизнедѣятельности, различнаго рода ферменты: токсины, лейкомаины и птомаины, проникаютъ въ питьевую воду; въ сухую погоду они вмѣстѣ съ городскою пылью проникаютъ въ легнія.

Лѣтомъ подъ вліяніемъ тепла и влаги органическіе отбросы разлагаются и непосредственно, въ результатѣ чего происходитъ выдѣленіе пахучихъ газовъ и зараженіе ими атмосферы.

Съ точки зрѣнія химика нѣтъ и не можетъ быть абсолютно безполезныхъ и вредныхъ веществъ, такъ какъ и отбросы состоятъ изъ тѣхъ же самыхъ химическихъ элементовъ, что и многія цѣнныя вещества и

слѣдовательно, отбросъ, безполезное и вредное вещество въ одномъ мѣстѣ, можетъ оказаться полезнымъ въ другомъ.

Въ этомъ случаѣ задачи общественной гигіены чрезвычайно близко соприкасаются съ задачами раціональной техники. Дѣйствительно, цѣль гигіены, какъ самостоятельной научной дисциплины, состоитъ въ изслѣдованіи всѣхъ опасностей, которыя угрожаютъ человѣческимъ общежитіямъ и каждому человѣку въ отдѣльности и въ изысканіяхъ мѣръ для предупрежденія ихъ и борьбы съ ними. Эту въ высшей степени важную для общественнаго благосостоянія задачу гигіена можетъ разрѣшить только тогда, когда она находится въ тѣсной связи съ техникой или, слѣдовательно, когда и санитарный врачъ и техникъ обладаютъ соотвѣтствующими знаніями, первый въ области техники, второй въ области гигіены.

Твердые городскіе и заводскіе отбросы въ настоящее время все чаще и чаще используются въ томъ или другомъ направленіи. Сожиганіе городского уличнаго мусора въ спеціально конструированныхъ для этой цѣли печахъ трансформируетъ этотъ отбросъ въ электрическую энергію, расходуемую для уличнаго освѣщенія, какъ это имѣетъ мѣсто въ очень многихъ городахъ Англіи и Германіи. Опилки, отработавшее дубло, жестянки, стеклянный бой, тряпье, бумага и много другихъ твердыхъ отбросовъ имѣютъ реальную, нерѣдко весьма значительную цѣнность. Старое грязное тряпье цѣнится дороже 1 руб. за пудъ, т.-е. значительно дороже пуда зерна.

Жидкіе отбросы, сточныя воды различныхъ фабрикъ и заводовъ, заслуживаютъ еще большаго вниманія, такъ какъ направляясь безъ очистки въ общественные водоемы, они загрязняютъ ихъ нерѣдко въ высокой степени. Въ виду того, однако, что вода, подобно воздуху, представляетъ предметъ первой необходимости, несомнѣнно, что порча воды отдѣльными лицами или учрежденіями самымъ существеннымъ образомъ нарушаетъ интересы всѣхъ остальныхъ жителей данной мѣстности.

При спускѣ сточныхъ водъ прямо въ рѣки является много неудобствъ для окрестныхъ жителей. Вода, спускаемая съ красильныхъ и ситцепечатныхъ фабрикъ, содержитъ нерѣдко крахмалъ, ѣдкій натръ, хлористую известь, мышьяковыя соли и краски; сточныя воды иногда такъ сильно окрашены, что струя сточной воды, вливающаяся въ рѣку, видна на далекомъ разстояніи. Сточныя воды съ пивоваренныхъ, сахарныхъ и крахмальныхъ заводовъ несутъ въ себѣ рядъ органическихъ веществъ, легко способныхъ приходить въ броженіе; подобнымъ образомъ и сточныя воды кожевенныхъ и клееваренныхъ заводовъ представляютъ прекрасный матеріалъ для поддержанія жизнедѣятельности микроорганизмовъ.

Минеральный (нефть) или органическій жиръ, входя въ составъ сточныхъ водъ, распредѣляется на поверхности воды въ видѣ тонкой пленки и является очень вреднымъ въ томъ смыслѣ, что препятствуетъ естественной очисткѣ воды, такъ какъ задерживаетъ газовый обмѣнъ съ атмосферою. Въ нормальныхъ условіяхъ въ водѣ содержится около 40—50 к. с. растворимыхъ газовъ, состоящихъ въ главной массѣ изъ кислорода (33%) и азота (66%). Нормальное содержаніе кислорода существенно важно для поддержанія жизнедѣятельности рыбъ; разъ, что въ водѣ не содержится кислорода, она становится тухлой. Такую воду нельзя пить ни скоту, ни людямъ; въ ней нельзя купаться и она вообще изъ предмета общеполезнаго становится веществомъ во многихъ случаяхъ вреднымъ. Поэтому въ большинствѣ европейскихъ законодательствъ спускъ сточныхъ водъ въ рѣки безъ предварительнаго ихъ обезвреживанія или очистки безусловно воспрещается.

Англійское законодательство въ этомъ отношеніи одно изъ наиболѣе строгихъ. Тамъ воспрещается спускать въ рѣки и другіе общественные водоемы всякую жидкость, которая содержитъ въ литрѣ больше 30 миллиграммовъ взвѣшенныхъ веществъ, болѣе 20 миллиграммовъ углерода и 3 миллиграммовъ азота въ видѣ органическихъ соединеній; спускаемая вода должна быть безъ всякаго запаха, совершенно прозрачна, нейтральна на лакмусъ и содержать не менѣе 1 кубическаго дюйма кислорода на галлонъ воды.

Какъ показываютъ многочисленныя изслѣдованія состава сточныхъ, произведенныя какъ въ Россіи, такъ и за границей, сточныя воды съ различныхъ фабрикъ и заводовъ содержатъ далеко не одинаковыя количества растворенныхъ и взвѣшенныхъ веществъ и не въ одинаковой степени вредоносны съ точки зрѣнія санитарной техники.

По изслѣдованіямъ, произведеннымъ въ Москвѣ въ лабораторіи Общества для улучшенія и развитія мануфактурной промышленности, спускныя воды съ московскихъ фабрикъ содержатъ отъ 117,6 до 2680,8 миллиграммовъ въ литрѣ растворенныхъ органическихъ веществъ, отъ 9,6 до 763 миллиграммовъ взвѣшенныхъ органическихъ веществъ, отъ 2,1 до 207,4 миллиграммовъ азота, отъ 18,5 до 259 хлора и отъ 49,8 до 294,3 миллиграммовъ сѣрнаго ангидрида.

Кенигъ въ своемъ классическомъ сочиненіи „Die Verunreinigung der Gewässer“ приводитъ тоже цѣлый рядъ аналитическихъ данныхъ относительно состава тѣхъ или другихъ сточныхъ водъ. Одними изъ наиболѣе вредныхъ водъ въ смыслѣ значительнаго содержанія взвѣшенныхъ и растворенныхъ органическихъ веществъ являются сточныя воды шерстомойныхъ заводовъ. Вода, выпускаемая на этихъ заводахъ изъ непрерывно

работающихъ промывныхъ машинъ или такъ называемыхъ „левіафановъ“ содержитъ нерѣдко до 45820 миллиграммовъ и больше на литръ, при чемъ содержаніе только одного жира въ взвѣшенномъ и растворенномъ состояніи доходитъ до 27550 миллиграммовъ на литръ.

Понятно, что въ виду рѣзкаго различія въ составѣ спускныхъ водъ съ различныхъ фабрикъ, какой-нибудь общій пріемъ очистки совершенно не примѣнимъ и почти всегда приходится для каждаго даннаго случая избирать наиболѣе подходящій пріемъ. Наиболѣе вредными водами считаются воды, содержащія большія количества растворенныхъ органическихъ и въ особенности органическихъ азотистыхъ веществъ. Углеводы обусловливаютъ способность этихъ водъ бродить, а бѣлки представляютъ подходящій матеріалъ для развитія различныхъ видовъ гніенія. Развитіе же гнилостныхъ процессовъ обусловливается и поддерживается жизнедѣятельностью многихъ патогенныхъ микроорганизмовъ. Показателемъ содержанія бѣлковыхъ веществъ въ водѣ принято считать содержаніе въ ней азота и потому чѣмъ больше въ спускной водѣ азота, тѣмъ болѣе опасности, что такая вода можетъ быть источникомъ заразы. Фабричныя воды по составу могутъ быть раздѣлены на

1) азотистыя,

2) безазотистыя,

3) смѣшанныя.

Наиболѣе азотистыми водами оказываются спускныя воды кожевенныхъ и клееварныхъ заводовъ, въ спускныхъ водахъ которыхъ содержаніе азота доходитъ до 363 миллиграммовъ на одинъ литръ.

Для очистки различныхъ спускныхъ водъ въ настоящее время примѣняются три различныхъ способа:

1) механическій, состоящій въ отстаиваніи воды или фильтраціи ея, а иногда совмѣщающій и оба эти пріема работы,

2) химическій, состоящій въ обработкѣ сточныхъ водъ различными химическими реагентами: известью, хлористой магнезіей, хлористымъ кальціемъ, студенистой кремнекислотой, сѣрнокислымъ глиноземомъ, сѣрнокислымъ желѣзомъ и т. п. Обработанная тѣми или другими веществами вода все-таки большею частью отстаивается или процѣживается, такъ что этотъ способъ можетъ быть скорѣе названъ химико-механическимъ, и наконецъ

3) біо-химическій, или бактеріологическій, въ основѣ котораго лежитъ очистка воды за счетъ жизнедѣятельности микроорганизмовъ.

Механическіе способы очистки сточныхъ водъ всѣ основаны или на отстаиваніи, или на процѣживаніи сточной воды черезъ тѣ или другія пористыя вещества,

Отстаиваніе имѣетъ цѣлью удаленіе взвѣшенныхъ частицъ и въ связи съ этимъ освѣтленіе воды. Очистка отстаиваніемъ основывается на измѣненіи скорости теченія струи спускаемой воды въ большихъ отстойныхъ бассейнахъ, вслѣдствіе чего замедляется ея теченіе и взвѣшенныя частицы осѣдаютъ на дно. Понятно, что при этомъ необходимо заботиться о своевременномъ удаленіи скопляющихся на днѣ отстойныхъ бассейновъ осадковъ. Поэтому, отстойники располагается обыкновенно въ два ряда и когда одинъ рядъ очищается, черезъ другой течетъ спускная вода. Устройство отстойныхъ бассейновъ для сточныхъ водъ можно видѣть на рис. 19, гдѣ изображены отстойные чаны для освѣтленія сточной воды съ писчебумажной фабрики.

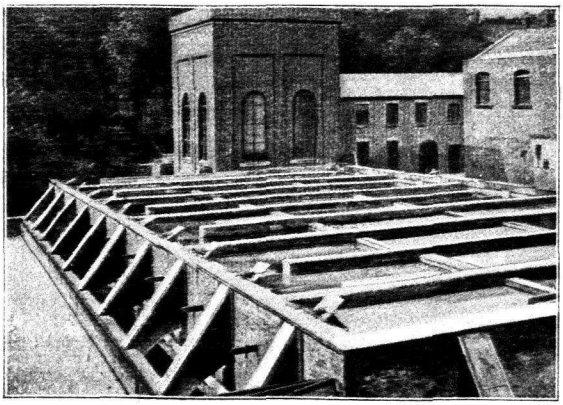

Рис. 19.

Фильтрующей средой являются различные пористые матеріалы: коксъ, песокъ, гравій, битый кирпичъ, солома, хворостъ, шлаки съ металлургическихъ заводовъ и изъ обыкновенныхъ топокъ, а также металлическія сѣтки, а иногда даже и ткани. Наивыгоднѣйшая скорость для возможно совершеннаго отстаиванія не должна быть больше 2 — 6 миллиметровъ въ секунду; при очень большихъ отстойникахъ, емкостью до 75 куб. метровъ и больше, скорость можетъ быть увеличена до 10 миллиметровъ въ секунду. Большею частью, однако, отстойники дѣлаются не больше 35—50 куб. метровъ. Собственно очистка сточной воды отстаиваніемъ представляетъ весьма несовершенный пріемъ работы и можно считать, что отстойники работаютъ весьма удовлетворительно, если такимъ путемъ удаляются 60% всѣхъ бывшихъ въ водѣ взвѣшенныхъ частицъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ понятно, что при такого рода механическихъ пріемахъ очистки въ большинствѣ случаевъ улучшается только внѣшій видъ воды, такъ какъ всѣ растворимыя вещества остаются при этомъ попрежнему въ растворѣ.

Въ основѣ химическихъ способовъ очистки сточныхъ водъ лежитъ обработка ихъ тѣми или другими веществами для выдѣленія растворенныхъ минеральныхъ или органическихъ веществъ. Понятно, что общаго

химическаго способа очистки не можетъ существовать и для каждаго даннаго случая оказывается наиболѣе пригоднымъ то или другое вещество, въ зависимости отъ состава сточной воды. Какъ показали опыты англійской рѣчной комиссіи, работавшей подъ предсѣдательствомъ извѣстнаго химика Франклэнда и химическіе пріемы очистки даютъ въ большинствѣ случаевъ не вполнѣ удовлетворительный результатъ. Въ виду того, что химическая очистка имѣетъ главною своею цѣлью удаленіе растворенныхъ органическихъ веществъ, очевидно, что по степени удаленія ихъ можно съ большею или меньшею достовѣрностью судить о тщательности очистки. По даннымъ вышеупомянутой комиссіи химическими способами въ лучшемъ случаѣ удаляется изъ сточной воды до 50% органическаго углерода, до 66% органическаго азота и до 100% или сполна взвѣшенныя органическія вещества. Слѣдовательно, нельзя не признать, что и химическіе способы очистки сточныхъ водъ не даютъ вполнѣ удовлетворительныхъ результатовъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, въ особенности при очисткѣ щелочами, чаще всего известью, наблюдается даже ухудшеніе воды, такъ какъ при употребленіи извести, хотя бы только въ небольшомъ избыткѣ нерастворимыя бѣлковыя вещества переходятъ въ растворъ, а слѣдовательно тѣмъ самымъ увеличивается способность воды подвергаться различнымъ гнилостнымъ ферментаціоннымъ процессамъ.

Чаще всего при химической очисткѣ воды употребляется известь, студенистая кремнекислота, сѣрнокислый глиноземъ, желѣзный купоросъ, бѣлильная известь и т. п. Такъ какъ при взаимодѣйствіи воды съ реагентами въ большинствѣ случаевъ происходитъ образованіе осадковъ, то очевидно, что химическіе способы очистки почти всегда сопровождаются механическими, т.-е. вода послѣ взаимодѣйствія съ реагентомъ подвергается отстаиванію и фильтраціи. При употребленіи извести получается очень объемистый осадокъ, обыкновенно больше первоначальнаго въ 9 — 10 разъ.

Біо-химическіе способы очистки всѣ основаны на разложеніи находящихся въ растворѣ органическихъ веществъ ферментаціей и гніеніемъ, т.-е. жизнедѣяльностью микроорганизмовъ. Понятно, что и бактеріологическіе пріемы очистки пригодны не для всякихъ сточныхъ водъ, но для водъ, несущихъ въ себѣ значительное количество органическихъ веществъ, эти пріемы работы даютъ, повидимому, очень удовлетворительные результаты, такъ какъ очищенная вода получается настолько чистой, что годна для спуска ея въ пруды (не загниваетъ), для питанія котловъ, для поливки и т. п.

Всѣ практикуемые въ настоящее время біо-химическіе пріемы очистки могутъ быть отнесены къ слѣдующимъ четыремъ группамъ:

Очистка при посредствѣ полей орошенія, при помощи почвенной фильтраціи, при посредствѣ окислительныхъ бакеновъ и бактеріальныхъ фильтровъ и, наконецъ, при помощи септическихъ ямъ.

Устройство полей орошенія представляетъ наиболѣе старый пріемъ работы. Очищающее дѣйствіе почвы обусловливается главнымъ образомъ жизнедѣятельностью бактерій и въ меньшей степени ея поглощающею и фильтрующею способностью.

Въ одномъ граммѣ почвы, въ верхнемъ ея слоѣ, находится отъ 800.000 до 900.000 бактерій, 40—50 различныхъ видовъ. Сложныя органическія вещества (углеводы, бѣлки), способные къ разложенію, и представляютъ въ большинствѣ случаевъ подходящій питательный матеріалъ для бактерій. Земляной бациллъ, Bacillus mycodies, при 20—30°C легко и энергично разлагаетъ бѣлки и амиды въ амміакъ, при чемъ поглощаетъ кислородъ и выдѣляетъ эквивалентное количество углекислоты. Микроорганизмы, выдѣленные Виноградскимъ, такъ называемые нитрофицирующіе микроорганизмы, обусловливаютъ окисленіе амміака съ образованіемъ азотисто- и азотнокислыхъ солей. Вмѣстѣ съ тѣмъ почва представляетъ выдающуюся по своей способности абсорбціонную среду; она энергично удерживаетъ твердыя, жидкія и газообразныя вещества. Интересно, что поглощающая способность почвы по отношенію къ различнаго рода веществамъ не одинакова. Тогда какъ амміакъ, мочевина, фосфорная кислота энергично удерживаются почвою, хлористыя соли ею почти не задерживаются. Поля орошенія представляются весьма важными какъ съ санитарной, такъ и съ экономической точекъ зрѣнія. Съ санитарной, понятно, потому, что именно совмѣстною жизнедѣятельностью микроорганизмовъ почвы и культивируемыхъ на ней растеній (зерновыхъ хлѣбовъ, травъ, овощей, корнеплодовъ и даже фруктовъ) происходитъ полное обезвреживаніе воды, а съ экономической потому, что при правильномъ веденіи дѣла хозяйства, пользующіяся сточными водами, даютъ хорошій доходъ. Поля орошенія устраиваются съ дренажными трубами или безъ нихъ. По даннымъ Фишера, въ зависимости отъ состава сточной воды и качества почвы, на одну десятину идетъ обыкновенно отъ 7.500—15.000 ведеръ спускной воды.

Почвенная фильтрація представляетъ въ сущности тѣ же поля орошенія, только безъ культуры на нихъ какихъ-нибудь растеній. Для этой цѣли наиболѣе пригодна песчаная почва. Очистка воды въ этомъ случаѣ происходитъ главнымъ образомъ за счетъ почвенныхъ газовъ и содержащихся въ почвѣ бактерій. Этотъ способъ дешевле и ходъ очистки

легче контролируется. Работающіе участки время отъ времени перепахиваются и имъ даютъ отдыхъ. Такой чередующейся фильтраціей на значительно меньшихъ участкахъ земли удается достигнуть почти такой же высокой степени очистки, какъ и при помощи полей орошенія. Съ теченіемъ времени безплодная песчаная почва превращается въ цѣнную, культурную.

Устройство какъ полей орошенія, такъ и почвенной фильтраціи стоитъ однако довольно дорого и, что самое главное, требуетъ болѣе или менѣе значительныхъ участковъ земли съ подходящимъ профилемъ, что, конечно, не вездѣ имѣется. Суровыя и продолжительныя зимы тоже являются факторами неблагопріятными для указанныхъ пріемовъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ очевидно, что біологическіе способы очистки наиболѣе дешевые, такъ какъ при этомъ не требуется расхода какихъ-нибудь реагентовъ и очистка идетъ непосредственно за счетъ жизнедѣятельности микроорганизмовъ. Поэтому въ послѣднее время распространились пріемы очистки сточныхъ водъ, минуя поля орошенія, въ особыхъ спеціальныхъ пріемникахъ. Для этой цѣли устраиваются бассейны съ выложенными въ нихъ окислительными бакенами или постелями изъ различнаго рода пористыхъ фильтрующихъ веществъ: кирпича, кокса, шлаковъ и т. п., измельченныхъ на куски въ 10—30 миллиметровъ. Емкость этихъ бассейновъ доходитъ до 100 куб. метровъ.

Наиболѣе энергичное очищающее дѣйствіе оказываетъ шлакъ, за нимъ коксъ. Очищаемая сточная вода, пройдя отстойный колодезь, поступаетъ сперва въ вышележащій бассейнъ и остается тамъ въ соприкосновеніи съ фильтрующимъ матеріаломъ въ теченіе 2—4 часовъ, а затѣмъ спускается въ нижележащій подобный же, а верхній въ теченіе слѣдующихъ 4—6—12 часовъ остается пустымъ и провѣтривается. При провѣтриваніи на ряду съ бактеріальной жизнью очищающее яа бакенъ дѣйствіе оказываетъ и кислородъ воздуха.

Съ теченіемъ времени понятно, что очищающая способность пористаго матеріала все болѣе и болѣе понижается. Какъ показываютъ однако непосредственные опыты, бакены могутъ служить непрерывно до 800 разъ; послѣ же этого они подвергаются отмывкѣ въ спеціально конструируемыхъ для этой цѣли аппаратахъ, построенныхъ по типу обыкновенныхъ транспортёровъ, сильною струею воды при непрерывномъ перелопачиваніи поступающаго на транспортёръ пористаго матеріала вручную.

По даннымъ Дуябара, въ этихъ окислительныхъ бассейнахъ на ряду съ бактеріями принимаютъ въ очисткѣ участіе также и болѣе высоко организоваяныя существа, напримѣръ, обыкновенные дождевые черви, количество которыхъ въ 100 к. м. пористой кладки онъ опредѣляетъ

не менѣе какъ въ 100 киллограммъ. По имѣющимся въ литературѣ указаніямъ очистка при помощи окислительныхъ бассейновъ даетъ весьма удовлетворительные результаты, въ особенности для водъ богатыхъ органическими веществами. Окисляемость, по Кубелю, понижается на 70—85%.

Нерѣдко вмѣсто бассейновъ строятся коксовыя башни или коксовые бактеріальные фильтры, подобные изображеннымъ на рис. 20 и служащимъ для очистки сточныхъ водъ кожевеннаго завода. Для болѣе энергичнаго воздѣйствія въ особенности при очисткѣ водъ, содержащихъ много бѣлковыхъ веществъ, коксъ предварительно обработывается настоемъ нитрофицирующихъ микроорганизмовъ. Въ Англіи такого рода фильтры конструированы Роско, именемъ котораго они нерѣдко и называются.

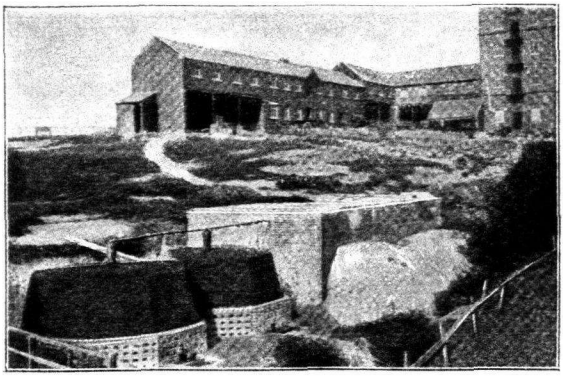

Рис. 20.

Какъ показали опыты съ очисткой лондонской сточной воды, доброкачественность воды, въ смыслѣ превращенія органическаго азота въ минеральный, повышается на 90%.

Наконецъ на подобномъ же принципѣ самоочищенія воды за счетъ бактерій основано употребленіе для очистки сточныхъ водъ закрытыхъ или открытыхъ „септическихъ“ ямъ (не содержащихъ окислительныхъ постелей), пріемъ работы, который въ наиболѣе широкихъ размѣрахъ практикуется въ Соединенныхъ Штатахъ. Тогда какъ въ окислительныхъ бассейнахъ вода остается сравнительно небольшой промежутокъ времени въ соприкосновеніи съ фильтрующей средой, въ септическихъ ямахъ она просто оставляется въ покоѣ въ теченіе не менѣе двухъ дней. При этомъ, конечно, нерѣдко выдѣляется очень значительное количество пахучихъ газовъ, которые однако легко уничтожаются протягиваніемъ ихъ вентиляторомъ черезъ печь.

При правильномъ веденіи дѣла и строгомъ соблюденіи необходимыхъ температурныхъ условій очистка воды весьма совершенна, и разъ перегнившая вода уже неспособна къ дальнѣйшему загниванію и не имѣетъ сквернаго запаха.

Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ является пригоднымъ тотъ или другой способъ работы и задачей химика и является удачное рѣшеніе вопроса объ обезвреживаніи, а если это представляется возможнымъ, то также и утилизаціи сточныхъ водъ въ томъ или другомъ направленіи.

Свойства воды.

При обыкновенной температурѣ вода представляетъ безцвѣтную жидкость, безъ запаха и вкуса. При разсматриваніи ея въ толстомъ елоѣ она, впрочемъ, кажется окрашенной въ зеленовато-синій цвѣтъ. Наибольшую плотность вода имѣетъ при $+4^0$C. Принимая эту плотность (дистиллированной воды) за 1, удѣльный вѣсъ ея при 0^0C. = 0,999863 при 10^0C. = 0,999747, при 20^0C. = 0,998259 и при 50^0C. = 0,988093 [1]).

Такимъ образомъ при замерзаніи вода, превращаясь въ ледъ, довольно значительно увеличивается въ объемѣ и становится легче. Этимъ объясняется, что ледъ образуется на поверхности водоемовъ, а также и та громадная энергія, которою сопровождается образованіе льда. Ядро, наполненное водой и выставленное на морозъ, очень скоро разрывается, хотя необходимое для этого давленіе значительно превышаетъ 1.000 атмосферъ. Этимъ же объясняется и разрушающее вліяніе воды на каменныя породы, а также и порча многихъ органическихъ питательныхъ веществъ, подверженныхъ дѣйствію сильнаго холода, напримѣръ, фруктовъ, мяса и т. п.

Другое интересное явленіе, наблюдаемое надъ водой, состоитъ въ томъ, что она можетъ быть охлаждена значительно ниже 0^0, оставаясь жидкой, если вода при полномъ покоѣ охлаждается возможно медленно. Фаренгейтъ могъ поддержать лишенную газовъ воду жидкою до температуры въ — 12^0C. Точно также она остается жидкой даже до — 18^0C подъ большимъ давленіемъ, а также если въ ней растворены соли. Морская вода замерзаетъ при — $1,9^0$; вода, насыщенная хлористымъ кальціемъ, при — 40^0C.

Замерзшая вода, какъ снѣгъ, такъ и ледъ, представляетъ плохихъ проводниковъ тепла. И ледъ, и снѣгъ испаряются подобно водѣ при обыкновенной температурѣ въ большей или меньшей степени, въ зависимости отъ количественнаго содержанія влаги въ воздухѣ. Снѣгъ, какъ извѣстно, имѣетъ кристаллическую и притомъ довольно разнообразную структуру. Удѣльный вѣсъ снѣга измѣняется въ предѣлахъ 0,330—0,125.

---

[1]) Если плотность чистой дистиллированной воды при $+4^0$C. = 1, то по даннымъ Д. И. Менделѣева плотность той же воды и при той же температурѣ, насыщенной воздухомъ, составляетъ уже всего = 0,999997.

При испареніи воды всегда происходитъ значительное поглощеніе тепла, которое уносится въ формѣ скрытой теплоты водянымъ паромъ. Въ связи съ этимъ обстоятельствомъ находится физіологическое значеніе пота, умѣряющаго температуру тѣла, сохраненіе воды холодной въ пористыхъ глиняныхъ сосудахъ (алькарацъ) даже въ жаркую погоду и т. п. Извѣстный опытъ Лесли показываетъ это очень наглядно. Если подъ колоколъ пневматическаго насоса поставить 2 стакана, одинъ съ водой, а другой съ купороснымъ масломъ и выкачать воздухъ, то вслѣдствіе быстраго испаренія (обусловливаемаго совмѣстнымъ дѣйствіемъ разрѣженія и поглощенія паровъ воды сѣрной кислотой) происходитъ быстрое замерзаніе воды.

Кипѣніемъ воды называется быстрое ея испареніе при высокой температурѣ, сопровождаемое выдѣленіемъ сперва растворенныхъ газовъ, а затѣмъ образующихся водяныхъ паровъ. Вода, лишенная воздуха, не закипаетъ; ее, какъ показалъ Делюкъ можно перегрѣвать до 137°С., а по даннымъ Дюфура, даже до175°С. Стоитъ однако вбросить въ воду маленькій кусочекъ платиновой проволоки или ввести пузырекъ воздуха, какъ тотчасъ же начинается бурное кипѣніе въ томъ мѣстѣ, куда проникъ воздухъ. „Перегрѣтой“ водой такимъ образомъ называется та вода, которая остается жидкою выше температуры кипѣнія. Это перегрѣваніе можетъ быть обусловлено различными причинами: или какъ это имѣетъ мѣсто въ паровыхъ котлахъ, увеличеннымъ давленіемъ, или, какъ уже указано, выдѣленіемъ изъ воды растворенныхъ въ ней газовъ, или раствореніемъ въ водѣ различныхъ солей, или наконецъ, тѣмъ, что вода приходитъ въ такъ называемое „сфероидальное“ состояніе. Вода въ сфероидальномъ состояніи можетъ оставаться сравнительно долгое время не испаряясь на мѣдной пластинкѣ, нагрѣтой до 142°С. На этомъ же явленіи основана возможность опустить смоченную водой руку въ расплавленной свинецъ или даже въ чугунъ.

На томъ, что температура кипѣнія воды повышается сообразно съ повышеніемъ давленія, основано устройство „Папинова“ котла и автоклавовъ, получившихъ такое широкое примѣненіе въ химической промышленности.

Съ другой стороны, съ пониженіемъ давленія температура кипѣнія воды тоже падаетъ. Такъ, на уровнѣ моря, при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи, вода кипитъ при 100°С., въ Парижской обсерваторіи, на высотѣ 65 метровъ при 99,7°; въ Москвѣ, на высотѣ 300 метровъ при 99°; въ Мадридѣ на высотѣ 608 метровъ при 97,8°; въ гостинницѣ С.-Готардъ, въ Швейцаріи, на высотѣ 2075 метровъ всего при 92,8°С. Такимъ образомъ, пользуясь точнымъ термометромъ (такъ называемымъ гипсометрическимъ) можно по температурѣ кипѣнія воды судить о высотѣ мѣстности

Присутствіе въ водѣ растворимыхъ солей тоже въ очень значительной степени повышаетъ температуру ея кипѣнія: 10%, 20%, 30%, и 40% растворы поваренной соли кипятъ при 101,5°; 103,5°; 105,5° и 108°С.

Растворъ 209 частей уксуснонатровой соли въ 100 частяхъ воды кипитъ при 124°; растворъ 205 частей поташа въ 100 частяхъ воды при 135°; растворъ 325 частей хлористаго кальція въ 100 частяхъ воды при 179,5°С и т. п. Упругость пара остается совершенно той же, кипитъ ли чистая вода или вода, насыщенная солями.

При испареніи воды всегда происходитъ поглощеніе тепла. Изъ всѣхъ извѣстныхъ тѣлъ вода обладаетъ наибольшею теплоемкостью. Такимъ образомъ, если для нагрѣванія 1 кило воды отъ 0° до 1° нужна 1 калори то для нагрѣванія 1 кило желѣза надо всего 0,113, латуни 0,093, серебра 0,057, стекла 0,197, спирта виннаго 0,672, воздуха 0,237 и т. п. Такимъ образомъ техническія примѣненія воды какъ для обогрѣванія, такъ и для охлажденія являются, не подлежитъ сомнѣнію, вполнѣ обоснованными.

Переходя изъ жидкаго состоянія въ газообразное, вода поглощаетъ огромное количество тепла. Если для того, чтобы растопить 1 килограммъ льда, т.-е. превратить его въ жидкость, надо 79,25 калори, а для того, чтобы нагрѣть 1 кило воды при 0° до 100°С. 100 калори, то для того чтобы превратить этотъ же килограммъ воды въ 100°С. въ паръ, надо затратить еще 537 калори, при чемъ вся эта теплота теряется, переходитъ, какъ говорятъ, въ скрытое состояніе. Съ другой стороны, при конденсаціи того же самаго килограмма пара вновь регенерируется теплота, и выдѣляется то же самое поглащенное количество, а именно 537 калори.

Съ повышеніемъ давленія, а слѣдовательно и температуры кипѣнія, скрытая теплота испаренія уменьшается; такъ 1 кило пара при 100° несетъ 537 калори скрытой теплоты (+ конечно 100 калори нотраченныхъ на нагрѣваніе воды до 100°С.), пара при 115° 526,6 калори, пара при 130° 516,1 калори пара при 150° 502,2 калори.

Изъ всѣхъ жидкостей вода обладаетъ наибольшей скрытой теплотой испаренія. Скрытая теплота испаренія сѣрнаго эеира при 38° всего 91,1 калори; метиловаго спирта при 66,5° 263,8; обыкновеннаго виннаго спирта 208, паровъ различныхъ нефтяныхъ погоновъ, по даннымъ Куклина, всего 72—79 калори и т. п.

При нагрѣваніи вода также значительно увеличивается въ объемѣ. Плотность паровъ воды по отношенію къ воздуху = 0,622 или слѣдовательно 1 литръ паровъ воды вѣситъ 0,622 × 1,293 (вѣсъ 1 литра воздуха при 0° и 760 mm.) или 0,804 грамма, или приблизительно всего $^5/_8$ вѣса воздуха. Такъ какъ литръ воды въ жидкомъ состояніи вѣситъ

1000 граммовъ, а литръ воздуха всего 1,293 грамма, то понятно, что плотность водяного пара по отношенію къ водѣ выразится отношеніемъ $^5/_8 \times 1{,}293 : 1000$, или 0,00804. Или слѣдовательно, плотности обратно пропорціональны объемамъ.

1 килограммъ воды даетъ 1 же килограммъ пара, но этотъ килограммъ пара, занимаетъ объемъ въ 1243 раза большій чѣмъ вода, т.-е. изъ одного литра воды образуется 1243 литра водяного пара при 0° или около 1700 литровъ при 100°С. Именно въ этомъ значительномъ измѣненіи объема жидкой воды при переходѣ ея въ газообразное состояніе и лежитъ объясненіе громадной двигательной силы пара въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ, какими являются паровыя машины.

Вмѣстѣ съ тѣмъ вода является очень дурнымъ проводникомъ тепла и электричества, хотя, съ другой стороны, обладаетъ огромною растворяющею способностью, какъ по отношенію къ газообразнымъ и жидкимъ, такъ и по отношенію къ твердымъ веществамъ. Это свойство воды имѣетъ очень большое техническое значеніе и лежитъ въ основѣ цѣлаго ряда химическихъ производствъ.

Растворимость газовъ далеко не одинакова, и тогда какъ нѣкоторые газы растворяются сравнительно плохо, другіе, какъ соляная кислота, амміакъ, сѣрнистая и угольная кислоты растворяются сравнительно легко и въ большихъ количествахъ. Съ повышеніемъ температуры растворимость уменьшается. Такъ, 1 литръ воды растворяетъ при

0°С.	15°С.	
20 к. с.	18 к. с.	водорода,
50 „	35 „	кислорода,
24 „	18 „	азота,
500 литровъ	—	соляной кислоты,
1049 „	727 литровъ	амміака,
80 „	50 „	сѣрнистой кислоты,
1,797 литра	1 „	угольной кислоты.

Подъ увеличеннымъ давленіемъ растворимость газовъ въ водѣ тоже въ значительной степени увеличивается. Этотъ фактъ лежитъ въ основаніи фабрикаціи шипучихъ минеральныхъ водъ и винъ.

Жидкости въ противоположность газамъ растворимы въ водѣ въ большихъ количествахъ при нагрѣваніи, есть впрочемъ и исключенія изъ этого правила (бромъ, ментолъ, тимолъ, нѣкоторыя эеирныя масла и др). Этотъ фактъ имѣетъ значеніе при приготовленіи ароматизированныхъ спиртныхъ напитковъ.

При раствореніи нѣкоторыхъ жидкостей, напримѣръ, виннаго спирта

въ водѣ въ равныхъ объемахъ происходитъ значительное совращеніе объема.

Раствореніе твердаго тѣла въ водѣ разсматривается какъ частный случай перехода твердаго тѣла въ жидкое состояніе. Растворяющая способность воды находится въ прямой зависимости отъ температуры и химической природы даннаго вещества. Растворъ, содержаний предѣльное, возможное количество растворенного вещества, называется насыщеннымъ растворомъ.

Подобно жидкимъ и твердыя тѣла тѣмъ болѣе растворимы, чѣмъ выше температура растворителя, т.-е. воды. Иногда однако при раствореніи твердыхъ тѣлъ въ водѣ наблюдается поглощеніе тепла иногда настолько значительное, что температура понижается значительно ниже 0°. Именно на этомъ основано примѣнеше въ техникѣ и общежитіи холодящихъ смѣсей. При растворенія, напримѣръ, 4 частей азотноамміачной соли въ 4 частяхъ воды темпертура понижается на 25°C.; въ 4 частяхъ воды 1 части нашатыря на 15°C.; въ 4 частяхъ воды 1 части уксуснонатровой соли на 11°C.; въ 4 частяхъ воды 1 части сѣрнокислаго натра на 8°C. Вмѣсто воды въ общежитіи часто примѣняется снѣгъ. Смѣсь 4 частей снѣга и 4 частей поваренной соли понижаетъ температуру на 18°C.

Твердыя тѣла изъ раствора выдѣляются обратно или выпариваніемъ, или кристаллизаціей.

Степень концентраціи кипящихъ растворовъ солей, какъ показали опыты Фино и Бертрана, для полученія хорошихъ кристалловъ, далеко не одинакова и измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ отъ 6° Боме для борной кислоты до 60° Боме для іодистаго калія.

Несмотря на то, что по химическому составу вода окись, она все же представляетъ типичный примѣръ нейтральнаго вещества.

При температурѣ около 1000° она начинаетъ диссоціировать. Точно также она легко разлагается подъ вліяніемъ тока. 1 кило воды даетъ 889 граммовъ кислорода и 111 граммовъ водорода, или слѣдовательно 1 литръ воды, 618 литровъ кислорода и 1236 литровъ водорода. Стоимость 1 куб. метра электролитическаго кислорода и 2 куб. метровъ (2000 литровъ) электролитическаго водорода при существующихъ цѣнахъ на электрическую энергію составляетъ всего около 60 копѣекъ.

Вода имѣетъ многообразныя примѣненія въ промышленности, земледѣліи и повседневной жизни. Въ жидкомъ состояніи или въ видѣ пара она является источникомъ силы въ соотвѣтствующихъ гидравлическихъ или паровыхъ пріемникахъ. Она является во многихъ производствахъ однимъ изъ главныхъ, основныхъ матеріаловъ, какъ растворитель и очи-

ститель. При взаимодѣйствіи съ накаленнымъ углемъ она разлагается съ образованіемъ водяного пара, являющагося источникомъ свѣта, тепла и энергіи.

Наконецъ, вода морей и въ особенности рѣкъ является основой взаимнаго обмѣна людей, такъ какъ „рѣки“, по выраженіе Паскаля, „это дороги, которыя сами двигаются“.

Анализъ воды.

Для оцѣнки воды и опредѣленія пригодности ея для тѣхъ или другихъ цѣлей необходимо аналитическое изслѣдованіе воды, химическое и бактеріологическое. Послѣднее изслѣдованіе въ особенности важно при опредѣленіи пригодности воды для питья, но несомнѣнно имѣетъ также и очень большое значеніе при расходованіи воды для промышленныхъ цѣлей, такъ какъ въ очень многихъ производствахъ ходъ работы основанъ на жизнедѣятельности микроорганизмовъ и потому большая или меньшая чистота воды, не только въ химическимъ, но также и бактеріологическомъ смыслѣ, имѣетъ весьма большое значеніе и часто служитъ причиной уклоненія процесса отъ нормальнаго теченія.

Для бактеріологическаго изслѣдованія образецъ воды долженъ доставляться по возможности скоро послѣ взятія пробы и храниться все время въ переносномъ ледяномъ ящикѣ. Для этой цѣли достаточно всего четверть фунта воды, но стклянка, въ которую берется вода, должна быть безусловно чиста и предварительно стерилизована.

Результаты химическаго изслѣдованія выражаются въ большинствѣ случаевъ въ миллиграммахъ на литръ и для этой цѣли воды надо не менѣе двухъ литровъ.

Обыкновенно при техническомъ изслѣдованіи воды дѣлаются слѣдующія опредѣленія: количество сухого остатка на литръ, потеря при прокаливаніи этого остатка или количество органическихъ веществъ, количество углекислаго кальція, углекислаго магнія и сѣрнокислаго кальція или накипеобразующихъ веществъ и хлора.

При болѣе подробныхъ изслѣдованіяхъ опредѣляются также отдѣльно: кремнекислота, окись желѣза, глиноземъ, щелочи, свободная углекислота, а также содержаніе азотной кислоты и амміака. Въ большинствѣ же случаевъ перечисленныя выше опредѣленія даютъ совершенно достаточныя указанія на большую или меньшую пригодность воды для техническихъ цѣлей.

Для опредѣленія сухого остатка выпариваютъ 500 — 1000 к. с. воды въ взвѣшенной платиновой чашкѣ на водяной банѣ досуха и нагрѣ-

ваютъ остатокъ при 120° въ сушильномъ шкапу до постояннаго вѣса. Для опредѣленія потери при прокаливаніи чашка прокаливается докрасна. При этомъ если вода содержитъ бѣлковыя сложныя азотистыя вещества, то слышенъ запахъ жженаго рога. При прокаливаніи происходитъ также частичное разложеніе нѣкоторыхъ солей, напримѣръ, хлористаго магнія, съ выдѣленіемъ соляной кислоты, такъ что потеря при прокаливаніи, строго говоря, не выражаетъ точно количества органическихъ веществъ содержащихся въ водѣ. Иногда съ цѣлью предупредить это разложеніе хлористыхъ солей, къ сухому остатку прибавляется опредѣленное количество соды, съ цѣлью удержать выдѣляющуюся при прокаливаніи летучую кислоту.

Взвѣшенный осадокъ растворяется въ соляной кислотѣ и растворъ вновь выпаривается на сухо, при чемъ по обработкѣ сухого остатка слабой кислотой выдѣляется въ нерастворимомъ состояніи бывшая въ соединеніи со щелочами кремнекислота. По процѣживаніи растворъ осаждается амміакомъ (необходимо избѣгать избытка); выдѣлившіяся при этомъ окиси желѣза и глинозема отцѣживаются, а въ фильтратѣ послѣдовательно опредѣляется кальцій осаждеціемъ щавелевоамміачною солью, по прибавленіи избытка амміака, а по отдѣленіи этого осадка въ обычнымъ порядкѣ магній въ видѣ фосфорно-амміачно-магнезіальной соли.

Для опредѣленія хлора берется отдѣльная порція воды въ количествѣ четверти литра, вода подкисляется азотной кислотой и осаждается азотносеребряною солью.

Сѣрная кислота точно также опредѣляется въ отдѣльной порціи, большею частью въ четверти или полулитрѣ. Вода подкисляется соляной кислотой и при кипяченіи осаждается кипящимъ растворомъ хлористаго барія, при чемъ вся бывшая въ водѣ сѣрная кислота осаждается въ видѣ сѣрнобаріевой соли.

Опредѣленіе свободной углекислоты при техническомъ изслѣдованіи воды обыкновенно не производится. Для опредѣленія связанной углекислоты, къ полулитру воды прибавляется какъ индикаторъ растворъ метилъ-оранжа и жидкость титруется децинормальнымъ растворомъ соляной кислоты до появленія краснаго окрашиванія.

Расчетъ ведется на содержаніе среднихъ углекислыхъ солей такъ, что каждыя израсходованныя діѣ частицы соляной кислоты отвѣчаютъ одной частицѣ углекислоты.

Качественно присутствіе азотной кислоты всего проще опредѣляется реакціей съ дифенилъаминомъ. На поверхность испытуемой воды въ фарфоровой чашечкѣ вбрасываютъ нѣсколько кристалликовъ дифенилъамина и тотчасъ же наливаютъ два-три к. с. крѣпкой сѣрной кислоты. Въ при-

сутствіи слѣдовъ азотной кислоты получается интенсивное синее окрашиваніе. Пробу эту лучше вести параллельно съ пробой чистой дистиллированной воды, не содержащей слѣдовъ азотной кислоты.

Качественное изслѣдованіе присутствія въ водѣ амміака производится при помощи Несслеровскаго реагента, для каковой цѣли къ 100 к. с. воды прибавляютъ пять к. с. реагента и наблюдаютъ образующееся при этомъ окрашиваніе.

При сопоставленіи полученныхъ аналитическихъ данныхъ расчетъ ведется большею частью такимъ образомъ. Хлоръ считается соединеннымъ съ натріемъ въ видѣ хлористаго натрія; если его по расчету оказывается избытокъ, то остальное количество считается связаннымъ съ кальціемъ. Сѣрная кислота вся считается соединенной съ кальціемъ въ видѣ гипса. Известь и магнезія считаются соединенными съ углекислотой въ видѣ среднихъ углекислыхъ солей, а кремнекислота принимается свободной.

Въ заводской практикѣ нерѣдко при изслѣдованіи воды ограничиваются только опредѣленіемъ жесткости ея. Какъ выше указано, французскіе, нѣмецкіе и англійскіе градусы жесткости представляютъ очень различныя между собою величины. Жесткость опредѣляется мыльнымъ растворомъ (2 гр. нейтральнаго мыла въ 350 к. с. спирта и 150 к. с. воды), который осаждаетъ изъ воды всѣ известковыя и магнезіальныя соли въ формѣ нерастворимаго мыла. Индикаторомъ конца реакціи или слѣдовательно того, что всѣ указанныя соли осаждены, является то обстоятельство, что жидкость при взбалтываніи начинаетъ давать пѣну.

Иногда практикуется также такой техническій способъ опредѣленія временной и постоянной жесткости. Прежде всего заготовляются титрованные растворы соды и сѣрной кислоты. 1,06 грамма свѣже прокаленной соды, растворяютъ въ 1 литрѣ дистиллированной воды. Такой растворъ въ 1 к. с. содержитъ 1,06 миллиграмма соды и эквивалентенъ ровно 1 миллиграмму углекислаго кальція. Пользуясь этимъ растворомъ приготовляютъ титрованный растворъ сѣрной кислоты такой крѣпости, чтобы 1 к. с. его насыщалъ совершенно точно 1 к. с. раствора соды, т.-е. отвѣчалъ бы тоже 1 миллиграмму углекальціевой соли.

Къ 100 к. с. испытуемой воды прибавляютъ нѣсколько капель раствора лакмуса, жидкость подогрѣвается до кипа и къ ней приливаютъ растворъ сѣрной кислоты до появленія краснаго цвѣта.

По количеству израсходованныхъ кубическихъ сантиметровъ сѣрной кислоты легко находится содержаніе въ водѣ углекальціевой соли.

Для опредѣленія постоянной жесткости 100 к. с. той же воды смѣшиваются со 100 к. с. приготовленнаго раствора соды, жидкость выпа-

ривается на водяной банѣ насухо въ платиновой чашкѣ, осадокъ экстрагируется дистиллированной водой для извлеченія всѣхъ растворимыхъ составныхъ частей, растворъ процѣживается и титруется сѣрной кислотой.

Разность между количествомъ кислоты, израсходованной при первомъ опредѣленіи и при второмъ, отвѣчаетъ постоянной жесткости или количественному содержанію въ водѣ щелочноземельныхъ металловъ въ соединеніи съ сѣрной кислотой.

Весьма цѣнныя указанія относительно большей или меньшей чистоты воды даетъ проба на окисляемость. Для этой цѣли употребляется подкисленный растворъ марганцевокаліевой соли (0,395 граммовъ соли въ 1000 к. с. воды; 1 к. с. содержитъ 0,0001 граммовъ активнаго кислорода). Если вода содержитъ много органическихъ веществъ, то при смѣшеніи воды съ этимъ растворомъ красный цвѣтъ жидкости мало-помалу начинаетъ пропадать. Обыкновенно ведутъ двѣ пробы параллельно. Одну порцію воды смѣшиваютъ съ избыткомъ раствора и оставляютъ на пятнадцать минутъ, а другую порцію оставляютъ на 4 часа. По прошествіи указаннаго времени къ жидкостямъ прибавляется избытокъ раствора іодистаго каліи и выдѣлившійся іодъ титруется растворомъ сѣрноватистонатровой соли. Получающіяся при этомъ данныя характеризуютъ: первое содержаніе азотистыхъ солей, солей закиси желѣза, сѣрнистыхъ солей и легко разлагающихся органическихъ веществъ, а второе всѣхъ вообще окисляемыхъ органическихъ и минеральныхъ веществъ.

Бактеріологическое изслѣдованіе воды производится при помощи пріема, выработаннаго Кохомъ и состоящаго въ культурѣ на желатинныхъ пластинкахъ. Большею частью употребляется 10—15% растворъ желатины, къ которому прибавлено 1% пептона и ½% поваренной соли.

Микель, на основаніи изслѣдованія очень большого числа образцовъ воды, классифицируетъ всѣ воды на шесть группъ въ отношеніи ихъ чистоты съ бактеріологической точки зрѣнія.

Въ первую группу, „исключительно чистыхъ“ водъ, относятся воды съ содержаніемъ микроорганизмовъ въ 1 к. с. не болѣе 10; во вторую группу, „очень чистыхъ“, водъ съ содержаніемъ отъ 10 до 100 въ 1 к. с.; въ третью, „чистыхъ“, водъ содержаніемъ 1 к. с. отъ 100 до 1.000; въ четвертую, „посредственныхъ“, водъ отъ 1.000 до 10.000; въ пятую, „грязныхъ“, водъ отъ 10.000 до 100.000, и наконецъ въ шестую, „очень грязныхъ“ водъ съ содержаніемъ микроорганизмовъ въ 1 к. с. отъ 100.000 до нѣсколькихъ милліоновъ. Правильно поставленной фильтраціей легко получается второй предѣлъ, т.-е. легко получается вода, содержащая не болѣе 100 микроорганизмовъ въ 1 к. с.

Воздухъ.

И истинный составъ воздуха, подобно истинному составу воды, былъ обнаруженъ всего только 130 лѣтъ тому, французскимъ ученымъ Лавуазье, показавшимъ, что воздухъ состоитъ въ главной массѣ изъ смѣси двухъ газовъ: дѣятельнаго кислорода и инертнаго азота, въ смѣси съ небольшимъ количествомъ водяного пара и углекислоты, а также незначительнаго количества озона, амміака, сѣроводорода, метана, водорода, и окисловъ азота, какъ это показали позднѣйшія изслѣдованія. Въ послѣднее время работами лорда Рэлей и профессора Рамзай точно установлено, что, кромѣ указанныхъ веществъ, въ составъ воздуха, правда, въ незначительныхъ количествахъ, входитъ еще аргонъ, въ количествѣ до 1%, и рядъ другихъ инертныхъ газовъ, какъ, напримѣръ: неонъ, метаргонъ, криптонъ, ксенонъ и гелій. Большинство химиковъ принимаютъ, что воздухъ имѣетъ постоянный составъ и въ среднемъ содержитъ (не принимая во вниманіе измѣнчивое содержаніе водяныхъ паровъ) 78% азота, 1% аргона, 20,9% кислорода и 0,1% углекислоты и другихъ газовъ.

Количество водяныхъ паровъ, содержащихся въ воздухѣ, не остается постояннымъ, а измѣняется въ зависимости отъ температуры и давленія. Чѣмъ выше температура, тѣмъ больше водяного пара можетъ содержать воздухъ; чѣмъ ниже, тѣмъ меньше. Это однако нисколько не исключаетъ возможности быть воздуху и сильно нагрѣтымъ и въ то же время сухимъ. При 0° 1 куб. метръ воздуха можетъ, будучи совершенно насыщенъ водянымъ паромъ, въ круглыхъ цифрахъ содержать 5 граммовъ воды, при 10° 9 граммовъ; при 30° 17 граммъ и при 50° 82 грамма. Въ обыкновенныхъ условіяхъ воздухъ бываетъ не вполнѣ насыщенъ водянымъ паромъ и предѣлы насыщенія колеблются между 40—75%.

Если воздухъ, насыщенный водянымъ паромъ при 10°, охлаждается до 0°, или, наоборотъ, нагрѣвается до 50°, то въ первомъ случаѣ онъ выдѣляетъ часть находившейся въ немъ воды въ видѣ дождя, росы, инея и т. п. (9—5=4 грамма изъ каждаго кубическаго метра), а во второмъ онъ

можетъ поглотить еще очень большое количество водяного пара, а именно 82 — 9 = 79 граммовъ на каждый кубическій метръ или 1.000 литровъ.

Эта способность воздуха при нагрѣваніи поглощать и уносить съ собою очень значительное количество влаги лежитъ въ основѣ конструкціи техническихъ сушиленъ, употребляемыхъ для высушиванія тканей, выдѣланной кожи, крахмала, сахара, солей и т. п.

Большее или меньшее содержаніе влаги въ воздухѣ имѣетъ также очень большое вліяніе на горѣніе топлива. Чѣмъ воздухъ влажнѣе, тѣмъ горѣніе идетъ менѣе совершенно.

Опредѣленіе содержанія воды въ воздухѣ производится при помощи различнаго устройства гигрометровъ.

Содержаніе угольной кислоты, въ нормальныхъ условіяхъ очень незначительное (отъ 0,022 до 0,045 наружи и въ исключительныхъ случаяхъ до 0,33% внутри жилыхъ помѣщеній), тѣмъ не менѣе имѣетъ огромное значеніе въ экономіи природы, такъ какъ именно разложеніемъ углекислоты зелеными частями растеній обусловливается поддержаніе жизнедѣятельности растительной, а въ зависимости отъ нея, и животной жизни земли. Животныя поглощаютъ кислородъ и въ результатѣ окислительнаго воздѣйствія кислорода воздуха въ легкихъ на венозную кровь происходитъ выдѣленіе углекислоты въ атмосферу (на ряду съ этой, такъ сказать, „животной“ углекислотой, въ воздухѣ возобновляется однако непрерывно и „вулканическая“ углекислота изъ нѣдръ земли, различныхъ газовыхъ источниковъ, какъ продуктъ горѣнія и разложенія органическихъ веществъ и т. п.), а растенія поглощаютъ эту углекислоту, производитъ метаморфозъ угля этой углекислоты въ углеводы и выдѣляютъ въ атмосферу нужный для поддержанія животной жизни кислородъ.

Несмотря на кажущееся ничтожное содержаніе углекислоты, оно все же очень значительно, если принять во вниманіе, что вѣсъ всей атмосферы по даннымъ Франкера отвѣчаетъ 523.260.000.000.000 тоннъ [1]), а по даннымъ Дюма эквивалентенъ вѣсу 581.000 мѣдныхъ кубовъ, сторона квадрата которыхъ равна 1 километру.

Не вся однако углекислота воздуха поглощается растеніями; часть ея, растворяясь въ водѣ, минерализуется, превращаясь въ углекислыя соли при взаимодѣйствіи съ минералами и за счетъ жизнедѣятельности водяныхъ животныхъ, имѣющихъ известковый покровъ.

---

[1]) Вѣсъ этотъ высчитывается такъ. Извѣстно, что вѣсъ атмосферы на каждый дюймъ эквивалентенъ вѣсу столба ртути съ площадью въ 1 дюймъ (барометрическая высота). Если высчитать площадь земли въ дюймахъ и помножить на 15 фунтовъ (вѣсъ столба ртути съ основаніемъ въ 1 дюймъ эквивалентный давленію атмосферы), то и получится вѣсъ всей атмосферы, окружающей землю.

Изъ другихъ примѣсей воздуха большое гигіеническое значеніе имѣетъ озовъ. Абсолютное содержаніе озона въ воздухѣ рѣдко превышаетъ 1 часть на 10.000 частей. Присутствіе озона служитъ гарантіей чистоты воздуха, но значительное содержаніе оказываетъ вредное вліяніе на лицъ, страдающихъ бронхитомъ. Сгущенный въ жидкость, озонъ окрашенъ въ индигово-синій цвѣтъ.

Амміакъ въ воздухѣ содержится еще въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ углекислота, на каждые 100 частей углекислоты въ среднемъ всего 3 части амміака. Подобно углекислотѣ, и амміакъ атмосферы несомнѣнно частью вулканическаго происхожденія (амміакъ найденъ, между прочимъ, какъ составная часть минерала апофиллита, въ количествѣ до 0,5%). Въ послѣднее время въ воздухѣ обнаружено присутствіе свободнаго водорода, метана, ничтожныхъ количествъ окиси углерода, а въ воздухѣ промышленныхъ городовъ также сѣрнистой кислоты и сѣроводорода и, наконецъ, азотистой кислоты.

Кромѣ того, въ воздухѣ всегда находится въ большемъ или меньшемъ количествѣ какъ минеральная, такъ и органическая пыль. Первая состоитъ изъ мельчайшихъ частичекъ песка, глины, хлористаго натрія, сѣрнокислаго кальція, металлическаго желѣза (космическая пыль), вторая главнымъ образомъ изъ различвыхъ растительныхъ остатковъ, зародышей растеній и микроорганизмовъ.

Постепенно разрѣжаясь, въ вышину атмосфера достигаетъ 50 миль; предѣлъ разрѣженія, который можетъ переносить человѣкъ, не превышаетъ, впрочемъ, 8 миль въ высоту, какъ это показали аэронавтическіе подъемы въ воздушныхъ шарахъ. Хотя на высотахъ Тибета, по наблюденіямъ Пржевальскаго и другихъ путешественниковъ, достигающихъ 5.000 метровъ надъ уровнемъ моря, при давленіи всего въ 350 мм., и существуютъ приспособившіеся къ этому разрѣженію люди и животныя, но для вновь прибывающихъ продолжительное пребываніе въ такой разрѣженной атмосферѣ, содержащей только 9% кислорода, является чрезвычайно тягостнымъ и на продолжительное время невозможнымъ.

Такимъ образомъ при 0° и давленіи 760 $^{m}/_{m}$ составъ воздуха, не принимая во вниманія содержаніе въ немъ воды, углекислоты и другихъ примѣсей, находящихся только въ незначительномъ количествѣ, въ среднемъ таковъ:

	По вѣсу.	По объему.
Кислорода	23,2%	21,0%
Азота	75,5 „	78,0 „
Аргона	1,3 „	1,0 „

Изслѣдованія автора надъ количественнымъ содержаніемъ азота въ воздухѣ, произведенныи имъ въ значительномъ числѣ въ теченіе 1901 и 1902 гг., убѣдили его однако, что составъ воздуха не остается постояннымъ, такъ какъ содержаніе азота измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ и въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ это измѣненіе въ количественномъ содержаніи доходить до 8% по объему. Повидимому, наиболѣе рѣзкія и неожиданныя колебанія въ составѣ воздуха замѣчаются осенью; когда почва замерзаетъ и прекращается обмѣнъ между атмосфернымъ воздухомъ и воздухомъ, заключеннымъ въ почвѣ, т.-е. когда прекращается такъ называемое „дыханіе земли", составъ воздуха остается значительно болѣе постояннымъ.

Въ толстомъ слоѣ воздухъ, подобно водѣ, окрашенъ въ синій цвѣтъ. Вѣсъ 1 литра при 0° и 760 мм.=1,293 гр.; плотность по отношенію къ водѣ 1,293/1000 гр., или $\frac{1}{773}$. Плотность воздуха принята за единицу при опредѣленіи плотности другихъ газовъ.

Подобно другимъ газамъ, воздухъ легко сжимается и очень эластиченъ. Подъ большимъ давленіемъ онъ сгущается въ жидкость, въ какомъ состояніи и былъ полученъ еще въ 1877 г. Кальете, а позднѣе Вроблевскимъ и Дьюаромъ.

При всѣхъ этихъ первыхъ попыткахъ удавалось получить только очень незначительныи количества воздуха, теперь же, когда Линде, Дьюаромъ и другими были конструированы для этой цѣли спеціальныи машины, приготовленіе жидкаго воздуха производится уже въ довольно большихъ количествахъ и, повидимому, скоро станетъ замѣтною отраслью химической промышленности.

Судя однако по имѣющимся въ литературѣ даннымъ, фабрикація жидкаго воздуха стоитъ еще очень дорого: 1 фунтъ жидкаго воздуха требуетъ затраты 23.100 фунто-футовъ работы.

Однимъ изъ наиболѣе важныхъ и интересныхъ примѣненій жидкаго воздуха является возможность обогащать воздухъ кислородомъ. Если оставить жидкій воздухъ испаряться, то сперва улетаетъ болѣе летучій азотъ и слѣдовательно въ отстаткѣ получается болѣе или менѣе чистый кислородъ.

Сжатый воздухъ нашелъ примѣненіе уже какъ двигательная сила въ спеціальныхъ моторахъ, въ желѣзнодорожной службѣ, въ металлургіи, для приведенія въ движеніе подъемныхъ механизмовъ и для передвиженія грузовъ по пневматическимъ трубамъ, въ военномъ дѣлѣ для воздушныхъ пушекъ и ружей и, наконецъ, въ широкихъ размѣрахъ для охлажденія и консервированія различныхъ пищевыхъ веществъ.

На рис. 21 изображена схематически машина Линде для полученія жидкаго воздуха. Компрессоръ А засасываетъ воздухъ изъ атмосферы, сжимаетъ его и передвигаетъ въ холодильникъ В. По выходѣ изъ холодильника сгущенный и охлажденный воздухъ входитъ внутрь концентрическаго змѣевика С, который соединяется съ пріемнымъ сосудомъ Е. При открытомъ кранѣ D трубки, соединенной съ внутреннимъ змѣевикомъ, сжатый воздухъ, входя въ сосудъ Е, быстро расширяется, вслѣдствіе чего онъ вновь и очень сильно охлаждается. Охлажденіе сначала еще недостаточно, чтобы сгустить воздухъ въ жидкость, но такъ какъ этотъ охлажденный воздухъ направляется въ наружный змѣевикъ, а оттуда въ компрессоръ, то, понятно, съ каждымъ ходомъ поршня компрессора

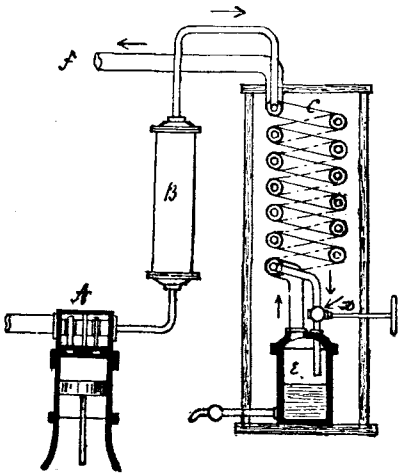

Рис. 21.

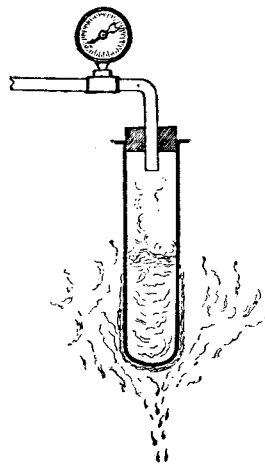

Рис. 22.

температура внутри прибора все болѣе и болѣе понижается, и, наконецъ, по совершеніи нѣсколько разъ этого круговорота можно достигнуть тѣхъ предѣловъ, когда воздухъ дѣлается жидкимъ и собирается въ видѣ жидкости въ пріемникѣ Е.

Нью-Іоркская фабрика жидкаго воздуха располагаетъ нагнетательною машиною въ 200 силъ и приготовляетъ жидкій воздухъ въ весьма значительныхъ количествахъ. По даннымъ Шретера часовая работа паровой лошади даетъ возможность получить около 1.000 литровъ воздуха съ содержаніемъ 70% кислорода исходя изъ жидкаго воздуха и пользуясь различіемъ въ температурахъ кипѣнія жидкаго азота и кислорода. Понятно, что жидкій воздухъ можно сохранять только въ открытой посудѣ, хорошо охлаждаемой и чаще всего снабжаемой двойными стѣнками,

при чемъ изъ промежуточнаго между стѣнками пространства выкачивается воздухъ.

Рис. 22 изображаетъ интересный опытъ Дьюара, указывающій на сгущеніе воздуха въ видѣ жидкихъ капелекъ, стекающихъ со стѣнокъ толстостѣнной пробирки покрытыхъ снѣгомъ, образовавшимся изъ влаги воздуха, подъ вліяніемъ сильнаго пониженія температуры, вслѣдствіе кипѣнія въ пустотѣ жидкаго воздуха, помѣщеннаго въ сосудъ.

Смѣсь жидкаго воздуха и измельченнаго древеснаго угля обладаетъ взрывающею способностью, равною динамиту. „Оксиликвидъ", взрывчатое вещество, патентованное обществомъ Линде, представляетъ смѣсь жидкаго кислорода съ легко сгорающими веществами, напримѣръ: сѣрой, нефтью, измельченнымъ древеснымъ углемъ и т. п. Понятно, что взрывчатая способность такихъ приготовленныхъ зарядовъ сохраняется сравнительно очень не долгое время, не болѣе 10—15 минутъ.

Нѣкоторые изъ указанныхъ выше примѣненій едва ли однако могутъ быть признаны вполнѣ раціональными и экономичными, если, конечно, не принимать во вниманіе и не цѣнить дорого удобство употребленія сконцентрированной въ формѣ жидкаго воздуха энергіи. Испаряясь 1 объемъ жидкаго воздуха даетъ 800 объемовъ; сообразно съ этимъ, 1 галлонъ жидкаго воздуха [1]), модифицированный въ работу, даетъ въ теченіи часа силу эквивалентную 1 паровой лошади, а для производства 1 галлона жидкаго воздуха нужно затратить въ теченіи часа силу равную болѣе чѣмъ 5 лошадямъ.

Говоря о воздухѣ, нельзя не коснуться вопроса о дыханіи, хотя и не имѣющаго непосредственнаго техническаго значенія, но зато представляющаго огромный интересъ.

Физіологическое воздѣйствіе воздуха на человѣческій организмъ представляется чрезвычайно важнымъ, такъ какъ воздухъ необходимѣйшій элементъ для поддержанія жизнедѣятельности. Тогда какъ безъ твердой пищи человѣкъ можетъ прожить весьма значительный срокъ, 25 — 40 дней, безъ воды 5 — 8 дней, безъ воздуха онъ не можетъ пробыть болѣе нѣсколькихъ минутъ.

Разрѣшеніе этого вопроса опять-таки связано съ именемъ Лавуазье, который въ 1777 году выяснилъ, что дыханіе всѣхъ живыхъ существъ, снабженныхъ дыхательными органами, есть ничто иное, какъ медленное горѣніе, окисленіе органическихъ веществъ тѣла за счетъ кислорода воздуха.

При каждомъ дыханіи кровь обогащается кислородомъ и подъ влія-

---

[1]) Одинъ галлонъ жидкаго воздуха вѣситъ $7^2/_3$ фунтовъ.

ніемъ непрерывной дѣятельности сердца эта артеріальная кровь разносится по кровеноснымъ сосудамъ во всѣ части организма; за счетъ ея кислорода происходитъ сгораніе углерода въ углекислоту, которая остается опять въ растворѣ въ крови, при чемъ послѣдняя темная, такъ называемая венозная, кровь двигается въ обратномъ направленіи. Обыкновенно эта непрерывная циркуляція совершается 2—3 раза въ минуту, при нормальныхъ 60 — 70 ударахъ сердца въ минуту (при рожденіи пульсъ 130, въ старости—60). Чѣмъ скорѣе, энергичнѣе происходитъ циркуляція, тѣмъ, конечно, процессъ сгоранія органическаго вещества за счетъ кислорода будетъ происходить энергичнѣе, а сообразно съ этимъ, такъ какъ и при этомъ сгораніи происходитъ выдѣленіе тепла, конечно, увеличивается и количество выдѣленной теплоты или повышается температура тѣла.

Эта физіологическая теплота имѣетъ очень большое значеніе: она, по изслѣдованіямъ Джауля, впервые высказавшаго эту мысль, Мейера, Гирна и другихъ, является источникомъ мускульной силы. При всякой работѣ организма происходитъ потеря теплоты, превращающейся въ работу; вмѣстѣ съ тѣмъ, такъ какъ при всякой механической работѣ происходитъ усиленное дыханіе, то очевидно, что соотвѣтствующимъ образомъ усиливаются и окислительные процессы, а слѣдовательно также, какъ это имѣетъ мѣсто и въ обыкновенной топкѣ, самый организмъ нуждается въ болѣе обильномъ питаніи.

Центромъ газоваго обмѣна являются легкія, животная ткань которыхъ имѣетъ губкообразное строеніе. Площадь легочныхъ альвеолъ (мельчайшихъ волосныхъ сосудовъ) взрослаго человѣка составляетъ около 200 ввадратныхъ метровъ.

Число вдыханій въ 1 минуту обыкновенно не превышаетъ 13 – 14 или въ 24 часа около 20.000; такъ какъ при каждомъ вдыханіи въ легкія входитъ около $^1/_2$ литра воздуха (при очень глубокомъ вдыханіи человѣкъ съ хорошо развитыми легкими какъ maximum, можетъ втянуть до 4 — 5 литровъ), то въ 24 часа въ легкія входитъ не менѣе 10.000 литровъ воздуха, или не менѣе 2.000 литровъ кислорода. При дыханіи однако всегда только часть этого кислорода (около $^1/_{10}$) поглощается организмомъ, а другая, значительно большая часть выдѣляется при выдыханіи обратно въ видѣ углекислоты, вмѣстѣ съ непоглощеннымъ кислородомъ и азотомъ.

Выдыхаемый воздухъ содержитъ обыкновенно около 4% углекислоты, 16,5% кислорода и 80,5% азота и другихъ газовъ. Взрослый человѣкъ въ среднемъ въ теченіе 24 часовъ вдыхаетъ около 9.000 литровъ, вѣсомъ 11,6 килограммъ воздуха или около 28 фунтовъ.

Такое громадное количество газообразной смѣси, состоящей на ряду съ активнымъ кислородомъ (20—21 часть по объему) также и изъ инертнаго азота и другихъ газовъ, входитъ при посредствѣ легкихъ въ тѣснѣйшее соприкосновеніе съ кровью и, не подлежитъ сомнѣнію, самымъ существеннымъ образомъ вліяетъ на организмъ.

Можно принять, что въ сутки изъ всего вдыхаемаго воздуха средній человѣкъ втягиваетъ легкими 744 грамма или 516,5 литровъ кислорода и выдѣляетъ 900 граммовъ или 455,5 литровъ углекислоты, т.-е. въ часъ сгораетъ около 12 граммовъ углерода. Такимъ образомъ (такъ какъ въ каждомъ объемѣ углекислоты содержится равный ей объемъ кислорода) около 65 граммовъ кислорода поглощается организмомъ и выдѣляется въ формѣ другихъ, кромѣ углекислоты, окисленныхъ продуктовъ. Отношеніе объема выдѣленной углекислоты къ поглощенному кислороду называется дыхательнымъ коеффиціентомъ и большею частью равно $^{9}/_{10}$. Весьма вѣроятно, что часть этого кислорода выдѣляется при выдыханіи въ формѣ водяного пара, количество котораго въ 24 часа доходитъ въ среднемъ до 557 граммовъ (по даннымъ Валентина отъ 385 до 773 граммовъ).

Огромное вліяніе на дыханіе оказываетъ большее или меньшее давленіе воздуха, температура его и содержаніе въ немъ влаги. Хотя, какъ показываетъ непосредственный опытъ, человѣкъ и можетъ приспособляться къ самымъ разнообразнымъ условіямъ, пребывать болѣе или менѣе долгое время и въ очень разрѣженномъ воздухѣ (какъ, напримѣръ, жители высокихъ горъ и плоскогорій, при подъемахъ на воздушныхъ шарахъ) и подъ сравнительно большимъ давленіемъ, доходящимъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ до 4—5 атмосферъ (напримѣръ, при кессонныхъ работахъ, работѣ водолазовъ на большихъ глубинахъ и т. п.), тѣмъ не менѣе на большинство людей уже сравнительно незначительныя уклоненія давленія на 30—40 мм. оказываютъ весьма замѣтное вліяніе.

Съ повышеніемъ температуры наружнаго воздуха несомнѣнно самый процессъ окисленія органическаго вещества идетъ энергичнѣе; съ другой стороны, тоже очень замѣтное вліяніе на ходъ дыхательнаго процесса оказываетъ большее или меньшее содержаніе въ воздухѣ влаги.

Содержаніе углекислоты въ воздухѣ, какъ уже выше указано, рѣдко превышаетъ 2,9—3 части на 10.000 частей; въ городахъ это количество возрастаетъ иногда до 4 частей на 10.000 частей. Въ жилыхъ помѣщеніяхъ однако при недостаточности вентиляціи повышается до 6 и даже 8 на 1.000, хотя при содержаніи уже 1 части на 1.000 воздухъ если еще и годенъ для дыханія, то несомнѣнно становится тяжелымъ [1]).

---

[1]) Въ тоннеляхъ и копяхъ это содержаніе иногда повышается до 14—20 частей на 1.000.

Другіе газообразныя примѣси воздуха: озонъ, азотистая кислота, амміакъ, рѣже соляная и сѣрнистая кислоты, въ виду ихъ сравнительно незначительнаго и не постоянно одинаковаго содержанія не оказываютъ замѣтнаго вліянія. Механическія частицы, пыль, различнаго рода минеральныя и органическія вещества, зародыши различныхъ микроорганизмовъ уже не представляются безразличными, такъ какъ нерѣдко являются источниками и причинами легочныхъ заболѣваній, какъ это, напримѣръ, часто наблюдается на прядильныхъ фабрикахъ, механическихъ заводахъ и т. п.

Въ наружномъ воздухѣ содержаніе взвѣшенныхъ, минеральныхъ веществъ колеблется большею частью въ предѣлахъ 4—6 миллиграммовъ на кубическій метръ воздуха (или въ $^0/_0$=0,0003—0,0005), органическихъ веществъ (остатковъ клѣтчатки, крахмала и т. п.) отъ 1 до 3 миллиграммовъ на кубическій метръ.

Содержаніе бактерій въ воздухѣ лѣтомъ и зимой измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ. Лѣтомъ, въ особенности въ теплые влажные дни, ихъ содержится болѣе чѣмъ зимою.

По даннымъ Микеля, въ Монсури, около Парижа, число бактерій измѣняется на 1 кубическій метръ отъ 50 до 115 зимою и отъ 75 до 135 лѣтомъ, при чемъ весною это количество доходитъ иногда до 550. Несомнѣнно, что атмосферные осадки, дождь и снѣгъ, въ этомъ отношеніи очищаютъ воздухъ. Съ другой стороны, въ верхнихъ слояхъ воздуха, на высотѣ 2.000 метровъ, содержаніе бактерій уже совершенно ничтожно.

Въ виду значительнаго выдѣленія углекислоты при дыханіи очевидно, что вопросы вентиляціи въ жилыхъ помѣщеніяхъ и фабричныхъ зданіяхъ имѣютъ первостепенное значеніе. Кромѣ дыханія и горѣніе различныхъ источниковъ свѣта (за исключеніемъ электричества) обусловливаетъ порчу воздуха, такъ что вентиляція вечеромъ должна быть энергичнѣе, чѣмъ днемъ. Какъ минимумъ, принимается необходимость притока 6—10 кубическихъ метровъ свѣжаго воздуха въ часъ на человѣка, а въ госпиталяхъ, школахъ и театрахъ это количество повышается до 60 куб. метровъ въ часъ на человѣка.

Очевидно, что и въ фабричныхъ помѣщеніяхъ, гдѣ производится единовременно работа многими лицами и гдѣ выдѣляется часто масса вредныхъ паровъ и газовъ, необходимо заботиться о непрерывномъ и достаточно обильномъ обновленіи воздуха.

Въ фабричныхъ помѣщеніяхъ (ткацкихъ, прядильныхъ, механическихъ заводахъ и т. п.) приходится считаться, кромѣ того, еще съ однимъ факторомъ, именно нерѣдко значительнымъ повышеніемъ температуры,

обусловливаніемъ теплотой, выдѣляющейся какъ результатъ работы машинъ. Съ этимъ источникомъ тепла потому неизбѣжно приходится считаться на практикѣ, что теоретически совершенно работающихъ механизмовъ не существуетъ, а какъ результатъ преодолѣнія неизбѣжныхъ сопротивленій всегда является болѣе или менѣе сильное разогрѣваніе машинъ, а слѣдовательно и окружающаго воздуха. Такимъ образомъ при недостаточно совершенной вентиляціи работа въ такого рода помѣщеніяхъ становится въ особенности тяжелой.

Весьма важно, что при дыханіи на ряду съ углекислотой выдѣляются еще какіе-то не изслѣдованные, какъ ихъ называютъ физіологи, „міазматическіе“ продукты дыханія, оказывающіе въ особенности вредное вліяніе. Какъ показали многочисленныя изслѣдованія, между прочими опыты проф. Пашутина, животныя неизмѣнно погибаютъ, если ихъ оставлять въ одномъ и томъ же воздухѣ, даже въ тѣхъ случаяхъ, когда вся выдыхаемая углекислота непрерывно поглощается, а истрачиваемый на дыханіе кислородъ непрерывно пополняется.

Тогда какъ кислородъ является неизбѣжной пищей организованныхъ живыхъ существъ и человѣкъ, напримѣръ, для поддержанія своего существованія нуждается ежедневно въ $1^1/_2$—2 фунтахъ кислорода, растенія наоборотъ питаются углекислотой, содержащейся въ воздухѣ и выдыхаютъ кислородъ. Пристлэй первый въ 1777 году обратилъ вниманіе на то, что растенія обладаютъ способностью очищать воздухъ. Позднѣйшія работы, главнымъ образомъ голландскаго химика Ингеигуза и де-Соссюра, цѣлымъ рядомъ очень точно обставленныхъ опытовъ показали, что растенія энергично разлагаютъ углекислоту и выдѣляютъ кислородъ. Это разложеніе производится зелеными частями растеній подъ вліяніемъ свѣта, при посредствѣ хлорофила; поглощаемый углеродъ отлагается въ видѣ гидратовъ углерода или углеводовъ, главнымъ образомъ крахмала.

Теченіе этой фотолитической реакціи находится въ прямой зависимости отъ температуры, интенсивности солнечнаго свѣта, количества углекислоты и влаги воздуха и природы самого растенія.

Почти 50% отъ вѣса сухихъ растеній составляетъ углеродъ, выдѣлившійся изъ углекислоты воздуха; на ряду съ углеродомъ въ нихъ всегда содержится также и азотъ, въ количествѣ 1 — 3%, который точно также фиксированъ ими изъ атмосферы. Если нельзя отрицать того, что животныя ткани въ главной массѣ состоятъ изъ сложныхъ азотистыхъ веществъ, то не менѣе справедливо также и то, что эти сложныя азотистыя вещества не создаются животными изъ отдѣльныхъ элементовъ, а заимствуются ими изъ растеній и такимъ образомъ основы всей животной жизни всего земнаго шара кроются въ способности растеній фикси-

ровать азотъ атмосферы на ряду съ углеродомъ газообразной углекислоты.

Очень долго принималось за непреложную истину, что свободный азотъ атмосферы не играетъ никакой роли въ жизнедѣятельности растеній. Въ настоящее время считается твердо установленнымъ, что на ряду съ азотомъ амміака и азотной кислоты растенія фиксируютъ также и свободный азотъ, и этотъ элементъ, со времени Лавуазье считавшійся инертнымъ и неимѣющимъ большаго экономическаго значенія, представляетъ наоборотъ одинъ изъ самыхъ необходимыхъ элементовъ для поддержанія растительной и животной жизни земного шара. Фиксація свободнаго атмосфернаго азота производится землею при посредствѣ бактерій. Въ 1 граммѣ почвы содержится отъ 800.000 до 900.000 микробовъ, принадлежащихъ къ 40 — 50 видамъ. Нѣкоторые изъ нихъ и обладаютъ способностью переводить азотъ воздуха въ сложныя азотистыя вещества (по даннымъ Вертело альбуминоиднаго характера), которыя затѣмъ уже распадаются съ образованіемъ веществъ, непосредственно усвояемыхъ растеніями. Огромное значеніе при этомъ генезисѣ азотистыхъ веществъ почвою имѣетъ температура, наивыгоднѣйшіе предѣлы которой лежатъ между 12—15° и содержаніе влаги въ почвѣ. Виноградскимъ въ 1893 г. былъ выдѣленъ микробъ обусловливающій энергичную фиксацію атмосфернаго азота. На ряду съ этой фиксаціей атмосфернаго азота при помощи микроорганизмовъ, по мнѣнію Вертело, необходимо надо признать способность нѣкоторыхъ растеній и непосредственно фиксировать азотъ воздуха.

Помимо однако огромнаго, капитальнаго значенія воздуха въ земледѣльческой промышленности, воздухъ также имѣетъ очень большое значеніе и въ обрабатывающей промышленности вообще и въ химической технологіи въ частности.

Не подлежитъ, впрочемъ, сомнѣнію, что воздуху, какъ неизбѣжному и главному дѣятелю при многихъ производствахъ, до самого послѣдняго времени не придавалось достаточно большого значенія.

Основной процессъ всей обрабатывающей промышленности сожиганіе топлива съ цѣлью полученія тепла, при чемъ на X килограммъ топлива всегда тратится Z килограммъ воздуха. Въ зависимости отъ сорта топлива и конструкціи топокъ (какъ это подробно разбирается въ главѣ о топливѣ) это взаимное отношеніе X/Z измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ, чѣмъ больше Z, тѣмъ меньше коеффиціентъ полезнаго дѣйствія топлива, такъ какъ тѣмъ больше потеря теплоты уносимой топочными газами.

Очень крупнымъ шагомъ впередъ въ техникѣ отопленія, шагомъ,

который еще не сдѣланъ, но, нѣтъ сомнѣнія, будетъ сдѣланъ, явится примѣненіе для отопленія или кислорода, или даже обогащеннаго кислородомъ воздуха, что можетъ быть достигнуто или сгущеніемъ, или центрофугированіемъ воздуха. Производя сжиганіе топлива вмѣсто воздуха въ кислородѣ, является возможнымъ достигнуть весьма высокихъ температуръ и гораздо поливе использовать топливо, такъ какъ при этомъ экономизируется то тепло, которое въ обыкновенныхъ условіяхъ тратится на обогрѣваніе сопровождающаго кислородъ балласта, именно азота.

Въ промышленности воздухъ употребляется или какъ механическій, или какъ химическій дѣятель. Какъ механическій дѣятель, въ формѣ сжатаго воздуха, онъ даетъ возможность передавать механическую силу на очень большое разстояніе безъ значительныхъ потерь. Въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ, машинахъ, сжатый воздухъ можетъ быть превращенъ въ работу.

Такимъ путемъ распредѣляется сила въ Парижѣ во многіи мелкіи мастерскія, приводятся въ движеніе трамваи и т. п.

На дѣйствіи же сжатаго воздуха основана работа: пневматичесвихъ тормозовъ Вестингауза, останавливающихъ поѣздъ на протяженіи 200 метровъ; пневматической почты; буренія тоннелей и т. п.

Сжатый воздухъ часто примѣняется въ рудничномъ дѣлѣ для добычи рудъ и каменнаго угля.

Въ зависимости отъ твердости породы и ширины сверла расходуется отъ 65—70 до 140—165 куб. футовъ воздуха въ минуту на 1 сверло. Для добычи угля автоматическія сверла устанавливаются на наклонной доскѣ горизонтально; такого рода машины въ очень значительной степени удешевляютъ добычу угля и занимаемое въ настоящее время Соединенными Штатами первое мѣсто по производительности угля всего правдоподобнѣе обусловливается замѣною ручной работы машинной.

Различнаго устройства пневматическіе молота и сверла употребляются также для пробиванія заклепочныхъ отверстій, для обдѣлки камней, при установкѣ стропильныхъ фермъ и т. п. Существуетъ также цѣлая серія пневматическихъ подъемныхъ механизмовъ, пневматическихъ локомотивовъ, трамваевъ и автомобилей, работающихъ сжатымъ воздухомъ. Одно изъ быстро вошедшихъ въ практику примѣненій сжатаго воздуха представляетъ утилизація его для механической покраски стѣнъ, вагоновъ и другихъ предметовъ жидкою масляною или клеевою краскою. Краска напоромъ воздуха равномѣрно разбрызгивается по поверхности.

Подъемъ жидкостей (нефти, масла, кислоты) на высоту очень часто производится при помощи сжатаго воздуха въ такъ называемыхъ монжахъ. На этомъ же принципѣ вытѣсненіи жидкостей основано устройство

насосовъ „мамутъ“ или мамонтъ, дозволяющихъ выкачивать жидкости изъ очень большихъ глубинъ [1]). Вентиляторы и воздуходувки въ соединеніи съ свѣтью трубъ представляютъ весьма употребительные транспортеры воздуха, подающіе его или въ соотвѣтствующія помѣщенія, или же непосредственно въ приборы.

Огромное значеніе пріобрѣлъ воздухъ для перемѣшиванія жидкостей, въ спеціально устраиваемыхъ для этой цѣли приборахъ, такъ называемыхъ „меланжёрахъ“. Перемѣшиваніе воздухомъ, по сравненію съ перемѣшиваніемъ различнаго рода ручными или механическими мѣшалками, настолько совершеннѣе, что эти два пріема почти несравнимы. Вмѣстѣ съ тѣмъ, по крайней мѣрѣ при сравненіи съ ручной работой, перемѣшиваніе воздухомъ значительно дешевле. При перемѣшиваніи воздухомъ при затратѣ силы, равной силѣ одного человѣка, производится работа, равная работѣ шести человѣкъ. Кромѣ того, этотъ пріемъ работы представляетъ преимущество и въ гигіеническомъ отношеніи, такъ какъ при перемѣшиваніи воздухомъ котлы, въ которыхъ производится перемѣшиваніе или меланжёры, дѣлаются большею частью закрытыми и такимъ образомъ рабочій на подвергается дѣйствію выдѣляющихся при этомъ паровъ.

Воздухъ какъ химическій дѣятель и исходный матеріалъ при многихъ производствахъ имѣетъ не меньшее значеніе.

О попыткѣ непосредственнаго техническаго использованія воздуха превращеніемъ его въ окислы было уже упомянуто въ первой главѣ. Такого рода попытокъ было множество, кромѣ указанной, и если эта въ особенности обратила на себя всеобщее вниманіе, то это частью благодаря имени Крукса, частью благодаря тому, что при современномъ развитіи электротехники электричество стоитъ уже сравнительно недорого и то, что всего 10 лѣтъ тому назадъ могло представляться чисто теоретическимъ построеніемъ, въ настоящее время имѣетъ уже задатки практическаго успѣха.

На ряду съ превращеніемъ воздуха въ цѣнные азотные окислы было сдѣлано много попытокъ и взято много патентовъ, имѣющихъ своимъ предметомъ превращеніе азота воздуха въ амміакъ. Несмотря однако на большое количество затраченнаго труда и изобрѣтательности, вопросъ этотъ еще очень далекъ отъ разрѣшенія. Въ нѣкоторыхъ изъ этихъ патентовъ работу рекомендуется вести такимъ образомъ, что смѣсь азота и водорода пропускается черезъ реторту съ накаленнымъ коксомъ;

---

[1]) Съ успѣхомъ примѣняются въ настоящее время для добыванія нефти въ Баку изъ скважинъ глубиною до 1000—1500 футовъ.

по выходѣ изъ реторты смѣсь газовъ промывается какой-нибудь кислотой, удерживающей образовавшийся амніакъ.

Много привилегій было также взято и на приготовленіе изъ азота воздуха синеродистыхъ соединеній, и, насколько извѣстно, въ этомъ направленіи работа была болѣе удачна, такъ что вопросъ о приготовленіи синеродистыхъ соединеній изъ азота воздуха близокъ къ разрѣшенію.

Гораздо болѣе дѣятельный, чѣмъ азотъ, кислородъ воздуха имѣетъ существенное значеніе во многихъ производствахъ. Въ виду того, что кислородъ въ чистомъ состояніи, безъ примѣси азота, оказывается гораздо болѣе дѣятельнымъ окислительнымъ агентомъ, въ настоящее время кислородъ въ довольно значительныхъ количествахъ готовится фабричнымъ путемъ и поступаетъ сгущеннымъ въ стальныхъ баллонахъ, емкостью на 10 литровъ, содержащихъ 1.000 литровъ газа при обыкновенномъ давленіи.

Кислородъ въ наибольшихъ количествахъ приготовляется въ настоящее время при помощи перекиси барія, которая является также исходнымъ матеріаломъ при приготовленіи перекиси водорода, расходуемой въ настоящее время въ очень значительныхъ количествахъ въ промышленности. Перекись барія приготовляется изъ окиси слѣдующимъ образомъ. Окись барія помѣщается въ чугунную реторту, которая накаливается до темнокраснаго каленія и черезъ которую пропускается струя воздуха; при этомъ окись переходитъ въ перекись. Если образовавшуюся перекись накаливать до болѣе высокой температуры (свѣтло-красное каленіе) и соединить съ пріемникомъ, изъ котораго выкачанъ воздухъ, то она вновь разлагается съ выдѣленіемъ чистаго кислорода. Очевидно, что такимъ образомъ является возможность получать при непрерывной работѣ изъ одной и той же реторты неограниченныя количества кислорода. Хотя такимъ образомъ каждый разъ получается всего только 8% кислорода отъ всей окиси барія, но такъ какъ процессъ идетъ безостановочно, то въ концѣ концовъ печь работаетъ весьма производительно. Кромѣ указаннаго пріема, кислородъ изъ воздуха приготовляется также и по способу Каеснера прокаливаніемъ окиси свинца съ мѣломъ въ присутствіи воздуха, при чемъ образуется плумбатъ кальція; при накаливаніи и единовременномъ пропусканіи углекислоты это соединеніе распадается съ выдѣленіемъ кислорода.

Наконецъ большое количество и почти химически чистаго кислорода приготовляется электролитическимъ путемъ.

Кислородомъ воздуха пользуются какъ химическимъ дѣятелемъ во многихъ производствахъ. На производство одной вѣсовой части чугуна, выплавляемаго въ доменныхъ печахъ, идетъ не менѣе 5 — 6 вѣсовыхъ

частей воздуха; такимъ образомъ воздухъ на ряду съ углемъ несомнѣнно является главнымъ матеріаломъ этого процесса. Бессемерованіе, приготовленіе стали по способу Бессемера, есть въ сущности ничто иное, какъ выжиганіе углерода, кремнія, сѣры и фосфора чугуна въ конверторахъ струею воздуха, продуваемаго черезъ жидкій чугунъ. О значеніи этого способа можно судить по тому, что съ введеніемъ его въ большую заводскую практику цѣна стали упала болѣе чѣмъ въ десять разъ, а самое производство стали увеличилось въ нѣсколько десятковъ разъ.

Не такъ давно еще (до введенія контактнаго способа) полученіе нордгаузенской сѣрной кислоты и довольно распространенной минеральной краски „капутъ-мортуумъ“ основывалось на окисляющемъ дѣйствіи кислорода воздуха. Влажная руда, содержащая сѣрнистое желѣзо, располагается въ штабеляхъ, внутри которыхъ продѣлываются для движенія воздуха ходы. При этомъ сѣрнистое желѣзо окисляется въ сѣрнокислое, которое затѣмъ и выщелачивается водою. Прокаливаніемъ выпареннаго насухо раствора получаются нордгаузенская сѣрная кислота и въ остаткѣ желѣзная краска, „капутъ-мортуумъ“, по составу отвѣчающая окиси желѣза.

Кислородъ воздуха употребляется какъ энергичный окислитель при приготовленіи нѣкоторыхъ искусственныхъ органическихъ и минеральныхъ красокъ (напримѣръ берлинской лазури), въ красильной и ситцепечатной техникѣ для закрѣпленія на волокнѣ нѣкоторыхъ красокъ, напримѣръ: индиго и чернаго анилина, для окисленія нанесенныхъ на ткань протравъ въ различнаго устройства зрѣльняхъ, а также и при луговомъ бѣленіи хлопчатобумажныхъ и льняныхъ тканей. Бѣленіе нѣкоторыхъ жировъ, спеціально воска, цѣликомъ основано на окисляющемъ дѣйствіи кислорода воздуха.

Въ очень значительныхъ количествахъ кислородъ воздуха употребляется при приготовленіи олифы изъ высыхающихъ маслъ и линолеума, или пробковой клеенки.

Въ газовомъ производствѣ въ настоящее время нерѣдко употребляется воздухъ или кислородъ для непрерывной очистки свѣтильнаго газа отъ сѣроводорода; съ этою цѣлью передъ входомъ газа въ очистительные ящики къ нему примѣшивается необходимое для этой цѣли и только достаточное, но не избыточное, количество воздуха.

Наконецъ, высушиваніе грѣтымъ воздухомъ одинъ изъ наиболѣе распространенныхъ пріемовъ работы въ химической техникѣ. Высушиваніе воздухомъ примѣняется для высушиванія тканей (въ красильномъ и ситцепечатномъ производствѣ), выдѣланной кожи, дерева, торфа, клея, кирпича и многихъ другихъ издѣлій и фабрикатовъ. Высушиваніе грѣ-

тымъ воздухомъ основывается на томъ, что воздухъ, нагрѣтый до опредѣленной температуры, обладаетъ значительно большею испаряющею способностью по сравненію съ холоднымъ воздухомъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ, чѣмъ больше воздуха вгоняется вентиляторомъ въ сушильню, тѣмъ совершеннѣе происходитъ высушиваніе. Весьма вѣроятно, при раціональномъ устройствѣ сушиленъ, въ особенности если высушиваніе приходится производить при сравнительно низкой температурѣ, очень большое значеніе имѣло бы предварительное химическое осушеніе воздуха, поступающаго въ сушильню. Въ противность обычно практикуемому способу распредѣленія впускаемаго грѣтаго воздуха внизу сушиленъ, впускъ грѣтаго воздуха долженъ непремѣнно производиться сверху, а выходъ внизу сушильни [1]). При этомъ грѣтый воздухъ, охлаждаясь и насыщаясь водяными парами, равномѣрно опускается въ нижнюю часть сушильни. Если же приточныя отверстія располагаются внизу, то грѣтый воздухъ энергично стремится вверхъ, и притомъ по кратчайшимъ разстояніямъ, такъ что внутри сушильни образуется рядъ воздушныхъ теченій и застоевъ и высушиваніе идетъ значительно менѣе совершенно.

Обогрѣваніе воздуха производится большею частью или паромъ, въ такъ называемыхъ митральезахъ, или же помощью калориферовъ.

Динамическіи свойства атмосфернаго воздуха въ движеніи непрерывно утилизируются въ мореплаваніи и при посредствѣ различнаго рода вѣтряныхъ двигателей.

Въ виду того, что составъ воздуха не остается постояннымъ, является иногда весьма важнымъ и желательнымъ производить химическое изслѣдованіе его состава. Количественное содержаніе углекислоты и воды опредѣляется всего проще и точнѣе, пропусканіемъ опредѣленнаго объема воздуха черезъ взвѣшенную трубочку съ хлористымъ кальціемъ и черезъ кали—аппаратъ съ растворомъ ѣдкаго кали. Объемъ воздуха измѣряется количествомъ вытекающей изъ аспиратора воды. Для опредѣленія углекислоты въ жилыхъ помѣщеніяхъ существуетъ кромѣ того цѣлый рядъ приборовъ; изъ нихъ наибольшимъ распространеніемъ пользуется аппаратъ Петенкофера. Опредѣленіе количественнаго содержаніе кислорода производится въ приборахъ Гемпеля. На рис. 23 изображена бюретка А, въ которую засасываютъ ровно 100 к. с. воздуха и пипетка В, укрѣпляемая на деревянномъ штативѣ и содержащая щелочной растворъ пирогаллола. Повторнымъ перепусканіемъ воздуха въ пипетку черезъ соединительную согнутую капиллярную трубочку Е достигаютъ того, что объемъ по поглощенія

[1]) Само собою понятно, рѣчь идетъ только о такихъ помѣщеніяхъ, гдѣ рабочіе пребываютъ временно и остаются не долго, такъ какъ необходимо принимать во вниманіе и гигіэническія условія.

всего кислорода остается постояннымъ. Иногда вмѣсто пирогаллола употребляется для поглощенія кислорода фосфоръ въ видѣ тонкихъ палочекъ. Какъ указываетъ Гемпель, оба способа даютъ совершенно согласные результаты, въ предѣлахъ 0,05 — 0,1%. Для опредѣленія количественнаго содержанія азота въ воздухѣ авторъ пользовался слѣдующимъ приборомъ, изображенномъ на рисункѣ 24. Онъ состоитъ изъ трехъ бюретокъ, укрѣпленныхъ на трехъ штативахъ, наполненныхъ ртутью и соединенныхъ съ напорными трубками. Въ одну изъ бюретокъ на правой сторонѣ засасывается 50 кубическихъ сантиметровъ изслѣдуемаго воздуха. Бюретка, расположенная на лѣво, соединяется каучукомъ съ небольшой стеклянной трубочкой, наполненной смѣсью свѣжей сильно про-

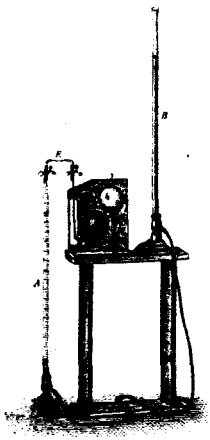

Рис. 23.

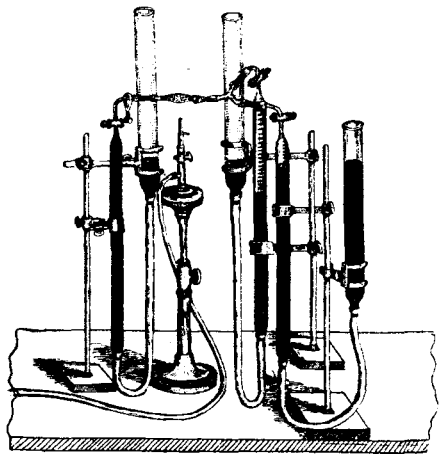

Рис. 24.

каленной извести (3,5) и металлическаго магнія въ порошкѣ (1), и помощью соединенной съ бюреткой напорной трубки воздухъ изъ этой трубочки вымывается начисто повторнымъ наполненіемъ бюретки химически чистымъ водородомъ. Послѣ тройной промывки втягиваютъ еще 10—15 к. химически чистаго водорода, соединяютъ трубочку съ стеклянной тройчаткой, какъ указано на рис., и перепускаютъ водородъ въ третью бюретку, расположенную впереди направо. Затѣмъ при открытомъ кранѣ у лѣвой бюретки и закрытыхъ кранахъ у двухъ правыхъ начинаютъ накаливать трубочку съ поглотительною смѣсью. При этомъ вслѣдствіе содержанія небольшого количества воды выдѣляется изъ массы немного водорода, который впрочемъ быстро поглощается смѣсью при дальнѣй-

шемъ накаливаніи. Затѣмъ открываютъ кранъ у бюретки съ воздухомъ. Накаленная масса даже при нѣкоторомъ разрѣженіи быстро поглощаетъ воздухъ и въ 2—4 минуты поглащеніе оканчивается. Затѣмъ промываютъ каппилляры водородомъ, находившимся въ передней правой запасной бюреткѣ и продолжаютъ накаливаніе, чтобы поглотить водородъ и оставшееся въ каппилярахъ небольшое количество воздуха. По охлажденіи срѣзаютъ каучуки, отрѣзаютъ стеклянные концы трубочки съ каучукомъ, надбиваютъ ее молоткомъ и вбрасываютъ въ обыкновенную перегонную колбу, употребляемую для опредѣленія азота по способу Кьельдаля, въ которую налито около 125 к. с. слабаго раствора ѣдкаго кали. Выдѣляющійся амміакъ, какъ всегда, поглощается опредѣленнымъ объемомъ титрованной сѣрной кислоты.

Топливо.

Топливомъ вообще называются вещества, которыя при сгораніи въ воздухѣ, выдѣляютъ достаточно быстро и въ достаточномъ количествѣ теплоту, которая можетъ быть утилизирована для промышленныхъ цѣлей и домашней надобности.

„Топливо,—говоритъ Д. И. Менделѣевъ,—какъ одежда и жилье, становится неизбѣжнымъ предметомъ общей потребности и первымъ удаленіемъ отъ природной или животной простоты жизни. Топливо во всѣ вѣка и еще долго впередъ было и будетъ однимъ изъ важнѣйшихъ средствъ для обладанія природою, потому что содержитъ въ себѣ скрытый или химически связанный запасъ міровой энергіи. Оно не только прямо служитъ для полученія тепла и для многихъ производствъ, но косвенно составляетъ съ XIX столѣтія главнѣйшій источникъ для полученія силъ и для передвиженія по водѣ и по сушѣ“.

Въ виду этого во всемъ мірѣ топливо получило теперь никакъ не меньшее значеніе, чѣмъ зерновой хлѣбъ, а стоимость ежегодно расходуемаго топлива во всемъ мірѣ составляетъ не менѣе половины стоимости всѣхъ ежегодно добываемыхъ сельскохозяйственныхъ продуктовъ.

Прежде чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію различныхъ видовъ топлива, необходимо сказать нѣсколько словъ о самомъ процессѣ сожиганія топлива.

Въ составъ всѣхъ видовъ нынѣ употребляемаго топлива (дрова, уголь, нефть, горючіе газы) какъ главные ингредіенты входятъ: углеродъ, водородъ и кислородъ, въ меньшихъ количествахъ: азотъ, сѣра и зола. Главными теплодающими составными частями являются углеродъ и водородъ и поэтому чѣмъ больше въ топливѣ содержится этихъ элементовъ, тѣмъ больше тепла можетъ выдѣлить топливо при своемъ сожиганіи, или тѣмъ больше его такъ называемая теплопроизводительная способность. Такимъ образомъ теплопроизводительная способность углерода = 8080 калори (т.-е. при сожиганіи I кило углерода въ углекис-

лоту выдѣляется 8080 калори), а теплопроизводительная способность водорода при сгораніи его въ воду 34462 калори.

Пирометрическимъ эффектомъ, или жаропроизводительною способностью, топлива называется та предѣльная температура, которая можетъ быть достигнута при сожиганіи этого топлива. Такъ, если топливомъ является чистый углеродъ, то при сгораніи его въ углекислоту въ воздухѣ, жаропроизводительность будетъ 2718°С.; если въ тѣхъ же условіяхъ сгораетъ водородъ, то въ виду большей теплопроизводительной способности водорода она еще выше и равна 3192°С. Конечно, это чисто теоретическія величины, и въ обыкновенныхъ топкахъ, сообразно тому, что ни углеродъ, ни водородъ не являются непосредственно топливомъ, такія температуры обыкновенно не достигаются (въ заводскихъ топкахъ не больше 900°—1500°).

Если бы вмѣсто воздуха для сжиганія топлива въ топкахъ можно было пользоваться кислородомъ (а намеки на это теперь есть, такъ какъ кислородъ можетъ быть уже полученъ недорого), то жаропроизводительность можетъ достигнуть очень высокихъ предѣловъ температуры, такъ какъ теперь много теплоты тратится непроизводительно на нагрѣваніе азота, входящаго въ значительномъ количествѣ въ составъ воздуха.

Если эту предѣльную теоретическую температуру назовемъ T, теплопроизводительную способность топлива Q, вѣса различныхъ продуктовъ сгоранія P^1, P^2, P^3...., теплоемкость этихъ продуктовъ c^1, c^2, c^3..., то указанная температура

$$T = \frac{Q}{\Sigma P.c}$$

Такъ, напримѣръ, при сожиганіи 12 кило химически чистаго углерода въ 32 кило кислорода развивается $12 \times 8080 = 96960$ калори, при чемъ образуется 44 кило углекислоты, теплоемкость которой $=$ 0,2169 и которая поэтому поглощаетъ $44 \times 0{,}2169 = 9{,}5463$ калори; поэтому теоретически достижимая температура будетъ:

$$T = \frac{96960}{9{,}5436} = 10160°C.$$

Д. И. Менделѣевъ даетъ слѣдующую формулу для вычисленія жаропроизводительности:

$$(T-t)\ (a^1c^1 + a^2c^2 + a^3c^3 + a^4c^4 + a^5c^5) = Q - 600aq.$$

Въ этой формулѣ t начальная температура, *a* вѣсъ соотвѣтственныхъ продуктовъ сгоранія, с ихъ теплоемкость, Q теплотворная способность топлива, *aq* количество образовавшихся при сгораніи водяныхъ паровъ.

Теплоемкость углекислоты при температурѣ T, $c^1 = 0,189 + 0,000095T$.
Теплоемкость воды . . . . . $c^2 = 0,410 + 0,000206T$.
„ азота . . . . . $c^3 = 0,238 + 0,000050T$.
„ сѣрнистой кислоты . . . . . $c^4 = 0,15$
„ золы . . . . . $c^5 = 0,20$.

Въ большинствѣ сортовъ нынѣ употребляемаго горючаго главную теплопроизводительную составную часть представляетъ углеродъ, такъ какъ, за исключеніемъ нефти, въ остальныхъ видахъ топлива содержаніе водорода незначительно.

Теплотворная способность топлива въ настоящее время чаще всего опредѣляется непосредственнымъ опытомъ въ калориметрахъ; является однако возможнымъ съ достаточною степенью точности опредѣлить ее на основаніи данныхъ элементарнаго анализа топлива. Проф. Менделѣевъ даетъ слѣдующую формулу для вычисленія этой теплопроизводительной способности:

$$Q = 81c + 300н - 26(o - s), \text{ гдѣ}$$

s—% содержаніе сѣры въ топливѣ, c—% содержаніе углерода, н—% содержаніе водорода и o—% содержаніе кислорода. Разность между теплопроизводительною способностью, вычисленною по этой формулѣ и теплотворною способностью, опредѣленною непосредственно калориметромъ, какъ показали многочисленныя наблюденія, лежитъ въ предѣлахъ погрѣшности анализа. Необходимо при этомъ принять во вниманіе, что формула эта примѣнима для случаевъ, когда образующаяся при горѣніи вода остается въ жидкомъ видѣ, но въ дымѣ или топочныхъ газахъ вода содержится, конечно, не въ жидкомъ, а въ парообразномъ состояніи, и такъ какъ каждая вѣсовая часть воды, превращаясь въ паръ, расходуетъ около 600 калори, то изъ найденной теплотворной способности необходимо вычесть 600 калори на каждую вѣсовую часть образовавшейся воды. Такъ, при опредѣленіи теплотворной способности угля содержащаго въ одномъ кило 800 граммъ углерода, 50 граммовъ водорода, 80 граммовъ кислорода и 70 граммовъ золы, азота и проч., теплотворная способность въ первомъ случаѣ, т.-е. принимая, что вода остается въ жидкомъ состояніи будетъ:

$Q = 81 \times 80 + 300 \times 5 - 26 \times 8 = 7772$ калори (большихъ калори), а во-второмъ случаѣ, принимая, какъ это и имѣетъ мѣсто въ топкахъ, что вода [1]) остается въ парообразномъ состояніи: $7772 - 0,45 \times 600 = 7502$ калори, т.-е. величины довольно близкія.

[1]) Уголь съ 5% водорода при сжиганіи даетъ на каждый килограммъ 450 граммъ, или 0,45 кило, водяного пара.

Сгораніе топлива въ печахъ требуетъ большого вниманія и во всякомъ случаѣ большаго, чѣмъ это часто въ настоящее время имѣетъ мѣсто. Если въ топку притекаетъ избытокъ воздуха, то сильно понижается температура отъ увеличенія массы топочныхъ газовъ, которымъ передается безполезно тепло, а если въ топку притекаетъ воздуха слишкомъ мало, то въ топочныхъ газахъ будутъ содержаться продукты сухой перегонки топлива, недогорѣвшіе газы и часть углерода улетитъ въ дымовую трубу, не отдавъ всего количества тепла. При вычисленіи теоретически необходимаго и достаточнаго для полнаго сгоранія топлива количества воздуха необходимы слѣдующія данныя:

1 кило углерода при сгораніи въ углекислоту требуетъ .	2,66	кило кислорода.
1 кило водорода при сгораніи въ воду	8,00	„ „
1 кило сѣры при сгораніи въ сѣрнистую кислоту	1,00	„ „

Воздухъ представляетъ механическую смѣсь кислорода и азота, въ которой на каждыя 8 вѣсовыхъ частей кислорода приходится 26,8 вѣсовыхъ частей азота, или по объему на каждый куб. метръ кислорода 3,76 куб. метровъ азота.

Объемъ, занимаемый при 16,6°С. и 760 $^{m}/_{m}$.

1 кило кислорода	0,74	куб. метр.
1 „ азота	0,84	„ „
1 „ водорода	11,84	„ „
1 „ сѣрнистой кислоты . .	0,36	„ „
1 „ углекислоты	0,54	„ „
1 „ воздуха	0,82	„ „

1 кило углерода для своего сгоранія въ углекислоту требуетъ 11,6 кило воздуха, такъ какъ для этого нужно 2,66 кило кислорода, а этому количеству кислорода эквивалентно 8,94 кило азота. 11,6 кило воздуха по объему занимаетъ 9,5 куб. метровъ. Или, слѣдовательно:

1 кило углерода	1 кило углерода	получается:
11,6 кило воздуха	2,66 кило кислорода	3,66 кило углекислоты
12,6 кило	8,94 „ азота	8,94 кило азота
	12,6	12,6

Точно такъ же для сгоранія одного кило водорода нужно 34,8 кило воздуха, или 28,58 куб. метровъ:

1 кило водорода	1 кило водорода	получается:
34,8 кило воздуха	8 кило кислорода	9 кило воды
35,8	26,8 кило азота	26,8 кило азота
	35,8	35,8

Такимъ же образомъ опредѣляется, что 1 кило сѣры требуетъ 4,35 кило воздуха или 3,6 куб. метровъ. Слѣдовательно, если въ углѣ содержатся слѣдующія количества горючихъ составныхъ частей:

углерода	86,49%
водорода	2,36%
сѣры	0,18%

то для сжиганія 1 килограмма такого угля надо воздуха:

для сгоранія	C . .	86,49 × 11,6	или	10,2	кило	воздуха,	или	8,32	куб. метровъ.
„ „	H_2 . .	2,36 × 34,8	„	0,82	„	„	„	0,67	„ „
„ „	S . .	0,18 × 4,35	„	0,007	„	„	„	0,007	„ „
						всего		8,993	куб. метр.

или 8993 литра при 16,6°C и 760 $^m/_m$ или около 11 килограммъ воздуха на каждый килограммъ такого угля.

Для газообразнаго и жидкаго топлива можно достигнуть полнаго сгоранія съ такимъ количествомъ воздуха, которое только немного превышаетъ теоретически необходимое количество. Но для твердаго топлива: дровъ, каменнаго угля и торфа, нельзя достигнуть полнаго сгоранія съ теоретически необходимымъ количествомъ воздуха, такъ какъ нельзя достигнуть полноты смѣшенія горючихъ продуктовъ ихъ разложенія, и потому количество необходимаго для сгоранія воздуха на практикѣ обыкновенно превышаетъ на 60—100%, т.-е. почти вдвое, теоретически необходимое количество. Именно поэтому превращеніе твердаго топлива въ газообразное горючее (генераторный, водяной газъ) и представляетъ большія экономическія преимущества.

Въ виду того, что при сжиганіи твердаго горючаго необходимо всегда вводить нѣкоторый избытокъ воздуха, строго однако только необходимый и достаточный, то для контроля за ходомъ топки существенно важно производить изслѣдованія топочныхъ газовъ.

Анализъ топочныхъ газовъ производится въ приборѣ Орса или помощью бюретокъ и поглотительныхъ пипетокъ Гемпеля, при чемъ углекислота поглощается растворомъ ѣдкаго кали, окись углерода кислымъ растворомъ полухлористой мѣди, а кислородъ щелочнымъ растворомъ пирогалловой кислоты. Такимъ путемъ находятся объемные %; чтобы отъ нихъ перейти къ вѣсу, необходимо знать вѣса одного литра этихъ газовъ. Допустимъ, что анализомъ найдено:

CO_2	11,2%	по объему
O	8,4%	„
CO	1,1%	„
N	79,3%	„

Зная, что

1 литръ	кислорода при	$^0/_{760}{}^0$ вѣситъ . .	1,430	грамма
1 „	водорода	„ . .	0,0895	„
1 „	азота	„ . .	1,255	„
1 „	воздуха	„ . .	1,293	„
1 „	углекислоты	„ . .	1,996	„
1 „	окиси углерода	„ . .	1,251	„
1 „	метана	„ . .	0,715	„
1 „	ацетилена	„ . .	1,161	„

и т. д.,

легко слѣдовательно перейти къ вѣсу

$$\begin{array}{rl} 11{,}2 \text{ к. с.} \times 1{,}996 = & 0{,}02202 \text{ гр.} \\ 8{,}4 \text{ к. с.} \times 1{,}430 = & 0{,}01201 \text{ „} \\ 1{,}1 \text{ к. с.} \times 1{,}250 = & 0{,}00138 \text{ „} \\ 79{,}3 \text{ к. с.} \times 1{,}255 = & 0{,}09952 \text{ „} \\ \hline 100 \text{ к. с.} & 0{,}13491 \text{ гр.} \end{array}$$

Или, если 100 к. с. топочныхъ газовъ вѣсятъ 0,13491 гр., то $^0/_0$ вѣсовое содержаніе отдѣльныхъ составныхъ частей находится:

$$1)\ CO_2 = \frac{0{,}02202 \times 100}{0{,}13491} = 16{,}32\%\ \text{по вѣсу}$$

$$2)\ O = \frac{0{,}01200 \times 100}{0{,}13491} = 8{,}97\%\ \text{„ „}$$

$$3)\ CO = \frac{0{,}00138 \times 100}{0{,}13491} = 1{,}02\%\ \text{„ „}$$

$$4)\ N = \frac{0{,}09952 \times 100}{0{,}13491} = 73{,}69\%\ \text{„ „}$$

Зная составъ топочныхъ газовъ, является возможность судить о большей или меньшей исправности работы топливника, а также о температурѣ горѣнія топлива.

Теплопроизводительную способность топлива не слѣдуетъ, какъ уже указано выше, смѣшивать съ температурой горѣнія или жаропроизводительностью. Эта послѣдняя измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ въ зависимости не только отъ состава топлива, но также въ зависимости и отъ конструкціи топокъ. Она опредѣляется или непосредственно пирометрами, или можетъ быть вычислена теоретически, зная составъ, удѣльную теплоту газообразныхъ продуктовъ горѣнія и теплотворную способность топлива. Если теплотворная способность топлива M, темпе-

ратура горѣнія T, теплоемкость топочныхъ газовъ N, а теплоемкость углекислоты 0,216, азота 0,248, избыточнаго воздуха 0,238 и водянаго пара 0,481 [въ среднемъ теплоемкость дыма или топочныхъ газовъ содержащихъ много водянаго пара, близка къ 0,27], то, зная % вѣсовой составъ топочныхъ газовъ легко высчитывается теплоемкость дыма N, которая равна: $а \times 0,216 + в \times 0,248 + с \times 0,238 + д \times 0,481 = N$ а температура горѣнія $T = \frac{M}{N}$.

Какъ показываетъ опытъ и простой подсчетъ, эта температура тѣмъ ниже, чѣмъ больше избыточнаго воздуха входитъ въ топку, а такъ какъ, чѣмъ больше воздуха въ топочныхъ газахъ, тѣмъ меньше въ нихъ содержится углекислоты, то слѣдовательно одно опредѣленіе углекислоты даетъ уже возможность судить о температурѣ горѣнія внутри очага.

Исходя изъ опредѣленнаго анализомъ состава топочныхъ газовъ легко вычислить избыточно введенный въ топку воздухъ или опредѣлить *количество фунтовъ воздуха истраченныхъ на сожиганіе одного фунта угля.*

Въ данномъ выше примѣрѣ состава топочныхъ газовъ или дыма: углекислоты находится 11,2%; кислорода—8,4%; окиси углерода—1,1%; и азота—79,3%. Атомный вѣсъ кислорода 16; углерода 12; вѣсъ литра углекислоты = 1,966 граммовъ; вѣсъ литра кислорода=1,43 гр. и окиси углерода=1,251 гр. По этимъ даныымъ, легко высчитать сколько каждаго газа по вѣсу въ граммахъ находится въ 100 литрахъ этой газовой смѣси: 11,2 литровъ углекислоты $\times$ 1,97 (вѣсъ 1 литра) = 22,06 гр., а такъ какъ въ каждыхъ 44 частяхъ углекислоты содержится 32 части кислорода $\left(\frac{32}{44} \text{ или } \frac{O_2}{CO_2}\right)$, то въ 22,06 граммахъ содержится 16,04 гр. кислорода и 6,02 гр. углерода въ парообразномъ состояніи.

Свободнаго кислорода въ газовой смѣси содержалось 8,4%, или такъ какъ вѣсъ 1 литра 1,43, то слѣдовательно въ 100 литрахъ находится свободнаго кислорода граммовъ $8,4 \times 1,43 = 12,01$ гр. Окиси углерода содержалось всего 1,1%, или въ 100 литрахъ граммовъ $1,1 \times 1,251 = 1,376$ грамма, а такъ какъ въ каждыхъ 28 частяхъ окиси углерода содержится 16 частей кислорода $\left(\frac{16}{28}, \text{ или } \frac{O}{CO}\right)$, то въ 1,376 граммахъ окиси углерода содержится 0,786 гр. кислорода и 0,590 гр. углерода въ парообразномъ состояніи. Такимъ образомъ въ 100 литрахъ дыма содержится $16,04 + 12,01 + 0,786 = 29,836$ кислорода и $6,02 + 0,590$ граммовъ = 6,61 граммовъ углерода. Такъ какъ въ воздухѣ кислорода по вѣсу содержится 23,1%, то слѣдовательно на сожиганіе 6,61 грамма угле-

рода пошло больше, согласно пропорціи $X : 100 = 29,8 : 23,1$, откуда $X = 129$ граммовъ частей или воздуха на 6,61 граммъ углерода, или на 1 граммъ $\frac{129}{6,61} = 19,5$ граммовъ. Такъ какъ сжигавшійся каменный уголь, былъ конечно, не 100%, а содержалъ меньше углерода, допустимъ всего 84%, то на 1 граммъ или 1 фунтъ угля воздуха потрачено меньше востолько, восколько 84 меньше 100, т.-е. $\frac{19,5 \times 84}{100} = 16,38$ граммовъ или фунтовъ на 1 граммъ или 1 фунтъ угля. Теоретически на каждый фунтъ угля надо 11,54 фунтовъ воздуха, но на практикѣ при сожиганіи въ топкахъ каменныхъ углей наилучшіе результаты получаются при введеніи въ топку избытка воздуха въ количествѣ 50—100%.

Введеніе въ топку большого количества избыточнаго воздуха однако не только понижаетъ температуру горѣшія внутри топливника, но и представляетъ непосредственно большую потерю тепла, такъ какъ этотъ избыточный воздухъ, нагрѣваясь въ топкѣ, уноситъ непроизводительно въ дымовую трубу очень значительное количество тепла.

Въ среднемъ, въ обыкновенныхъ паровичныхъ топкахъ на каждый фунтъ топлива идетъ около 300 к. ф. воздуха или около 23 фунтовъ по вѣсу.

Согласно даннымъ, полученнымъ на Мюнхенской испытательной станціи, присутствіе:

4% углекислоты въ топочныхъ газахъ отвѣчаетъ 4,9 объемамъ нужнаго теоретически для сгоранія воздуха.

5%	углекислоты	отвѣчаютъ	3,5	объемамъ	сгоранія	воздуха.
6%	„	„	3,0	„	„	„
7%	„	„	2,5	„	„	„
8%	„	„	2,3	„	„	„
9%	„	„	2,0	„	„	„
10%	„	„	1,7	„	„	„
11%	„	„	1,5	„	„	„
17%	„	„	1,0	„	„	„

На практикѣ въ простыхъ топкахъ содержаніе углекислоты нерѣдко падаетъ до 3 и даже 2%, т.-е. вводится огромный избытокъ воздуха.

Зигертъ далъ слѣдующую приблизительную формулу для опредѣленіи непроизводительной потери теплотворной способности по найденному количеству углекислоты. Если количество углекислоты въ % X, температура топочныхъ газовъ T, температура воздуха, притекающаго въ топку t, то потеря теплопроизводительной способности топлива въ % исчисляется по формулѣ:

$$V = 0.65 \frac{T - t}{x}$$

Этотъ численный коеффиціентъ для лигнита, торфа и дерева мѣняется соотвѣтственно содержанію въ нихъ воды и ихъ теплопроизводительной способности и онъ тѣмъ больше, чѣмъ меньшую цѣнность имѣетъ топливо.

Нойессъ даетъ слѣдующую формулу для вычисленія потери теплопроизводительной способности въ %, которая, по его мнѣнію, ближе отвѣчаетъ дѣйствительности:

$$V = \left(0.011 + \frac{100 - \%CO_2}{\%CO_2} \times 0,00605\right)(T - t).$$

Для непрерывнаго контроля и опредѣленія углекислоты въ настоящее время нерѣдко употребляется дазиметръ, приборъ автоматически отмѣчающій на циферблатѣ % содержаніе углекислоты и основанный на томъ, что удѣльный вѣсъ углекислоты значительно больше удѣльнаго вѣса воздуха и слѣдовательно чѣмъ больше въ топочныхъ газахъ содержится углекислоты, тѣмъ тяжелѣе газовая смѣсь. Въ послѣднее время очень большое значеніе пріобрѣли также для непрерывнаго контроля состава топочныхъ газовъ приборы Крэга и „адосъ“.

Какъ бы ни были совершенно устроены топливники, тѣмъ не менѣе, какъ показываютъ многочисленные опыты, только извѣстная часть теплотворной способности топлива утилизируется. По даннымъ Шерера-Кестнера и Менье-Дольфуса, при сжиганіи топлива подъ паровыми котлами, въ хорошо устроенныхъ топливникахъ утилизируется всего 62%, а 38% теплотворной способности уносятся топочными газами, шлаками и лучеиспусканіемъ каменной кладки. По даннымъ Фишера, потеря составляетъ отъ 32 до 16%.

Нижеприводимые нѣсколько анализовъ топочныхъ газовъ, сдѣланные въ разное время авторомъ этой книги, подтверждаютъ сказанное. Изслѣдование подвергался дымъ изъ борова отъ двухъ топокъ при котлахъ для отопленія.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
CO_2	2,0%	3,0%	2,6%	7,0%	3,0%	3,2%	3,2%
O	18,2%	16,4%	15,6%	11,0%	16,4%	17,0%	16,4%
CO	—	—	—	—	0,2%	—	—
C_nH_{2n}	0,2%	—	—	0,4%	0,2%	—	—
H_2	—	—	—	—	1,0%	0,8%	1,2%
N. . . . . (изъ разности).	79,6%	80,6%	81,8%	81,6%	79,2%	79,0%	78,6%

Не безъинтересно, что даже при такомъ огромномъ избыткѣ воздуха (а можетъ быть также и вслѣдствіе этого, такъ какъ при этомъ температура внутри топки была сравнительно невысока и могла происходить

частичная сухая перегонка топлива) въ дымѣ содержался углеродъ въ формѣ какихъ-то летучихъ соединеній, не поглощаемыхъ обычно употребляемыми при анализахъ растворителями. Такъ, при медленномъ сжиганіи дыма (при опытѣ № III) черезъ трубку съ прокаленною предварительно въ кислородѣ окисью мѣди, какъ это обыкновенно дѣлается при органическомъ анализѣ, при чемъ топочные газы до входа въ трубку пропускались черезъ растворъ ѣдкаго кали, приборъ съ твердымъ ѣдкимъ кали, черезъ кислый растворъ полухлористой мѣди и второй контрольный промывательный приборъ съ растворомъ ѣдкаго барита, въ количествѣ всего 600 к. с., получено 17 миллиграммовъ углебаріевой соли, что отвѣчаетъ 1 миллиграмму углерода на 600 к. с., или 1,6 миллиграмма на 1 литръ. При скорости теченія газовъ въ боровѣ въ 2 метра въ одну секунду и сѣченіи его 940 □ сантиметровъ это равно непроизводительной потери углерода въ количествѣ 4,3 кило въ сутки, или около 100 пудовъ въ годъ, несмотря на огромный избытокъ воздуха, введенный въ топку.

При другомъ подобномъ же опредѣленіи (соотвѣтствуетъ анализу дыма № V), при сожженіи 3.200 к. с. получено 225 миллиграммовъ углебаріевой соли, что уже эквивалентно 13,7 миллиграммамъ углерода, или около 4,3 миллиграммовъ на литръ. Годовая непроизводительная потеря угля въ видѣ летучаго, не сгорѣвшаго углерода равна въ этомъ случаѣ уже болѣе 250 пудовъ въ годъ [1]).

Расчитывая вмѣстѣ съ тѣмъ по выше приведеннымъ формуламъ Зигерта и Нойесса % потери теплоты, уносимой топочными газами, находимъ по даннымъ анализа V (принимая T температуру топочныхъ газовъ 250°, а t° температуру входящаго воздуха 25°), что

потеря теплопроизводительной способности топлива въ %

по формулѣ Зигерта:

$$V = 0{,}65\,\frac{250^\circ - 25^\circ}{3} = 48{,}7\%,$$

по формулѣ Нойесса:

$$V = \left(0{,}011 + \frac{100-3}{3}.0{,}00605\right)225 = 46{,}4\%.$$

Если принять во вниманіе, что, кромѣ этой потери, существуетъ еще потеря тепла вслѣдствіе лучеиспусканія кладки, поглощенія тепла шла-

---

[1]) Заслуживаетъ вниманія также тотъ фактъ, что, пропуская вполнѣ холодный дымъ черезъ щелочный растворъ іода въ іодистомъ калѣ, сравнительно уже скоро наблюдается образованіе іодоформа.

ками, потери тепла вслѣдствіе неполнаго сгоранія углерода, какъ это указано выше на численныхъ примѣрахъ полученныхъ аналитическихъ данныхъ, то конечно коэффиціентъ полезнаго дѣйствія такой топки будетъ никакъ не больше 20—30%.

Три класса топлива имѣютъ техническое значеніе: твердое, жидкое и газообразное. Въ огромномъ большинствѣ случаевъ главнымъ элементомъ, обусловливающимъ теплотворную способность топлива, является углеродъ; въ нѣкоторыхъ же случаяхъ, когда топливо содержитъ сравнительно много и водорода, также и послѣдній способствуетъ повышеніе теплотворной способности.

Содержащіеся въ нѣкоторыхъ сортахъ твердаго топлива другіе элементы: сѣра, фосфоръ, кремній, кислородъ и азотъ, оказываются скорѣе нежелательными примѣсями, такъ какъ они не повышаютъ, или только въ совершенно незначительной степени, теплотворную способность, но вмѣстѣ съ тѣмъ во многихъ другихъ отношеніяхъ оказываются весьма вредными.

Немаловажное значеніе при оцѣнкѣ топлива имѣетъ также большее или меньшее содержаніе золы; чѣмъ болѣе ея въ немъ содержится, тѣмъ большее количество теплоты тратится непроизводительно на нагрѣваніе ея.

Твердое топливо.

Изъ твердыхъ сортовъ топлива, имѣющихъ наибольшее значеніе въ промышленности, наиболѣе важными являются: дерево (дрова), въ составъ котораго главнымъ образомъ входитъ углеводъ клѣтчатка или целлулоза, состава ($C_{10}H_6O_5$) и торфъ, лигнитъ или бурый уголь, каменный уголь по преимуществу и антрацитъ.

Дрова во многихъ мѣстахъ Россіи еще не потеряли своего значенія какъ топливо. Высушенное безводное дерево содержитъ въ среднемъ: 50% углерода, 6% водорода, 42% кислорода, 1% азота и 1% золы. Высушенное на воздухѣ (лежавшія въ штабеляхъ 12—18 мѣсяцевъ дрова) оно содержитъ около 20% воды; свѣже срубленное дерево въ періодѣ наибольшаго движенія растительныхъ соковъ содержитъ значительно больше (въ тополѣ до 50%). Понятно, что здѣсь указана только средняя цифра, въ различныхъ древесныхъ породахъ эти цифры измѣняются въ довольно широкихъ предѣлахъ.

Сжиганіемъ дровъ трудно достигнуть очень высокой температуры, но они загораются легче угля, содержатъ мало золы и даютъ значительное большее, чѣмъ уголь, пламя. Теплотворная способность годовалыхъ дровъ въ среднемъ около 3000—3500 калори.

Карбонизаціей дровъ (углежженіемъ) ихъ можно превратить въ дре-

весный уголь, обладающій уже значительно большею теплотворною способностью (до 8000 калори) и представляющій такимъ образомъ по сравненію съ дровами концентрированное топливо. Въ виду такой высокой теплотворной способности и того обстоятельства, что онъ горитъ безъ дыма и не содержитъ сѣры, древесный уголь употребляется во многихъ случаяхъ въ промышленности (домны).

Качество древеснаго угля находится въ зависимости въ очень значительной степени отъ той температуры, при которой онъ приготовленъ; чѣмъ выше была температура, тѣмъ лучше уголь по качеству. Какъ топливо употребляются и нѣкоторые другіе клѣтчатку содержащіе отбросы, напримѣръ: опилки, солома, одубина или отработавшее дубло съ кожевенныхъ заводовъ, кожура нѣкоторыхъ масличныхъ сѣмянъ (подсолнечника, орѣха и т. п.), „багассъ“ отжатый отъ сока сахарный тростникъ и нѣк. др.

Торфъ, также какъ и различные сорта каменнаго угля, несомнѣнно представляетъ продукты метаморфоза клѣтчатки растеній, частью окисленія, при чемъ выдѣляются углекислота и вода, частью медленной карбонизаціи и разрушенія клѣтчатки подъ вліяніемъ микроорганизмовъ, при чемъ выдѣляются метанъ и углекислота.

Каменный уголь представляетъ продуктъ глубокаго и болѣе полнаго измѣненія клѣтчатки дерева; средній составъ каменнаго угля можетъ быть выраженъ формулой $C_{26}H_{20}O_2$, такъ что разложеніе целлулозы, которое она претерпѣваетъ при образованіи такого вещества, можетъ быть выражено формулой:

$$6\ (C_6H_{10}O_5)=3CH_4+7CO_2+14H_2O+C_{26}H_{26}O_2$$

Такъ какъ этотъ процессъ разложенія протекаетъ при очень различныхъ условіяхъ температуры и давленія, то и получающіеся продукты рѣзко отличаются по своимъ внѣшнимъ свойствамъ и химическому составу. Проф. Бунге составилъ слѣдующую таблицу, указывающую послѣдовательное измѣненіе химическаго состава клѣтчатки при преобразовавіи ея въ торфъ и различные сорта ископаемаго горнаго.

	Углерода.	Водорода.	Кислорода и азота.	$\frac{O+N}{H}$
Клѣтчатка	44,4	6,2	49,4	8,23
Дерево.	50,0	6,0	44,0	7,3
Торфъ.	58,0	6,0	36,0	6,0
Бурый уголь, лигнитъ.	70,0	5,0	25,0	5,0
Каменный уголь. . .	80,0	5,0	15,0	3,0
Антрацитъ	95,0	2,0	3,0	1,5

Торфъ образуется разложеніемъ различныхъ водныхъ и болотныхъ растеній подъ водою, главнымъ образомъ Sphagnaceae. Въ Европѣ торфъ очень распространенъ: въ Ирландіи, Швеціи, Норвегіи, Сѣверной Германіи, Франціи и Россіи. По даннымъ Никитинскаго, выясненная торфоносная площадь въ Россіи составляетъ не менѣе 100.000 □ верстъ, съ содержаніемъ никакъ не менѣе 875 милліардовъ пудовъ. До сихъ поръ, однако разработка его еще не значительна и сосредоточивается по преимуществу во Владимірской и Московской губ.

Теплотворная способность высушеннаго на воздухѣ торфа 3000—4000 калори.

Рис. 25.

Свѣжедобытый торфъ содержитъ около 90% воды, высушенный на воздухѣ 20—30%. Содержаніе золы измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ и иногда доходитъ до 10—15%.

Различаютъ три сорта торфа: волокнистый, уд. вѣса 0,113—0,676; болотный и землистый торфъ, уд. вѣса 0,410—0,900 и смолистый торфъ уд. вѣса 0,620—1,030.

Торфъ обладаетъ значительною гигроскопичностью и потому при храненіи въ штабеляхъ, въ зависимости отъ содержанія влаги въ атмосферѣ, въ немъ довольно значительно измѣняется содержаніе воды.

Въ послѣднее время начинаетъ пріобрѣтать большое значеніе новый

видъ топлива, въ особенности въ средней полосѣ Россіи, а именно торфяной коксъ, приготовляемый перегонкою торфа въ спеціальныхъ коксовальныхъ печахъ. Онъ обладаетъ значительно большею теплотворною способностью, чѣмъ самый торфъ, не измѣняется при храненіи и выгоднѣе для транспорта, т. к. въ единицѣ объема содержитъ значительно больше цѣннаго горючаго. Какъ побочные продукты при торфококсованіи получаются смола и амміачная вода, которыя могутъ быть превращены въ тѣ или другіе цѣнные продукты (уксусная кислота, амміакъ, сырой креозотъ, параффинъ и др.). Совершенно своеобразный

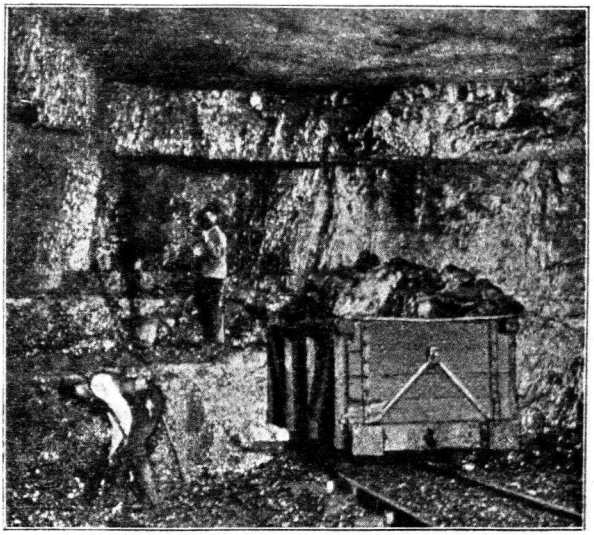

Рис. 26.

видъ топлива, обладающій повидимому большими достоинствами, представляетъ торфо-нефтяной брикетъ, появившійся недавно въ продажѣ.

Лигнитъ, или *бурый уголь*, по своимъ свойствамъ промежуточный продуктъ между торфомъ и каменнымъ углемъ, такъ какъ представляетъ продуктъ болѣе совершеннаго метаморфоза по сравненію съ торфомъ и менѣе совершеннаго по сравненію съ углемъ.

Характернымъ признакомъ большей части [1]) лигнитовъ является значительное содержаніе въ нихъ воды, въ свѣже добытыхъ угляхъ иногда

[1]) Смолистый бурый уголь въ этомъ отношеніи представляетъ иногда исключеніе

даже до 60%. По внѣшнимъ свойствамъ лигниты раздѣляются на нѣсколько сортовъ: землистые, смолистые и сланцеватые бурые угли.

Содержаніе золы обыкновенно тоже довольно велико, въ среднемъ около 10%, но попадаются сорта, конечно уже не имѣющіе значенія какъ топливо, въ которыхъ содержаніе золы повышается до 50% (сланцы); удѣльный вѣсъ бурыхъ углей въ среднемъ=1,305.

Нерѣдко бурый уголь имѣетъ ясно выраженную растительную структуру (можно даже пересчитать елои опредѣляющіе возрастъ древесины), иногда онъ представляетъ плотную безструктурную массу съ землистымъ изломомъ.

Бурые угли горятъ съ длиннымъ пламенемъ; теплотворная способность ихъ колеблется въ предѣлахъ 4000—5500 калори. Въ виду сравнительной дешевизны бурый уголь довольно часто употребляется какъ топливо.

Для сожиганія его нерѣдко употребляютъ ступенчатые колосники.

Каменный уголь, въ настоящее время, топливо по преимуществу. Онъ представляетъ болѣе древнее, по геологическому возрасту, образованіе и встрѣчается въ болѣе глубокихъ пластахъ, преимущественно Юрской и Каменноугольной фармаціи.

Мощность угольныхъ пластовъ весьма различна; въ нѣкоторыхъ случаяхъ пласты доходятъ до 3 аршинъ. Въ Сибири недавно открыты пласты мощностью значительно болѣе 10 аршинъ. О продолжительности образованія каменнаго угля и количествѣ потребовавшагося для его образованія органическаго вещества можно судить по тому, что по даннымъ геологовъ 100 тоннъ растительныхъ веществъ (количество, получающееся съ 1 акра въ 100 лѣтъ) сжатыхъ до удѣльнаго вѣса угля и равномѣрно распредѣленные по поверхности величиною въ одинъ акръ составятъ слой всего въ 0,6 дюйма. При превращеніи въ уголь древесина теряетъ въ видѣ газообразныхъ продуктовъ около $^4/_5$ своего вѣса, такъ что слой угля, который можетъ образоваться въ столѣтіе не превышаетъ 0,1 дюйма или 1 футъ въ 10.000 лѣтъ. Рис. 25 и 26 изображаютъ видъ каменноугольной копи съ поверхности и рабочую галлерею внутри шахты.

Физическія свойства каменныхъ углей весьма разнообразны; удѣльный вѣсъ колеблется въ предѣлахъ 1,25—1,75. Одинъ куб. метръ угля вѣситъ отъ 700 до 1000 кило. Наиболѣе характернымъ свойствомъ каменныхъ углей, лежащимъ въ основѣ ихъ классификаціи является ихъ отношеніе къ нагрѣвавію въ закрытыхъ сосудахъ. Одни изъ углей при этомъ спекаются, какъ говорятъ „коксуются“, образуютъ ноздреватый губчатый коксъ, по объему большею частью значительно превышающій объемъ взятаго угля; другіе же угли въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ не

коксуются, не спекаются и если перегонкѣ подвергался измельченный уголь, то и остатокъ получается порошкообразный.

Отъ чего зависитъ способность углей коксоваться, до сихъ поръ не выяснено. Несомнѣнно, что есть угли совершенно тождественнаго химическаго состава, изъ которыхъ одни легко коксуются, а другіе нѣтъ. Это обстоятельство и заставляетъ думать, что уголь не представляетъ однороднаго химическаго вещества, а комплексъ сложныхъ органическихъ веществъ. Подтвержденіемъ этому можетъ служить также тотъ фактъ, что встрѣчаются угли тождественнаго химическаго состава, но обладающіе различною теплотворною способностью. Проф. Вунго указываетъ, что органическая часть каменныхъ углей содержитъ въ среднемъ:

углерода	83,15%
водорода	5,14 „
кислорода и азота . . .	11,71 „

Содержаніе азота обыкновенно колеблется въ предѣлахъ 0,2—2%; золы отъ 1 до 30% и воды отъ 0,2 до 9%.

Хорошіе сорта угля не должны содержать больше 5% золы, 0,5% сѣры, 2% воды и 1% азота.

Каменный уголь содержитъ также всегда нѣкоторое количество газовъ, выдѣляемыхъ углемъ при нагрѣваніи до 150° С. Количество газовъ въ разныхъ сортахъ угля далеко не одинаково; всего больше газовъ содержатъ но коксующіеся, плотные сорта (антрацитъ до 6000 к. с. на 100 граммъ угля, жирные и смолистые сорта нерѣдко всего 50—70 к. с). При лежаніи на воздухѣ химическій составъ каменнаго угля нѣсколько измѣняется; уголь, какъ говорятъ, вывѣтривается. Въ немъ уменьшается % содержаніе углерода и увеличивается содержаніе кислорода и золы, что конечно влечетъ за собою уменьшеніе теплотворной способности. Нерѣдко при этомъ наблюдается и увеличеніе вѣса, доходящее до 4%, вслѣдствіе поглощенія кислорода воздуха.

Коксующіеся угли всегда содержатъ сравнительно большое количество водорода (до 8%); не коксующіеся содержатъ его сравнительно мало, всего 3—4% [1]). Представителями этихъ двухъ крайнихъ типовъ углей можетъ служить газовый уголь и антрацитъ.

Антрациты представляютъ крайній продуктъ наиболѣе глубокаго метоморфоза клѣтчатки, почти совершенно не содержатъ летучихъ ве-

---

[1]) Поэтому, при сухой перегонкѣ коксующіеся угли выдѣляютъ много газа и другихъ летучихъ продуктовъ, а антрациты сравнительно очень мало.

ществъ и образуютъ превосходное топливо; по составу нерѣдко отвѣчаютъ почти чистому углероду, отличаются большимъ удѣльнымъ вѣсомъ (до 1,7) и плотностью. Они горятъ, давая очень небольшое пламя, и трудно разжигаются. Теплотворная способность хорошаго антрацита (9000—9500 калори) выше теплотворной способности хорошаго коксующагося каменнаго угля (7000—8500 калори).

Между этими двумя крайними предѣльными типами встрѣчается очень много сортовъ каменнаго угля, стоящихъ по свойствамъ по срединѣ или ближе къ одному или другому типу.

Каменный уголь употребляется для отопленія паровыхъ котловъ, жилыхъ помѣщеній, для металлургическихъ надобностей и для приготовленія свѣтильнаго газа.

Для отопленія паровыхъ котловъ и другихъ заводскихъ печей предпочитаются трудно загорающіеся, но обладающіе сравнительно большей теплотворной способностью антрацитовые угли; для отопленія жилыхъ помѣщеній, а въ особенности для приготовленія свѣтильнаго газа коксующіеся угли и наконецъ для металлургическихъ цѣлей тѣ же коксующіеся угли, дающіе не столь много газа, но зато много кокса хорошаго качества. Расходъ угля возросъ въ особенности за послѣднюю четверть прошлаго столѣтія. Въ 1885 году, въ Великобританіи было добыто 64 милліона тоннъ, въ 1892 году 186 милліоновъ, въ 1900 г. уже 225 милліоновъ тоннъ. Въ настоящее время наибольшее количество каменнаго угля добывается въ Соединеныхъ Штатахъ.

		Тоннъ.
(1900)	Соединенные Штаты	245.422.000
(1900)	Великобританія	225.301.000
(1900)	Германія	109.225.000
(1897)	Австро-Венгрія	39.515.000
(1900)	Франція	32.587.000
(1897)	Россія	12.350.000
(1896)	Японія	5.531.000
(1899)	Аустралазія (Австралія и острова)	5.304.000
(1899)	Индія	4.937.000
(1898)	Канада	4.172.000
(1898)	Испанія	2.784.000
(1898)	Южно-африканск. колоніи	1.792.000

Цѣна каменнаго угля имѣетъ, конечно, огромное вліяніе на большее или меньшее развитіе промышленности. Въ настоящее время наиболѣе дешевый уголь въ Индіи.

	Цѣна за тонну въ франкахъ.
Индія.	4.50
Соединенные Штаты .	5.75
Испанія.	7.00
Австрія.	7.65
Великобританія . . .	8.10
Россія	8.40
Германія	9.20
Бельгія	10.25
Франція	10.80
Капская колонія. . .	17.80

Дешевизна угля въ Соединенныхъ Штатахъ несмотря на высокую заработную плату объясняется выдающеюся производительностью рабочаго въ Америкѣ, гдѣ работа ведется при помощи машинъ. Тогда какъ въ Капской колоніи въ годъ 1 рабочій добываетъ всего 56 тоннъ угля, въ Великобританіи 297 тоннъ, въ Соединенныхъ Штатахъ это количество доходитъ до 450 тоннъ.

Каменноугольная мелочь, „мусоръ“, или сжигается въ спеціальныхъ топкахъ или же перерабатывается на *брикеты* или твердыя плитки различныхъ размѣровъ. Какъ цементирующее вещество употребляются: глина, каменноугольная смола, нефтяные остатки и т. п.

Мелочь смѣшивается съ 6—10% смолы въ спеціальныхъ приборахъ, полученная смѣсь раздробляется, чтобы придать ей большую однородность, еще разъ перемѣшивается при подогрѣваніи для удаленія воздуха и воды (что очень важно), а затѣмъ подвергается формовкѣ и прессованію. Приборы для формовки и прессованія употребляется большею частью непрерывно работающіе и по своей конструкціи напоминаютъ торфяныя и кирпичедѣлательныя машины. Рис. 27 изображаетъ полученіе брикетовъ изъ угольной мелочи.

Коксъ представляетъ продуктъ сухой перегонки коксующихся углей. По сравненію съ каменнымъ углемъ, коксъ содержитъ больше углерода, но сравнительно мало водорода, кислорода, сѣры и азота. Собственно слѣдуетъ различать два сорта кокса: первый, приготовляемый изъ угля какъ главный продуктъ въ спеціальныхъ коксовальныхъ печахъ, и второй сортъ, ретортный коксъ, получаемый какъ побочный при фабрикаціи свѣтильнаго газа изъ угля. Коксъ изъ коксовальныхъ печей или „металлургическій“ коксъ обладаетъ гораздо большею плотностью, по сравненію съ ретортнымъ коксомъ. Коксъ хорошихъ качествъ содержитъ около 90% углерода, 1—2% водорода, 1—2% кислорода,

1% сѣры, 1% азота и около 5% золы. Теплотворная способность его 8000 калори. Принимая во вниманіе, что выходъ кокса составляетъ обыкновенно около 66% отъ вѣса угля, очевидно, что коксъ всегда содержитъ больше золы, чѣмъ тотъ уголь, изъ котораго онъ приготовленъ. Такимъ образомъ каменный уголь съ 5% золы даетъ коксъ съ содержаніемъ золы до 7,5%. Въ хорошихъ сортахъ кокса содержаніе сѣры ни въ какомъ

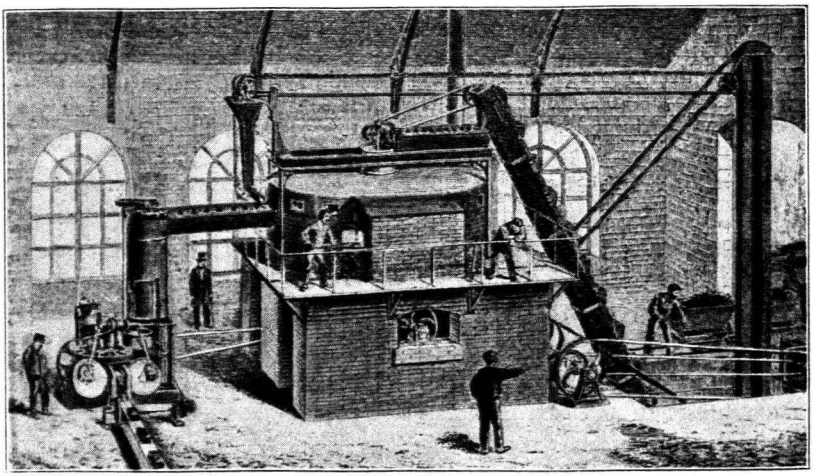

Рис. 27.

случаѣ не должно превышать 0,5%—0,7%; влаги не болѣе—1,5%; летучихъ веществъ—3,5%.

Для того, чтобы коксъ хорошо горѣлъ въ обыкновенныхъ топкахъ, онъ долженъ быть предварительно измельченъ въ величину сливы.

Жидкое топливо.

Наиболѣе важными сортами жидкаго топлива являются: сырая нефть, нефтяные „остатки“ послѣ отгонки отъ нефти легкихъ и освѣтительныхъ маслъ, каменноугольная смола и различныя масла, получающіяся при сухой перегонкѣ битуминозныхъ сланцевъ.

Въ Россіи и въ Америкѣ въ наибольшихъ количествахъ, какъ топливо расходуется нефть и нефтяные остатки.

Сырая нефть для этой цѣли представляется менѣе удобной, такъ какъ она содержитъ много легко летучихъ веществъ; сырая, вылежавшаяся на воздухѣ нефть, т. наз. „озерная“ въ значительной степени освобождается отъ этихъ примѣсей и потому гораздо болѣе безопасна.

Удѣльный вѣсъ сырой нефти лежитъ обыкновенно въ предѣлахъ 0,78—0,88; нефтяныхъ остатковъ, или „мазута“ 0,915—0,930; гудрона или минеральнаго дегтя 0,950—0,960. Минеральный деготь представляетъ полутвердую, вязкую массу, остающуюся послѣ полной перегонки нефти и выдѣленія изъ нея, какъ легкихъ и освѣтительныхъ, такъ и смазочныхъ маслъ. Для того, чтобы сдѣлать его болѣе подвижнымъ его разбавляютъ бензиномъ или соляровымъ масломъ, что значительно лучше. По составу, какъ нефть, такъ и остатки почти одинаковы, и въ среднемъ можно принять, что въ составъ нефти входитъ

85% углерода
14 „ водорода и
2 „ кислорода, азота, сѣры и золы.

Теплотворная способность различныхъ сортовъ нефти не одинакова; такъ, теплотворная способность

Бакинской нефти . . .	11.460	калори.
Грозненскаго мазута. .	10.648	„
Галицiйской нефти . .	10.080	„
Яванской „ .	10.830	„
Пенсильванской. . . .	9.960	„

Такимъ образомъ теплотворная способность нефти почти въ 4 раза больше теплотворной способности дровъ.

По даннымъ Энглера, 1 кило нефти испаряетъ 12 – 15 кило воды при отопленiи нефтью паровыхъ котловъ; въ тѣхъ же условiяхъ 1 кило каменноугольной смолы 13 кило воды.

Главнымъ преимуществомъ жидкаго топлива, помимо большой теплотворной способности, является также то обстоятельство, что при горѣнiи его совершенно не образуется сажи и почти не выдѣляется золы, притокъ нефти къ топкѣ производится автоматически (не требуетъ ухода) и можетъ быть регулированъ по произволу, легко можетъ быть достигнута сравнительно очень высокая температура и наконецъ, что въ сравнительно небольшомъ объемѣ нефти, по сравненiе съ углемъ, заключается большая теплопроизводительная способность.

Для отопленiя нефтью употребляются форсунки, въ которыхъ производится распыливанiе нефти или при помощи пара, или при помощи сжатаго воздуха. Такъ какъ притокъ нефти непрерывный, то нѣтъ необходимости открывать дверцы топки и слѣдовательно въ нее вводится черезъ отверстiе въ печной дверкѣ только строго необходимое и достаточное количество воздуха, вслѣдствiе чего конечно гораздо совершеннѣе используется теплотворная способность топлива.

Въ виду несомнѣнныхъ преимуществъ употребленія жидкаго топлива, многократно дѣлавшіяся попытки превращать нефть въ твердое топливо (при помощи восковыхъ мылъ) представляются очень мало обоснованными.

Теплотворная сила отдѣльныхъ видовъ минеральнаго топлива, потребленнаго желѣзными дорогами, по даннымъ 1898 г., выражается въ слѣдующихъ данныхъ.

Одной куб. саж. дровъ соотвѣтствуетъ:

1) Нефти и нефтяныхъ остатковъ изъ Баку	70	пуд.
2) Кокса	99	„
3) Англійскаго угля	100	„
4) Донецкаго антрацита	100	„
5) Курного угля донецкаго	108	„
6) Брикета	113	„
7) Силезскаго каменнаго угля	118	„
8) Уральскаго угля	120	„
9) Домбровскаго угля	121	„
10) Тквибульскаго угля	150	„
11) Подмосковнаго угля	205	„
12) Торфа	226	„

Постольку, поскольку жидкое топливо представляетъ преимущество по сравненію съ твердымъ, постольку же и газообразное предпочтительнѣе жидкаго [1]).

Газообразное топливо.

Газообразное топливо въ настоящее время употребляется 4 различныхъ сортовъ, а именно: естественный нефтяной газъ, генераторный газъ, водяной газъ и каменноугольный, свѣтильный газъ. Сравнительно небольшое еще значеніе имѣетъ доменной газъ, выдѣляющійся при переработкѣ желѣзныхъ рудъ на чугунъ.

---

[1]) Главными преимуществами его являются:

1) Газъ легко и совершенно перемѣшивается съ воздухомъ, при чемъ послѣдній можетъ быть введенъ въ топку только въ строго необходимомъ и достаточномъ количествѣ.

2) По желанію можетъ быть получено окислительное или возстановительное пламя (имѣетъ значеніе въ металлургіи).

3) При сгораніи не выдѣляетъ золы и сажи.

4) При газовыхъ топкахъ легко устраиваются регенераторы, послѣдствіе чего является возможность очень сильно повысить экономическій коэффиціентъ топокъ.

Повидимому все большее и большее значеніе различные виды газообразнаго горючаго будутъ пріобрѣтать и какъ „непосредственное топливо“, т.-е. какъ матеріалъ, сожженіемъ котораго въ соотвѣтствующихъ пріемникахъ „газмоторахъ“ рождается непосредственно, минуя паръ, двигательная энергія. Какъ указываетъ теперь уже многолѣтній опытъ, на ряду съ каменноугольнымъ газомъ и другіе виды газообразнаго топлива (водяной, генераторный, Довсоновскій или Мондовскій газъ, газъ изъ доменныхъ печей) могутъ служить хорошими матеріалами для газмоторовъ, которые теперь уже оказываютъ замѣтную конкурренцію паровымъ машинамъ и строятся самой разнообразной величины, до 1000 лошадиныхъ силъ включительно. Въ образцово конструированныхъ газмоторахъ 1 сила въ часъ потребляетъ всего 17—18 куб. футъ каменноугольнаго газа; въ среднемъ же обыкновенно около 30—35 к. ф.

Генераторный газъ приготовляется въ спеціальныхъ приборахъ „генераторахъ“, протягивающемъ воздуха черезъ раскаленный уголь или коксъ. Въ зависимости отъ того, работаетъ ли генераторъ съ водой (или паромъ), или же безъ нея, получается газъ различнаго химическаго состава.

Въ сухихъ генераторахъ, работающихъ безъ воды, въ составъ генеративнаго газа входитъ въ главной массѣ азотъ (около 65%) и окись углерода (28—30%). Въ незначительномъ количествѣ въ немъ всегда содержится также углекислота и иногда метанъ. Процессъ образованія этого газа таковъ: воздухъ, притекая снизу генератора черезъ колосники и проходя черезъ уголь, сжигаетъ его въ углекислоту, которая, подымаясь вслѣдствіе тяги дымовой трубы, проходитъ черезъ верхніе слои раскаленнаго угля и раскисляется, согласно уравненію, въ окись углерода

$$CO_2+C=2CO.$$

Въ водяныхъ генераторахъ въ процессѣ образованія газа участвуетъ также и вода, согласно уравненію:

$$C+H_2O=H_2+CO,$$

т.-е. при этомъ образуется водородъ и окись углерода. Очевидно, что вслѣдствіе большаго содержанія водорода и окиси углерода, газъ изъ водяныхъ генераторовъ, обладаетъ значительно большею теплотворною способностью. Составъ такого газа въ среднемъ: азота 57%; окиси углерода 36% водорода 6,5%.

Одинъ изъ наиболѣе совершенныхъ генераторовъ представляетъ водяной генераторъ Duff'a, изображенный на рис. 28 и 29. Вдуваемая въ опредѣленномъ количествѣ инжекторомъ смѣсь пара и воздуха распре-

дѣляется черезъ щели ступенчатыхъ колосниковъ совершенно равномѣрно по всей площади генератора. Расположеніе генератора надъ водянымъ ящикомъ и образующійся при этомъ водяной затворъ дѣлаютъ невозможной утечку газа и образованіе спекающихся шлаковъ.

Теплотворная способность генераторнаго газа измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ правильности работы генератора.

Водяной газъ главнымъ образомъ, послѣ карбураціи, употребляется для освѣщенія, но на ряду съ этимъ его много расходуется также и

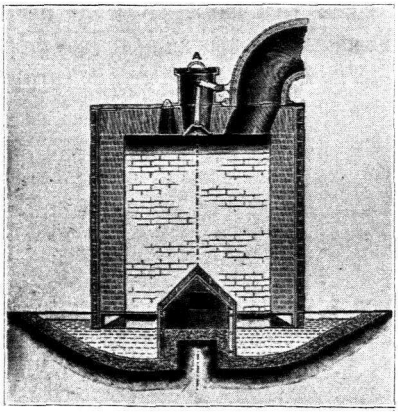

Рис. 28.

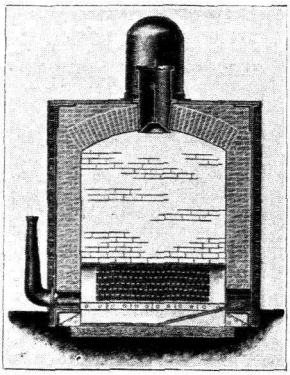

Рис. 29.

для отопленія. Онъ приготовляется пропусканіемъ водяного пара черезъ раскаленный антрацитъ или коксъ и представляетъ по химическому составу смѣсь окиси углерода и водорода, съ небольшою примѣсью азота, кислорода и углекислоты. Онъ образуются согласно уравненію

$$C+H_2O=CO+H_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (I).$$

При болѣе низкой температурѣ имѣютъ мѣсто также вторичныя реакціи:

$$C+2H_2O=CO_2+H_4 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (II).$$
$$2CO=C+CO_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (III).$$

Онъ горитъ безцвѣтнымъ или слегка синеватымъ пламенемъ, не выдѣляя сажи. Теплотворная способность одного куб. метра около 3000 калори. Изъ 1 кило кокса получается 1,13 куб. метровъ водяного газа; съ антрацитомъ получается иногда и лучшій выходъ.

Аппаратъ для полученія водяного газа (рис. 30) представляетъ шахтную печь А, внутри которой помѣщается антрацитъ или коксъ. Работа

сводится къ періодическому впуску воздуха для разогрѣванія заложеннаго топлива до необходимой температуры (обыкновенно 5 минутъ) и впуску пара, въ теченіе 10 минутъ.

Воздухъ вдувается черезъ трубку B; образующійся генераторный газъ, смѣсь углекислоты, окиси углерода и азота удаляется по трубѣ C или наружу, или въ какую-нибудь сосѣднюю топку. При газованіи паръ входитъ по трубѣ D, а образовавшійся генераторный газъ уходитъ по трубѣ E, внизу печи. Какъ указано на рис., можно, пользуясь простымъ техническимъ приспособленіемъ, единовременно открывать кранъ съ одной стороны и закрывать съ другой.

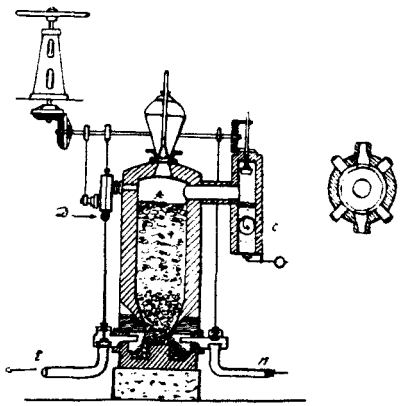

Рис. 30.

Каменноугольный газъ приготовляется сухою перегонкою каменнаго угля. Какъ топливо онъ употребляется въ значительномъ количествѣ въ домашнемъ обиходѣ, но сравнительно мало въ промышленности. Въ составъ его входитъ главнымъ образомъ водородъ и метанъ; кромѣ того всегда содержится немного окиси углерода, углекислоты, азота и тяжолыхъ углеводородовъ. Составъ каменноугольнаго газа сильно измѣняется въ зависимости отъ той температуры, при которой онъ полученъ; чѣмъ выше температура, тѣмъ больше газъ содержитъ водорода.

Теплотворная способность его въ среднемъ около 5400 калори на 1 куб. метръ.

При сгораніи 1 куб. фута каменноугольнаго газа средняго качества образуется 28,4 грамма воды, 0,57 куб. фута углекислоты и 15 мвллиграммъ сѣрнистой кислоты.

Разница въ химическомъ составѣ указанныхъ четырехъ сортовъ газообразнаго горючаго иллюстрируется нижеслѣдующими данными:

	H	CH_4	CO	C_2H_4	CO_2	N	O	H_2S
Естествен. газъ (Огіо).	2.2	92.6	0.5	0.3	0.3	3.6	0.3	—
Каменноугольн. газъ .	47.0	40.5	6.0	4.0	0.5	1.5	0.5	слѣды
Водяной газъ	45.7	2.0	45.8	—	4.0	2.0	0.5	—
Генераторный газъ. .	6.0	3.0	23.5	—	1.5	65.0	—	—

При сжиганіи съ 20% избытка воздуха и принимая, что уходящіе въ трубу газы имѣютъ всего 260° С, 1000 куб. футъ различныхъ сортовъ газообразнаго горючаго, по даннымъ Ортона, испаряютъ слѣдующее количество воды (съ 15,5°—до 100° С).

Естественный нефтяной газъ	893	фунта.
Каменноугольный газъ	591	„
Водяной газъ	262	„
Генераторный газъ	115	„

Какъ топливо (въ особенности для непосредственнаго сожиганія въ газмоторахъ) начинаетъ пріобрѣтать все большее и большее значеніе доменный газъ, выдѣляющійся въ огромномъ количествѣ изъ доменныхъ печей. На каждую тонну выплавляемаго чугуна приходится по 4633 куб. мет. доменныхъ газовъ въ среднемъ слѣдующаго состава:

На 1000 литровъ:

Окиси углерода	260	литровъ.
Водорода	30	„
Тяжелыхъ углеводородовъ и метана	5	„
Углекислоты	105	„
Азота	600	„

Теплотворная способность его измѣняется въ предѣлахъ отъ 712 до 1126 калори или въ среднемъ 900 калори.

Если принять цѣнность каменноугольнаго газа, какъ топлива, за 1, то стоимость естественнаго нефтяного газа будетъ около 1,5; водяного газа около 0,45; генераторнаго газа около 0,2 и доменнаго газа около 0,18.

Анализъ топлива.

Весьма важными данными для сужденія о достоинствѣ топлива служатъ опредѣленіе влаги и золы. Дѣйствительно пирометрическій эффектъ топлива понижается съ увеличеніемъ содержанія въ немъ влаги и золы, такъ какъ при сгораніи такого топлива тратится непроизводительно теплота на испареніе содержащейся въ немъ влаги и на нагрѣваніе золы.

При изслѣдованіи углей наиболѣе важнымъ моментомъ является выборъ пробы. Уголь однихъ и тѣхъ же копей, даже уголь одной и той же партіи часто содержитъ весьма различное количество золы и представляетъ весьма существенное различіе по составу. Поэтому для средней пробы берутъ не менѣе 5—6 пудовъ, по возможности изъ разныхъ частей полученной партіи, толкутъ его, складываютъ изъ истолченнаго угля ко-

нусъ и изъ него отбираютъ съ разныхъ сторонъ необходимое для анализа количество 1—2 фунта.

При изслѣдованіи торфа точно такъ же для средней пробы надо брать не менѣе 8—10 кирпичей.

Опредѣленіе воды.—Для опредѣленія воды отвѣшиваютъ 100 граммъ угля, кокса или торфа въ взвѣшенной чашкѣ и сушатъ 4—5 часа въ паровой банѣ. Для охлажденія передъ взвѣшиваніемъ ставитъ въ эксикаторъ. Сушатъ, конечно, до постояннаго вѣса, т.-е. пока 2 послѣдовательныхъ взвѣшиванія не дадутъ одинъ и тотъ же вѣсъ. Разница между первоначальнымъ и послѣднимъ вѣсомъ дастъ содержаніе воды въ топливѣ и притомъ, при навѣскѣ въ 100 граммовъ, непосредственно въ %.

Однако Чириковымъ указано, что при нагрѣвѣ до 100°C происходитъ частью окисленіе угля и потому, гдѣ требуется большая точность и не требуется особенно быстрая работа, тамъ лучше производить опредѣленіе воды высушиваніемъ опредѣленной навѣски до постояннаго вѣса подъ эксикаторомъ надъ сѣрной кислотой.

Опредѣленіе золы. — Для этого опредѣленія 1 граммъ высушеннаго угля или торфа помѣщаютъ въ платиновый тигель и прокаливаютъ на бунзеновской горѣлкѣ, сперва въ закрытомъ тиглѣ, пока выдѣляются продукты перегонки, затѣмъ въ открытомъ и поставленномъ на треугольникѣ немного на бокъ для болѣе дѣятельнаго притока воздуха. Сжиганіе угля длится обыкновенно около получаса, кокса же иногда и значительно дольше. При сжиганіи на нефтяномъ газѣ, гораздо сильнѣе дѣйствующемъ на платину, чѣмъ каменноугольный газъ, необходимо послѣ сжиганія и взвѣшиванія золы, провѣрить еще разъ вѣсъ тигля, такъ какъ при продолжительномъ накаливаніи тигель теряетъ нерѣдко весьма значительно въ вѣсѣ. Не принимая этой потери во вниманіе, можетъ получиться весьма существенная погрѣшность. Точно такъ же и выдѣляющаяся иногда внутри тигля сажа, при сжиганіи каменныхъ углей, обусловливаетъ разъѣданіе тигля, а слѣдовательно и уменьшеніе его вѣса.

При большомъ числѣ изслѣдованій удобно производить опредѣленіе золы сжиганіемъ сразу 6 навѣсокъ въ муфельной печи, при чемъ можно употреблять фарфоровые тигли.

Опредѣленіе дѣйствительнаго содержанія золы въ шлакахъ и фабричной золѣ.—Зола, получающаяся при сжиганіи въ фабричныхъ и заводскихъ печахъ угля, торфа, брикетовъ и другихъ родовъ топлива, за исключеніемъ нефти, почти постоянно содержитъ несгорѣвшій уголь. Въ особенности значительное количество несгорѣвшаго угля остается при генеративномъ отопленіи, если генераторъ работаетъ на углѣ, съ

большимъ содержаніемъ золы. При этомъ несгорѣвнія частицы угля спекаются съ золой въ шлаки. Содержаніе угля въ шлакахъ (при плохомъ устройствѣ топокъ) можетъ доходить до 20—30%. Поэтому опредѣленіе этой потери топлива операція весьма важная для контроля за расходомъ топлива.

Для этого опредѣленія составляютъ среднюю пробу, вѣсомъ около 1 пуда, измельчаютъ ее и для сжиганія берутъ 1—2 грамма. Сжиганіе производятся въ высушенной навѣскѣ, какъ выше указано.

Опредѣленіе сѣры, которое въ особенности имѣетъ значеніе при изслѣдованіи каменныхъ углей, всего удобнѣе производить по методу Эшка. Для этого 1 граммъ измельченнаго угля хорошо смѣшивается въ платиновомъ тиглѣ съ $1^1/_2$—2 граммами смѣси изъ 2 частей жженной магнезіи и 1 части безводной соды. Тигель ставятъ на треугольникъ наклонно и накаливаютъ его безъ крышки въ продолженіе 30—40 минутъ, часто перемѣшивая платиновою проволокой. Конецъ сжиганія опредѣляется переходомъ первоначальнаго сѣраго цвѣта въ желтый или бурый. По охлажденіи прибавляютъ въ тигель 0,5—1 гр. азотнокислаго амміака, хорошо перемѣшиваютъ и нагрѣваютъ еще 5—10 минутъ съ закрытой крышкой, для окисленія сѣрнистокислыхъ солей въ сѣрнокислыя. По охлажденіи растворяютъ въ горячей водѣ, фильтруютъ, фильтратъ кипятятъ, подкисляютъ соляной кислотой и осаждаютъ сѣрную кислоту хлористымъ баріемъ. Найденный вѣсъ сѣрнобаріевой соли, помноженный на факторъ 0,1375, дастъ вѣсъ сѣры.

Для опредѣленія сѣры, находящейся въ углѣ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей, 10 граммовъ возможно тщательно измельченнаго испытуемаго угля обрабатываются при слабомъ нагрѣваніи въ теченіе двухъ часовъ растворомъ соды. Этотъ растворъ процѣживается, уголь нѣсколько разъ промывается кипящей водой, промывныя воды процѣживаются черезъ тотъ же фильтръ, фильтратъ подкисляется соляной кислотой, нагрѣвается до кипѣнія, и находящаяся въ растворѣ сѣрная кислота осаждается нагрѣтымъ растворомъ хлористаго барія.

Опредѣленіе фосфора, вообще говоря, для оцѣнки топлива не существенно, а содержаніе фосфора не измѣняетъ пирометрическаго достоинства топлива, но имѣетъ значеніе при изслѣдованіи металлургическаго кокса и въ томъ случаѣ, когда зола идетъ какъ удобрительный матеріалъ на поля. Опредѣленіе фосфора производится уже въ золѣ. Для этого 1—2 грамма золы растворяютъ въ соляной кислотѣ на водяной банѣ и выпариваютъ не фильтруя. Сухой остатокъ смачивается соляной кислотой, растворяется въ водѣ, растворъ процѣживается и выпаривается съ прибавленіемъ азотной кислоты почти насухо. Остатокъ опять растворяютъ въ

водѣ, содержащей азотную кислоту, и растворъ осаждаютъ въ стаканѣ молибденовою смѣсью.

Опредѣленіе выхода кокса и летучихъ веществъ въ каменныхъ углахъ. 1 граммъ угля нагрѣваютъ въ платиновомъ тиглѣ такъ, чтобы дно тигля отстояло на 3 сантиметра отъ вершины горѣлки и тигель нагрѣвался бы равномѣрно со всѣхъ сторонъ. Прокаливаніе ведутъ все время въ закрытыхъ тигляхъ до тѣхъ поръ, пока не перестанутъ выдѣляться продукты перегонки. Затѣмъ переносятъ на паяльный столъ и тамъ еще разъ прокаливаютъ, не снимая крышки, 3—4 минуты. По охлажденіи надъ эксикаторомъ тигель взвѣшиваютъ. Найденный лабораторнымъ опытомъ теоретическій выходъ кокса, по изслѣдованіямъ Мука, всегда выше на 5—6% достигаемаго практикой. Коксованіе служитъ указаніемъ на пригодность угля для тѣхъ или другихъ цѣлей.

Элементарный анализъ представляетъ весьма важный методъ для характеристики даннаго топлива. Этимъ анализомъ опредѣляется содержаніе углерода и водорода. Вѣсъ кислорода опредѣляется изъ разности, если при этомъ конечно не принимать во вниманіе содержаніе азота, которое въ углѣ доходитъ до 2%, а въ торфѣ даже до 4%. Такъ какъ кислородъ угля при сгораніи удерживаетъ часть водорода, образуя воду, то не все найденное количество водорода имѣетъ значеніе какъ горючій матеріалъ, а только такъ называемый „свободный“ или избыточный водородъ. Свободный водородъ опредѣляютъ, вычитая изъ общаго найденнаго количества водорода вѣсъ, равный $^1/_8$ вѣса кислорода (такъ какъ 16 частей кислорода, образуя воду, требуютъ 2 части водорода или 8 частей кислорода 1 часть водорода). Чѣмъ больше уголь содержитъ свободнаго водорода, тѣмъ меньше онъ оставляетъ кокса и тѣмъ больше даетъ газа. Вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается его теплотворная способность.

Выше уже была приведена формула, пользуясь которой, можно на основаніи данныхъ элементарнаго анализа вычислить теплотворную способность горючаго.

Опредѣленіе теплотворной способности по способу Бертье основано на совершенно невѣрныхъ предположеніяхъ, что количество теплоты, образующееся при сгораніи какого-нибудь топлива, прямо пропорціонально количеству израсходованнаго на его сгораніе кислорода. На 12 частей углерода для сжиганія въ углекислоту надо 32 части кислорода, а для сжиганія 12 частей водорода въ воду надо 96 частей кислорода; очевидно, въ зависимости отъ состава топлива, т. е. большаго или меньшаго въ немъ содержанія углерода и водорода количество кислорода нужное для его сожиганіи различно. Тѣмъ не менѣе въ виду простоты

и доступности этого способа опъ до сихъ поръ не потерялъ своего значенія, въ особенности для предварительной и сравнительной оцѣнки одного и того же топлива. Накаленная въ тиглѣ навѣска мелкоистолченнаго топлива съ окисью свинца сгораетъ при этомъ за счетъ кислорода окиси и возстановляетъ окись въ металлическій свинецъ; по количеству возстановленнаго свинца судятъ о теплотворной способности топлива. Для этого 1 граммъ мелкоистолченнаго топлива смѣшивается съ 40—50 частями просѣянной окиси свинца въ фарфоровомъ тиглѣ. Тигель берется такой величины, чтобы смѣсь заполняла его только до половины; съ поверхности масса закрывается еще тонкимъ слоемъ окиси. Прокаливаніе ведутъ или на горѣлкѣ, или, что лучше, въ муфельной печи, при чемъ подъ конецъ накаливаютъ до такой степени, чтобы избыточная окись свинца сплавилась съ фарфоровой массой тигля. По окончаніи сплавленія тигель охлаждаютъ, разбиваютъ, отдѣляютъ сплавившійся королекъ металлическаго свинца, очищаютъ его съ поверхности щеткой и взвѣшиваютъ. Найденный вѣсъ въ граммахъ, помноженный на 234, даетъ количество калори на одинъ килограммъ топлива.

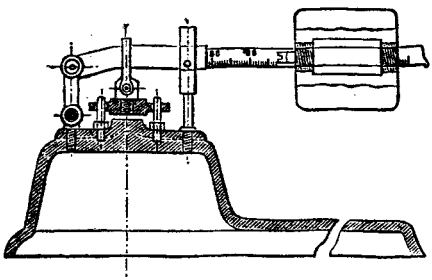

Рис. 31.

При изслѣдованіи кокса на ряду съ химическимъ анализомъ примѣняются также и физическіе методы изслѣдованія: опредѣленіе его крѣпости и пористости.

Для опредѣленія крѣпости кокса изъ него выпиливаются или отбираются нѣсколько образцовъ, высотою ровно одинъ сантиметръ, и затѣмъ помѣщаются въ компрессоръ Тёрнера, изображенный на рис. 31. Сила, необходимая для раздавливанія кокса хорошихъ сортовъ, измѣняется въ предѣлахъ отъ 165 до 175 кило на куб. сантиметръ.

Опредѣленіе истиннаго удѣльнаго вѣса кокса и пористости представляетъ довольно хлопотливую операцію въ виду трудности полнаго удаленія газовъ изъ поръ кокса. Для этого опредѣленія берется навѣска кокса въ одномъ или нѣсколькихъ кускахъ, по возможности представляющихъ средній образецъ, отъ 20 до 40 граммовъ, высушивается для удаленія гигроскопической воды до постояннаго вѣса и взвѣшивается въ воздухѣ. Затѣмъ коксъ помѣщается въ воду для заполненія его поръ водою и взвѣшивается въ водѣ; вынутые по совершенномъ заполненіи поръ водою кусочки кокса съ поверхности тщательно вытираются бу-

мажкой и вновь взвѣшиваются въ воздухѣ. На основаніи этихъ трехъ взвѣшиваній является возможнымъ:

1) Опредѣлить видимый удѣльный вѣсъ или отношеніе между объемомъ кокса и равнымъ ему объемомъ воды.

2) Опредѣлить истинный удѣльный вѣсъ или удѣльный вѣсъ угольнаго каркаса.

3) Опредѣлить объемъ поръ въ единицѣ объема кокса или % объемное отношеніе поръ.

4) Опредѣлить объемъ поръ въ данномъ вѣсѣ кокса.

Пусть p = вѣсъ сухого кокса въ воздухѣ;

q = вѣсъ насыщеннаго водою кокса въ воздухѣ;

r = вѣсъ насыщеннаго водою кокса въ водѣ;

S_1 = видимый удѣльный вѣсъ; S_2 = истинный удѣльный вѣсъ; C = объемное % отношеніе поръ; тогда

$$S_1 = \frac{p}{q-r};\ S_2 = \frac{p}{p-r};\ C = \frac{q-p}{q-r} \times 100.$$

Для заполненія пористыхъ веществъ водою употребляются два метода. Или помѣщаютъ изслѣдуемый образецъ въ сосудъ съ водой и оставляютъ его намокать съ водой въ теченіе 12 – 24 часовъ, послѣ чего сосудъ соединяется съ воздушнымъ насосомъ, помощью котораго выкачивается воздухъ до тѣхъ поръ, пока онъ весь не будетъ удаленъ; или же изслѣдуемый образецъ кокса кипятится съ водой до тѣхъ поръ, пока весь воздухъ не будетъ вытѣненъ водой, что провѣряется повторнымъ взвѣшиваніемъ кокса черезъ извѣстные промежутки времени до полученія постояннаго вѣса, послѣ чего коксъ тоже вынимается изъ воды, съ поверхности осушается, охлаждается и взвѣшивается.

Пористость кокса обыкновенно измѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ; объемъ поръ въ куб. сант. въ 100 граммахъ кокса измѣняется въ предѣлахъ отъ 40,8 до 66,3, при чемъ металлургическій коксъ всегда значительно плотнѣе, по сравненію съ газовымъ коксомъ.

Химическое изслѣдованіе жидкаго топлива сводится къ опредѣленію его теплотворной способности и опредѣленію содержанія сѣры. Теплотворная способность опредѣляется или непосредственно въ калориметрѣ или же, какъ указано выше, вычисляется на основаніи данныхъ элементарнаго анализа.

Для опредѣленія сѣры въ нефтяныхъ остаткахъ всего удобнѣе слѣдующая модификація метода Эшка, выработанная авторомъ. 1 граммъ нефти растворяется въ 25 к. с. химически чистаго сѣрнаго эфира и смѣшивается въ ступкѣ съ 30 граммами мелкоистолченной смѣси химя-

чески чистыхъ селитры и соды (17 частей селитры и 13 частей соды). По испареніи эфира смѣсь солей и нефти вбрасывается въ большую платиновую или никкелевую чашку (въ 250—300 к. с.), предварительно накаленную почти до красна. Новая порція въ чашку прибавляется только тогда, когда ранѣе прибавленная сгоритъ начисто. Когда вся навѣска сожжена, сплавъ растворяется, растворъ подкисляется соляной кислотой, если нужно процѣживается, кипятится и въ кипящій растворъ прибавляется кипящій же растворъ хлористаго барія. Найденный вѣсъ сѣрнобаріевой соли, помноженный на 0,1375, даетъ вѣсъ сѣры.

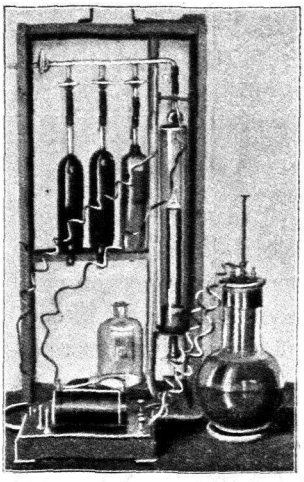

Рис. 32.

Изслѣдованіе химическаго состава газообразнаго топлива производится или въ приборахъ Гемпеля (какъ это указано при анализѣ воздуха), или въ приборѣ Орса, изображенномъ на рис. 32. Приборъ состоитъ изъ эвдіометрической трубки на 100 к. с., наполняемой водой или ртутью изъ сосуда *F*, соединенной съ тремя поглотительными пипетками *B*, *C* и *D*, наполненными ѣдкимъ кали для поглощенія углекислоты, щелочнымъ растворомъ пирогаллола для поглощенія кислорода и кислымъ растворомъ полухлористой мѣди для поглощенія окиси углерода. Опредѣленіе ведется такимъ образомъ, что газъ послѣдовательно приводится въ соприкосновеніе съ поглотительными сосудами *B*, *C* и *D* и отмѣчаютъ каждый разъ уменьшеніе первоначальнаго объема, отвѣчающее, если для анализа было взято 100 к. с., % содержанію тѣхъ или другихъ газовъ. Оставшаяся послѣ обработки поглотителями газовая смѣсь можетъ содержать свободный водородъ, метанъ и азотъ. Въ части оставшейся газовой смѣси (достаточно 30—40 к. с.), не отдѣляя водорода и метана, производится опредѣленіе азота, какъ это указано выше при анализѣ воздуха. Въ другой части (для анализа оставляютъ не больше 12—15 к. с.) дѣлается опредѣленіе содержанія водорода и метана сжиганіемъ ихъ при помощи тока съ избыткомъ кислорода (на указанное выше количество берутъ не менѣе 60—70 к. с. кислорода). Сжиганіе достигается взрывомъ при помощи искры между впаянными въ эвдіометрѣ платиновыми электродами; токъ отъ элемента проходитъ сперва черезъ маленькую Румкорфову спираль. Иногда взрывъ бываетъ на столько силенъ, что приборъ разбивается; въ виду этого

изъ предосторожности эту работу лучше вести за стеклянной ширмой. Водородъ при этомъ сгораетъ въ воду, а метанъ въ углекислоту и воду. Послѣ взрыва вновь опредѣляютъ уменьшеніе объема газовой смѣси и образовавшуюся углекислоту поглощаютъ ѣдкимъ кали. Зная все сокращеніе объема послѣ взрыва и количество образовавшейся углекислоты, легко высчитываютъ содержаніе водорода, принимая во вниманіе, что для сжиганія метана въ углекислоту и воду идетъ 2 объема кислорода и образуется одинъ объемъ углекислоты, а для сжиганія водорода на каждые два объема этого газа идетъ одинъ объемъ кислорода.

Изъ всѣхъ приборовъ для опредѣленія теплотворной способности топлива наибольшее значеніе пріобрѣлъ калориметръ Малера, представля-

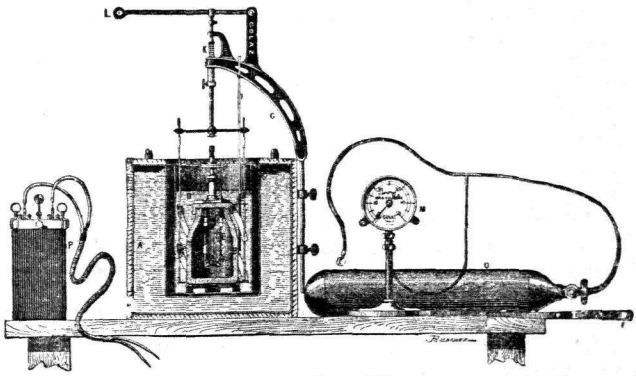

Рис. 33.

ющій модификацію калориметрической бомбы Бертело и изображенный на рис. 33 *). Вмѣсто платины внутренняя облицовка прибора изъ фарфора.

A наружный изолирующій ящикъ изъ эмалированной стали; *D* самый калориметръ и внутри его платиновая капсюля для помѣщенія сжигаемаго вещества, *E* электродъ, *F* небольшая желѣзная проволока, служащая запаломъ, *G* подставка для мѣшалки, *K* мѣшалка, *L* рычагъ для подъема мѣшалки, *M* манометръ, *O* трубка, проводящая кислородъ, *P* электрическая батарея, дающая токъ въ 2 ампера и 10 вольтъ, *T* термометръ.

---

*) Въ самое послѣднее время начинаетъ пріобрѣтать значеніе, представляющее значительныя преимущества по дешевизнѣ и простотѣ конструкціи, американскій калориметръ Паара, въ которомъ сожиганіе производится при помощи перекиси натрія.

Въ калориметръ входитъ 2,3 кило воды, т.-е. количество настолько значительное, что испареніемъ ея во время опыта можно пренебречь. Термометръ долженъ давать сотыя доли градуса. Кислородъ употребляется сгущенный до 150 атмосферъ.

Прежде всего отдѣльными опытами разъ навсегда устанавливается водяное число калориметра. Оно можетъ быть также найдено и расчетомъ, зная вѣсъ отдѣльныхъ частей и теплоемкости. Обыкновенно это число колеблется между 485—490.

Для этого опредѣленія уголь долженъ быть тщательно измельченъ и просѣянъ черезъ сито съ 10000 отверстій на □ дюймъ. Отвѣшенный образецъ помѣщается въ капсюлю и устанавливается запалъ, въ калориметръ пускается кислородъ, пока давленіе не возрастетъ до 25 атмосферъ. Затѣмъ пускаютъ въ ходъ мѣшалку, пока весь приборъ не придетъ въ термическое равновѣсіе, т.-е. температура не будетъ одинакова и производитъ сожженіе при помощи тока. По сжиганіи и тщательномъ перемѣшиваніи вновь отмѣчается показаніе термометра. При этомъ обыкновенно всегда образуется небольшое количество азотной кислоты; поэтому, при точныхъ опредѣленіяхъ всполаскиваютъ калориметръ дистиллированной водой и титрованіемъ опредѣляютъ количество образовавшейся азотной кислоты. Если Q теплотворная способность угля, $\triangle$ наблюденное повышеніе температуры, x поправка на лучеиспусканіе, P вѣсъ воды въ граммахъ, P' водяное число калориметра, p найденный вѣсъ азотной кислоты, p' вѣсъ желѣзнаго запала, 0,23 теплота образованія одного грамма азотной кислоты, 1,6 теплота сгоранія одного грамма желѣза, то

$$Q = (\triangle + x)\ (P + P') - (0{,}23\ p + 1{,}6\ p').$$

Методъ даетъ очень точныя числа.

Среднее, изъ пяти опредѣленій теплотворной способности древеснаго угля,

составляло	7973	калори.
найденный maximum	7975	„
найденный minimum	7971	„

Для каменныхъ углей колебанія отдѣльныхъ опредѣленій значительно болѣе и доходитъ до 70—100 калори.

Для опредѣленія теплотворной способности газовъ употребляется калориметръ Юнкерса, изображенный на рис. 34. Онъ состоитъ изъ собственно калориметра A, регулятора давленія газа B и газовыхъ часовъ C. Для опыта калориметръ устанавливается, какъ указано на чертежѣ.

Въ особенности важно, чтобы термометры были установлены такъ, чтобы можно было удобно наблюдать температуру притекающей по трубѣ *a* и вытекающей по трубѣ *b* воды. Избыточно притекающая вода спускается по отдѣльной трубѣ въ воронку, а оттуда въ сточную раковину. Изъ калориметра вода по трубѣ *C* уходитъ въ большой литрованный цилиндръ (на 3 литра). Внизу калориметра устанавливается небольшой стеклянный цилиндръ тоже съ дѣленіями, въ который собирается конденсаціонная вода, образующаяся вслѣдствіе сгоранія газа.

При опредѣленіи теплотворной способности горѣлка подъ калоримс-

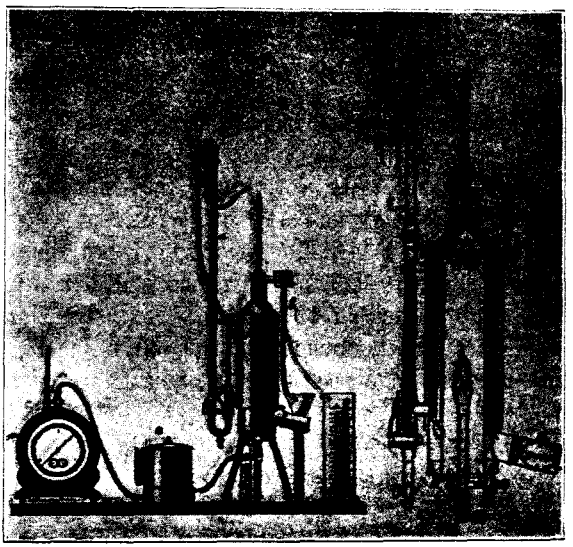

Рис. 34.

тромъ должна сжигать въ часъ не больше 100—300 литровъ свѣтильнаго газа, 200—600 литровъ водяного и генераторнаго газа.

Опредѣленіе начинается по наполненіи калориметра водой и послѣ того, какъ вода начнетъ вытекать съ постоянной температурой. Какъ только горѣлка подъ калориметромъ будетъ зажжена, тотчасъ же температура вытекающей воды возрастаетъ, достигаетъ своего максимума и остается постоянной.

Опредѣленіе сводится къ наблюденію количества протекающаго черезъ часъ въ единицу времени газа, количества вытекающей въ то же время изъ калориметра воды и температуры ея при входѣ и выходѣ изъ прибора. Всего лучше вести работу такъ, чтобы разность температуръ тер-

мометровъ не превышала бы 10°—20°C. Теплотворная способность газа H на каждый литръ его въ калори:

$$H = \frac{W.\ T}{g},$$

гдѣ W количество собранной воды въ литрахъ, g количество сожженнаго газа и T разность въ показаніяхъ обоихъ термометровъ. Теплотворная способность одного куб. метра газа равна 1000 H. Такъ, если сожжено газа 3 литра, собрано въ то же время воды 0,9 литра, температура притекающей воды 8,77°C, а уходящей въ среднемъ изъ 6 опредѣленій 26,77°C, то

$$H = \frac{0{,}9 \times 18}{3} = 5{,}4$$

калори или, слѣдовательно, теплотворная способность 1 куб. метра этого газа 5400 калори.

Въ виду того, что условіи сожиганія газа въ калориметрѣ и въ обыкновенныхъ топкахъ неодинаковы, такъ какъ въ калориметрѣ вся образующаяся вода сгущается въ жидкость, а въ топочныхъ газахъ уносится въ видѣ пара, то для практическихъ цѣлей необходимо вводить поправку. При сожиганіи 10 литровъ газа найденное число куб. сант. конденсаціонной воды, помноженное на 60, и представляетъ количество калори, которое надо вычесть изъ найденнаго выше числа.

Эквиваленты энергіи.

Нерѣдко при техническихъ расчетахъ приходится производить сравнительныя вычисленія расхода той или другой энергіи или произведенной работы, что большею частью представляетъ скучную, продолжительную и утомительную операцію. Съ цѣлью облегчить эту работу Стилльманъ составилъ таблицы эквивалентовъ энергіи, помощью которыхъ означенныя вычисленія въ очень значительной степени упрощаются. Употребленіе этихъ таблицъ вмѣстѣ съ тѣмъ не только сокращаетъ время работы, но и даетъ возможность избѣжать невольныхъ, при длинныхъ подсчетахъ, ошибокъ.

Приводимые эквиваленты представляютъ конечно чисто теоретическіи величины и нѣкоторые изъ нихъ, нѣтъ сомнѣнія, являются достовѣрными только при нынѣшнемъ уровнѣ нашихъ свѣдѣвій. Поэтому весьма вѣроятно, что нѣкоторыя числовыя данныя могутъ со временемъ немного измѣниться въ ту или другую сторону.

Эквивалентъ Джауля, положенный въ основаніе расчета нижеприводимыхъ числовыхъ данныхъ, принятъ равнымъ 776.

Работа.

1. Лошадиная сила (*паровая лошадь*).

Въ фунтофутахъ.	33000 фунтофутовъ въ минуту.
„	550 „ „ секунду.
„	1.980.000 фунтофутовъ въ часъ.
Въ тепловыхъ единицахъ калори. (Единица тепла, отвѣчающая тому количеству, которое нужно, чтобы нагрѣть 1 кило воды отъ 4°С. до 5°С.).	0,17866 калори въ 1 секунду.
	10,7201 въ 1 минуту.
	643,206 въ 1 часъ

Въ фунтахъ пара.	2,219 фунтовъ пара въ часъ при 80 фунтахъ давленія (95 фунтовъ абсолют.).
„ „ „	2,2104 фунтовъ пара при 100 фунт. давленія (115 фунтовъ абсолют.).
Въ топливѣ.	0,002933 фунтовъ углерода въ минуту.
Практически въ паровыхъ машинахъ около 700—800 граммъ, т. е. въ 10 разъ >	72,4 грамма или 0,176 „ „ „ часъ. 0,1823 „ обыкновеннаго каменнаго угля въ часъ. 0,1169 фунтовъ нефти въ часъ. 0,1276 „ керосина въ часъ.
На практикѣ значительно больше, около 18 куб. фут.	113,0 литровъ или 3,925 куб. футовъ обыкновеннаго каменноугольнаго газа въ часъ.
Въ электрическихъ единицахъ.	746 уаттовъ (амперовъ помноженныхъ вольтъ).
Въ свѣтовыхъ единицахъ.	2.750 свѣчей.

Работа въ 1 фунтофутъ въ секунду.

Въ паровыхъ лошадяхъ.	0,001818 паровой лошади.
Трансформированная въ электрическій свѣтъ.	1,3565 уаттовъ или 5 свѣчей.
Въ тепловыхъ единицахъ.	1,1693 калори въ часъ.
Въ эквивалентномъ количествѣ пара.	0,004034 фунтовъ пара при 80 фунтахъ давленія (95 абсолют.) въ часъ. 0,004018 фунтовъ пара при 100 фунтахъ давленія (115 абсолют.) въ часъ.

Работа въ 1 фунтофутъ въ минуту.

Въ паровыхъ лошадяхъ.	0,0000303 паровой лошади.
Трансформированная въ электричество и свѣтъ.	0,0226 уаттовъ. 0,0833 свѣчей.
Въ термическихъ единицахъ.	0,019487 калори.
Выраженная въ эквивалентномъ количествѣ пара.	0,00006723 фунтовъ пара при 80 фунтахъ давлевія (95 абсолют.) въ часъ. 0,00006696 фунтовъ пара при 100 фунтахъ давлешія (115 абсолют.) въ часъ.

Теплота.

1 калори эквивалента 3.100 фунтофутовъ.

Трансформированная въ работу.	5,599 паровой лошади въ секунду. 0,0933 „ „ „ минуту. 0,001555 „ „ „ часъ.
Трансформированная въ свѣтъ.	15500 свѣчей въ секунду. 258,3 „ „ минуту. 4,3 „ „ часъ.
Трансформированная въ электричество.	4175,8 уаттовъ въ секунду. 69,6 „ „ минуту. 1,16 „ „ часъ.

1 фунтъ пара.

Трансформированный въ работу, свѣтъ и электричество.

При 100 фунтахъ давленія (115 абсолют.) требуетъ 0,07962 фунта углерода или 0,0824 фунтовъ обыкновеннаго хорошаго каменнаго угля для приготовленія его изъ воды въ 17°C., допуская, что никакой потери тепла не происходитъ.

Въ этомъ количествѣ пара содержится 290,9 калори и оно эквивалентно 895892 фунтофутовъ.

Если это количество пара будетъ израсходовано въ часъ, то, не принимая во вниманіе потерь, оно эквивалентно:

14931 фунтофутовъ въ минуту или
0,45245 паровой лошади или
337,6 уаттовъ или
1244,5 свѣчей.

1 фунтъ пара.

Трансформированный въ работу, свѣтъ и электричество.

При 80 фунтахъ давленія (95 абсолют.) требуетъ для своего образованія изъ воды въ 17°C., не принимая во вниманіе возможныхъ потерь 0,0793 фунтовъ углерода или 0,0821 фунтовъ обыкновеннаго каменнаго угля хорошаго качества.

Въ этомъ количествѣ пара содержится 289,8 калори и это количество пара эквивалентно 892400 фунтофутовъ.

Если это количество пара будетъ израсходовано въ часъ, то, не принимая во вниманіе потерь, оно эквивалентно:

14873 фунтофутовъ въ минуту, или
0,4507 паровой лошади, или
336,2 уаттовъ, или
1239 свѣчей.

1 фунтъ углерода, израсходованный въ теченіе часа.

Выдѣляетъ.	Въ часъ 3654 калори (1 кило 8140 калори).
Соотвѣтствуетъ.	Работѣ 12252000 фунтофутовъ въ часъ.
„	5,683 паровымъ лошадямъ.
Эквивалентевъ.	4240 уаттамъ и
„	15630 свѣчамъ.
Отвѣчаетъ.	15 фунтамъ испаренной воды при 100°С.
„	12,56 фунтамъ пара при 100 фунтахъ давленія (абсолют. 115).
„	12,61 фунтамъ пара при 80 фунтовъ давленія (абсолют. 95).

1 фунтъ обыкновеннаго керосина, израсходованный въ теченіе часа.

Выдѣляетъ	5040 калори въ часъ.
Соотвѣтствуетъ.	15520000 фунтофутовъ въ часъ.
„	7,838 паровымъ лошадямъ.
Эквивалентеаъ.	5847 уаттамъ.
„	21560 свѣчамъ.
Отвѣчаетъ.	20,7 фунтамъ испаренной воды при 100°С.
„	17,325 фунтамъ пара при 100 фунтахъ давленія (абсолют. 115).
„	17,40 фунтамъ пара при 80 фунтахъ давленія (абсолют. 95).

1 куб. футъ или 28,8 литровъ каменноугольнаго газа въ часъ.

Выдѣляетъ.	163,8 калори въ часъ.
Соотвѣтствуетъ.	504400 фунтофутовъ въ часъ.
„	0,25475 паровой лошади.
Эквивалентеянъ.	190 уаттамъ.
„	700 свѣчамъ.
Отвѣчаетъ.	0,6729 фунтамъ воды, испаренной при 100°С.
„	0,563 „ пара при 100 фунтахъ давленія (115 абсолют.).

Свѣтъ.

Сила свѣта одвой свѣчи (нормальной, спермацетовой).

Отвѣчаетъ.	0,00036364 паровой лошади.
„	0,2713 уатта
„	12 фунтофутамъ въ минуту.
„	720 „ „ часъ.
„	0,0038969 калори въ минуту.
„	2,3381 калори въ часъ.

Отвѣчаетъ.	0,0008037 фунтамъ пара въ часъ при 100 фунт. давленія (115 абсолют.).
„	0,0008068 фунтамъ пара въ часъ при 80 фунтахъ давленія (95 абсолют.).
„	0,000064 фунтамъ углерода въ часъ или около 26 миллиграммъ.
„	0,0000661 „ обыкновеннаго каменнаго угля въ часъ.
„	0,0000464 фунтамъ или 0,001531 кубич. дюймамъ или 19,2 миллиграммовъ керосина въ часъ.
„	0,001427 куб. футамъ обыкновеннаго каменноугольнаго газа въ часъ или 42 куб. сан.

Электричество.

Одинъ уаттъ.

Отвѣчаетъ.	0,0013405 паровой лошади.
„	0,014364 калори въ минуту.
„	0,86184 „ „ часъ,
„	44,24 фунтофутамъ въ минуту.
„	2654,4 фунтофутамъ въ часъ.
„	3,6863 свѣчамъ.
„	0,000236 фунтамъ углерода въ часъ или около 100 миллиграммъ.
„	0,000171 фунтамъ керосина въ часъ.
„	0,005262 кубич. футамъ обыкновеннаго каменноугольнаго газа.

Сочиненія проф. А. П. Лидова

ПРОДАЮТСЯ ВЪ КНИЖНОМЪ МАГАЗИНѢ

П. А. БРЕЙТИГАМА.

Харьковъ, Сумская.

А. Лидовъ. Химическая технологія волокнистыхъ веществъ. Бѣленіе, крашеніе и ситцепечатаніе. 243 стр. Ц. 2 р. 30 к.

А. Лидовъ. Руководство къ химическому изслѣдованію жировъ и восковъ. 372 стр., съ 38 рис. Ц. 3 р.

А. Лидовъ. Естественныя органическія краски. 56 стр. Ц. 60 к.

А. Лидовъ. О полученіи трудно-сгорающихъ углеродистыхъ газовъ. 48 стр. Ц. 1 р.

А. Лидовъ. Смолы и эоирныя масла. Технологическій очеркъ. Съ 19 рис. Ц. 1 руб.

Изданія книжааго магазина П. А. БРЕЙТИГАМА въ Харьковѣ.

АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕНТРИЧЕСТВО.

ОЧЕРКЪ

Д. ПЕДАЕВА.

Цѣна 60 коп.

ДУША и ПРИРОДА.

Соч. проф. В Я. Данилевскаго.

2-е дополнен. и переработ. изданіе.

Цѣна 1 руб.

Для изученія англійскаго языка

РУКОВОДСТВО къ ИЗУЧЕНІЮ АНГЛІЙСКАГО ЯЗЫКА.

составилъ Ю. Ферберъ, лекторъ Императорскаго Харьковскаго Университ.

Руководство это можно рекомендовать для самообученія, т. к. въ немъ произношеніе написано русскими буквами и оно снабжено русско-англійскимъ и англійско-русскимъ словаремъ для самыхъ важн. выраженій.

Ц. вмѣсто 1 р. 20 к. только 60 к.

П. В. Каменскій.

ВОПРОСЪ ИЛИ НЕДОРАЗУМѢНІЕ.

Къ вопросу объ иностр. поселеніяхъ на югѣ Россіи.

Цѣна 1 рубль.

Чувство и жизнь.

Соч. проф. В. Я. Данилевскаго.

Ц. 50 к.

ТЕХНИКА

микроскопическаго изслѣдованія

Д-ра Н. Кульчицкаго.

ординарнаго проф. гистологіи при Импер. Харьков. Университетѣ.

Изданіе 5-е, исправ. и дополн., съ 45 рис. въ текстѣ.

Ц. 1 р. 75 к.

С. П. Дворниченко.

д-ръ прив.-доц. при каѳедрѣ Судебной медицины Императорскаго Харьковскаго Университета

ПРАКТИЧЕСКІЙ ПОСОБНИКЪ

при судебно-химическ. изслѣдованіи ядовъ.

1900 г. Ц. 2 р. 50 к.

ЗАСЛУГИ ЖЕНЩИНЪ

въ дѣлѣ ухода за больными и ранеными.

соч. д-ра Ф. Л. Гержана.

Одобрена Ученымъ Комитетомъ Мин. Нар. Просвѣщ.

Ц. 60 к., съ пер. 80 к.

Профес. Н. Н. Гирнманъ.

ТРАХОМА

какъ народное бѣдствіе.

Ц. 35 коп.

Д-ръ А. Рейбмайръ.

ТЕХНИКА МАССАЖА

и врачебная гимнастика, съ 242 рисунками.

Переводъ съ 6 нѣмецк. изд. д-ра Аршавскаго, съ пред. Л. В. Орлова, проф. Импер. Харьков. Университет.

Ц. 1 р. 75 к.

КРАТКІЙ КУРСЪ

КАЧЕСТВЕННАГО

ХИМИЧЕСКАГО АНАЛИЗА.

Составилъ С. Аксеновъ.

1903 г. Изданіе 4-е. Ц. 80 к.

E. Gaucher,

проф. париж. медицин. факультет., врачъ больн. Св. Антонія.

ЛѢЧЕНІЕ СИФИЛИСА

перев. съ фр. д-ра Е. А. Ратнера.

подъ редакціей В. Н. Зарубина,

пр.-доц. дермат. и сифил. Харьковскаго Университ.

1900 г. Ц. 50 к.