

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛЪ

ЧАСТЬ ОФИЦИАЛЬНАЯ

Сентябрь.

№ 9.

1904 г.

УЗАКОНЕНІЯ И РАСПОРЯЖЕНІЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА.

Объ утвержденіи устава Московскаго нефтепромышленнаго Общества «Челекенъ»¹⁾.

На подлинномъ написано: «Государь Императоръ уставъ сей разсматривать и Высочайше утвердить соизволилъ, въ Царскомъ Селѣ, въ 24 день апрѣля 1904 года».

Подписалъ: Управляющій дѣлами Комитета Министровъ *Баронъ Нолде*.

§ 1. Для добычи нефти на островѣ Челекенѣ, Закаспійской области, а также для добычи нефти въ другихъ мѣстностяхъ Имперіи, для переработки добываемой нефти и торговли нефтью и нефтяными продуктами, учреждается акціонерное Общество, подъ наименованіемъ: „Московское нефтепромышленное Общество «Челекенъ»“.

Примѣчаніе 1. Учредители Общества: потомственные дворяне Валеріанъ Алексѣевичъ Балкъ и Николай Владиміровичъ Калачовъ, отставной гвардіи ротмистръ Алексѣй Николаевичъ Загряжскій и отставной капитанъ-лейтенантъ Владиміръ Федоровичъ Сумароковъ.

§ 2. Принадлежащія В. А. Балку, Н. В. Калачову, А. Н. Загряжскому, Н. А. Жедринскому и В. Ф. Сумарокову, по свидѣтельствамъ канцеляріи Закаспійской области, за №№ 10696, 10698, 10702, 10704, 10708, 10709, 10712, 10716 и 10722, права на развѣдки нефтяныхъ источниковъ на островѣ Челекенѣ, равно принадлежащія имъ же, по отводнымъ актамъ, права на добычу нефти на означенномъ островѣ въ мѣстности, разрѣшенной подъ развѣдки нефтяныхъ источниковъ по свидѣтельствамъ названной канцеляріи, за №№ 10695, 10697, 10699, 10700, 10701, 10703, 10707, 10710, 10711, 10713—10715, 10717—10721, 10723 и 10724, а также возведенныя постройки, сдѣланныя приспособленія, хозяйственный инвентарь и все прочее относящееся къ этому предпріятію имущество передаются владѣльцами, на законномъ основаніи, Обществу, съ соблюденіемъ всѣхъ существующихъ на сей предметъ законоположеній. Окончательное опредѣленіе условій передачи означеннаго имущества предоставляется соглашенію перваго законносостоявшагося общаго собранія акціонеровъ съ владѣльцемъ имущества, при чемъ, если такового соглашения не послѣдуетъ, Общество считается несостоявшимся.

§ 8. Основной капиталъ Общества опредѣляется въ 1.200.000 р., раздѣленныхъ на 4.800 акцій, по 250 р. каждая.

¹⁾ Собр. узак. и расп. Прав. № 27, 31 іюля 1904 г., ст. 479.

**О назначеніи новаго мѣстопробыванія Окружного Инженера
Енисейскаго горнаго округа ¹⁾.**

Назначивъ, на основаніи примѣчанія къ ст. 50 Уст. Горн., по прод. 1902 года, мѣстопробываніе Окружного Инженера Енисейскаго горнаго округа въ г. Красноярскъ, вмѣсто прежняго его мѣстопробыванія города Енисейска, Министръ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, 11 мая 1904 г., донесъ о семъ Правительствующему Сенату.

**О назначеніи новаго мѣстопробыванія Окружного Инженера
Бахмутскаго горнаго округа ²⁾.**

Назначивъ, на основаніи примѣчанія къ статьѣ 50 Уст. Горн., по прод. 1902 года, мѣстопробываніе Окружного Инженера Бахмутскаго горнаго округа на станціи Дружковка, Курско-Харьково-Севастопольской желѣзной дороги, Бахмутскаго уѣзда, вмѣсто прежняго его мѣстопробыванія, города Бахмута, Министръ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, 12 мая 1904 г., донесъ о семъ Правительствующему Сенату.

О преобразованіи Уральскаго горнаго училища ³⁾.

Его Императорское Величество воспослѣдовавшее мнѣніе въ Общемъ Собраніи Государственнаго Совѣта, о преобразованіи Уральскаго горнаго училища, Высочайше утвердить соизволилъ и повелѣлъ исполнить.

Подписалъ: За Предсѣдателя Государственнаго Совѣта *Графъ Сольскій*.

26 мая 1904 года.

МНѢНІЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО СОВѢТА.

Выписано изъ журналовъ Соединенныхъ Департаментовъ Промышленности, Наукъ и Торговли, Законовъ и Государственной Экономіи 12 декабря 1903 г., 19 марта 1904 года и Общаго Собранія 26 апрѣля 1904 года.

Государственный Совѣтъ, въ Сосдиненныхъ Департаментахъ Промышленности, Наукъ и Торговли, Законовъ и Государственной Экономіи и въ Общемъ Собраніи, рассмотрѣвъ представленіе Министра Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ о преобразованіи Уральскаго горнаго училища, *мнѣніемъ положилъ:*

I. Проекты положенія объ Уральскомъ горномъ училищѣ и штата онаго поднести къ Высочайшему Его Императорскаго Величества утвержденію.

II. Впредь до общаго пересмотра дѣйствующихъ о евреяхъ узаконеній постановить, что лица іудейскаго вѣроисповѣданія въ Уральское горное училище не принимаются.

¹⁾ Собр. узак. и расп. Прав. № 121, 5 августа 1904 г., ст. 1301.

²⁾ Собр. узак. и расп. Прав. № 121, 5 августа, 1904 г., ст. 1302.

³⁾ Собр. узак. и распор. Прав., 20 августа 1904 г., ст. 1358.

III. Плату за обученіе своекоштныхъ приходящихъ воспитанниковъ и вольно-слушателей въ Уральскомъ горномъ училищѣ показывать по смѣтѣ доходовъ горнаго департамента пособіемъ государственному казначейству, съ отпускомъ изъ казны равной суммы на усиленіе средствъ училища.

IV. Потребныя для введенія въ дѣйствіе означеннаго въ отдѣлѣ I штата дополнительныя суммы, въ размѣрѣ двадцати двухъ тысячъ двухсотъ пятидесяти одного рубля въ годъ, предоставить Министру Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ испросить въ смѣтномъ порядкѣ, когда это окажется возможнымъ по состоянію средствъ государственнаго казначейства.

Подлинное мнѣніе подписано въ журналахъ Предсѣдателями и Членами.

На подлинномъ Собственною Его Императорскаго Величества рукою написано:

«ВЫТЬ ПО СЕМУ».

Въ Царскомъ Селѣ

26 мая 1904 года.

П О Л О Ж Е Н І Е

объ Уральскомъ горномъ училищѣ.

1. Уральское горное училище въ городѣ Екатеринбургѣ есть среднее горное учебное заведеніе. Оно имѣетъ цѣлью подготовленіе техниковъ по рудничной и горно-заводской части для занятія должностей штейгеровъ и заводскихъ уставщиковъ.

2. Средства училища составляютъ: 1) сумма, отпускаемая на его содержаніе изъ государственнаго казначейства; 2) плата, взимаемая за содержаніе своекоштныхъ интерновъ; 3) сборъ за выдаваемые свидѣтельства; 4) доходъ отъ продажи издаваемыхъ училищемъ руководствъ и 5) пожертвованія.

3. Сборы и доходы, указанные въ пп. 2—4 предыдущей (2) статьи, поступаютъ полностью въ доходъ государственнаго казначейства, изъ котораго равная сумма отпускается, по смѣтѣ расходовъ горнаго департамента, на усиленіе средствъ училища. Означенный кредитъ, а равно пожертвованія (п. 5 ст. 2), за исключеніемъ имѣющихъ опредѣленное назначеніе, расходуются: 1) на изданіе для учащихся по пониженной цѣнѣ научныхъ сочиненій и учебныхъ руководствъ; 2) на улучшеніе учебно-вспомогательныхъ учреждений, а равно на приобрѣтеніе матеріаловъ и возобновленіе и ремонтъ инструментовъ для мастерскихъ; 3) на покрытіе издержекъ по изготовленію выдаваемыхъ училищемъ свидѣтельствъ и 4) на пособія учащимся.

4. Непосредственное завѣдываніе училищемъ возлагается на управляющаго, при участіи, въ подлежащихъ случаяхъ, педагогическаго совѣта училища и хозяйственнаго комитета, а равно при содѣйствіи инспектора.

5. На управляющаго училищемъ возлагается преподаваніе одного изъ специальныхъ предметовъ, а на инспектора—преподаваніе одного изъ общеобразовательныхъ или специальныхъ предметовъ, входящихъ въ курсъ училища.

6. Для завѣдыванія учебно-воспитательною частью при училищѣ состоитъ, подъ предсѣдательствомъ управляющаго, педагогическій совѣтъ изъ инспектора, всѣхъ преподавателей, врача и двухъ представителей отъ горнопромышленниковъ съ правомъ голоса. Представители отъ горнопромышленниковъ избираются съѣздомъ Уральскихъ горнопромышленниковъ на три года и утверждаются Министромъ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ. На педагогическій совѣтъ возлагается

избраніе, изъ числа преподавателей, членовъ хозяйственнаго комитета, кандидатовъ къ нимъ, дѣлопроизводителя этого комитета, а равно секретаря совѣта, бібліотекаря и хранителя музея.

7. Постановленія педагогическаго совѣта, касающіяся плана распредѣленія учебныхъ занятій въ училищѣ, представляются, черезъ главнаго начальника Уральскихъ горныхъ заводовъ, на утвержденіе Министра Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, по соглашенію съ Министромъ Народнаго Просвѣщенія. Постановленія же, касающіяся: 1) составленія правилъ о порядкѣ контроля за занятіями учащихся и о производствѣ имъ испытаній какъ по теоретическому преподаванію, такъ и по практическимъ занятіямъ; 2) распредѣленія учебныхъ предметовъ между преподавателями, 3) составленія и дополненія правилъ о наложеніи взысканій на учащихся; 4) временнаго увеличенія и уменьшенія числа уроковъ по отдѣльнымъ предметамъ; 5) годового отчета по учебной части училища; 6) выдачи свидѣтельствъ на званіе рудничнаго и горнозаводскаго техника; 7) вопросовъ, касающихся постановки учебной части въ училищѣ, а равно изысканія мѣръ къ усовершенствованію заведенія, и 8) избранія должностныхъ лицъ, указанныхъ въ статьѣ 6, — представляются на утвержденіе главнаго начальника Уральскихъ горныхъ заводовъ.

8. Для завѣдыванія хозяйственною частью при училищѣ состоитъ, подъ предсѣдательствомъ управляющаго, хозяйственный комитетъ изъ инспектора, трехъ членовъ и двухъ кандидатовъ къ нимъ. Въ случаѣ отсутствія или болѣзни кого-либо изъ членовъ его замѣняетъ кандидатъ. Въ составъ комитета, сверхъ указанныхъ лицъ, входитъ съ правомъ голоса также и врачъ.

9. Должности управляющаго училищемъ и инспектора должны быть замѣщаемы Горными Инженерами.

10. Штатные преподаватели назначаются главнымъ начальникомъ Уральскихъ горныхъ заводовъ, по представленію управляющаго училищемъ, изъ числа лицъ, окончившихъ курсъ въ высшихъ учебныхъ заведеніяхъ; остальные преподаватели избираются изъ числа лицъ, пользующихся правомъ преподавать въ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ вѣдомства Министерства Народнаго Просвѣщенія.

11. Завѣдывающій мастерскими, онъ же руководитель работъ въ мастерскихъ, назначается главнымъ начальникомъ Уральскихъ горныхъ заводовъ, по представленію управляющаго училищемъ, изъ числа лицъ, практически свѣдущихъ въ преподаваніи означенныхъ работъ.

12. Законоучитель, онъ же настоятель церкви, избирается управляющимъ училищемъ и, по предварительномъ одобреніи избраннаго лица мѣстнымъ епархіальнымъ начальствомъ, утверждается въ должности главнымъ начальникомъ Уральскихъ горныхъ заводовъ.

13. Управляющій, инспекторъ и штатные преподаватели, а равно завѣдывающій мастерскими пользуются всѣми служебными правами и преимуществами, предоставленными директорамъ, инспекторамъ и преподавателямъ въ среднихъ техническихъ училищахъ вѣдомства Министерства Народнаго Просвѣщенія.

14. Законоучитель и штатные преподаватели, по выслугѣ первыхъ пяти лѣтъ въ училищѣ, получаютъ прибавку къ штатному окладу содержанія въ триста рублей. Назначеніе слѣдующей прибавки въ томъ же размѣрѣ производится по прослуженіи втораго пятилѣтія.

15. Полный теоретическій и практическій курсъ училища проходится въ четыре года. Училище раздѣляется на два отдѣленія: младшее и старшее, въ составѣ двухъ классовъ въ каждомъ, при чемъ старшее отдѣленіе подраздѣляется, кромѣ того, на два разряда: горное и заводское.

16. Въ составъ учебнаго курса входятъ слѣдующіе предметы: 1) общеобразовательные: Законъ Божій, русскій языкъ, арифметика, алгебра, геометрія и тригонометрія, а также, въ качествѣ необязательныхъ предметовъ, языки французскій и нѣмецкій, и 2) специальные: техническое черченіе, минералогія, основныя начала физики, химіи (съ краткими свѣдѣніями изъ органической химіи) и механики, горное искусство, геодезія и маркшейдерское искусство, геологія, горная и заводская механика, строительное искусство, въ примѣненіи къ горному и заводскому дѣлу, аналитическая химія, основныя начала электротехники, пробирное искусство, металлургія металловъ, обрабатываемыхъ на Уралѣ, химическое извлеченіе золота и другихъ металловъ изъ рудъ, краткія свѣдѣнія о горныхъ законахъ, насколько они касаются пользованія и владѣнія нѣдрами земли, существующія законоположенія по надзору за рудниками и заводами и ученіе о подачѣ помощи при несчастныхъ случаяхъ. Сверхъ того, въ училищѣ преподаются ремесла, примѣнительно къ каждой специальности, и производятся практическія занятія по геодезіи и маркшейдерскому искусству, а также по металлургіи, пробирному искусству и горному искусству.

17. Въ училище принимаются только русскіе подданные.

18. Для поступленія въ училище требуются: а) возрастъ не моложе четырнадцати и не старше восемнадцати лѣтъ, но главному начальнику Уральскихъ горныхъ заводовъ, въ исключительныхъ случаяхъ, предоставляется право разрѣшать пріемъ въ училище и лицъ старше восемнадцатилѣтняго возраста, но не достигшихъ двадцати лѣтъ; б) отсутствіе физическихъ недостатковъ, препятствующихъ исполненію обязанностей техникувъ по рудничной и горнозаводской части, и в) представленіе свидѣтельства объ окончаніи курса ученія въ четырехклассныхъ городскихъ училищахъ или иныхъ, равныхъ имъ по программамъ, училищахъ. Если число лицъ, желающихъ поступить въ училище и представившихъ надлежащія свидѣтельства, будетъ превышать число свободныхъ вакансій, то кандидатамъ производится состязательное испытаніе изъ математики и русскаго языка, въ объемѣ курса четырехклассныхъ городскихъ училищъ.

19. Кромѣ лицъ, обязанныхъ удовлетворять приведеннымъ въ статьѣ 18 условіямъ пріема, въ училище могутъ быть допускаемы вольнослушатели, не получающіе правъ и преимуществъ, присвоиваемыхъ воспитанникамъ по окончаніи полнаго курса наукъ и практическихъ занятій въ училищѣ.

20. Воспитанники училища раздѣляются на постоянно живущихъ въ интернатѣ и приходящихъ; живущіе въ интернатѣ раздѣляются на казеннокоштныхъ и своекоштныхъ. Существующія при училищѣ казенныя стипендіи должны быть предоставляемы преимущественно дѣтямъ лицъ, служащихъ или служившихъ на горныхъ заводахъ, рудникахъ и промыслахъ Уральской горной области.

21. Размѣры платы за содержаніе учениковъ въ интернатѣ при Уральскомъ горномъ училищѣ, а равно за обученіе своекоштныхъ приходящихъ воспитанниковъ и вольнослушателей, за практическія занятія ихъ въ мастерскихъ и лабораторіяхъ училища и за время лѣтнихъ практическихъ занятій устанавливаются Министромъ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ.

22. Учащимся, оставившимъ училище и уволеннымъ изъ него среди учебнаго полугодія, плата, внесенная впередъ за это полугодіе какъ за содержаніе въ интернатѣ, такъ и за право ученія, не возвращается.

23. Для учениковъ Уральскаго горнаго училища обязательно ношеніе форменной одежды по установленному образцу.

24. Ученики Уральскаго горнаго училища пользуются отсрочкою по отбыванію воинской повинности до двадцатичетырехлѣтняго возраста.

25. Лица, успѣшно окончившія курсъ въ Уральскомъ горномъ училищѣ и выдержавшія установленный выпускной экзаменъ, получаютъ аттестатъ объ окончаніи курса и, смотря по избранной ими спеціальности, званіе «рудничнаго техника» или «горнозаводскаго техника». Лица сіи, если по рожденію не принадлежатъ къ высшему состоянію, могутъ быть удостоиваемы, по представленіямъ Министра Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, званія личнаго почетнаго гражданина, безъ взиманія установленной за грамоту на сіе званіе пошлины. Тѣ же изъ нихъ, которые представляютъ удостовѣренія о занятіяхъ на рудникахъ и заводахъ въ теченіе десяти лѣтъ со времени окончанія курса, могутъ быть удостоиваемы, на тѣхъ же основаніяхъ, званія потомственнаго почетнаго гражданина.

26. Ученикамъ, не окончившимъ полнаго курса, но прошедшимъ съ успѣхомъ два младшихъ класса и выдержавшимъ испытаніе по всѣмъ практическимъ работамъ, выдается свидѣтельство на званіе нарядчика по горной или заводской части.

27. Лица, получившія аттестаты на званіе рудничнаго или горнозаводскаго техника, могутъ поступать на государственную службу и занимать техническія должности, соотвѣтствующія ихъ спеціальности. Лица сіи, если по происхожденію не имѣютъ права на вступленіе въ государственную службу, въ случаѣ назначенія на должности, коимъ не присвоено особыхъ правъ по чинопроизводству, производятся въ первый классный чинъ черезъ пять лѣтъ. Тѣ же изъ означенныхъ лицъ, которыя имѣютъ право на вступленіе въ государственную службу по происхожденію, принимаются на службу на общемъ съ воспитанниками среднихъ учебныхъ заведеній основаніи и производятся въ первый классный чинъ по выслугѣ сроковъ, опредѣленныхъ въ уставѣ о службѣ гражданской (сводъ зак., т. III, изд. 1896 г., ст. 295).

28. Удостоенные званія техника по рудничной или горнозаводской части пользуются по отбыванію воинской повинности льготами, опредѣленными въ уставѣ о сей повинности для лицъ, окончившихъ курсъ въ учебныхъ заведеніяхъ перваго разряда.

29. Уральское горное училище имѣетъ печать установленнаго для губернскихъ учреждений образца съ надписью «Уральское горное училище».

30. Посылаемая по почтѣ за печатью Уральскаго горнаго училища бумага, а также посылки въсомъ не болѣе пуда въ одно отправленіе принимаются безъ платежа въсовыхъ денегъ.

Подписалъ: За Предсѣдателя Государственнаго Совѣта *Графъ Сольскій*.

На подлинномъ Собственною Его Императорскаго Величества рукою написано:

„БЫТЬ ПО СЕМУ“.

Въ Царскомъ Селѣ.
26 мая 1904 года.

Ш Т А Т Ъ

УРАЛЬСКАГО ГОРНАГО УЧИЛИЩА.

	Число лицъ.	Содержаніе въ годъ.				Классы и разряды.			
		Жало- ванья.	Столо- выхъ.	Квартир- ныхъ.	Всего.	По долж- ности.	По шитью на мундиръ.	По пенсіи.	
		Р у б л и.							
Управляющему	1	1.250	1.250	Натурою.	2.500	V	По горн. поло- женію.	По учебной службѣ.	
Инспектору	1	750	750		1.500	VI			
Законоучителю	1	900	—		900				
Завѣдывающему мастерскими	1	600	600		1.200	VIII	VIII		
Штатнымъ преподавателямъ, не менѣ какъ за 12 часовъ преподаванія	4	1.200	—	—	6.300	VIII	VIII или по горн. по- ложе- нію.		
	1	1.500	—	—					
Вознагражденіе за преподава- ніе и руководство практиче- скими работами	—	—	—	—	4.125				
Вознагражденіе за исполненіе обязанностей:									
а) бібліотекаря и хранителя музея	—	120	—	—	120				
б) секретаря педагогическаго совѣта	—	120	—	—	120				

	Число лицъ.	Содержаніе въ годъ.				Классы и разряды.		
		Жало- ванья.	Столо- выхъ.	Квартир- ныхъ.	Всего.	По долж- ности.	По шитью на мундиръ	По пенсін.
Дьякову	1	400	—	—	400			
Эконому (онъ же смотритель дома)	1	350	350	Натур	700	IX	IX	VII
Надзирателямъ	4	400	400	—	3.200	IX	IX	VII
Дѣлопроизводителю	1	450	450	—	900	X	X	VIII
Врачу	1	480	—	—	480	VIII	VIII	По мед. служ- бѣ.
Фельдшеру	1	360	—	—	360			
На наемъ мастеровъ, на инстру- менты, ремонтъ и пополне- ніе инвентаря мастерскихъ и лабораторій	—	—	—	—	3.100			
На лѣтніе разъѣзды управляю- щаго, преподавателей и вос- питанниковъ съ учебною цѣлью	—	—	—	—	2.000			
На медикаменты и лѣченіе	—	—	—	—	900			
На учебныя пособія	—	—	—	—	1.500			
На содержаніе казенно-кошт- ныхъ воспитанниковъ	—	—	—	—	9.000			
На наемъ прислуги	—	—	—	—	3.000			
На содержаніе дома	—	—	—	—	3.600			
На канцелярскіе расходы и на наемъ писца	—	—	—	—	600			
Итого	—	—	—	—	46.505			

П Р И М Ъ Ч А Н І Я:

1) Управляющій училищемъ и инспекторъ получаютъ, сверхъ присвоеннаго штатнаго оклада, поурочную плату на одинаковыхъ основаніяхъ съ преподавателями.

2) Сбереженія по однѣмъ статьямъ могутъ быть, съ разрѣшенія главнаго начальника Уральскихъ горныхъ заводовъ, обращаемы на покрытіе расходовъ по другимъ статьямъ, съ сообщеніемъ о каждомъ подобномъ передвиженіи кредитовъ горному департаменту.

Подписалъ: За Предсѣдателя Государственнаго Совѣта *Графъ Сольскій*.

ВЫСОЧАЙШАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ.

Государь Императоръ, въ 14 день августа сего 1904 года, на всеподданнѣйшемъ докладѣ Министра Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ телеграммы Главнаго Начальника Уральскихъ горныхъ заводовъ отъ имени рабочихъ Пермскихъ пушечныхъ заводовъ о вознесеніи Господу Богу моленія о Высоконоворожденномъ и Царственныхъ Родителяхъ и о выраженіи ими безпредѣльной преданности и вѣрноподданническихъ чувствъ, по случаю радостнаго событія Рожденія Наслѣдника Престола, Собственно-ручно начертать соизволилъ: «Искренно благодарю за молитвы и выраженные чувства».

ГОРНОЕ И ЗАВОДСКОЕ ДѢЛО.

РУДИЧНЫЙ ВОЗДУХЪ И ОСНОВНОЙ ЗАКОНЪ ДВИЖЕНІЯ ЕГО ПО ВЫРАБОТКАМЪ.

Горн. инж. А. А. Скочинскаго.

(Продолженіе).

Г Л А В А II.

Нѣкоторыя свѣдѣнія изъ математической теоріи движенія несовершенныхъ газовъ вообще.

§ 13. Въ современной наукѣ ¹⁾ существуютъ двѣ теоріи движенія несовершенныхъ газовъ. Одна изъ нихъ создана во вторую четверть прош-

¹⁾ Первые попытки изслѣдованія движенія газовъ относятся къ XVIII столѣтію (Joh. Bernulli, *Hydraulica nunc primum detecta etc.*, Argentorati, 1732, и Daniel Bernulli, *Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii*, Argentorati, 1738, Sect. X, зад. 35). Однако, возможность постановить указанное изслѣдованіе на строго научную почву явилась только послѣ появленія извѣстныхъ трактатовъ по гидродинамикѣ Euler'a (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, XI, 1755, стр. 207, стр. 274 и 316, N. *Commentarii Acad. Petropolit.*, XIII, 1769, стр. 305—416; XIV—стр. 270—386; XV—стр. 219—360) и Lagrange'a (*„Mémoire sur la théorie du mouvement des fluides*, *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1781 или IV t., *Oeuvres de Lagrange*, Paris, 1869). Первая половина XIX столѣтія является особенно продуктивной эпохой разработки аэродинамики, чему особенно способствовали работы Navier, Poisson, Barré S. Venant и Stokes. Во вторую половину XIX столѣтія, съ быстрымъ развитіемъ кинетической теоріи строенія газовъ, подвергся пересмотру и вопросъ о движеніи ихъ (Maxwell, Boltzmann, Brillouin). Пересмотръ этотъ, однако, имѣлъ въ результатъ, строго говоря, лишь, что выводы теоріи, созданной во времена Stokes'a (1845 г.), были переработаны согласно воззрѣніямъ кинетической теоріи на природу газовъ. Слѣдуетъ еще отмѣтить, что начавшееся съ 60-хъ годовъ прошлаго столѣтія изученіе явленій вихревыхъ движеній, несомнѣнно, ставитъ и вопросъ о движеніи газовъ на новую почву, но сложность изслѣдуемыхъ явленій настолько велика, что теорія вихревыхъ движеній еще въ совершенно зачаточномъ состояніи, хотя въ настоящее время по этому вопросу имѣется уже цѣлая литература: *Helmholtz* (извѣстные трактаты: „*Ueber die Integrale d. hydrodyn. Gleichungen, welche der Wirbelbewegungen entsprechen*“, *Crelle's Journ. f. d. r. u. ang. Math.*, 1858, стр. 25, и „*Ueber die discontinuirliche Flussigkeitsbewegung*, *Berichte d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1868, стр. 215), *Hankel* (*Zur allgem. Theorie der Bewegung d. Flussigkeit*, Göttingen 1861), *W. Thomson* (*The Lond. a. Edinburgh philos. mag.*, 1867 и *Transact. of the r. Soc. of Edinb.*, 1869), *Kirchhoff* (*Crelle's Journ.*, 1869), *J. Boussinesq* (*Essai sur la théorie des eaux courantes*, *Mém. prés. par. div. sav. à Acad. des Sciences à Paris*, XXIII и приб. къ XXIV, 1877; та же работа, въ вѣсколько со-

лаго столѣтія работами Navier ¹⁾, Poisson ²⁾, B. S. Venant ³⁾ и Stokes'a ⁴⁾ и дополнена соображеніями термодинамическаго характера Gustaw Kirchhoff'омъ ⁵⁾ въ восьмидесятихъ годахъ того-же столѣтія. Въ основаніи ея лежитъ представленіе о газѣ, какъ о системѣ матеріальныхъ точекъ, подверженныхъ дѣйствію силъ, внѣшнихъ и внутреннихъ, и всѣ явленія, происходящія въ движущемся газѣ, напримѣръ, треніе, трактуются какъ дѣйствіе различныхъ силъ. Можно присвоить поэтому указанной теоріи названіе *силовой* для отличія отъ другой, построенной на принципахъ кинетической теоріи газовъ. Основанія второй теоріи развиты впервые Clark Maxwell'емъ, почему мы ее и свяжемъ съ именемъ *Maxwell'*я ⁶⁾.

Какъ первая, такъ и вторая теорія движенія газовъ не точны. Болѣе новая изъ нихъ, Maxwell'евская, въ рѣшеніи основныхъ задачъ аэродинамики идетъ, строго говоря, не далѣе того, что даетъ старая сплошная теорія. Выводъ основныхъ уравненій движенія несовершеннаго газа, скры-

кращенномъ и переработанномъ видѣ, издана авторомъ отдѣльно, подъ заглавіемъ: „Théorie de l'écoulement tourbillonnant et tumultueux des liquides dans les lits rectilignes à grande section“, Paris, 1897), Hicks (Lond. philos. Transact., 1884), J. J. Thomson (A treatise of the motion of vortex rings, London, 1883), пр. Жуковский (Матем. Сборникъ, Москва, XV, 1890), Brillouin (Recherches récents sur les divers questions d'hydrodynamique etc., Paris, 1891), Poincaré (Théorie des tourbillons, Paris, 1893), Wien (Lehrbuch der Hydrodynamik, Leipzig, 1900, стр. 71 и слѣд.) и много другихъ.

Болѣе подробныя свѣдѣнія по исторіи развитія нашихъ свѣдѣній по теоріи движенія газовъ можно найти въ слѣдующихъ сочиненіяхъ: 1) Stokes, „Report of recent Researches in Hydrodynamics“ (Rep. of the Brit. Association for the advancement of Science, 1846 или Math. a phys. paper of Stokes, I, стр. 181), 2) W. M. Hicks, „Report of recent progress in Hydrodynamics“ (ibid., 1881, стр. 77 и слѣд.), 3) Rühlmann, „Hydromechanik oder die technische Mechanik flüssiger Körper“, Hannover, 1880, 4) O. E. Meyer, „Die kinetische Theorie der Gase“, Breslau, 1899, стр. 171 и слѣд., 5) отчасти—Love, Hydrodynamik, 1901, Leipzig, 1901 (Encyklop. d. math. Wiss.).

¹⁾ Navier, Mémoire sur les lois du mouvement des fluides (Mémoires de l'Acad. des sciences de l'institut de France Paris, t. VI 1823, стр. 389; ero-же—„Sur le mouvement d'un fluide élastique qui l'écoule hors d'un réservoir ou gazomètre“ (Ann. de chimie et de physique (XXXIV) 1827).

²⁾ Poisson,—„Mémoire sur l'intégration de quelques équations lin. aux différences partielles et part. de l'équation générale du mouvement des fluides élastiques (Comptes rendus de l'Acad. des sc. à Paris, 1819; ero-же—„Sur les équations générales de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques et des fluides (Journal de l'Ecole polytechnique, XIII, тетр. 20, стр. 139, 1829).

³⁾ Barré de Saint-Venant.—„Memoire et expérience sur l'écoulement de l'air, déterminé par des différences de pressions considerables (Journal de l'écol. polytechn. XVI, 1839); ero-же—„Note à joindre au mémoire sur la dynamique des fluides“ (Comptes rend. de l'Acad. à Paris, XVII, 1843, стр. 1240).

⁴⁾ G. G. Stokes,—„On the theories of the internal friction of fluid in motion and of the equilibrium and motion of elastic solides“ (Transactions of the Cambridge Philos. Society, VIII, стр. 287, 1845, или собраніе сочиненій Stokes'a въ отд. изд.: „Mathematical and physical papers b. G. G. Stokes, I, стр. 75 и слѣд. 1880, Cambridge).

⁵⁾ G. Kirchhoff „Vorlesungen über die Theorie der Wärme“ (чит. въ 1876—84 гг. въ Берлинскомъ универс. и изд. Max. Planck'омъ, Leipzig, 1894, начиная со страницы 113).

⁶⁾ Maxwell: „On the dynamical theory of gases“ (Lond. Philos. transactions, 1867, стр. 49—89). Ero-же „Illustrations of the dynamical theory of gases“, Philos. magaz., т. XIX, 1860, стр. 31. Также—Brillouin: „Théorie moléculaire des gaz“, Annal. de chim. et phys., 1900, стр. 440—485. Weinstein, „Thermodynamik und Kinetik der Körper“, Braunschweig, 1901, I, стр. 276.

вающихъ въ себѣ ключъ къ раскрытію большей части законовъ аэродинамики, обѣ теоріи основываютъ на цѣломъ рядѣ допущеній, лишаящихъ эти теоріи точности. Кромѣ того, даже при такихъ условіяхъ, выведенныя уравненія до сихъ поръ удалось проинтегрировать только для немногихъ частныхъ случаевъ и то лишь вводя новыя допущенія. Несомнѣнно, что теорія Maxwell'я даетъ, по крайней мѣрѣ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, болѣе близкое къ дѣйствительности поясненіе сущности явленій, происходящихъ въ движущихся газахъ, и вообще является болѣе современной въ виду общепринятости въ настоящее время кинетической теоріи строенія газовъ. Однако, и методы силовой теоріи не заключаютъ въ себѣ ничего такого, чего бы нельзя было согласовать съ выводами кинетической теоріи строенія газовъ. вмѣстѣ съ тѣмъ, формулы, съ которыми приходится оперировать при изслѣдованіи движенія газовъ, въ случаѣ пользованія теоріей Maxwell'я, сложнѣе, чѣмъ при пользованіи силовой теоріей. Этой послѣдней поэтому мы и будемъ придерживаться при послѣдующемъ изложеніи.

§ 14. Согласно современнымъ воззрѣніямъ на строеніе газовъ, всякій объемъ несовершеннаго газа можно разсматривать какъ совокупность весьма большого числа ничтожно малыхъ, недѣлимыхъ и абсолютно твердыхъ матеріальныхъ частичекъ (атомовъ), находящихся подъ дѣйствіемъ силъ внутреннихъ (взаимодѣйствіе между частичками) и внѣшнихъ. Это обстоятельство, въ свою очередь, даетъ возможность, уподобивъ элементарныя частички газа матеріальнымъ точкамъ, разсматривать всякій объемъ этого послѣдняго какъ нѣкоторую систему матеріальныхъ точекъ и такимъ образомъ свести (принявъ, что всѣ силы, дѣйствующія на подобную систему, удовлетворяютъ основнымъ постулатамъ аналитической механики) составленіе уравненій движенія газовъ къ простому приложенію общихъ уравненій движенія системы матеріальныхъ точекъ къ спеціальнымъ условіямъ даннаго случая.

Такихъ уравненій, какъ извѣстно, имѣется шесть:

$$(35) \quad \left\{ \begin{array}{l} \Sigma X = 0, \\ \Sigma Y = 0, \\ \Sigma Z = 0, \end{array} \right. \quad \text{и} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Sigma L = 0, \\ \Sigma M = 0, \\ \Sigma N = 0, \end{array} \right. \quad (36)$$

гдѣ $\Sigma X, \Sigma Y, \Sigma Z$ суть суммы проекцій на каждую изъ трехъ координатныхъ осей всѣхъ дѣйствующихъ на систему силъ, включая фиктивные силы инерціи, а $\Sigma L, \Sigma M, \Sigma N$ —суммы моментовъ тѣхъ силъ относительно тѣхъ же осей.

Въ уравненія (35) и (36) входятъ, съ одной стороны, силы, дѣйствующія на систему, какъ внѣшнія, такъ и внутреннія, съ другой,—величины, опредѣляющія положеніе точекъ системы, величины ихъ массъ или плотностей и объемовъ, а также условія ихъ перемѣщенія (ускоренія или скорости). Значенія всѣхъ этихъ величинъ, вообще говоря, не только различны для различныхъ точекъ системы въ данный моментъ времени t , но и въ каждой данной точкѣ мѣняются съ теченіемъ времени, т. е.,

иными словами, величины эти представляютъ нѣкоторыя функціи координатъ x , y , z точекъ и времени t .

Это обстоятельство имѣетъ слѣдствіемъ прежде всего то, что, въ виду измѣняемости величинъ, входящихъ въ уравненія (35) и (36), приходится, въ случаѣ приложенія ихъ къ движенію газовъ, составлять уравненія эти сначала для бесконечно малаго элемента движущагося газа и затѣмъ, для полученія конечныхъ результатовъ, составленныя дифференціальныя уравненія интегрировать въ предѣлахъ конечныхъ объемовъ.

Кромѣ того, необходимость прибѣгать при выводѣ разсматриваемыхъ уравненій къ анализу бесконечно-малыхъ величинъ заставляетъ принять, что всѣ переменныя величины, съ которыми приходится при этомъ имѣть дѣло, измѣняются непрерывно. Вслѣдствіе этого, приступая къ составленію ¹⁾ основныхъ уравненій движенія несовершеннаго газа, приходится прежде всего дѣлать слѣдующее допущеніе ²⁾.

Д о п у щ е н і е I.

Всѣ переменныя величины, какъ тѣ, которыя служатъ для аналитическаго выраженія условій движенія системы матеріальныхъ точекъ, замѣняющихъ данную массу движущагося газа, такъ и всѣ тѣ, отъ которыхъ первыя величины зависятъ, суть однозначныя непрерывныя функціи координатъ x , y , z и времени t , при чемъ переменныя x , y , z могутъ быть въ свою очередь функціями t .

Положимъ теперь, что M —нѣкоторая масса несовершеннаго газа, движущагося относительно какой-либо системы прямоугольныхъ координатъ съ началомъ A , и выдѣлимъ внутри объема, занятаго этой массой,

¹⁾ Выводъ основныхъ уравненій движенія несовершеннаго газа производится въ настоящее время одинаковыми по существу и различающимися лишь по схемѣ способами, а именно: или изъ разсмотрѣнія условій движенія элементарнаго параллелепипеда, мысленно-выдѣляемаго въ движущемся газѣ, или же при посредствѣ извѣстной теоремы о преобразованіи объемныхъ интеграловъ въ поверхностные. Изложеніе обоихъ способовъ можно найти во многихъ современныхъ сочиненіяхъ по гидравликѣ и теоретической физикѣ. но въ настоящее время почти совершенно нѣтъ такихъ работъ, гдѣ-бы выводъ основныхъ уравненій движенія несовершенныхъ газовъ былъ изложенъ во всей полнотѣ и послѣдовательности. Этимъ послѣднимъ требованіемъ изъ всѣхъ какъ русскихъ, такъ и иностранныхъ работъ наиболѣе удовлетворяетъ изслѣдованіе проф. *Саткевича* (С.-Петербургъ, 1902; также, въ сокращен. видѣ, въ журн. Русск. Физ.-Химич. Общества, № 4, 1903), гдѣ вышеуказанныя уравненія выведены по первому способу. Наиболѣе оригинальное и научное изложеніе втораго способа можно видѣть въ слѣдующихъ сочиненіяхъ: *Kirchhoff* (Vorlesungen über die mathem. Physik, I, Mechanik, 1876, II Vorl. и IV, Theorie der Wärme, 1894. II Vorles., Leipzig); проф. *Бобылевъ* („Гидростатика и теорія упругости“, С.-Петербургъ, 1886, гдѣ имѣется выводъ первыхъ трехъ уравненій, общихъ для всѣхъ упругихъ тѣлъ, и уравненія неразрывности), *Voigt*, Compendium d. theor. Physik. Leipzig, I, 1895). По точности оба способа—одного порядка, и первый нѣсколько нагляднѣе и проще по выкладкамъ. Для нашихъ цѣлей (разсмотрѣніе только хода доказательствъ безъ приведенія промежуточныхъ выкладокъ) болѣе соответствующимъ представляется второй способъ.

²⁾ Насколько это и нижеприводимыя допущенія соответствуютъ дѣйствительности, будетъ разсмотрѣно ниже.

какую-либо часть ея, какую угодно и которую угодно; положимъ, что dO и dS суть элементы объема и поверхности этой части; x, y , и z —координаты какой-либо точки, принадлежащей къ dO или dS , ρ ¹⁾ и V —плотность и скорость въ этой точкѣ; u, v, w —проекции на оси координатъ x, y, z -овъ скорости V .

Всѣ силы, дѣйствующія на выдѣленную часть, если принять во вниманіе и фиктивные—инерціи, могутъ быть раздѣлены на слѣдующія категоріи: 1) силы инерціи, 2) внутреннія или силы взаимодѣйствія между атомами выдѣленной части, 3) внѣшнія силы: а) объемныя или массовыя, т. е. дѣйствующія, на подобіе силъ тяжести, на каждый атомъ, независимо отъ того, находится ли онъ на поверхности объема выдѣленной части или внутри его, и б) поверхностныя, т. е. дѣйствующія только на атомы, находящіеся на поверхности разсматриваемой части. Въ виду того, что эта послѣдняя выдѣлена внутри газа, поверхностными силами въ данномъ случаѣ могутъ быть только силы взаимодѣйствія между атомами, принадлежащими выдѣленной части, и таковыми же окружающаго его газа. Присвоивъ этимъ силамъ, которыя можно разсматривать какъ силы давленія, испытываемаго поверхностью первой части со стороны второй, названіе силъ аэромеханическихъ давленій (по аналогіи съ силами гидромеханическими), обозначимъ напряженіе ихъ въ какой-либо точкѣ элемента поверхности dS , внутренняя нормаль къ которому есть n , символомъ p_n , а проекціи p_n на оси x, y и z -овъ символами p_{nx}, p_{ny}, p_{nz} . Точно такъ же пусть проекціи на тѣ же оси напряженія равнодѣйствующей всѣхъ массовыхъ силъ, дѣйствующихъ въ какой-либо точкѣ элемента объема dO , будутъ соотвѣтственно: X, Y, Z . Послѣ сдѣланныхъ замѣчаній уже не трудно, выписавъ сначала суммы проекцій на координатныя оси всѣхъ силъ каждой изъ перечисленныхъ категорій для элемента dO объема или dS поверхности (смотря по роду силъ), а затѣмъ, взявъ интегралы полученныхъ такимъ образомъ выраженій по всему объему O и поверхности S , найти значеніе этихъ суммъ для всей массы движущагося газа; подставивъ эти послѣднія въ систему (35), получимъ слѣдующія три уравненія:

$$\left. \begin{aligned} - \iiint \rho \cdot \frac{du}{dt} \cdot dO + \iiint \rho X \cdot dO + \iint p_{nx} \cdot dS &= 0, \\ - \iiint \rho \cdot \frac{dv}{dt} \cdot dO + \iiint \rho Y \cdot dO + \iint p_{ny} \cdot dS &= 0, \\ - \iiint \rho \cdot \frac{dw}{dt} \cdot dO + \iiint \rho Z \cdot dO + \iint p_{nz} \cdot dS &= 0, \end{aligned} \right\} \quad . \quad (37)$$

¹⁾ Подъ плотностію въ данной точкѣ здѣсь разумѣется величина,

$$\rho = \text{пред.} \left(\frac{\Delta M}{\Delta O} \right) \Delta O = 0$$

гдѣ ΔM есть масса элементар. объема газа, содержащаго данную точку.

куда внутреннія силы не войдутъ, ибо онѣ, согласно третьему изъ принятыхъ нами для дѣйствующихъ на газъ силъ постулатовъ ¹⁾ механики, должны быть попарно равны и прямо противоположны, а потому проекціи ихъ, взятая для всей выдѣленной массы газа, дадутъ въ суммѣ нули.

Собирая аналогичнымъ образомъ моменты тѣхъ же силъ послѣдовательно относительно каждой изъ координатныхъ осей, не представляетъ особыхъ затрудненій составить систему уравненій, соотвѣтствующую (36). Прежде, чѣмъ выписать эти уравненія, замѣтимъ, что, вообще говоря, между внѣшними силами, дѣйствующими на газъ во время движенія его, могутъ быть и такія (напримѣръ, электрическія), которыя способны сообщать частицамъ газа, каждой въ отдѣльности, конечные моменты вращенія; но при выводѣ основныхъ ур-ній движенія несовершенныхъ газовъ эти силы исключаются изъ разсмотрѣнія, что равносильно слѣдующему допущенію.

Д о п у щ е н і е II.

Между внѣшними силами, дѣйствующими на движущуюся массу несовершеннаго газа, нѣтъ такихъ, которыя, подобно электрическимъ и др. п., могли бы сообщать моменты вращенія частицамъ его каждой въ отдѣльности.

При такомъ допущеніи въ искомыя уравненія моментовъ силъ относительно координатныхъ осей войдутъ только слѣдующіе члены:

$$\left. \begin{aligned} & -\iiint \rho \left(y \frac{dw}{dt} - z \frac{dv}{dt} \right) dO + \iiint \rho (yZ - zY) dO + \\ & \quad + \iint (y p_{nz} - z p_{ny}) dS = 0, \\ & -\iiint \rho \left(z \frac{du}{dt} - x \frac{dw}{dt} \right) dO + \iiint \rho (zX - xZ) dO + \\ & \quad + \iint (z p_{nx} - x p_{nz}) dS = 0, \\ & -\iiint \rho \left(x \frac{dv}{dt} - y \frac{du}{dt} \right) dO + \iiint \rho (xY - yX) dO + \\ & \quad + \iint (x p_{ny} - y p_{nx}) dS = 0. \end{aligned} \right\} \dots (38)$$

Для дальнѣйшаго преобразованія выведенныхъ уравненій пользуются тѣмъ обстоятельствомъ, что при выводѣ ихъ никакихъ ограниченій относи-

¹⁾ I. Newton, Philos. natur. Principia Mathematica. London., 1687 (Axiomata sive leges motus, 12).

тельно выдѣляемой внутри пространства, занятаго движущейся массой газа, сдѣлано не было, и прилагаютъ уравненія (37) предварительно къ безконечномалому тетраэдру съ вершиной въ какой-либо точкѣ i (x, y, z) и тремя гранями p_{iq}, n_{iq}, n_{ir} (фиг. 23), ориентированными такъ, что внутреннія нормали ихъ соотвѣтственно параллельны положительнымъ направлѣніямъ координатныхъ осей x, y и z -овъ.

Если обозначить чрезъ p_{nx}, p_{ny}, p_{nz} проекціи на оси координатъ напряженія равнодѣйствующей аэромеханическихъ давленій на наклонную грань nqr разсматриваемаго тетраэдра,—чрезъ p_{xx}, p_{xy}, p_{xz} —на грань p_{iq} ,—чрезъ p_{yx}, p_{yy}, p_{yz} —на грань n_{iq} и чрезъ p_{zx}, p_{zy}, p_{zz} —на грань n_{ir} , то не трудно видѣть, что система (37) въ приложеніи къ разсматриваемому тетраэдру приводится къ слѣдующимъ равенствамъ, справедливымъ съ точностію до безконечно-малыхъ второго порядка:

$$\left. \begin{aligned} p_{nx} &= p_{xx} \cdot L + p_{yx} \cdot M + p_{zx} \cdot N, \\ p_{ny} &= p_{xy} \cdot L + p_{yy} \cdot M + p_{zy} \cdot N, \\ p_{nz} &= p_{xz} \cdot L + p_{yz} \cdot M + p_{zz} \cdot N, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (39)$$

гдѣ L, M, N суть косинусы угловъ между положительнымъ направлѣніемъ внутренней нормали къ наклонной грани тетраэдра и положительными направлѣніями осей координатъ x, y, z -овъ.

Равенства (39) выведены для безконечно-малаго тетраэдра, но весьма не трудно доказать, что они справедливы и для всякаго объема dO , котораго всѣ размѣры суть величины безконечномалыя, т. е. что проекціи p_{nx}, p_{ny}, p_{nz} напряженій аэромеханическаго давленія на какую угодно площадку поверхности объема pO , внутренняя нормаль къ которой есть n , выражаются чрезъ проекцію $p_{xx}, p_{xy} \dots$ при помощи равенствъ (39). Не останавливаясь на весьма простомъ доказательствѣ этого послѣдняго ¹⁾, укажемъ лишь, что оно основано на теоремѣ о преобразованіи объемныхъ интеграловъ въ поверхностныя. Теорема эта, какъ извѣстно изъ механики, гласить: „если $f(x, y, z)$ однозначная и непрерывная функція во всемъ данномъ объемѣ O , ограниченномъ одной или нѣсколькими поверхностями S , то

$$\left. \begin{aligned} \iiint \frac{\partial f}{\partial x} dO &= - \iint f \cos (nx) dS, \\ \iiint \frac{\partial f}{\partial y} dO &= - \iint f \cos (ny) dS, \\ \iiint \frac{\partial f}{\partial z} dO &= - \iint f \cos (nz) dS, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (40)$$

¹⁾ См. напримѣръ, Kirchhoff, Vorles., I, стр. 112

гдѣ двойные и тройные интегралы распространены по всей поверхности S и объема O , а $\cos (nx)$, $\cos (ny)$, $\cos (nz)$ суть косинусы угловъ между внутреннею нормалью къ элементу dS поверхности и положительными полуосями x , y , z -овъ.

Подставляя (39) въ (37) и преобразуя двойные интегралы въ тройные, легко (37) привести къ слѣдующему виду:

$$\left. \begin{aligned} \iiint \left[\rho \frac{du}{dt} - \rho X + \frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z} \right] dO &= 0, \\ \iiint \left[\rho \frac{dv}{dt} - \rho Y + \frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z} \right] dO &= 0, \\ \iiint \left[\rho \frac{dw}{dt} - \rho Z + \frac{\partial p_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} \right] dO &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

Равенства (41) справедливы для какой угодно и которой угодно части газа, выдѣленной внутри пространства, занятого имъ. Иными словами, они должны быть удовлетворены, даже если бы выдѣленная часть была не больше атома газа и лежала гдѣ угодно внутри газа, т. е. даже бесконечно близко къ поверхности объема его, а это возможно только при томъ условіи, если для всякаго атома газа (матеріальной точки системы) внутри объема его имѣютъ мѣсто уравненія ¹⁾:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{du}{dt} &= \rho X - \frac{\partial p_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} - \frac{\partial p_{zx}}{\partial z}, \\ \rho \frac{dv}{dt} &= \rho Y - \frac{\partial p_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} - \frac{\partial p_{zy}}{\partial z}, \\ \rho \frac{dw}{dt} &= \rho Z - \frac{\partial p_{xz}}{\partial x} - \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} - \frac{\partial p_{zz}}{\partial z}, \end{aligned} \right\} \quad (42)$$

Подставляя значенія

$$\rho \frac{du}{dt}, \rho \frac{dv}{dt} \text{ и } \rho \frac{dw}{dt}$$

изъ (42) въ (38) и пользуясь (40) и (39), не трудно (40) привести къ равенствамъ:

$$\begin{aligned} \iiint (p_{zy} - p_{yz}) &= 0, \\ \iiint (p_{zx} - p_{xz}) &= 0, \\ \iiint (p_{yx} - p_{xy}) &= 0, \end{aligned}$$

¹⁾ Бобылевъ, loc. cit., стр. 18. Kirchhoff, loc. cit., I, 113, Voigt, loc. cit., стр. 222—223.

или:

$$\left. \begin{aligned} p_{xy} &= p_{yx} = k_x, \\ p_{zx} &= p_{xz} = k_y, \\ p_{yx} &= p_{xy} = k_z, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (43)$$

гдѣ попарно равныя проекціи обозначены символами k_x , k_y , k_z , показывающими, что силы, ими обозначаемыя, касательны къ плоскостямъ, внутреннія нормали къ которымъ соотвѣтственно параллельны осямъ x , y и z -овъ.

Подставляя (43) въ (42), получимъ ¹⁾:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{du}{dt} &= \rho X - \frac{\partial p_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial k_z}{\partial y} - \frac{\partial k_y}{\partial z}, \\ \rho \frac{dv}{dt} &= \rho Y - \frac{\partial k_z}{\partial x} - \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} - \frac{\partial k_y}{\partial z}, \\ \rho \frac{dw}{dt} &= \rho Z - \frac{\partial k_y}{\partial x} - \frac{\partial k_x}{\partial y} - \frac{\partial p_{zz}}{\partial z}, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (44)$$

Система (44) и представляетъ три основныя уравненія движенія не-совершеннаго газа, которымъ, въ виду того, что они выведены исключительно при помощи аналитической механики, можно присвоить названіе *аэромеханическихъ уравненій*.

§ 15. Тотъ видъ, въ какомъ аэромеханическія уравненія представлены системой (44), не есть окончательный. Въ самомъ дѣлѣ, въ (44) входятъ, между прочимъ, шесть проекцій или слагающихъ напряженій поверхностныхъ силъ: p_{xx} , p_{yy} , p_{zz} и k_x , k_y , k_z , изъ коихъ первыя три нормальны, а послѣднія три касательны къ тѣмъ поверхностямъ, на которыя дѣйствуютъ. Если бы разсматриваемый газъ находился въ покоѣ или былъ механически совершеннымъ, то въ немъ силы тренія были бы равны 0, и аэромеханическое давленіе въ любой точкѣ внутри объема его было бы всегда нормально и одинаково по всѣмъ направленіямъ. Въ такомъ случаѣ, очевидно, были бы справедливы слѣдующія равенства:

$$k_x = k_y = k_z = 0, \dots \dots \dots (45)$$

$$p_{xx} = p_{yy} = p_{zz} = p, \dots \dots \dots (46)$$

гдѣ p —напряженіе аэромеханическаго давленія, которое имѣло бы мѣсто при тѣхъ же условіяхъ, при которыхъ наблюдаются данныя значенія величинъ p_{xx} , p_{yy} , p_{zz} , въ случаѣ отсутствія тренія или внутреннихъ сопротивленій. При движеніи несовершенныхъ газовъ равенства (45) и (46) мѣста не имѣютъ, ибо возникающія въ газахъ при движеніи силы внутреннихъ сопротивленій не только уклоняютъ величины p_{xx} , p_{yy} , p_{zz} отъ p , но и вызываютъ появленіе касательныхъ напряженій. Величина же внутреннихъ сопротивленій въ жидкостяхъ и газахъ, какъ увидимъ ниже,

¹⁾ Уравненія (44) подобны извѣстнымъ уравненіямъ гидродинамики, выведеннымъ, Эйлеромъ (Principes généraux du mouvement des fluides, Mém. de l'Acad. de Berlin, XI, 1755 и въ нихъ u , v , w разсматриваются какъ функціи x , y , z и t , а x , y , z какъ функціи t .

Выраженіе (47) допускаетъ еще слѣдующую геометрическую интерпретацію. Отношеніе $\frac{dV}{dn}$ представляетъ не только скорость движенія точки D относительно C (фиг. 24), но также и угловую скорость вращенія прямой CD около точки C въ плоскости NCC' , или уголъ α , на который уменьшается прямой уголъ DCC' подѣйствіемъ силъ тренія, какъ бы перекашивающихъ слои газа между плоскостями CC' и DD' . Уголъ α можетъ служить мѣрой скорости этого перекашиванія. Изъ этого слѣдуетъ, что касательныя напряженія между слоями DD' и CC' пропорціональны скорости перекашиванія слоевъ газа между ними. Абсолютная величина напряженія этихъ силъ при такомъ истолкованіи гипотезы Ньютона, какъ и при формулированіи ея въ формѣ допущенія III, получается при помощи умноженія отношенія $\frac{dV}{dn}$ на коэффициентъ внутренняго тренія.

Приложимъ сказанное къ опредѣленію напряженій k_x , k_y и k_z . Для этого (фиг. 25) выдѣлимъ сначала около какой-либо точки i (x, y, z) внутри пространства, занятаго газомъ, параллелепипедъ $inprq$ съ безконечно-малыми ребрами δx , δy и δz , ориентированный такъ, чтобы грани ib , id и ic были соотвѣтственно параллельны осямъ координатъ x , y , z . Пусть $iprcq$ (фиг. 26)—изображенная отдѣльно грань этого параллелепипеда, нормальная къ оси x -овъ. Легко видѣть, что скорости точекъ q и p относительно точки i соотвѣтственно равны $\frac{\partial v}{\partial z} \cdot dz$ и $-\frac{\partial w}{\partial y} \cdot dy$, при чемъ $\frac{\partial v}{\partial z}$ можно считать равнымъ $\angle a$ = скорости перекашиванія ребра iq , а $\frac{\partial w}{\partial y} = \angle b$ = скорости перекашиванія ребра ip . Очевидно, скорость уменьшенія двуграннаго угла $qip = \pm \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)$, гдѣ плюсъ соотвѣтствуетъ случаю дѣйствительнаго уменьшенія этого угла, а минусъ—увеличенію его.

Совершенно аналогично находимъ скорости уменьшенія: $\pm \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)$ и $\pm \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)$ двухъ остальныхъ двугранныхъ угловъ: $\angle qip$ и $\angle nip$. Послѣ этого не трудно составить выраженія для искомыхъ напряженій въ функціи производныхъ отъ u , v , w слѣдующаго вида:

$$\left. \begin{aligned} k_x &= -\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) = -\mu f, \\ k_y &= -\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\mu g, \\ k_z &= -\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) = -\mu h. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (48)$$

гдѣ f, g, h введены лишь для сокращенія обозначеній, а μ —Ньютоновъ коэффициентъ внутренняго тренія ¹⁾.

Перейдемъ теперь къ выводу выраженій для напряженій p_{xx}, p_{yy}, p_{zz} . Мы видѣли, что при движеніи несовершенныхъ газовъ напряженія эти не одинаковы и не равны p (см. равенство 46), а потому можно положить:

$$\left. \begin{aligned} p_{xx} &= p + p'_{xx}, \\ p_{yy} &= p + p'_{yy}, \\ p_{zz} &= p + p'_{zz}, \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (49)$$

при чемъ p'_{xx}, p'_{yy} и p'_{zz} можно разсматривать какъ нормальныя напряженія силъ тренія. Введеніе равенствъ (49) сводитъ опредѣленіе напряженій p_{xx}, p_{yy}, p_{zz} къ отысканію величинъ p'_{xx}, p'_{yy} и p'_{zz} . Съ этой послѣдней цѣлью обратимся снова къ тому безконечному тетраэдру $inpq$ (фиг. 23), съ вершиной въ точкѣ i , которымъ пользовались при выводѣ равенствъ (39). Сохраняя всѣ прежнія обозначенія, введемъ еще слѣдующія: ω —площадь наклонной грани nq , $i'i$ —внутренняя нормаль n къ этой грани, проходящая чрезъ вершину i тетраэдра, p и p_ω суть напряженія равнодѣйствующей силъ аэромеханическаго давленія на эту грань и равнодѣйствующей (неразложенной по осямъ координатъ) всѣхъ силъ внутреннихъ сопротивленій, дѣйствующихъ на ту же грань, при чемъ оба напряженія для простоты представимъ себѣ приложенными въ одной и той же точкѣ i' грани; L, M, N и L', M', N' суть (соотвѣтственно) косинусы между положительными направленіями векторовъ напряженій p и p_ω и положительными полуосями x, y и z -овъ. Пусть, кромѣ того, V_n —проекція скорости V (u, v, w) въ точкѣ i на нормаль $i'i$. Тогда очевидно:

$$\frac{\partial V_n}{\partial n} = \frac{\partial}{\partial n} (uL + vM + wN) = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial n} + \frac{\partial u}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial n} + \frac{\partial u}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial n} \right) L + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial n} + \frac{\partial v}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial n} + \frac{\partial v}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial n} \right) M + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial n} + \frac{\partial w}{\partial y} \cdot \frac{\partial y}{\partial n} + \frac{\partial w}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial n} \right) N \dots (50)$$

Обозначая:

$$\frac{\partial V_n}{\partial n} = d, \frac{\partial u}{\partial x} = a, \frac{\partial v}{\partial y} = b, \frac{\partial w}{\partial z} = c^2)$$

¹⁾ Выраженія для k_x, k_y, k_z подобныя (48) были выведены для несовершенной жидкости впервые Navier. (Mém. de l'Acad. de sc. de l'Institut. d. France VI, 1823, стр. 389) и Poisson (Journal de l'Ec. polytechn., XIII, cah. 20, 1829, стр. 139) исключительно на основаніи теоріи упругости. Гипотезой Ньютона для вывода этихъ-же выраженій впервые воспользовался В. de Saint Venant (Compt. rend. de l'Acad. d. sc. à Paris, XVII, 1843, стр. 1240). Его разсужденія нѣсколько иныя, чѣмъ изложенныя здѣсь.

²⁾ Величины a, b, c, f, g, h играютъ весьма важную роль въ теоріи упругости, ибо при безконечно малыхъ деформацияхъ упругаго тѣла, сопровождающихся лишь безконечно малыми относительными вращеніями элементовъ его, a, b, c суть, какъ извѣстно, относительныя линейныя растяженія тѣла по направленіямъ, параллельнымъ тремъ координатъ

и пользуясь обозначеніями равенствъ (48), а кромѣ того замѣчая, что можно считать:

$$\frac{\partial x}{\partial n} = L, \quad \frac{\partial y}{\partial n} = M, \quad \frac{\partial z}{\partial n} = N,$$

получаемъ вмѣсто (50):

$$d = aL^2 + bM^2 + cN^2 + fMN + gLN + hLM \dots \dots \dots (51)$$

Выпишемъ теперь для разсматриваемаго тетраэдра уравненія (35). Если отбросить всѣ члены высшаго, чѣмъ второго, порядка малости, то, очевидно, при этомъ получимъ слѣдующую систему ¹⁾:

$$\begin{aligned} (p + p'_{xx}) \cdot (\omega - L) + k_z (\omega - M) + k_y (\omega - N) + p \cdot \omega L + p_\omega \omega \cdot L' &= 0, \\ (p + p'_{yy}) \cdot (\omega - M) + k_y (\omega - L) + k_x (\omega - N) + p \cdot \omega M + p_\omega \omega \cdot M' &= 0, \\ (p + p'_{zz}) \cdot (\omega - N) + k_x (\omega - M) + k_z (\omega - L) + p \cdot \omega N + p_\omega \omega \cdot N' &= 0, \end{aligned}$$

или

$$\left. \begin{aligned} p_\omega L' &= p'_{xx} L + k_z M + k_y N, \\ p_\omega M' &= p'_{yy} M + k_y L + k_x N, \dots \dots \dots \\ p_\omega N' &= p'_{zz} N + k_x M + k_z L. \end{aligned} \right\} \dots (52)$$

Изъ (52) слѣдуетъ, что нормальная къ грани nqr слагающая напряженія p_ω , выражается равенствомъ:

$$p_\omega = p_\omega(LL' + MM' + NN') = p'_{xx} L^2 + p'_{yy} M^2 + p'_{zz} N^2 + 2k_z LM + 2k_y LM + 2k_x MN \dots \dots \dots (53)$$

или, на основаніи (48):

$$p'_\omega = p'_{xx} L^2 + p'_{yy} M^2 + p'_{zz} N^2 - 2\mu (hLM + gLN + fMN) \dots \dots (54)$$

Если умножить теперь обѣ части (51) на 2μ и сложить его почленно съ (54), то получимъ:

$$(p'_\omega + 2\mu d) = (p'_{xx} + 2\mu a) L^2 + (p'_{yy} + 2\mu b) M^2 + (p'_{zz} + 2\mu c) N^2 \dots (55)$$

Равенство (55) даетъ возможность выразить p'_{xx} , p'_{yy} и p'_{zz} въ видѣ

нымъ осямъ. а f, g, h —скорости измѣненія угловъ, образуемыхъ тѣми же направленіями другъ съ другомъ, и бывшихъ до деформаціи прямыми. Между прочимъ, весьма нетрудно доказать, что при такомъ ряда деформаціяхъ: $(a + b + c) = \theta$, гдѣ θ — относительное объемное расширеніе, соответствующее комплексу линейныхъ расширеній a, b, c .

¹⁾ При такой степени точности, внѣшнія объемныя силы и силы инерціи въ уравненія эти не войдутъ, какъ величины безконечно малыя высшаго порядка. Последнее видно изъ того, что указанные силы выражаются произведеніемъ, въ которое не входятъ величины безконечно большія, а вмѣстѣ съ тѣмъ входитъ величина объема тетраэдра, представляющая величину безконечно малую третьяго порядка малости.

явной функціи отъ u, v, w . Для этого приходится, однако, ввести допущеніе объ однородности свойствъ движущагося газа по всѣмъ направленіямъ внутри объема его, что можно формулировать такъ:

Допущеніе IV.

Движущаяся масса газа есть тѣло изотропное.

Въ случаѣ же изотропности упругаго тѣла величины силъ $p'_{xx}, p'_{yy}, p'_{zz}$ выражаются при помощи слѣдующихъ равенствъ, выведенныхъ въ теоріи упругости ¹⁾:

$$\left. \begin{aligned} p'_{xx} + \lambda_1 a + \lambda b + \lambda c &= \lambda(a + b + c) + \lambda_2 a = \lambda\theta + \lambda_2 a, \\ p'_{yy} &= \lambda a + \lambda_1 b + \lambda c = \lambda(a + d + c) + \lambda_2 b = \lambda\theta + \lambda_2 b, \\ p'_{zz} &= \lambda a + \lambda b + \lambda_1 c = \lambda(a + b + c) + \lambda_2 c = \lambda\theta + \lambda_2 c, \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

гдѣ: $a = \frac{\partial u}{\partial x}, b = \frac{\partial v}{\partial y}, c = \frac{\partial w}{\partial z}$, т. е. величины линейныхъ расширеній разсматриваемаго тѣла по направленіямъ, параллельнымъ осямъ координатъ x, y и z ; λ, λ_1 (а слѣдовательно) и λ_2 суть нѣкоторые коэффициенты, величина которыхъ опредѣляется только свойствами тѣла и не зависитъ поэтому отъ перемѣны координатныхъ осей; θ —величина относительнаго объемнаго расширенія тѣла. Очевидно, θ также не мѣняется при перемѣнѣ осей. Вслѣдствіе этого и

$$p'_{\omega} = \lambda\theta + \lambda_2 d, \quad (57)$$

гдѣ λ, λ_2 и θ —тѣ же, что въ (56), а

$$d = \frac{\partial V_n}{\partial n}.$$

Подставляя (57) и (56) въ (55) и замѣчая, что

$$\lambda\theta (L^2 + M^2 + N^2) = \lambda\theta,$$

находимъ:

$$(\lambda_2 - 2\mu) (d - aL^2 - bM^2 - cN^2) = 0. \quad (58)$$

Равенство (58) имѣетъ мѣсто при какомъ угодно направленіи координатныхъ осей, а вмѣстѣ съ тѣмъ, согласно (51), разность $(d - aL^2 - bM^2 - cN^2)$, вообще говоря, не равна нулю. Поэтому изъ (58) слѣдуетъ, что

$$\lambda_2 = -2\mu. \quad (59)$$

Значить:

$$\left. \begin{aligned} p'_{xx} &= -2\mu a + \lambda\theta, \\ p'_{yy} &= -2\mu b + \lambda\theta, \\ p'_{zz} &= -2\mu c + \lambda\theta. \end{aligned} \right\} \quad (60)$$

¹⁾ Voigt, loc. cit., 1, 2 Theil, Cap. IV, § 17. Das Gesetz der elastischen Kräfte.

гдѣ μ —Ньютоновъ коэффициентъ внутренняго тренія разсматриваемаго газа, $\theta = a + b + c$, а λ —нѣкоторая величина, относительно которой пока извѣстно, что она не зависитъ отъ перемѣны осей ¹⁾.

Такимъ образомъ для приведенія (60) къ окончательному виду намъ осталось опредѣлить λ , т. е. выразить эту величину въ функціи уже извѣстныхъ намъ. Способа точнаго опредѣленія этой величины λ до настоящаго времени нѣтъ. Приближенныхъ же методовъ опредѣленія λ имѣется не мало, но всѣ они основаны на различныхъ болѣе или менѣе произвольныхъ допущеніяхъ, отчего и заключенія различныхъ авторовъ далеко не одинаковы, а частію даже противорѣчатъ другъ другу ²⁾.

¹⁾ Равенство (60) изъ (55) проф. Саткевичъ („О состав. дифф. ур. стр. 14 и 16—18) выводитъ при помощи леммы („Сумма $p'_{xx} + p'_{yy} + p'_{zz}$ не зависитъ отъ выбора координатныхъ осей“) и слѣдующихъ разсужденій: нормальныя сопротивленія v_x, v_y, v_z (по нашимъ обозначеніямъ $p'_{xx}, p'_{yy}, p'_{zz}$), опредѣляясь шестью элементами деформаций газа—скоростями его расширеній θ_x, θ_y , и θ_z (a, b, c) и скоростями перекашиваній ζ, η и ξ (f, g, h), зависятъ отъ нихъ такъ, что при нулевыхъ значеніяхъ этихъ деформаций, т. е. при ихъ отсутствіи, и нормальныя сопротивленія должны обращаться въ нули. Это показываетъ, что въ аналитическихъ выраженіяхъ силъ v не должно содержаться членовъ свободныхъ отъ элементовъ деформаций. Съ другой стороны, сумма $(v_x + v_y + v_z)$ тѣхъ же 3-хъ силъ, какъ показываетъ уравненіе 7-е, формулирующее вышеуказанную лемму, не зависитъ отъ выбора координатныхъ осей. Если бы изъ элементовъ деформаций нельзя было составить никакой такой суммы, величина которой не зависѣла бы отъ положенія осей координатъ, то пришлось бы предположить, что и каждая изъ нормальныхъ силъ отъ выбора осей не зависитъ; но относительно элементовъ деформаций извѣстно, что 3 скорости θ_x, θ_y и θ_z деформаций продольныхъ въ суммѣ даютъ общую скорость θ объемнаго увеличенія элемента жидкости, естественно, не мѣняющуюся при перемѣнѣ коорд. осей. Это заставляетъ предположить, что аналит. выраженія силъ v имѣютъ такую форму:

$$v_x = A + B. \theta_x, v_y = A + B. \theta_y, v_z = A + B. \theta_z$$

и

$$v_n = A + B. \theta_n,$$

если подъ A и B разумѣются количества, не зависяція отъ положенія координатныхъ осей. Конечно, можно бы, соблюдая симметричность, характеризующую однородность газа во всѣхъ направленіяхъ, написать выраженія эти (напр., выраженіе для v_x и въ такомъ болѣе сложномъ видѣ:

$$v_x = A + B. \theta_x + C (\theta_y + \theta_z);$$

однако, въ этомъ не представляется надобности, ибо $C. (\theta_y + \theta_z) = C. \theta - C. \theta_x$, а при этомъ $C. \theta$ можно включить въ составъ A и $C. \theta_x$ — въ составъ $B. \theta_x$.

Можетъ возникнуть еще вопросъ—нельзя ли поставить силы v въ зависимость и отъ скоростей ζ, η и ξ перекашиваній. Не останавливаясь на этомъ подробно, укажемъ безъ доказательства на то, что при выборѣ коорд. осей параллельно 3-мъ, такъ называемымъ, главнымъ осямъ деформаций, три скорости ζ, ξ, η обращаются въ нули; а такъ какъ при иномъ, произвольномъ положеніи осей сумма этихъ скоростей, говоря вообще, не нуль, то, стало быть, нѣкимъ образомъ сумма какихъ угодно степеней 3-хъ количествъ ζ, η и ξ не можетъ при перемѣнахъ осей оставаться постоянною, а потому высказанное предположеніе не можетъ имѣть мѣста“.

²⁾ См., напримѣръ: *Stokes* (On the theories of intern. friction of fluid in motion etc., Mathem. and Phys. Papers, Cambridge, 1880, I, стр. 78—90); *Stefan* (Ueber die Bewegung flüssiger Körper, Sitzungsberichte d. Akademie d. Wiss. in Wien, XLVI, 1862, II Abth., стр. 20—22). *Maxwell* (On the dynamical theory of gases, Philos. Transact. of the Royal Society of London, CLVII, 1867, стр. 80—85); *Grashof* (Theoret. Maschinenlehre, I, Hydraulik, Leipzig, 1875, стр. 26); *O. E. Meyer* („Zur Theorie d. inneren Reibung“, Crelle's f. Journal für reine und

Подставляя (48) и (62) въ (44), нетрудно, послѣ весьма простыхъ преобразованій, получить слѣдующія уравненія:

$$\left. \begin{aligned} \rho \frac{du}{dt} &= \rho X - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x}, \\ \rho \frac{dv}{dt} &= \rho Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 v + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{\partial \theta}{\partial y}, \\ \rho \frac{dw}{dt} &= \rho Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \nabla^2 w + \frac{1}{3} \mu \cdot \frac{\partial \theta}{\partial z}, \end{aligned} \right\} \dots \dots (63)$$

гдѣ:

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z^2} \right) \text{ и } \theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}.$$

Таковъ окончательный видъ трехъ основныхъ уравненій движенія несовершеннаго газа, которымъ мы дали названіе аэромеханическихъ ¹⁾. Въ нихъ входятъ пять неизвѣстныхъ: u , v , w , p и ρ . Для пополненія недостающихъ уравненій къ нимъ присоединяютъ такъ называемое уравненіе сплошности движенія.

§ 16. Уравненіе сплошности выражаетъ слѣдующее ограничительное допущеніе относительно разсматриваемаго движенія газа.

Допущеніе VI.

Газъ движется сплошной массой, безъ образованія разрывовъ и пустотъ внутри.

Легко понять, что при такомъ движеніи масса dm газа, заполняющаго какой угодно элементарный объемъ dO , выдѣленный изъ массы движущагося газа, *всегда* должна быть = произведенію изъ dO на дѣйствительную плотность ρ газа въ предѣлахъ dO :

$$dm = \rho dO \dots \dots \dots (64)$$

Иначе то же условіе можно выразить такъ:

$$\frac{d}{dt} \left(\rho dO \right) = 0 \dots \dots \dots (65)$$

Уравненіе (65) и есть такъ называемое *уравненіе сплошности движенія*. Его обыкновенно выражаютъ въ развернутомъ видѣ. Не останавли-

¹⁾ Система (63) пригодна и для несовершенныхъ жидкостей. Впервые подобнаго вида уравненія были выведены Navier (1822. г.), затѣмъ Poisson (1829 г.), S. Venant (1843 г.) и Stokes (1845 г.). Всѣ четверо исходили изъ различныхъ взглядовъ на внутреннія сопротивленія въ жидкостяхъ. Современныя методы вывода ур—нія (63), а въ томъ числѣ и тотъ, при помощи котораго они выведены здѣсь, ближе всего подходятъ къ Stokes'у, методъ котораго отличается простотой и большой обоснованностью (см. отзывы Maxwell, Lamb, проф. Саткевича въ цит. выше работахъ; также Auerbach, Theoretische Hydrodynamik, Braunschweig, 1881).

гдѣ dR_e — сумма элементарныхъ работъ, произведенныхъ за промежутокъ времени dt всѣми внѣшними силами, приложенными къ тѣлу, dQ — количество тепла (въ калоріяхъ), полученное за то же время извнѣ (или уступленное въ окружающее пространство), E — механическій эквивалентъ тепла.

Прилагая равенство (68) къ случаю, когда тѣло есть движущаяся масса газа, и получаютъ уравненіе, которое выше мы назвали термодинамическимъ. Такимъ образомъ выводъ шестого уравненія движенія газа сводится къ опредѣленію значеній всѣхъ членовъ равенства (68) въ функціи если это возможно, только уже входящихъ въ первыя пять уравненій переменныхъ: u, v, w, p, ρ и T .

Выдѣлимъ, какъ и прежде, внутри объема газа какую-либо часть его, какую угодно, и которую угодно. Сохраняя всѣ прежнія обозначенія, положимъ, что dm есть безконечно малая масса газа, заполняющаго элементъ объема dO выдѣленной части. По условію сплошности движенія:

$$dO = \frac{dm}{\rho},$$

а потому, очевидно:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dm}{\rho} \cdot u dt &= dO \cdot u dt \\ \frac{dm}{\rho} \cdot v dt &= dO \cdot v dt, \\ \frac{dm}{\rho} \cdot w dt &= dO \cdot w dt. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (69)$$

Обратимся теперь къ основнымъ уравненіямъ движенія газа, въ неприведенномъ видѣ (42) и умножимъ, слѣдуя Kirchhoffу (Vorles., Wärme стр. 117 ¹⁾), всѣ члены перваго изъ нихъ: содержащіе ρ — на $\left(\frac{dm}{\rho} \cdot u dt\right)$, а не содержащіе — на $(dO \cdot u dt)$; всѣ члены втораго — (соотвѣтственно) на $\left(\frac{dm}{\rho} \cdot v dt\right)$ и $(dO \cdot v dt)$; третьяго — на $\left(\frac{dm}{\rho} \cdot w dt\right)$ и $(dO \cdot w dt)$.

Тогда получимъ, что:

$$\left. \begin{aligned} dm \cdot u \cdot \frac{du}{dt} \cdot dt &= Xu dt - u dt \left(\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zx}}{\partial z} \right) \cdot dO \\ dm \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} \cdot dt &= Yv dt - v dt \left(\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z} \right) \cdot dO \\ dm \cdot w \cdot \frac{dw}{dt} \cdot dt &= Zw dt - w dt \left(\frac{\partial p_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} \right) \cdot dO \end{aligned} \right\} \dots (70)$$

¹⁾ См. также Weinstein'a: „Thermodynamik und Kinetik der Körper“, I, 1901. стр. 255—257.

Складывая равенства (70) почленно (по вертикали) и \int -уя по всему объему O , получимъ:

$$\begin{aligned} \iiint \frac{dm}{2} \cdot \frac{d}{dt} (w^2 + v^2 + u^2) dt &= \iiint dm \cdot (Xu + Yv + Zw) \cdot dt - \\ &- \left[\iiint \left(\frac{\partial p_{xx}}{\partial x} u + \frac{\partial p_{xy}}{\partial x} v + \frac{\partial p_{xz}}{\partial x} w \right) dt dO + \iiint \left(\frac{\partial p_{yx}}{\partial y} u + \frac{\partial p_{yy}}{\partial y} v + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial p_{yz}}{\partial y} w \right) dt dO + \iiint \left(\frac{\partial p_{zx}}{\partial z} u + \frac{\partial p_{zy}}{\partial z} v + \frac{\partial p_{zz}}{\partial z} w \right) dt dO \right] = \quad (71) \\ &= \iiint dm dt (Xu + Yv + Zw) - A. \end{aligned}$$

Для преобразованія суммы \int -овъ, сокращенно обозначенныхъ нами черезъ A , припомнимъ, что:

$$\varphi(x) \cdot \frac{\partial f(x)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} [\varphi(x) \cdot f(x)] - f(x) \cdot \frac{\partial \varphi(x)}{\partial x} \quad . \quad . \quad . \quad (72)$$

При помощи (72), (39), (40) и (43) нетрудно A привести къ слѣдующему виду:

$$\begin{aligned} A &= \iiint \left[\left(\frac{\partial}{\partial x} \cdot up_{xx} + \frac{\partial}{\partial y} \cdot up_{yx} + \frac{\partial}{\partial z} \cdot up_{zx} \right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} \cdot vp_{xy} + \frac{\partial}{\partial y} \cdot vp_{yy} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial}{\partial z} \cdot vp_{zy} \right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} \cdot wp_{xz} + \frac{\partial}{\partial y} \cdot wp_{yz} + \frac{\partial}{\partial z} \cdot wp_{zz} \right) \right] dt dO - \\ &- \iiint \left[p_{xx} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + p_{yy} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + p_{zz} \cdot \frac{\partial w}{\partial z} + p_{xy} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + p_{xz} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\partial u}{\partial z} \right) + p_{yz} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] dt dO = - \iint \left\{ u \left[p_{xx} L + p_{yx} M + p_{zx} N \right] + v \right. \\ &\quad \left[p_{xy} L + p_{yy} M + p_{zy} N \right] + w \left[p_{xz} L + p_{yz} M + p_{zz} N \right] \} dt dS + dR_D = \\ &= - \iint (up_{nx} + vp_{ny} + wp_{nz}) dt dS + dR_D, \end{aligned}$$

гдѣ:

$$\begin{aligned} dR_D &= - \iiint \left[p_{xx} \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + p_{yy} \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + p_{zz} \cdot \frac{\partial w}{\partial z} + p_{xy} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \right. \\ &\quad \left. + p_{xz} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) + p_{yz} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] dt dO. \end{aligned}$$

но согласно (77):

$$\begin{aligned} q_x &= -\gamma \frac{dT}{dx}, \\ q_y &= -\gamma \frac{dT}{dy}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (80) \\ q_z &= -\gamma \frac{dT}{dz}, \end{aligned}$$

где γ —коэффициент внутренней теплопроводности, зависящий от T .

Подставляя (80) въ (79) и применяя (40), найдемъ, что:

$$dQ = dt \iiint \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\gamma \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] dO. \quad (81)$$

Осталось определить dU . Для этого замѣтимъ, что если состояние какого-либо тѣла определяется тремя независимыми переменными: p , ρ и T , гдѣ p —нормальное и по всей поверхности тѣла одинаковое давленіе, ρ —плотность и T —абсолютная температура его, то при переходѣ этого тѣла изъ состоянія $A(p, \rho, T)$ въ другое состояніе $B(p+dp, \rho+d\rho, T+dT)$ приращеніе du внутренней энергіи каждой единицы массы тѣла, какъ извѣстно изъ термодинамики, равно:

$$\begin{aligned} du &= Edq - pd\left(\frac{1}{\rho}\right) \\ &= EC \cdot \frac{\partial T}{\partial p} \cdot dp + Ec \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} d\rho + \frac{p}{\rho^2} d\rho \\ &= EC \cdot \frac{\partial T}{\partial p} dp + \left(Ec \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} + \frac{P}{\rho^2} \right) d\rho, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (82) \end{aligned}$$

гдѣ C —теплоемкость газа при постоянномъ объемѣ и c при постоянномъ давленіи. Равенство (82) справедливо только при наличности всѣхъ вышеприведенныхъ ограничительныхъ условій, одно изъ которыхъ — обратимость процесса перехода изъ A въ B , т. е., между прочимъ, полное отсутствіе видимаго движенія или, по крайней мѣрѣ, столь медленное движеніе его, что живая сила тѣла при этомъ движеніи есть величина безконечно малая. Но въ настоящее время мы не располагаемъ никакими иными способами для опредѣленія приращенія внутренней энергіи движущейся массы газа, кромѣ какъ при помощи (82). Въ виду этого равенство это распространяють и на случай, когда тѣло (газъ) обладаетъ видимымъ движеніемъ, вводя гипотезу Kirchhoff'a ¹⁾, которая можетъ быть выражена слѣдующемъ образомъ.

¹⁾ Loc. cit., Wärme, 11 Vorl.

Допущеніе IX.

Внутренняя энергія газа, находящагося въ движеніи, равна той энергіи, которую газъ имѣлъ бы при той же температурѣ въ состояніи покоя.

При такомъ допущеніи, приращеніе внутренней энергіи элемента массы выдѣленной части движущагося газа будетъ $= du \cdot dm = du \cdot d\rho \cdot dO$, искомое приращеніе dU всей выдѣленной части выразится:

$$dU = \iiint \left\{ EC \cdot \frac{\partial T}{\partial p} \cdot \frac{dp}{dt} + \left(Ec \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} + \frac{p}{\rho^2} \right) \frac{d\rho}{dt} \right\} \rho dt \cdot dO. \quad (83).$$

Подставляя (75), (81) и (83) въ (68) и отбрасывая знаки интеграловъ, получимъ послѣ весьма простыхъ преобразованій, при помощи (62) и (50) и условія неразрывности, искомое термодинамическое уравненіе движенія несовершеннаго газа:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \\ & = E \cdot C \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial p} \cdot \frac{dp}{dt} + Ec \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial \rho} \cdot \frac{d\rho}{dt} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\mu}{\rho^2} \left(\frac{d\rho}{dt} \right) = \\ & = 2\mu \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] - \mu \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \right. \\ & \quad \left. + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (84). \end{aligned}$$

§ 19. Такимъ образомъ, для рѣшенія задачи о движеніи газа имѣется шесть уравненій: (63), (66), (67) и (84), въ которыя входятъ шесть ¹⁾ неизвѣстныхъ: u , v , w , ρ , p и T . Какъ мы видѣли, выводъ этихъ уравненій основанъ на цѣломъ рядѣ допущеній. Разсмотримъ вкратцѣ, насколько каждое изъ этихъ допущеній соотвѣтствуетъ дѣйствительности.

Первымъ и основнымъ изъ этихъ допущеній является предположеніе о томъ, что всѣ переменныя величины, входящія въ уравненія движенія, суть непрерывныя функціи мѣста и времени. Между тѣмъ газъ не есть сплошное тѣло, а состоитъ изъ частицъ, отстоящихъ другъ отъ друга на конечныя разстоянія. Изъ этого слѣдуетъ, что такія, по крайней мѣрѣ, величины, какъ p , u , v , w , не могутъ быть дѣйствительно сплошными функціями координатъ. Надобно, впрочемъ, замѣтить, что въ одномъ куб. сантиметрѣ воздуха ²⁾, а слѣдовательно, по закону Avogadro, и всякаго другого газа, при 0° С. и 760 мм. находится около двадцати триллионовъ молекулъ, и среднее разстояніе между молекулами не превосходитъ 4 милліонныхъ милліметра. Въ жидкостяхъ число молекулъ еще больше, такъ

¹⁾ Если, конечно, считать внѣшнія массовыя силы заданными независимымъ образомъ.

²⁾ Хвольсонъ, Физика, I, стр. 410.

что для воды, напримѣръ, указанная разстоянія примѣрно въ 12 разъ меньше, чѣмъ для воздуха. Вслѣдствіе этого, что касается газовъ и жидкостей въ покоѣ, то предположеніе сплошности строенія ихъ допустимо съ совершенно ничтожной, съ точки зрѣнія практики, погрѣшностью. Иначе обстоитъ дѣло въ случаѣ, если разсматриваемая масса газа или жидкости находится въ движеніи. „Въ природѣ капельной жидкости“, говоритъ Helmholtz въ своемъ знаменитомъ трактатѣ о прерывномъ движеніи жидкости ¹⁾, „если мы разсматриваемъ ее совершенно жидкой, т. е. не подверженной тренію, нѣтъ ни одной черты, благодаря которой два плотно прилегающіе другъ къ другу слоя жидкости не могли бы скользить одинъ по другому съ конечной скоростью. По крайней мѣрѣ, тѣ свойства жидкостей, которыя принимаются въ расчетъ въ уравненіяхъ гидродинамики, а именно: постоянство массы въ каждомъ элементѣ пространства и равенство давленія по всѣмъ направленіямъ, очевидно, не представляютъ никакого препятствія къ тому, чтобы съ двухъ сторонъ воображаемой внутри жидкости поверхности тангенціальныя слагающія скорости могли разниться на конечную величину.

Въ жидкости, находящейся въ покоѣ или въ непрерывномъ движеніи, различіе на конечную величину въ движеніи непосредственно смежныхъ частицъ жидкости можетъ быть вызвано только силами, дѣйствующими прерывно. Изъ внѣшнихъ силъ сюда относятся только удары. Но въ самой жидкости существуетъ источникъ, который можетъ породить прерывность движенія. Именно, давленіе можетъ принимать любое положительное значеніе, и плотность жидкости будетъ тогда измѣняться съ нимъ непрерывно. Но какъ только давленіе, переходя 0, должно бы сдѣлаться отрицательнымъ, произойдетъ прерывное измѣненіе плотности,—жидкость разорвется.

Величина давленія въ движущейся жидкости зависитъ отъ скорости, а именно въ несжимаемыхъ жидкостяхъ уменьшеніе давленія, при прочихъ равныхъ условіяхъ, прямо пропорціонально живой силѣ движущихся жидкихъ частицъ. Если поэтому послѣдняя превзойдетъ нѣкоторую опредѣленную величину, то давленіе должно будетъ сдѣлаться отрицательнымъ, и въ жидкости произойдетъ разрывъ. Въ точкѣ разрыва ускоряющая сила, пропорціональная производной давленія, очевидно, будетъ прерывной, и этимъ выполняется условіе, необходимое для того, чтобы вызвать прерывное движеніе жидкости.

Всякій геометрически совершенный острый край, около котораго протекаетъ жидкость, даже при самой незначительной скорости остальной массы жидкости, долженъ произвести въ ней разрывъ и образовать поверхность раздѣла. Около не вполне совершенныхъ, закругленныхъ краевъ

¹⁾ Н. V. Helmholtz, „Ueber die discontinuirliche Bewegung der Flüssigkeit“, Berichte d. k. Acad. d. Wiss. zu Berlin, 1868, стр. 215. Имѣется въ русскомъ пер. подъ ред. проф. Чаплыгина. Москва, 1902 г. Цитируемъ по пер., стр. 54—58.

произойдетъ то же самое лишь при нѣкоторыхъ достаточно большихъ скоростяхъ.

Остроконечные выступы на стѣнахъ проточнаго канала должны производить подобное же дѣйствіе.

Что касается газовъ, то съ ними происходитъ то же самое, что и съ жидкостями; только здѣсь живая сила движенія частицы не прямо пропорціональна пониженію давленія p , но, вслѣдствіе охлажденія газа при расширеніи, она пропорціональна величинѣ p^m , гдѣ $m = 1 - \frac{1}{\gamma}$ и γ есть отношеніе удѣльной теплоты при постоянномъ давленіи къ удѣльной теплотѣ при постоянномъ объемѣ. Для атмосфернаго воздуха показатель $m = 0,291$.

Легко удостовѣриться въ дѣйствительномъ существованіи такихъ прерывностей, если выпустить струю воздуха, насыщеннаго дымомъ, черезъ круглое отверстіе или цилиндрическую трубку съ умѣренной скоростью такъ, чтобы не произошло шипѣнія. При благопріятныхъ обстоятельствахъ можно получить тонкія струи съ діаметромъ около одной линіи и длиною въ нѣсколько футовъ. Въ этомъ случаѣ внутри цилиндрической поверхности воздухъ находится въ движеніи съ постоянною скоростью, между тѣмъ внѣ ея, даже въ непосредственной близости со струей, воздухъ совсѣмъ не движется или движется едва замѣтно“.

Такимъ образомъ, если имѣть въ виду движеніе газа или воздуха по воздухопроводамъ съ неособенно ровными стѣнками, допущеніе непрерывности измѣненій величинъ p , u , v , w становится фикціей, даже при незначительныхъ скоростяхъ движенія.

Точнотакъ-же, вообще говоря, не соотвѣтствуетъ дѣйствительности предположеніе (допущеніе II) объ отсутствіи при движеніи газовъ силъ электрическихъ и имъ подобныхъ.

Значительно вѣроятнѣе допущеніе (VI), что газъ движется сплошной массой, ибо случаи такого движенія газа, при которомъ внутри его образуются пустоты, если и возможны, то совершенно исключительны.

Что касается гипотезы Ньютона, о пропорціональности силъ тренія относительной скорости движенія смежныхъ слоевъ движущагося газа, то она въ настоящее время является почти общепринятою, ибо справедливость или, по крайней мѣрѣ, большая степень точности ея подтверждена замѣчательнымъ совпаденіемъ величины Ньютонова коэффиціента тренія, при опредѣленіи его при помощи различныхъ методовъ ¹⁾.

То-же самое можно сказать и о допущеніи изотропности движущагося газа, по крайней мѣрѣ, имѣя въ виду тѣ цѣли, для которыхъ это предположеніе вводятъ, при составленіи уравненій движенія несовершеннаго газа. Такъ, напримѣръ, газъ въ отношеніи свойствъ его, какъ упругаго

¹⁾ О. Е. Meyer, Die kinetische Theorie der Gase, Breslau, 1898, стр. 174. Относительно гипотезы Ньютона см. изслѣдованіе проф. Н. И. Петрова о треніи въ машинахъ (Инженерный Журналъ, 1883, № 1—4).

тѣла, съ весьма большой вѣроятностію ¹⁾, можетъ быть разсматриваемъ какъ среда изотропная. Въ частности, относительно формулъ (56), взятыхъ нами изъ теоріи упругости для опредѣленія нормальныхъ составляющихъ силъ внутреннихъ сопротивленій, слѣдуетъ отмѣтить, что линейный видъ ихъ справедливъ только для деформациі тѣлъ безконечно малыхъ. При очень большихъ скоростяхъ движенія газовъ этими формулами пользоваться нельзя ²⁾. Почти во всѣхъ, однако, тѣхъ случаяхъ поступательнаго движенія газовъ или воздуха, которые встрѣчаются въ дѣйствительности, равенства (56) достаточно точны.

Затѣмъ, извѣстно, что теплопроводность газовъ не зависитъ отъ давленія, а потому передача тепла чрезъ проводимость должна быть одинакова внутри ихъ по всѣмъ направленіямъ, т. е. можетъ быть исчисляема при помощи уравненія Fourier. Слѣдуетъ, впрочемъ, замѣтить, что газы вообще очень дурные проводники тепла. Такъ, напримѣръ, *теплопроводность воздуха въ 20000 разъ меньше таковой серебра*. Вслѣдствіе этого передача тепла въ газахъ чрезъ проводимость играетъ второстепенную роль. Выравниваніе температуры въ нихъ гораздо больше зависитъ отъ конвекціи. Учесть-же вліяніе этой послѣдней крайне трудно.

Коснувшись тепловыхъ процессовъ въ газахъ, напомнимъ, не откладывая, что для составленія шестаго уравненія движенія газа пришлось прибѣгнуть къ допущенію IX—гипотезѣ Kirchhoff'a. Основываясь на этой послѣдней, мы приложили къ газу, находящемуся въ движеніи, равенство (82), между тѣмъ какъ оно выведено въ термодинамикѣ при непремѣнномъ условіи отсутствія общей всему объему газа поступательной скорости. Если прибавить къ сказанному, что, прилагая къ разсматриваемому движенію газа принципъ сохраненія энергіи, мы принимали во вниманіе только тепловую и механическую энергію, а остальные виды совершенно исключили изъ разсмотрѣнія, будетъ ясно, что термодинамическое уравненіе движенія газовъ вообще не можетъ считаться точнымъ.

Обратимся теперь къ разсмотрѣнію гипотезы Stokes'a, при помощи которой былъ доведенъ до конца выводъ трехъ аэромеханическихъ уравненій. Она является далеко не общепризнанной. Не входя по этому вопросу въ подробности, укажемъ лишь на слѣдующее. Согласно разсматриваемой гипотезѣ, при однообразномъ по всѣмъ направленіямъ расширеніи или сжатіи газа, силы тренія не проявляются. Между тѣмъ въ „Die kinetische Theorie der Gase“ извѣстнаго специалиста по газамъ О. Е. Meyer'a (Breslau, 1899, Mathem. Zusätze, глава о треніи въ газахъ, стр. 112) читаемъ: „Кромѣ вышеразсмотрѣннаго внутренняго тренія, проявляющагося одинаковымъ образомъ какъ въ капельныхъ, такъ и упругихъ жидкостяхъ, для послѣднихъ можетъ имѣть мѣсто еще иной родъ тренія, до сихъ поръ экспериментально не изученный, а именно сопротивленія, имѣю-

¹⁾ Voigt, loc. cit., Elasticität und Akustik.

²⁾ Voigt, loc. cit., стр. 366.

щія характеръ тренія (reibungstartige Widerstände), замѣчаются въ газѣ, не только когда одинъ слой газа скользитъ по другому (надъ или рядомъ съ этимъ послѣднимъ), но и при такихъ движеніяхъ, которыя сводятся исключительно къ сжатію или расширенію объема газа. Эти послѣднія сопротивленія, какъ обязанныя своимъ возникновеніемъ одинаковой съ разсмотрѣнными выше сопротивленіями причинѣ, вполне умѣстно (dürfen wir) назвать также именемъ внутренняго тренія“. Это совершенно противорѣчитъ гипотезѣ Stokes'a. Проф. Voigt, авторъ неоднократно уже упоминаемаго нами „Compendium d. theoretischen Physik“, являющагося въ настоящее время однимъ изъ лучшихъ руководствъ по теоретической физикѣ, также предпочитаетъ не пользоваться этой гипотезой и оставляетъ вопросъ о зависимости между μ и λ открытымъ ¹⁾. Правильнѣе другихъ, на нашъ взглядъ, смотритъ на гипотезу Stokes'a проф. Саткевичъ, который („О составл. диффер. уравн. дв. газ.“, стр. 25—27), найдя ту же зависимость между λ и μ , которая получается при помощи гипотезы Stokes'a, помимо ея, изъ соображеній чисто термодинамическаго характера, считаетъ, что принятіе этой гипотезы становится неизбѣжнымъ, если къ изслѣдованію движенія газа прилагаются термодинамическія зависимости, установленныя для газовъ, находящихся въ покоѣ. Вѣроятность гипотезы Stokes'a поэтому не менѣе разсмотрѣннаго выше допущенія IX.

Сказаннаго, полагаемъ, вполне достаточно для того, чтобы видѣть, что *лежащія въ основаніи математической теоріи движенія несовершенныхъ газовъ уравненія должны быть признаны совершенно неточными, по крайней мѣрѣ, теоретически, ибо при выводѣ ихъ, съ одной стороны, приняты во вниманіе далеко не все явленія, сопровождающія движеніе несовершенныхъ газовъ, а съ другой — выводъ ихъ построенъ на допущеніяхъ, большая часть которыхъ можетъ быть признана непротиворѣчающими дѣйствительности только съ различными ограничительными условіями, частію не выполнимыми въ дѣйствительности.*

Вмѣстѣ съ тѣмъ, эти неточныя уже по самому способу составленія уравненія суть дифференціальныя, и для полученія изъ нихъ реальныхъ выводовъ требуютъ интегрированія. Выполненіе же послѣдняго въ общемъ видѣ, вслѣдствіе большой сложности этихъ уравненій, встрѣчаетъ непреодолимая пока трудности математическаго характера. Для устраненія этихъ трудностей прибѣгаютъ къ упрощенію задачи, вводя разнаго рода частныя предположенія. Напримѣръ, считаютъ движеніе установившимся, т. е. независящимъ отъ времени; предполагаютъ, что двѣ составляющія скорости частицъ газа очень малы, сравнительно съ третьей, и мн. др. Насколько, однако, мало результаты рѣшенія подобныхъ „упрощенныхъ“ задачъ могутъ соотвѣтствовать дѣйствительности, прекрасной иллюстраціей этому служить часто цитируемый подсчетъ скорости движенія центральныхъ струекъ

¹⁾ ibid. cit., стр. 462.

текущей воды по прямолинейному каналу, сдѣланный Boussinesq'омъ въ его мемуарѣ: *Sur l'influence des frottements sur les mouvements reguliers des fluides*“. (Journal de math. pur. et appl., publ. par I. Liouville, 1868, стр. 377 ¹⁾). Основываясь на теоретическихъ формулахъ, выведенныхъ изъ основныхъ уравненій движенія несовершенныхъ жидкостей, Boussinesq нашелъ, что если каналъ полукруглаго поперечнаго сѣченія съ радіусомъ въ 1 метръ, и паденіе его = 0,0001, то скорость теченія центральной струйки должна быть *187 метровъ въ секунду*. На самомъ дѣлѣ, конечно, ни одна изъ струекъ не можетъ, при указанныхъ условіяхъ, достигнуть такой громадной скорости. Причина полученія столь несообразнаго результата кроется, главнымъ образомъ, въ допущеніи прямолинейности движенія частицъ воды, текущей по прямолинейному каналу. Въ дѣйствительности же движеніе воды по каналамъ, трубамъ и т. п., даже небольшого діаметра, неизбѣжно сопровождается образованіемъ водоворотовъ и вихрей, поглощающихъ несравненно больше энергіи движущейся массы, чѣмъ преодолѣніе внутренняго тренія.

Если такъ могутъ расходиться съ дѣйствительностью выводы теоріи движенія несжимаемыхъ жидкостей, то, само собой понятно, еще менѣе вѣрныхъ результатовъ можно ожидать отъ приложеній къ практикѣ математической теоріи движенія упругихъ жидкостей, обстоятельства движенія которыхъ несравненно сложнѣе и измѣнчивѣе.

Остается поэтому только одинъ путь для изслѣдованія движенія несовершенныхъ газовъ, имѣя въ виду цѣли практическія. Это—раздѣленіе тѣхъ разнообразныхъ случаевъ указаннаго движенія, изслѣдованіе которыхъ представляетъ практическій интересъ, на группы, по сходству обстоятельствъ движенія, и созданіе для каждой отдѣльной группы или серіи группъ частной полуматематической и полуэмпирической теоріи, хотя и приближенной, но съ достаточной, съ точки зрѣнія практики, степенью точности, соотвѣтствующей дѣйствительности.

Наиболѣе простой способъ созданія такихъ упрощенныхъ теорій состоитъ въ томъ, что предварительно изслѣдуютъ, на основаніи выводовъ аналитической механики и теоретической физики, какой-либо частный случай движенія, достаточно типичный для данной группы и настолько простой (иногда даже идеальный), что изслѣдованіе его не представляетъ особыхъ затрудненій, а затѣмъ полученныя такимъ путемъ зависимости обобщаютъ для всей группы, вводя эмпирическіе коэффиціенты. Изложенію основаній одной изъ такихъ частныхъ приближенныхъ теорій движенія несовершеннаго газа, а именно воздуха по рудничнымъ выработкамъ, и будетъ посвящена слѣдующая глава настоящей работы.

¹⁾ Цитируемъ по „Очерку теоріи водяныхъ теченій, выработанной Буссиннекомъ“, проф. Бобылева, С.-Петербургъ, 1897. См. также „Объ истеченіи газовъ“ проф. А. Митинскаго, Горн. Ж., 1899, I, § 7.

ГЛАВА III.

Выводъ и изслѣдованіе основного уравненія рудничной аэродинамики.

§ 20. Для упрощенія задачи ограничимъ условія изслѣдуемаго движенія слѣдующими предположеніями. Допустимъ прежде всего, что *изъ внѣшнихъ массовыхъ силъ* на движущійся по рудничнымъ выработкамъ воздухъ дѣйствуютъ *только силы тяжести*. Затѣмъ положимъ, что рассматриваемое *движеніе* есть *установившееся* или *стаціонарное*, т. е. происходитъ такимъ образомъ, что хотя обстоятельства движенія частицъ воздуха (скорость, давленіе, плотность и температура) и различны въ различныхъ точкахъ пространства, занимаемаго имъ, но въ каждой отдѣльной точкѣ этого пространства они остаются неизмѣнными, какая-бы частица воздуха и въ какой-бы моментъ ни проходила чрезъ эту точку.

Легко видѣть, что при *неразрывномъ* установившемся движеніи всѣ тѣ частицы воздуха, которыя въ послѣдовательные моменты времени непрерывно (одна за другой) проходятъ чрезъ какую-либо точку пространства, описываютъ одну и ту же траекторію, видъ которой остается неизмѣннымъ, пока сохраняется стаціонарность движенія. Условимся называть эти траекторіи *нитями воздуха*, а тѣло, поверхность котораго есть геометрическое мѣсто такихъ нитей, проходящихъ чрезъ точки какой-либо замкнутой линіи, — *струйкой* или *потокомъ* воздуха, смотря по тому, совмѣщаетъ ли такое тѣло лишь часть нитей, на которыя распадается при движеніи рассматриваемая масса воздуха, или же всю совокупность ихъ. Слѣдуя кинетической теоріи строенія газовъ, надо думать, что въ дѣйствительности нити имѣютъ видъ весьма сложныхъ кривыхъ, состоящихъ изъ отдѣльных отрѣзковъ, соотвѣствующихъ путямъ, проходимымъ данной частицей отъ момента столкновенія съ какой-либо частицей до момента слѣдующаго столкновенія съ какой-либо другой частицей. Для атмосфернаго воздуха, при 0° С. и 760 мм., средняя скорость колебательнаго движенія частицъ его = ∞ 447 метр./сек., а средняя длина пути, проходимого частицей между двумя послѣдовательными столкновеніями, равна приблизительно 0,0001 миллиметра. Изъ этого слѣдуетъ, что если воздухъ движется, напримѣръ, по трубѣ, то отрѣзокъ траекторіи, описываемый какой-либо данной частицей его, заключающійся между двумя сѣченіями трубы, отстоящими другъ отъ друга на длину средняго разстоянія, проходимого воздухомъ въ секунду, можетъ состоять изъ

$$n \geq \frac{447000}{0,0001} = 4470 \text{ милліоновъ элементарныхъ отрѣзковъ.}$$

Трудно ожидать поэтому, чтобы хотя часть вышеупомянутыхъ нитей оставалась взаимно параллельной на протяженіи конечныхъ разстояній. Тѣмъ не менѣе, въ видѣ перваго приближенія къ дѣйствительности, примемъ, что при рассматриваемомъ движеніи *всѣ нити воздуха взаимнопараллельны*

на протяжении всего пути, проходимого имъ. Кромѣ того, допустимъ, что воздухъ есть газъ механически и термодинамически совершенный, т. е. не испытываетъ тренія и точно слѣдуетъ закону Гей-Люссака—Мариотта. Ограничивать изслѣдуемое движеніе (какъ это дѣлаютъ нѣкоторые въ случаѣ, подобномъ настоящему, напр. Savage, Pneumatique Ann. d. mines, 1894, стр. 427; Zeuner, Technische Thermodynamik, I, 1900, стр. 218 и др.) еще условіемъ равенства скоростей всѣхъ частицъ воздуха въ любомъ плоскомъ, нормальномъ къ общему направленію нитей газа, сѣченію объема его не будемъ, ибо въ этомъ нѣтъ надобности.

Ограничивъ движеніе воздуха изложенными предположеніями, выдѣлимъ изъ потока его какую-либо струйку S (фиг. 27), нормальныя поперечныя сѣченія которой настолько малы, что обстоятельства движенія всѣхъ частицъ воздуха въ любомъ изъ этихъ сѣченій можно считать одинаковыми, и рассмотримъ сначала движеніе только одной этой элементарной струйки, положивъ, что: 1) въ какомъ-либо сѣченіи AA этой струи скорость $a = V_0$ метр./сек., давление $= p_0$ клгр./кв. м., плотность (въсѣ единицы объема) $= \delta_0$, температура $= T_0^0$; S площадь нормальнаго поперечнаго сѣченія $AA_1 = ds_0$ кв. м.; внутренняя энергія каждой единицы вѣса воздуха въ моментъ нахожденія его въ этомъ сѣченіи $= U_0$ клгр./метр.; полная энергія единицы вѣса того же воздуха $= I_0$ килогр./метр.; разстояніе (по вертикальному направленію) центра тяжести этого сѣченія относительно нѣкоторой постоянной произвольно выбранной горизонтальной плоскости MN , служащей для сравненія (относительныхъ) превышеній различныхъ поперечныхъ сѣченій струи относительно другъ друга $= z_0$; 2) въ какомъ-либо другомъ сѣченіи BB струи S , тѣ же величины имѣютъ соотвѣтственно значенія: $V_1, p_1, \delta_1, T_1, ds_1, U_1, J_1, z_1$.

При такихъ обозначеніяхъ, полный запасъ энергіи G килогр. воздуха, проходящаго чрезъ любое поперечное сѣченіе разсматриваемой струйки за промежутокъ времени dt , выразится произведеніемъ $(I_0 G)$ для сѣченія AA_1 и $(I_1 G)$ для BB_1 . Относя эти количества къ единицѣ вѣса (килограмму) и прилагая къ изслѣдуемому движенію принципъ сохраненія энергіи, получимъ:

[illegible]

гдѣ dQ —отнесенное также къ един. вѣса количество теплоты, получаемой извнѣ (или уступаемой въ окружающее пространство) тѣми же G килогр. воздуха при перемѣщеніи изъ AA_1 въ BB_1 , а E —механическій эквивалентъ тепла. Вмѣстѣ съ тѣмъ, легко видѣть, что полный запасъ энергіи воздуха, отнесенный къ единицѣ вѣса его, складывается въ моментъ прохожденія его чрезъ сѣченіе AA изъ слѣдующихъ частей:

1) енергії положення $= (z_0 + R)$ — відстані центра тяжести с'їчення AA від центра землі;

2) энергіи движенія массы воздуха, какъ цѣлаго, $= \frac{V_0^2}{2g}$

3) энергіи, эквивалентной работѣ, производимой силами внѣшняго давленія, подъ которымъ находится воздухъ при прохожденіи чрезъ сѣченіе AA , $= \frac{p_0}{\delta_0}$, ибо, согласно допущенію, частицы воздуха движутся параллельно направленію движенія, изъ чего слѣдуетъ, что изъ всѣхъ силъ внѣшняго давленія, которыя дѣйствуютъ на него въ моментъ нахожденія его въ сѣченіи AA , работу производятъ только приложенныя нормально къ этому сѣченію; работа-же, производимая этими послѣдними силами, очевидно, за время dt будетъ равна:

$$p_0 \cdot ds_0 \times V_0 \cdot dt = p_0 (V_0 \cdot dt \times ds_0) = \left(p_0 \cdot G \cdot \frac{1}{\delta_0} \right)$$

или, ведя расчетъ на единицу вѣса, $\frac{p_0}{\delta_0}$;

4) внутренней энергіи $= U_0$.

Такимъ образомъ:

$$I_0 = z_0 + R + \frac{V_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta_0} + U_0 \dots \dots \dots (86)$$

Точно такъ-же:

$$I_1 = z_1 + R + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\delta_1} + U_1 \dots \dots \dots (87)$$

Подставляя (50) и (51) въ (49), получимъ послѣ сокращеній:

$$z_0 + \frac{V_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta_0} + U_0 + EdQ = z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\delta_1} + U_1 \dots \dots \dots (88)$$

Для дальнѣйшаго преобразованія (88) замѣтимъ, что изъ сопоставленія приведенныхъ въ предыдущей главѣ равенствъ (68) и (75) видно, что:

$$\frac{dU}{E} = dQ + \frac{dR_D}{E}, \dots \dots \dots (89)$$

т. е. приращеніе внутренней энергіи газа при переходѣ изъ одного состоянія въ другое равно количеству (dQ) теплоты, непосредственно полученной при этомъ газомъ изъ окружающаго пространства, плюсъ перешедшая въ теплоту работа (dR_D) деформированія объема газа при томъ же переходѣ.

Въ разсматриваемомъ случаѣ газъ, согласно допущенію, обладаетъ свойствами совершеннаго, т. е. представляетъ тѣло, способное оказывать сопротивленіе только силамъ, сжимающимъ его, а потому деформированіе

такого газа сводится къ простому уменьшенію объема его. Работа же, совершаемая при измѣненіи объема газа подѣ влияніемъ нормальныхъ къ поверхности давленій, выражается, какъ извѣстно изъ физики, $\int pdq$, гдѣ $q = \frac{1}{\delta} =$ удѣльному объему газа.

Вслѣдствіе этого равенство (89), въ приложеніи къ настоящему случаю, очевидно, должно имѣть видъ:

$$U_1 - U_0 = EdQ - \int_{\delta_0}^{\delta_1} pd\left(\frac{1}{\delta}\right), \quad . \quad . \quad . \quad (90)$$

гдѣ предѣ знакомъ интеграла знакъ минусъ потому, что, *вообще говоря*, работа деформациі есть отрицательная, какъ совершаемая надъ тѣломъ.

Подставляя (90) въ (88), получимъ:

$$z_0 + \frac{V_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta_0} + \int_{\delta_0}^{\delta_1} pd\left(\frac{1}{\delta}\right) = z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\delta_1}, \quad . \quad . \quad (91)$$

или, такъ какъ:

$$\begin{aligned} \int_{\delta_0}^{\delta_1} pd\left(\frac{1}{\delta}\right) &= \frac{p_1}{\delta_1} - \frac{p_0}{\delta_0} - \int_{\delta_0}^{\delta_1} \frac{dp}{\delta}, \\ z_0 + \frac{V_0^2}{2g} &= z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \int_{\delta_0}^{\delta_1} \frac{dp}{\delta} \quad . \quad . \quad . \quad (92) \end{aligned}$$

Равенства вида (91) или (92) выведены изъ разсмотрѣнія установившагося газа вдоль элементарной струйки S его, между сѣченіями AA и BB ея. Но какъ эти послѣднія, такъ и самую струйку мы выбрали совершенно произвольно. Изъ этого слѣдуетъ, что вышеприведенныя равенства справедливы не только для какой угодно пары сѣченій данной струйки S , но и вообще для какой угодно элементарной струйки всякаго потока воздуха, движеніе котораго происходитъ согласно сдѣланнымъ предположеніямъ.

Замѣтимъ, между прочимъ, что одно изъ этихъ предположеній, а именно допущеніе о томъ, что элементарныя струйки воздуха взаимно-параллельны на протяженіи всего разсматриваемаго участка пути, проходящаго имъ, можно замѣнить другимъ, болѣе вѣроятнымъ, предположеніемъ. Въ самомъ дѣлѣ, если масса газа распадается при движеніи на рядъ взаимно-параллельныхъ струекъ, то, очевидно, молекулы его не могутъ испытывать поперечныхъ перемѣщеній, въ плоскостяхъ, нормальныхъ къ общему направленію траекторій ихъ. Изъ этого можно заключить, что силы поверхностныхъ давленій, дѣйствующія на газъ при разсматривае-

момъ движеніи, могутъ выражаться только силами, параллельными направлению движенія частицъ его и нормальными къ ихъ траекторіямъ. Последнее обстоятельство, какъ дающее возможность составить очень простое выраженіе для энергіи, соотвѣтствующей упругости газа, и является причиной введенія въ выводъ равенства (92) условія параллельности элементарныхъ струекъ. Нетрудно видѣть, однако, что при составленіи упомянутаго равенства (92), запасы энергіи воздуха приходится вычислять только относительно моментовъ прохожденія его чрезъ двѣ крайнія точки разсматриваемаго участка струйки. Знать же, какимъ измѣненіямъ подвергается запасъ энергіи воздуха въ промежуточныхъ точкахъ, для указанной цѣли совершенно не требуется. Да и вообще, для рѣшенія различныхъ задачъ по провѣтриванію рудниковъ, обыкновенно бываетъ вполне достаточно знать только конечныя состоянія движущихся массъ воздуха. Промежуточныя-же представляютъ практическій интересъ постольку, поскольку безъ нихъ невозможно обойтись при опредѣленіи указанныхъ конечныхъ состояній. Вслѣдствіе этого и имѣя въ виду воспользоваться равенствомъ (92) именно для изслѣдованія движенія воздуха по рудничнымъ выработкамъ, можно условіе параллельности струекъ воздуха сузить, приурочивая это допущеніе только къ крайнимъ точкамъ разсматриваемаго участка пути воздуха, а именно, замѣняя это условіе предположеніемъ, что, по крайней мѣрѣ, *въ этихъ крайнихъ точкахъ потокъ воздуха имѣетъ такіа плоскія поперечныя сѣченія, при прохожденіи чрезъ которыя частицъ газа скорости ихъ становятся взаимнопараллельными и нормальными къ этимъ сѣченіямъ и остаются затѣмъ таковыми въ теченіе хотя-бы ничтожно малаго промежутка времени dt .*

§ 21. Въ равенство (92) входитъ $\int \frac{dp}{\delta}$, проинтегрировать который можно, только зная зависимость между p и δ , т. е. функцію: $f(p, \delta) = 0$.

Общаго вида этой функціи мы пока не знаемъ. Онъ установленъ только для нѣкоторыхъ частныхъ случаевъ перехода газовъ изъ состоянія (p_0, δ_0) въ (p, δ) , а кромѣ того извѣстно, что видъ функціи: $f(p, \delta) = 0$ существенно зависитъ отъ характера тепловыхъ процессовъ, сопровождающихъ указанный переходъ газовъ изъ одного состоянія въ другое. Вслѣдствіе всего этого приведеніе уравненія (92) къ конечному виду возможно только, если задаться какими-либо предположеніями относительно характера упомянутыхъ процессовъ. Разсмотримъ, къ какому виду приводится уравненіе (91) и (92) при каждомъ изъ слѣдующихъ допущеній:

1) движеніе воздуха происходитъ въ такихъ условіяхъ, что плотность (и удѣльный вѣсъ) его не мѣняется или-же мѣняется въ столь тѣсныхъ предѣлахъ, что можно, съ достаточной точностью, считать $\delta_0 = \delta_1 = \text{const.}$; для краткости будемъ называть такое движеніе—изохиническимъ;

2) температура воздуха остается постоянной или мѣняется очень мало: $T_0 = T_1 = \text{const.}$;—движеніе изотермическое;

3) воздухъ не получаетъ тепла и не отдаетъ его въ окружающее пространство;—движеніе адиабатическое.

Если воздухъ движется изопикнически, то, очевидно:

$$\int p d\left(\frac{1}{\delta}\right) = 0,$$

а потому уравненіе (91) приводится къ виду:

$$z_0 + \frac{p_0}{\delta_0} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\delta_1} + \frac{v_1^2}{2g}, \dots \dots \dots (93)$$

или, такъ какъ: $\delta_0 = \delta_1 = \delta$, то вообще:

$$z + \frac{p}{\delta} + \frac{v^2}{2g} = \text{const.} \dots \dots \dots (94)$$

Такимъ образомъ, въ томъ случаѣ, если движеніе воздуха происходитъ безъ измѣненія его плотности, уравненіе (91) приводится къ извѣстному уравненію Даниіла Бернулли, выведенному имъ еще въ 1738 году для установившагося движенія тяжелой несжимаемой жидкости.

Если температура движущагося газа не мѣняется, то по закону Бойля-Мариотта:

$$\frac{p_0}{\delta_0} = \frac{p_1}{\delta_1} = \frac{p}{\delta} = \text{const.} \dots \dots \dots (95)$$

Изъ (95) слѣдуетъ, что въ этомъ случаѣ:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_1} \frac{dp}{\delta} = \int_{\delta_0}^{\delta_1} \frac{p_0}{\delta_0} \cdot \frac{dp}{p} = \frac{p_0}{\delta_0} \int_{\delta_0}^{\delta_1} d \ln p = \frac{p_0}{\delta_0} \ln \frac{p_1}{p_0}, \dots \dots (96)$$

гдѣ $\ln p = \log_{10} p \times 2,302585$.

Подставляя (96) въ (92), получимъ уравненіе вида ¹⁾:

$$z_0 + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta_0} \ln \frac{p_1}{p_0} \dots \dots \dots (97)$$

Въ случаѣ адиабатическаго движенія зависимость p и q выражаются формулой Poisson'a:

$$\frac{p}{\delta^k} = \text{const.}, \dots \dots \dots (98)$$

гдѣ $k = \frac{c_p}{c_q}$ = отношенію теплоемкостей при постоянномъ давленіи и постоянномъ объемѣ.

¹⁾ Подобное этому уравненіе впервые было выведено Navier въ его мемуарѣ о движеніи упругихъ жидкостей (Mém. de l'Acad. de Paris, IX, 1829, стр. 310).

Изъ (98) слѣдуетъ, что:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_1} \frac{1}{\delta} dp = - \int_{\delta_0}^{\delta_1} k p d \left(\frac{1}{\delta} \right) = - \int_{\delta_0}^{\delta_1} k p_1 \left(\frac{1}{\delta_1} \right)^k \frac{d \left(\frac{1}{\delta} \right)}{\left(\frac{1}{\delta} \right)^k} = \left. \begin{aligned} &= \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\delta_1^k} \left[\left(\frac{1}{\delta_1} \right)^{1-k} - \left(\frac{1}{\delta_0} \right)^{1-k} \right] = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\delta_1^k} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \end{aligned} \right\} (9)$$

Такимъ образомъ для случая адиабатическаго движенія уравненіе (92) приметъ видъ ¹⁾:

$$z_0 + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\delta_1^k} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] . . . (100)$$

(Окончаніе слѣдуетъ).

¹⁾ Подобнаго вида уравненіе составили впервые B. de S. Venant и L. Wantzel („Mémoire et expériences sur l'écoulement de l'air etc.“, Journ. de l'Ecole polytechnique, XVI, 1839), а затѣмъ позже, но вполне самостоятельно Weisbach'омъ („Lehrbuch der Ingenieur und Maschinenmechanik“, 1, стр. 280).

РАЗВѢДКА ЗОЛОТЫХЪ РОЗСЫПЕЙ БУРЕНІЕМЪ.

Горн. инж. С. А. Подьяконова.

До настоящаго времени главнымъ способомъ развѣдки золото- и платиносодержащихъ розсыпей является шурфовка. Изъ различныхъ видоизмѣненій этого способа шурфовка промораживаніемъ съ послѣдующей протайкой пользуется наибольшимъ распространеніемъ. Она состоитъ въ томъ, что шурфъ поздней осенью углубляется или, пользуясь специальнымъ выраженіемъ, „зарѣзывается“ до уровня почвенной воды и затѣмъ оставляется на болѣе или менѣе продолжительное время, пока борта и дно его не промерзнутъ отъ дѣйствія наступившихъ морозовъ. Когда толщина промерзшаго слоя окажется достаточной, на дно шурфа кладутъ дрова („пожогъ“) и зажигаютъ ихъ. Верхняя часть замерзшаго слоя отъ этого оттаиваетъ и рабочій легко снимаетъ ее. Послѣ этого шурфъ опять оставляютъ промерзнуть, и такъ попеременно, то промораживая, то оттаивая, добиваются шурфъ до почвы. Такимъ образомъ, способъ этотъ при шурфовкѣ, даже въ самыхъ обильныхъ водою долинахъ, даетъ возможность обходиться безъ всякаго водоотлива, т. е. является самымъ простымъ, самымъ дешевымъ и рациональнымъ способомъ работы. Но это справедливо только при извѣстныхъ условіяхъ, а именно:

Успѣшное примѣненіе промораживанія возможно только въ мѣстахъ, обладающихъ суровыми зимами, съ средней мѣсячной температурой около -25° Ц. Предполагая, что въ теченіе мѣсяца шурфъ замораживается 4 раза и что каждый разъ при этомъ углубляется на 2 четверти (0,356 м.), найдемъ, что средняя быстрота углубленія шурфа въ мѣсяць — около 8 четвертей (1,422 м.). При четырехъ зимнихъ мѣсяцахъ съ указаннымъ среднимъ минимумомъ температуры, т. е. съ ноября по мартъ, возможно, слѣдовательно, пройти промораживаніемъ 32 четверти (5,69 м.). Это—при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ, какъ отсутствіе наледей, оттепелей, метелей и т. д. Прибавивъ сюда среднюю величину зарѣзки—8 четвертей (1,422 м.), получимъ среднюю глубину шурфа, который можно пробить

промораживаніемъ,—40 четвертей (7,112 м.). Въ мѣстахъ съ болѣе мягкимъ климатомъ при трехъ только рабочихъ зимнихъ мѣсяцахъ глубина шурфа уже будетъ только 32 четверти (5,69 м.) и т. д. Такимъ образомъ, суровыя, продолжительныя зимы и незначительная глубина залеганія розсыпи — вотъ тѣ два условія, при которыхъ примѣненіе промораживанія является раціональнымъ. Правда, въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, напримѣръ, въ Ленскомъ округѣ, промораживаніемъ углубляютъ шурфы до глубины 120 четвертей (21,336 м.). Но добивка шурфа здѣсь затягивается на 2—3 года, требуетъ устройства въ шурфѣ искусственной тяги воздуха, нуждается въ особыхъ способахъ предохраненія шурфа отъ возможности протайки въ теплое лѣтнее время, и вообще самая работа чрезвычайно усложняется и удорожается. Въ связи съ этимъ ничтожная успѣшность такой работы, гдѣ болѣе 90% шурфовъ являются недобитыми, дѣлаетъ выгоды примѣненія промораживанія въ значительной степени гадательными. Въ большинствѣ же случаевъ мы видимъ, что какъ только глубина долинныхъ шурфовъ начинаетъ превышать 40—50 четвертей (7,112 м.—8,89 м.), на прискоковыхъ планахъ появляются иногда сплошныя линіи изъ черныхъ кружковъ, обозначающихъ недобитые шурфы, и количество ихъ съ каждымъ годомъ увеличивается, не прибавляя ничего къ свѣдѣніямъ о площади, которая такъ и остается невыясненной. Въ случаяхъ крайней необходимости прибѣгаютъ къ водоотливу, который цѣною значительныхъ затратъ приводитъ къ цѣли, давая нѣсколько добитыхъ шурфовъ. При этомъ, такъ какъ въ золотомъ дѣлѣ, что касается Восточной Сибири, дальше ручныхъ насосовъ и пульзометровъ въ водоотливѣ не идутъ, то процентъ недобитыхъ и этимъ способомъ шурфовъ въ долинахъ, богатыхъ водою, такъ же великъ, не говоря уже о громадной ихъ стоимости.

Въ поисковыхъ партіяхъ, гдѣ средства передвиженія въ большинствѣ случаевъ исключаютъ возможность примѣненія рутинныхъ тяжелыхъ водоотливныхъ приборовъ—котловъ и пульзометровъ и потому принуждаютъ ограничиваться ручными помпами,—способъ промораживанія является единственнымъ способомъ работы. Поэтому открытіе болѣе глубокихъ розсыпей составляетъ для нихъ невыполнимую задачу, кромѣ тѣхъ рѣдкихъ случаевъ, когда долина почти не имѣетъ воды или розсыпь лежитъ на увалѣ. Самое пользованіе этимъ способомъ лишаетъ партію ея подвижности, приурочиваетъ работы къ опредѣленному зимнему періоду, заставляетъ, въ силу необходимости, ограничиваться только нѣсколькими лежащими въ близкомъ разстояніи—не далѣе 40 верстъ—рѣчными долинами. При этомъ результатъ поисковъ выясняется къ концу зимы, когда начало новыхъ работъ становится до слѣдующей зимы невозможнымъ. Такимъ образомъ, когда результатъ этотъ сомнителенъ, нуждается въ повѣркѣ, хотя бы двумя-тремя шурфами, приходится все-таки бросать дѣло въ его невырѣшенномъ состояніи или на цѣлый годъ растягивать работы.

Выясненныя неудобства примѣненія промораживанія заставляютъ искать другого способа развѣдки, который, давая одинаково возможность избѣгнуть водоотлива, въ то-же время являлся бы пригоднымъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ промораживаніе оказывается несостоятельнымъ, т. е. позволялъ бы изслѣдовать долины на большую глубину въ любое время года.

Такимъ способомъ является буреніе; способъ, конечно, не новый, но, къ сожалѣнію, до сихъ поръ—вслѣдствіе какого-то мало понятнаго и ни на чемъ не основаннаго предубѣжденія—мало испытанный по отношенію къ золотому дѣлу. Какъ и всякій другой способъ, буреніе отнюдь не имѣетъ универсальнаго характера и пригодно только въ своихъ специальныхъ условіяхъ. Такъ, при детальной развѣдкѣ неглубокой розсыпи въ мѣстности съ достаточно суровымъ климатомъ нѣтъ нужды затрачиваться на покупку нѣсколькихъ комплектовъ буровыхъ приборовъ, когда та же цѣль можетъ быть достигнута шурфовкой съ помощью промораживанія. Точно такъ же нѣтъ нужды бурить въ вѣчной мерзлотѣ, когда ее можно легко пройти шурфомъ и пожогами. Но, съ другой стороны, нераціонально громоздить при глубокихъ розсыпяхъ котлы и пульзометры, или растягивать на 3 года работу и тратить громадныя деньги на недобитые шурфы, когда эту же розсыпь можно гораздо успѣшнѣе и дешевле развѣдать буреніемъ и т. д. Вообще, всякій способъ хорошъ на своемъ мѣстѣ, и буреніе есть такой же законный способъ развѣдки золотыхъ розсыпей, какъ и шурфовка.

Въ распоряженіи моемъ имѣются нѣкоторыя данныя по этому вопросу, которыя являются результатомъ моего практическаго опыта въ этомъ дѣлѣ. Такъ какъ въ литературѣ свѣдѣнія о развѣдкѣ буреніемъ золотыхъ розсыпей почти совершенно отсутствуютъ, то полагаю, что мои данныя представляютъ нѣкоторый интересъ для лицъ, интересующихся развитіемъ золотого дѣла.

Въ бытность мою на Амгунскихъ золотыхъ промыслахъ, въ качествѣ инженера Компаніи, мною, при повѣркѣ амбара при механической мастерской, среди разнаго рода приборовъ, найденъ былъ комплектъ бурового инструмента, кѣмъ-то ранѣе выписанный и до того времени остававшійся безъ употребленія.

Между тѣмъ, примѣненіе буровыхъ работъ при развѣдкахъ, хотя бы пока съ цѣлью испытанія этого способа, являлось настоятельно необходимымъ.

По мѣрѣ продолженія работъ Компаніи, которыя идутъ сверху внизъ, веденіе развѣдочныхъ работъ, которыя должны выяснять лежащіе ниже по теченію запасы золота, становится все болѣе и болѣе затруднительнымъ. Розсыпь дѣлается все глубже, а вмѣстѣ съ тѣмъ и добычка шурфовъ промораживаніемъ представляетъ все болѣе тяжелую задачу. Въ то-же время примѣненіе водоотлива, вслѣдствіе обилія воды въ долинахъ,

является, при громадной ширинѣ послѣдней и значительномъ поэтому количествѣ шурфовъ, весьма дорогимъ и недостигающимъ вполнѣ своей цѣли, такъ какъ даетъ возможность добыть только часть шурфовъ, но далеко не всѣ. Кромѣ того, въ числѣ запасныхъ площадей Компаніи имѣлась одна площадь по рч. К., которая, благодаря глубокому залеганію наносовъ, оставалась совершенно невыясненной. Между тѣмъ, присутствіе весьма богатаго золота по прилегающему къ этой площади боковому ключу давало основаніе встрѣтить продолженіе этой розсыпи и на ней. Изъ выбитыхъ здѣсь шурфовъ всего однимъ былъ встрѣченъ золотоносный пластъ, но и этотъ шурфъ, несмотря на примѣненіе большихъ пульзометровъ, остался не добытымъ, вслѣдствіе сильнаго притока воды. Такимъ образомъ, для работы буреніемъ предстояло обширное поле. Со стороны породъ также не могло представиться значительныхъ препятствій для буренія. Пріиски Компаніи расположены въ районѣ распространенія хлоритовыхъ, слюдяныхъ, глинистыхъ и глинисто-углистыхъ сланцевъ, не отличающихся особенной твердостью. Изъ этихъ сланцевъ состоитъ вся галька розсыпи и лишь въ видѣ ничтожнаго процента попадаетъ въ ней галька массивно-кристаллическихъ, преимущественно зелено-каменныхъ породъ. Валуны въ розсыпи встрѣчаются довольно рѣдко и распределены неравномѣрно. Они состоятъ исключительно изъ глыбъ кварца, иногда довольно значительной величины; мелкіе же куски кварца, наоборотъ, составляютъ почти обыкновенную примѣсь въ галькѣ. Золотоносный пластъ значительно плотнѣе торфовъ; онъ представляетъ собою плотный сланцевый „ребровикъ“ съ обильной примазкой, переходящій постепенно въ крѣпкій неизмѣненный сланецъ.

Какъ видно изъ этого описанія, только нижнія четверти пласта и кварцевые валуны съ крупной кварцевой галькой могли представить значительное сопротивленіе при буреніи; остальные же породы должны были проходить сравнительно легко.

Буровой приборъ состоялъ изъ 6 обсадныхъ трубъ, съ наружными муфтами діаметромъ въ 8 дюймовъ (0,203 м.), двухъ зубчатыхъ башмаковъ къ трубамъ, двухъ простыхъ долотъ съ прямымъ лезвіемъ, длинной ложки съ клапаномъ, ударной клапанной желонки, пирамидальнаго эксцентреннаго бура, десяти трубчатыхъ штангъ съ винтовыми наружными муфтами, верхняка, клещей для заворачиванія штангъ, нажимного хомута для нихъ-же и двухъ болтовъ. Съ этимъ приборомъ, дополненнымъ нѣсколькими необходимыми предметами, начато было буреніе. Для первоначальныхъ опытовъ оно было поставлено на шурфѣ, недавно заданномъ на Рождественскомъ пріискѣ.

Находясь рядомъ съ богатымъ добытымъ уже шурфомъ, шурфъ этотъ давалъ поводъ надѣяться встрѣтить въ немъ золото. Кромѣ того, неглубокое залеганіе здѣсь розсыпи позволяло потомъ, по окончаніи буренія, добыть его съ цѣлью провѣрки ручными работами, несмотря на

сравнительно позднее уже время (конецъ февраля). Въ этомъ шурфѣ было пройдено пять скважинъ: одна въ центрѣ и четыре по угламъ. Затѣмъ шурфъ добить былъ промораживаніемъ и взяты были пробы. Къ сожалѣнію, шурфъ оказался со знаковымъ золотомъ, а потому и опытъ не могъ имѣть того значенія, какое было бы за нимъ, если бы въ немъ оказалось вѣсовое золото.

Тѣмъ не менѣе, я привожу здѣсь сравнительные результаты этого опыта.

Глубина въ четвертяхъ.	Шурфъ.	С К В А Ж И Н Ы.				
		№ 1 центр.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 5.
		С р е д н е е с о д е р ж а н і е.				
10	знаки.	знаки.	слаб. знаки.	40 долей.	слаб. знаки.	сл. зн.
11	знаки.	знаки.	слаб. знаки.	40 долей.	20 долей.	16 долей.
12	пусто.	слаб. знаки.	слаб. знаки.	знаки.	знаки.	сл. зн.
13	пусто.	слаб. знаки.	слаб. знаки.	пусто.	знаки.	сл. зн.
14	знаки.	слаб. знаки.	20 долей.	знаки.	пусто.	сл. зн.
15	пусто.	пусто.	слаб. знаки.	пусто.	слаб. знаки.	сл. зн.
16	пусто.	пусто.	слаб. знаки.	слаб. знаки.	слаб. знаки.	сл. зн.
17	знаки.	слаб. знаки.	слаб. знаки.	пусто.	пусто.	сл. зн.

Изъ этихъ результатовъ видно, что разница между показаніями скважинъ не болѣе той, какую даютъ пробы, взятые съ одной четверти, но съ разныхъ угловъ шурфа, и что результатъ средней центральной скважины № 1 весьма близко подходитъ къ результату ручной работы (шурфа).

Послѣ этого буреніе продолжалось сначала на Рождественскомъ, а затѣмъ на Еленинскомъ пріискѣ, гдѣ оно было примѣнено для добивки затопленныхъ и недобитыхъ шурфовъ, а потомъ на рч. К—ѣ, гдѣ оно имѣло уже самостоятельный развѣдочный характеръ.

Изъ всѣхъ скважинъ, пройденныхъ буреніемъ, для насъ особенный интересъ представляютъ тѣ, которыми встрѣчено было золото, и именно по слѣдующей причинѣ. Существуетъ мнѣніе, что, при буреніи въ золотыхъ розсыпяхъ, золото, вълѣдствіе ударовъ, благодаря своему значительному удѣльному вѣсу, будетъ осѣдать внизъ и, такимъ образомъ, обогащать нижнія четверти за счетъ верхнихъ, попадая затѣмъ изъ пласта въ почву, содержащую только знаки и даже пустую, покажетъ и ее золотоносной, и этимъ путемъ увеличитъ толщину пласта. Такимъ образомъ,

согласно этому мнѣнію, первыя верхнія четверти должны при буреніи получаться обѣдненными, нижнія обогащенными, а самый пласть значительно толще, чѣмъ это есть въ дѣйствительности. Чтобы судить, насколько это справедливо, я прилагаю таблицу, въ которой выписаны четверти съ золотомъ изъ оказавшихся золотоносными скважинъ. Первыя три изъ нихъ принадлежатъ двумъ линіямъ Рождественскаго пріиска, остальные данныя относятся къ одной линіи Еленинскаго пріиска.

№ 1.		№ 2.		№ 3.		№ 4.		№ 5.		№ 6.		№ 7.		№ 8.		№ 9.		№ 10.	
Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.	Глубина.	Среднее содержаніе.
23	зн.	20	пусто.	20	зн.	46	зн.	42	пусто.	43	зн.	45	зн.	47	зн.	52	зн.	52	зн.
24	80	21	60	21	40	47	18	43	72	44	16	46	232	48	50	53	16	53	236
25	20	22	40	22	зн.	48	25	44	64	45	88	47	200	49	150	54	24	54	225
26	зн.	23	100	23	зн.	49	зн.	45	16	46	384	48	48	50	156	55	80	55	24
27	зн.	24	40	24	пусто.	50	пусто.	46	40	47	80	49	72	51	32	56	148	56	32
28	зн.	25	20	—	—	—	—	47	24	48	32	50	16	52	12	57	80	57	зн.
—	—	26	зн.	—	—	—	—	48	зн.	49	88	51	32	53	18	58	24	58	зн.
—	—	—	—	—	—	—	—	49	зн.	50	зн.	52	зн.	54	зн.	59	зн.	59	пусто
—	—	—	—	—	—	—	—	50	пусто.	51	зн.	53	зн.	55	пусто	60	зн.	60	пусто.
—	—	—	—	—	—	—	—	51	пусто.	52	пусто.	54	п.	—	—	—	—	—	— *)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53	пусто.	—	—	—	—	—	—	—	—

По счастливой случайности, здѣсь скважины перемежались съ добитыми въ ручную шурфами. Поэтому, чтобы дать возможность сдѣлать сравнительные выводы, я въ число этихъ 7 графъ таблицы ввелъ на ряду съ данными скважинъ также и данныя промежуточныхъ шурфовъ. Такимъ образомъ, въ этихъ семи графахъ заключается разрѣзъ розсыпи по этой одной линіи. Какъ видимъ, при взглядѣ на таблицу, даже при самомъ подробномъ ея анализѣ, не замѣчается никакой разницы въ результатахъ; всѣ они находятся въ полнѣйшемъ соотвѣтствіи другъ съ другомъ, и отличить безъ указанія, какіе изъ нихъ принадлежатъ шурфамъ и какіе

¹⁾ Глубина въ таблицѣ показана въ четвертяхъ. а среднее содержаніе — въ доляхъ. №№ 8 и 10—принадлежатъ шурфамъ.

получены бурениемъ, является невозможнымъ. На этомъ основаніи можно утверждать, что приведенное выше мнѣніе, въ своемъ категорическомъ утвержденіи, въ значительной степени несправедливо. Скважины даютъ такіе же вѣрные результаты, какъ и шурфы, и переносъ золота изъ одной четверти въ другую—нижнюю, хотя и возможенъ, но въ такихъ же размѣрахъ, какъ это наблюдается въ шурфахъ, пробиваемыхъ съ помощью водоотлива. Равнымъ образомъ, не совсѣмъ справедливо и опасеніе, что при буреніи золото со стѣнокъ скважины будетъ обмываться и, падая на дно скважины, а оттуда поднимаемое наверхъ, будетъ увеличивать вѣсъ пробы. Дѣйствительно, нельзя оспаривать, что въ пластѣ безсвязномъ или малосвязномъ (что, кстати, бываетъ очень рѣдко) означенное явленіе можетъ отчасти имѣть мѣсто. Что же касается до пластовъ связныхъ, мясниковатыхъ, съ большимъ количествомъ „примазки“ (глины) въ которой золото является запутаннымъ, то тамъ, если это явленіе и бываетъ, то совершенно въ незначительномъ размѣрѣ. Кромѣ того, увеличеніе вѣса пробы здѣсь вполне уравнивается неизбѣжной потерей золота, которое съ частицами глины увлекается съ долотомъ, пристаётъ къ обсаднымъ трубамъ и штангамъ и, такимъ образомъ, теряется. Даже и въ случаѣ легко размываемаго пласта возможность обогащенія пробы отнюдь не служить доказательствомъ того, что буреніе для развѣдокъ розсыпей не примѣнимо. Всякому практику, бывавшему на промыслахъ, извѣстно, что и шурфы, въ большинствѣ случаевъ, не даютъ истиннаго содержанія золота въ розсыпи, а лишь приблизительное, показывая его обыкновенно меньше дѣйствительнаго, а иногда и больше (при гнѣздовомъ характерѣ розсыпи). И, тѣмъ не менѣе, никто на основаніи этого не говоритъ о непригодности шурфовъ для развѣдки. Точно такъ же нельзя говорить и о непригодности буренія для малосвязныхъ пластовъ. Въ дѣйствительности глубина размыванія стѣнокъ скважины, откуда золото можетъ скатываться въ скважину, очень не велика и зависитъ всецѣло отъ рода примѣняемыхъ для буренія инструментовъ. При надлежащемъ устройствѣ послѣднихъ (о чемъ будетъ сказано ниже), она можетъ быть принята въ среднемъ $1-1\frac{1}{2}$ дюйма (25—38 мм.), и потому, если при скважинѣ въ 8" (0,203 м.) вѣсъ породы для подсчета содержанія принять такой, какъ для скважины въ 10" (0,254 м.), то полученное содержаніе будетъ близко къ дѣйствительности. Другими словами, такъ же, какъ и для шурфовъ, возможно для скважинъ въ каждой мѣстности опредѣлить тотъ практическій коэффициентъ, на который надо помножить данныя скважины, чтобы получить истинные результаты. Но при этомъ необходимо употреблять для буренія на розсыпное золото и особые, специально для этой цѣли устроенные приборы, какъ объ этомъ было сейчасъ указано. Между тѣмъ, изъ приведеннаго выше перечня бурового инструмента, высланнаго въ тайгу въ качествѣ специально припоровленнаго для буренія золотыхъ розсыпей, мы видимъ, что въ дѣйствительности

ни одного спеціального прибора въ немъ нѣтъ. По своему составу онъ съ такимъ же правомъ могъ быть названъ сельско-хозяйственнымъ буромъ, буромъ для артезіанскихъ колодцевъ и вообще для всякой другой цѣли. Мало того, какъ увидимъ ниже, онъ даже совершенно непримѣнимъ къ буренію на золото. Въ немъ мы встрѣчаемъ такія составныя части, какъ длинная, открытая сверху ложка, ударная желонка, пирамидальный буръ, которые способны вполне и всецѣло подтвердить тѣ опасенія, которыя нами только что были приведены. Такая непригодность приборовъ, которые въ другихъ случаяхъ даютъ прекрасные результаты, непригодность, выяснившаяся уже съ первыхъ дней работы и заставившая избѣгать ихъ, объясняется всецѣло особыми задачами при буреніи въ золотыхъ розсыпяхъ, съ которыми должны считаться буровые приборы, чтобы на результаты буренія можно было положиться.

Буреніе на розсыпное золото ведется въ толщахъ рѣчныхъ отложеній, состоящихъ изъ породъ обломочныхъ, не сцементированныхъ, рыхлыхъ, заключающихъ въ себѣ части самой разнообразной твердости. Предметомъ развѣдки служатъ не самыя породы, какъ во всѣхъ другихъ случаяхъ, а примѣсь къ породѣ (золото), ничтожная по количеству, по сравненію съ породой, и распредѣленная въ ней отдѣльными мельчайшими зернами. Тогда какъ въ остальныхъ случаяхъ буренія достаточно получить одинъ небольшой обломокъ, чтобы составить понятіе о проходимой породѣ и ея мощности, чѣмъ собственно и достигается цѣль буренія,—здѣсь потеря части породы влечетъ за собой и потерю заключеннаго въ ней золота; здѣсь цѣль — это собрать и взвѣсить, по возможности, все золото, заключающееся только въ томъ столбикѣ породы, который дается скважиной, чтобы на основаніи вѣса этого золота и теоретическаго вѣса столбика породы получить дѣйствительное содержаніе въ ней золота. Поэтому всякіе обвалы со стѣнокъ скважины, хотя бы и незначительные, всякое сильное обмываніе стѣнокъ, взмучиваніе и взбалтываніе породы—все это, не имѣющее ни малѣйшаго значенія при другихъ родахъ буренія, здѣсь можетъ такъ или иначе измѣнить опредѣленіе истиннаго содержанія золота, и въ силу этого должно быть избѣгаемо. Такимъ образомъ, разница между буреніемъ на розсыпное золото и другими родами буренія такая же, какъ между качественнымъ и количественномъ анализомъ въ химіи. Я не подразумеваю здѣсь, конечно, буренія съ полученіемъ столбиковъ породы, которое по точности приближается къ идеалу. Къ сожалѣнію, оно не примѣнимо къ рыхлымъ наносамъ розсыпей и потому въ сравненіе идти не можетъ.

Изъ этихъ особыхъ условій буренія слѣдуетъ, что наиболѣе подходящимъ типомъ для золотыхъ розсыпей является вращательное буреніе, при которомъ порода, ничѣмъ предварительно не деформированная, прямо со дна скважины поступаетъ въ буровой приборъ (ложку) и въ немъ поднимается на поверхность. Но способъ этотъ требуетъ весьма мягкихъ

породъ и потому въ чистомъ своемъ видѣ можетъ быть примѣненъ только при прохожденіи верхняго горизонта розсыпей, т. е. слагающихъ его слоевъ чистаго ила, глины, песка, эфеля. Слои съ примѣсью щебня или гальки, слои рѣчниковъ, чистыхъ и съ валунами, уже не могутъ быть пройдены такимъ способомъ. Они должны быть предварительно подготовлены, т. е. раздроблены, для чего необходимо прибѣгнуть къ ударному буренію. Во избѣжаніе возможности обваловъ со стѣнокъ скважины и смыванія съ нихъ золота, скважина должна закрѣпляться по мѣрѣ ея прохожденія, и, чтобы свести эту возможность до минимума, обсадныя трубы должны слѣдовать за забоемъ въ весьма близкомъ отъ него разстояніи. По этой же причинѣ, т. е. въ виду размыванія стѣнокъ, какъ прямая, такъ и обратная промывка скважины водою являются нежелательными, тѣмъ болѣе, что крупныя золотины (самородки) могутъ при этомъ способѣ остаться на днѣ скважины.

Обращаясь къ буровымъ инструментамъ, мы должны исключить тѣ изъ нихъ, которые не удовлетворяютъ вышеприведеннымъ условіямъ. Таковы, напримѣръ:

1) Ударныя желонки съ клапаномъ. При слѣдующихъ быстро другъ за другомъ переменныхъ подъемѣ и опусканіи желонки, занимающей почти все сѣченіе обсадной трубы, вода въ скважинѣ то внезапно выталкивается кверху, то быстро спадаетъ внизъ, при чемъ сильнѣйшимъ образомъ обмываетъ стѣнки скважины. Кромѣ того, вода въ то же время просачивается или какъ бы фильтруется и черезъ породу, захваченную желонкой, и, благодаря этому, при паденіи послѣдней, матеріалъ, заключенный въ желонкѣ, испытываетъ такое же дѣйствіе, какъ если бы онъ находился на отсадочномъ гарцевскомъ рѣшетѣ, т. е. онъ сортируется по плотности, и частицы золота, какъ болѣе тяжелыя, осѣдаютъ внизъ и черезъ щели у клапана падаютъ обратно на дно скважины.

2) Ложки съ боковой продольной щелью и открытые разнаго рода рѣзакъ и спиральныя буры, въ которыхъ порода при подъемѣ можетъ обмываться водою скважины.

3) Пирамидальный буръ, который служитъ при прохожденіи породъ съ валунами и галькой. Принципъ его дѣйствія, какъ извѣстно, состоитъ въ томъ, что онъ расталкиваетъ, отодвигаетъ гальку, вдавливая ее въ рыхлыя стѣнки скважины и этимъ очищаетъ проходъ для обсадной трубы. Естественно, что вмѣстѣ съ галькой будетъ вдавливаться и порода, и частицы золота, и, такимъ образомъ, содержаніе въ скважинѣ золота окажется гораздо бѣднѣе, чѣмъ въ дѣйствительности.

4) Обыкновеннаго типа ложка съ шаровымъ или плоскимъ клапаномъ, равнымъ образомъ, даетъ весьма плохіе результаты. Въ золотыхъ розсыпяхъ пробы берутся съ каждой пройденной четверти (0,178 м.) глубины шурфа. Поэтому наибольшая высота, которую занимаетъ порода, взятая ложкой, является 6—7 вершковъ (0,267 м.—0,311 м.). Такъ какъ успѣш-

ность ударнаго буренія требуетъ, чтобы слой буровой грязи на днѣ скважины былъ, по возможности, меньше, то обыкновенно ложкой, на протяженіи одной четверти (0,178 м.), приходится дѣйствовать 2, а то и 3 раза, и, такимъ образомъ, нормальная толщина породы въ ложкѣ составляетъ 3—2 $\frac{1}{2}$ вершка (0,133 м.—0,111 м.) и даже меньше, такъ какъ часть породы остается на губѣ ложки. При этомъ закрываніе клапана, благодаря массѣ обломковъ въ породѣ, является чисто случайнымъ, и вслѣдствіе этого приходится наблюдать то-же явленіе, которое мы замѣтили для желонки, т. е. при незначительной толщинѣ породы въ ложкѣ и открытомъ клапанѣ при подъемѣ ложки происходитъ фильтрація воды черезъ породу, отсадка золота и паденіе его въ скважину. Кромѣ того, когда ложка поднялась надъ уровнемъ воды въ скважинѣ, то при высотѣ цилиндра ея въ 6 четвертей (1,067 м.) надъ 2 $\frac{1}{2}$ -вершковымъ (0,111 м.) слоемъ породы оказывается столбъ воды высотой въ 21 $\frac{1}{2}$ вершокъ (0,956 м.). Такъ какъ клапанъ открыть, то при малѣйшемъ рѣзкомъ движеніи и даже безъ этого вода своимъ вѣсомъ продавливаетъ породу и быстро выливается, обмывъ нижнюю часть ложки. Отъ бывшей въ ней пробы остается одно напоминаніе, въ видѣ небольшого комка, уцѣлѣвшаго за клапаномъ. Что это далеко не единичный случай, показываетъ слѣдующая таблица, представляющая сводку вѣса пробъ породы, полу-

	ВѢСЪ ПРОБЪ ПОРОДЫ.							И т о г о.
	2—8 ф.	8—12 ф.	12—16 ф.	16—20 ф.	16—24 ф.	24—28 ф.	28 ф. и выше.	
Число пробъ	6	13	33	25	16	10	15	118
Тоже въ % всего количества пробъ	5,2	11,0	28,0	21,2	13,5	8,5	12,6	100,0
Средній вѣсъ пробъ каждой категоріи	6 ф.	9 $\frac{1}{2}$ ф.	13 $\frac{1}{2}$ ф.	17 $\frac{3}{4}$ ф.	21 ф.	25 ф.	36 ф.	—

ченныхъ при буреніи этой ложкой. Всего съ помощью ея было пройдено 118 четвертей (20,980 м.) въ 11 скважинахъ. При діаметрѣ послѣднихъ въ 8" (0,203 м.), теоретическій вѣсъ столбика породы, высотой въ одну четверть (0,178 м.), составляетъ 28,3 фунта (11,57 к.), если принять вѣсъ кубической сажени (9,71 м.³) породы въ 1200 пудовъ (19.660 к.). Изъ таблицы мы видимъ, что въ 6 случаяхъ, а это составитъ 5,2% общаго

числа пробъ, послѣднія были почти цѣликомъ потеряны; въ 13 случаяхъ (11⁰/о) вѣсъ пробъ едва составлялъ $\frac{1}{3}$ теоретическаго вѣса и въ 33 случаяхъ (28⁰/о) составлялъ около половины. Все это — по указанной выше причинѣ — прорывы воды изъ ложки при ея подъемѣ. Такимъ образомъ, 52 пробы (44,2⁰/о) не могли дать никакихъ точныхъ указаній, въ смыслѣ возможности подсчитать содержаніе золота. Естественно, что это дѣлаетъ примѣненіе подобнаго типа ложки совершенно невозможнымъ. Кромѣ того, и очистка каждый разъ ложки отъ мелкихъ приставшихъ къ ней частицъ золота является чрезвычайно неудобной. Обмывъ тщательно надъ котломъ съ пробой нижнюю часть ложки, сполоснувъ снаружи и внутри цилиндръ ея, все-таки нельзя быть увѣреннымъ, что въ пространствѣ за клапаномъ, у его шарнира, не остались золотинки; извлечь же ихъ оттуда не представляется возможнымъ — рука туда не проходитъ. Въ виду всѣхъ этихъ недостатковъ мнѣ пришлось конструировать специальную ложку (фиг. 28—33, Табл. 1). Она состоитъ изъ цилиндрической верхней части (фиг. 28) и башмака (фиг. 29). Цилиндръ представляетъ собой отрѣзокъ трубы соотвѣтственно діаметру скважины. Длина цилиндра дѣлается такой, чтобы въ ложкѣ, считая и башмакъ ея, помѣстилось то максимальное количество породы, которое желаютъ забирать ложкой. Для золотыхъ розсыпей максимальная высота цилиндра будетъ 6 вершковъ (0,267 м.). Къ боковымъ стѣнкамъ цилиндра приклепана обойма (*a*, фиг. 28), которою ложка соединяется съ буровыми штангами. Сверху цилиндръ наглухо (герметически) закрытъ крышкой (*b*). Въ серединѣ ея сдѣлано отверстіе, въ которое ввинчено сдѣлаище воздушнаго пружиннаго клапана (*c*) съ регулирующей давленіе нажимной гайкой (*d*). Нажимъ клапана дѣлается настолько, чтобы при погруженіи ложки въ воду воздухъ черезъ него не выходилъ, т. е. клапанъ долженъ выдерживать какъ разъ давленіе столба воды, имѣющаго высоту, равную высотѣ цилиндра ложки. Къ нижней части цилиндра укрѣпляется посредствомъ штыковаго затвора башмакъ (фиг. 29). Съ этой цѣлью стѣнки цилиндра сдѣланы здѣсь тоньше и къ нимъ приклепаны четыре квадратныхъ выступа (*e*). Башмакъ состоитъ изъ цилиндрической части или кожуха (фиг. 32) и заключающихся въ немъ двойного рѣзака (фиг. 31) и направляющаго породу пера (фиг. 30). Кожухъ представляетъ отрѣзокъ трубы, который надѣвается на нижнюю часть ложки, для чего на верхнемъ краѣ его сдѣланы 4 вырѣза (*f*) для выступовъ (*e*) штыковаго затвора. Чтобы при нечаянномъ обратномъ поворотѣ ложки башмакъ не соскочилъ съ цилиндра, въ свободную часть одного изъ вырѣзовъ затвора, когда башмакъ одѣтъ, вкладывается прямоугольная пластинка (фиг. 33), которая винтомъ въ потайной головкѣ закрѣпляется къ стѣнкѣ цилиндра (*m*, фиг. 28). Въ нижней части кожуха (фиг. 32) сдѣланы съ противоположныхъ сторонъ два вырѣза по формѣ прямоугольныхъ треугольниковъ, основаніе которыхъ обнимаетъ каждое полукружность. Къ вертикальнымъ сторонамъ

вырѣзовъ укрѣпленъ двойной рѣзакъ башмака (фиг. 31). Рѣжущія кромки его—вертикальныя (*h*, фиг. 34) и горизонтальныя (*k*, фиг. 35) снабжены остріями, направленными по обѣимъ сторонамъ рѣзака въ противоположныя стороны. Посерединѣ горизонтальныя острія рѣзака переходятъ въ короткій винтъ (*l*). Къ горизонтальнымъ частямъ рѣзака приклепано направляющее породу перо (фиг. 30). Оно состоитъ изъ полосы тонкаго листового желѣза, свернутаго по винтовой линіи въ $1\frac{1}{2}$ оборота. Внизу перо разведено и приклепано къ рѣзаку. Весь башмакъ представляетъ какъ бы конецъ плотничьей центровки, на которую надѣта трубка съ вырѣзами внизу для прохода породы.

При опусканіи ложки въ скважину, въ цилиндрическую часть ея проникаетъ снизу вода, которая сжимаетъ находящійся въ ней воздухъ. При вращеніи затѣмъ ложки вода и часть воздуха вытѣсняются породой, которую забираетъ ложка со дна скважины. При этомъ клапанъ служитъ для того, чтобы избѣжать возрастанія давленія въ закрытой цилиндрической части ложки, которое при работѣ препятствовало бы поступанію породы въ ложку, а при подъемѣ ея могло бы вызвать обратное выталкиваніе породы изъ ложки силою расширяющагося воздуха.

Указанной конструкціей ложки я стремился, во-1-хъ, избѣжать указанной выше фильтраціи воды скважины черезъ слой породы, заключенной въ ложкѣ, при ея подъемѣ, а, слѣдовательно, избѣжать и возможности обѣднѣнія ея золотомъ, во-2-хъ, совершенно уничтожить возможность образованія въ ложкѣ надъ слоемъ породы столба воды, который могъ бы размывать породу, и въ-3-хъ, облегчить чистку ложки. Она здѣсь производится слѣдующимъ образомъ. Поднявъ изъ скважины ложку, отнимаютъ предохранительную пластинку и однимъ поворотомъ снимаютъ башмакъ съ породой, которая и отмывается въ котлѣ. Затѣмъ, сполоснувъ подъ котломъ цилиндръ ложки, надѣваютъ и закрѣпляютъ вновь башмакъ. Такъ какъ всѣ части ложки легко доступны рукой и видны на глазъ, то отмывка производится самымъ совершеннымъ образомъ и при томъ быстро, задолживая всего 2—3 минуты времени.

Ложкой этой были пройдены мною всѣ скважины, за исключеніемъ 11 первыхъ. Средній вѣсъ породы съ четверти составилъ для нея $21\frac{1}{2}$ ф. (8,80 к.), а наименьшій вѣсъ никогда не спускался ниже 16 фунтовъ. Порода поднималась со дна шурфа не обмытая, а лишь влажная. Въ самой ложкѣ никогда не приходилось наблюдать присутствія воды.

Въ качествѣ долота при ударномъ буреніи наиболѣе пригодно простое долото съ прямымъ лезвіемъ (фиг. 20) или-же эксцентренное долото, но тоже съ прямымъ лезвіемъ (фиг. 21). Примѣненіе эксцентренныхъ долотъ съ ломанымъ или косымъ лезвіемъ, наиболѣе обыкновенныя формы

¹⁾ Ложка эта заявлена мною къ привилегіи (охранительное свидѣтельство за № 19746).

которыхъ изображены на фиг. 18 и 19, является нежелательнымъ. При долотѣ съ ломанымъ лезвіемъ (фиг. 18) дно скважины получаетъ форму опрокинутого конуса (фиг. 38), такъ что центръ скважины является самымъ низкимъ его мѣстомъ. Поэтому при такомъ долотѣ золото должно скопляться въ этомъ срединномъ углубленіи; сюда же при ударахъ бура будетъ попадать и золото, смытое со стѣнокъ скважины. Въ мѣстѣ съ остальнымъ оно будетъ захвачено ложкой и покажетъ, слѣдовательно, болѣе высокое содержаніе, чѣмъ оно есть въ дѣйствительности. Наоборотъ, при долотѣ съ косымъ лезвіемъ (фиг. 19) дно скважины получаетъ видъ прямого конуса (фиг. 22), въ которомъ самымъ глубокимъ мѣстомъ являются края скважины, т. е. то мѣсто ея, куда дѣйствіе ложки не достигаетъ. Последняя, имѣя діаметръ меньшій діаметра обсадной трубы, не можетъ касаться расширенныхъ стѣнокъ скважины и достать запавшее туда золото; поэтому содержаніе пробы при этомъ долотѣ будетъ меньше истиннаго. Прямое долото не имѣетъ указанныхъ недостатковъ. Такъ какъ дно скважины ровное, то золотишки не скатываются, а остаются на томъ мѣстѣ, гдѣ были; одинаково и смытое со стѣнокъ золото остается у краевъ скважины, а, слѣдовательно, и содержаніе пробы болѣе всего приближается къ дѣйствительному.

Простое долото имѣетъ то неудобство, что при немъ опусканіе обсадныхъ трубъ въ рѣчниковатыхъ и валунныхъ породахъ представляетъ значительныя затрудненія и требуетъ иногда много времени. При моихъ работахъ это опусканіе производилось путемъ вращенія трубы съ помощью хомута (фиг. 51, Табл. II), при чемъ хомутъ былъ тяжело нагруженъ. Зубья башмака трубы крошили уступъ стѣнокъ, и труба подъ давленіемъ нагрузки при вращеніи опускалась. При этомъ способѣ зубья башмака быстро изнашивались, такъ что почти черезъ каждыя 10 саж. прохода приходилось смѣнять башмакъ и отправлять въ механическую для нарѣзки зубьевъ. Примѣненіе эксцентреннаго долота можетъ облегчить эту работу, хотя самое буреніе съ эксцентреннымъ долотомъ идетъ медленнѣе, чѣмъ съ простымъ. Въ мѣсто эксцентреннаго долота можно примѣнить и расширитель, пользуясь имъ только при проходѣ крѣпкихъ рѣчниковатыхъ породъ. Мягкія породы, каковы: плъ, глина, песокъ и эфель, не нуждаются въ особыхъ приборахъ для расширенія скважины, такъ какъ въ нихъ трубы при вращеніи легко опускаются. При выборѣ типа расширителя необходимо обратить вниманіе на то, что обсадныя трубы здѣсь должны близко слѣдовать за забоемъ, по причинѣ, о которой было сказано выше. Наибольшее разстояніе между ними и дномъ скважины не должно допускать выше 6 вершковъ (0,267 м.). При такомъ маломъ разстояніи примѣненіе расширителей, дѣйствующихъ паденіемъ, является уже затруднительнымъ. Кромѣ того, самая работа такого расширителя повлечетъ за собой обильное паденіе гальки со стѣнокъ скважины на ея дно и деформацию стѣнокъ. Какъ то, такъ и другое нежелательно въ интересахъ

полученія вѣрныхъ пробъ. Болѣе пригоднымъ типомъ являются вращательные расширители. Работая медленно, безъ рѣзкихъ ударовъ, они не такъ деформируютъ стѣнки скважины; наоборотъ, при рациональной формѣ лезвія, они, расширяя скважину, какъ бы сглаживаютъ затѣмъ ея стѣнки, фиг. 39 и 42 представляютъ подобный расширитель ¹⁾. Онъ состоитъ изъ вилки (а), которая соединяется съ буровыми штангами. Въ вилкѣ около болта (b) вращаются двѣ лопасти (c) расширителя. Въ серединѣ между ними находится пружина (d), закрѣпленная у болта (e). Нажимая на нижніе концы лопастей, она заставляетъ ихъ разойтись до предѣла, дозволяемого вилкой и соотвѣтствующаго той величинѣ расширения скважины, которую желаютъ получить. Благодаря своимъ закругленнымъ лопастямъ, приборъ можетъ быть свободно поднять обратно изъ скважины.

Фиг. 45 показываетъ видъ лопастей другого расширителя, конструкція котораго аналогична съ упоминаемымъ ниже крюкомъ для вытаскиванія обсадныхъ трубъ, изображеннымъ на фиг. 37. Онъ состоитъ изъ вилки (а), въ серединѣ которой находятся четыре стержня (b, c), соединенные между собою на шарнирахъ и образующіе вмѣстѣ фигуру ромба. Нижніе два стержня (c) продолжены и образуютъ собою лопасти или рѣзакъ (d, фиг. 45) расширителя. Болтомъ (e), образующимъ нижній шарниръ, расширитель соединяется съ вилкой (а). Болтъ верхняго шарнира (f) продолженъ въ обѣ стороны и своими концами ходитъ въ прорѣзахъ (g, фиг. 36), сдѣланныхъ съ обоихъ боковъ вилки. Нижний конецъ прорѣзовъ сдѣланъ на такой высотѣ, что, когда болтъ доходитъ до него, лопасти расширителя расходятся настолько, что описываемая ими окружность равна наружному размѣру башмака обсадной трубы. Послѣ этого дальнѣйшее расхождение лопастей становится уже невозможнымъ. На болтъ (f) верхняго шарнира насажено сѣдалище (h) сильной спиральной пружины (k), которая другимъ своимъ концомъ упирается въ перегородку (l) между сторонами вилки. Чтобы пружина не могла выскочить, внутри ея имѣется середышъ (m), который однимъ концомъ проходитъ черезъ направляющее отверстіе упомянутой перегородки (l), а другимъ закрѣпленъ къ сѣдалищу (h). Благодаря дѣйствію пружины, лопасти расширителя находятся постоянно въ раздвинутомъ состояніи. При опусканіи прибора лопасти его сжимаютъ настолько, чтобы онъ вошелъ въ обсадную трубу. Обратное вытаскиваніе его не представляетъ никакихъ затрудненій, такъ какъ, благодаря закругленнымъ верхнимъ частямъ лопастей, приборъ при подъемѣ самъ складывается. Наболѣе удобная форма острія лопастей расширителя это—изображенная на фиг. 47. Полезное дѣйствіе расширителя, даже при затупленіи такого острія, все-таки не прекращается, такъ какъ, благодаря рыхлости породы, онъ все-таки будетъ сбивать гальку со стѣнокъ и расширять скважину, а, заканчивая расширение, будетъ

¹⁾ Описанъ у Degousée et Laurent (fig. 8, 9, pl. XII).

только уже сглаживать ея стѣнки, скользя по слабо выступающимъ галькамъ и вдавливая ихъ обратно въ породу. При остромъ, направленномъ впередъ косо къ забою лезвіи расширитель вырывалъ бы гальку и не сглаживалъ, а разрушалъ бы стѣнки скважины.

Во избѣжаніе сильнаго тренія при извлеченіи трубъ изъ скважины, края наружныхъ муфтъ ихъ должны быть, по возможности скошены и закруглены. То же относится и до башмака. Упомяну объ этомъ потому, что въ имѣвшемся въ моемъ распоряженіи буровомъ приборѣ башмакъ, навинченный на трубу, образовалъ рѣзкій выступъ, который сначала, пока не былъ обрубленъ, очень затруднялъ вытаскиваніе трубъ, особенно изъ скважинъ съ прослойками мерзлоты.

Вытаскиваніе обсадныхъ трубъ изъ скважины обыкновенно производится, захватывая прямо трубу за верхнее звено. Въ особо затруднительныхъ случаяхъ, когда труба зацементирована въ скважинѣ своей нижней частью, является при этомъ опасность сорвать ее. Здѣсь оказывается полезнымъ приборъ, который позволяетъ захватить обсадную трубу снизу и этимъ укрѣпить ее. Конструкція его аналогична съ описаннымъ уже расширителемъ. Закругленные лопасти послѣдняго замѣнены здѣсь двумя лопастями (*n*, фиг. 37) со сдѣланными въ нихъ уступами (*o*), которыми приборъ захватываетъ снизу башмакъ. Уступы (фиг. 41 и 40) сдѣланы такой длины, чтобы они захватывали по нѣскольку зубцовъ башмака. При болѣе короткихъ уступахъ они будутъ заклиниваться между зубьями и неправильно работать. Чтобы въ случаѣ неудачи вытащить приборъ обратно изъ трубы, сдѣлано особое приспособленіе. Въ особыхъ выступахъ (*p*, фиг. 36) вилки на общемъ шарнирѣ (*r*) укрѣплены концы двухъ небольшихъ рычаговъ (*s*), охватывающихъ снаружи вилку. Въ рычагахъ сдѣланы прорѣзы (*t*), въ которые заходятъ концы верхняго шарнирнаго болта (*f*). Концы рычаговъ соединены перекладиной (*u*), за которую укрѣпленъ тонкій стальной тросъ (*x*), способный со значительнымъ запасомъ выдержать тяжесть всего прибора. Въ обыкновенномъ положеніи рычаги, сплюсн пружины (*k*), опущены книзу и лопасти прибора раздвинуты. Но, если поднимать приборъ за тросъ, то рычаги поднимутъ болтъ верхняго шарнира, сожмутъ пружину, лопасти прибора сойдутся и онъ легко пройдетъ въ обсадную трубу. Имѣя къ этому прибору запасныя лопасти (фиг. 45), возможно имъ пользоваться и въ качествѣ расширителя, при чемъ тросъ тогда является ненужнымъ и снимается, чтобы не мѣшалъ при вращеніи.

При буреніи на золото, производящемся безъ промывки скважинъ водою, нѣтъ настоящей нужды пользоваться только трубчатыми пустотѣльными штангами, а можно примѣнять и сплошныя желѣзныя штанги квадратнаго сѣченія. Фиг. 1 и 2 изображаютъ подобныя штанги—длинную и короткую. Какъ мы видимъ, у верхняго конца онѣ имѣютъ по двѣ пары заплечиковъ, изъ которыхъ нижніе (*a*) служатъ для поддержки

штангъ подкладной вилкой (фиг. 7, 8, 9) во время ихъ развинчиванія, тогда какъ за верхніе заплечики (*b*) подхватываютъ при подъемѣ штангъ подвѣсной скобой (фиг. 11, 12). Выше нарѣзки (*c*) винтового соединенія штанги имѣется цилиндрическая часть (*d*) безъ нарѣзки, назначеніе которой—служить направляющей при наворачиваніи муфты верхней штанги. На сторонѣ квадратныхъ штангъ, помимо болѣе легкаго обращенія съ ними, для чего достаточны простые ключи (фиг. 5, 17), находится еще то преимущество, что соединеніе подобныхъ штангъ можетъ быть исполнено несравненно прочнѣе, чѣмъ въ трубчатыхъ штангахъ. Въ послѣднихъ нарѣзка при незначительной толщинѣ стѣнокъ сильно ослабляетъ ихъ. При моихъ сравнительно непродолжительныхъ работахъ было шесть случаевъ только поломки трубчатыхъ штангъ у муфты, не говоря уже о случаяхъ расхлябыванія муфтъ, благодаря которымъ пришлось нарѣзку у всѣхъ штангъ и всѣ муфты сдѣлать заново. Такъ какъ подъ рукой была механическая, то это не представило особыхъ затрудненій, но если бы дѣло было въ тайгѣ, то пришлось бы бросить буреніе.

Само винтовое соединеніе не во всѣхъ мѣстахъ штанги является одинаково удобнымъ. Дѣло въ томъ, что собственно работа буренія состоитъ въ попеременной смѣнѣ или въ чередованіи ударнаго буренія съ вращательнымъ. Такъ какъ для того и другого служить одна штанга, то въ теченіе одного часа приходится не менѣе трехъ-четырехъ разъ смѣнять долото на ложку и обратно, т. е. четыре раза отвернуть и четыре раза повернуть буровой приборъ. Когда скважина уже достаточно углубилась, то отвинчиваніе и навинчиваніе бурового прибора на конецъ длинной висящей штанги, а равнымъ образомъ развинчиваніе и самой штанги на части при болѣе глубокомъ буреніи каждый разъ при ея подъемѣ и опусканіи—является неудобнымъ, а потому мѣшкотнымъ, и всегда сопряжено при дѣйствіи съ длинными штангами съ опасностью свернуть рѣзьбу. Въ виду этого, для тѣхъ сочлененій, которыя приходится часто разнимать, я примѣнилъ особые конусныя соединенія (фиг. 6), состоящія изъ двухъ половинъ. Одна изъ нихъ (*a*) представляетъ собою конусъ, а другая (*b*) муфту, въ которую этотъ конусъ входитъ. Обѣ половины соединяются съ помощью клина (*c*) въ видѣ пологого конуса. Конецъ клина снабженъ винтомъ, гайкой котораго клинъ затягивается натуго. Обѣ половины соединенія имѣютъ соотвѣтствующую нарѣзку для навинчиванія на концы штангъ, при чемъ нижняя половина (*a*) наворачивается всегда на верхній конецъ штанги, а верхняя (*b*) на нижній. Соединеніе это примѣняется при длинныхъ штангахъ глубокихъ скважинъ въ тѣхъ мѣстахъ штангъ, гдѣ ихъ приходится разнимать при подъемѣ изъ скважины, и, кромѣ того, верхняя половина (*b*) соединенія съ самаго начала буренія уже наворачивалась на нижній конецъ штанги, гдѣ она служила для постоянно смѣняемыхъ одинъ на другой буровыхъ приборовъ—долота, ложки, расширителя и т. п. При этомъ гораздо удобнѣе, когда послѣдніе

всѣ уже сразу сдѣланы съ соединительнымъ конусомъ, такъ что не нуждаются въ нижнихъ половинахъ клиноваго замка. Такъ какъ каждый изъ этихъ приборовъ работаетъ не долго—10—20 минутъ, то нѣтъ основанія опасаться, что гайка клина за это время отпуститъ. И дѣйствительно, подобныхъ случаевъ не наблюдалось.

Таковы особенности главнѣйшихъ приборовъ, которые примѣнялись мною для буренія на золото. Самое буреніе производилось слѣдующимъ образомъ. На мѣстѣ предполагаемой скважины углублялся небольшой шурфъ, глубиною отъ 4 до 8 четвертей (0,71—1,42 м.). По недостаточности количества обсадныхъ трубъ, которыхъ хватало всего на 54 четверти (9,60 м.), я, по необходимости, былъ вынужденъ вести шурфы какъ можно глубже, а именно, настолько, чтобы глубина той части, которую оставалось пройти буреніемъ, никоимъ образомъ не превзошла длины обсадныхъ трубъ. При этомъ для надставки трубъ при глубокихъ скважинахъ я пользовался имѣвшимися на пріискахъ 10-дюймовыми (0,254 м.) желѣзными трубами, которыя соединялись съ обсадными трубами переходной муфтой. По своей величинѣ онѣ, естественно, не могли войти въ скважину и служили для закрѣпленія только части, пройденной шурфомъ.

Надъ шурфомъ клались два массивные деревянные бруса, скрѣпленные двумя болтами, съ круглымъ вырѣзомъ по срединѣ, достаточнымъ для прохода муфты обсадной трубы. Въ это отверстие, смотря по глубинѣ шурфа, вставлялось одно или два, а то и болѣе заразъ звеньевъ трубы съ насаженнымъ внизу башмакомъ. Опираясь на дно шурфа и расклиненные между верхними брусками, трубы эти устанавливались вертикально по отвѣсу и являлись направляющими для буровыхъ инструментовъ. На верхній конецъ обсадной трубы, выдававшійся надъ брусками, надѣвался крѣпкій березовый хомутъ (фиг. 51) съ длинными рукоятками. Двумя болтами онъ нажимался къ трубѣ и на него накладывался грузъ, обыкновенно изъ четырехъ скатовъ вагонныхъ колесъ съ осями. Надъ шурфомъ устанавливался коперъ изъ трехъ накатинъ, длиною не менѣе $4\frac{1}{2}$ —5 саж. (9,60—10,67 м.). Накатины вверху перевязывались веревкой, къ которой прикрѣплялся и сдвоенный блокъ, т. е. съ двумя шкивками на одной оси. Одинъ шкивокъ его, назначенный для ударнаго буренія, приходился надъ центромъ скважины. Послѣ этого начиналось буреніе. На работѣ первоначально при мелкихъ скважинахъ задолжалось 4 человекъ, а затѣмъ, въ виду возрастанія глубины скважинъ, пришлось добавить пятого, который, вмѣстѣ съ тѣмъ, былъ и промывальщикомъ. Трое или четверо рабочихъ, держа за свободный конецъ веревки, перекинутой черезъ блокъ, подымали и опускали штангу съ долотомъ, а одинъ стоялъ у рукоятки нажимного штанговаго хомута (фиг. 23) и съ каждымъ ударомъ поворачивалъ штангу. При незначительной глубинѣ скважины и крѣпкихъ рѣчниковатыхъ породахъ вѣсъ штангъ оказывался недостаточнымъ, и для болѣе успѣшнаго

буренія къ нимъ присоединялась тяжелая ударная штанга. При глубокихъ скважинахъ она оказывалась уже излишней. Пробуривъ непрерывно отъ 10 до 15 минутъ, т. е. когда въ скважинѣ порода была уже достаточно разбита и дальнѣйшая работа долотомъ изъ-за обилія грязи являлась уже мало продуктивной, рабочіе вытаскивали штангу, снимали съ нея долото и насаживали ложку. Пока буреніе производилось на небольшой глубинѣ и длина штанги была меньше высоты копра, подъемъ ея не представлялъ никакихъ затрудненій. Чтобы избѣжать развинчиванія и сопряженной съ нимъ потери времени и при дальнѣйшемъ наращиваніи длины штанги, примѣнялись особыя шарнирныя скобы, изображенныя на фиг. 13, 14, 15 и 16. Первая скоба имѣетъ шарниръ по срединѣ, и двѣ ея половины, обхватывающія штангу подъ заплечиками, сложенныя вмѣстѣ, образуютъ съ другой стороны кольцо для прохода канатнаго крюка, который и держитъ скобу сомкнутой. Вторая же скоба (фиг. 15, 16) имѣетъ шарниръ сбоку, а спереди застегивается крючкомъ; кольцо для крюка въ ней цѣльное. Поднявъ штангу, насколько возможно, первымъ канатомъ, надѣвали на нее внизу подъ муфту описанную шарнирную скобу и затѣмъ, подхвативъ за нее крюкомъ второго каната и отпустивъ первый, продолжали дальнѣйшій подъемъ. При этомъ верхній конецъ штанги пропускался между двумя стойками копра и оказывался, какъ показываетъ фиг. 49, Табл. II, далеко выше его. Подобнымъ пріемомъ удавалось избѣгнуть развинчиванія штанги даже при глубокихъ скважинахъ, до 75 четвертей (13,33 м.).

Вращательное буреніе производилось двумя рабочими; остальные въ это время отдыхали. Когда одна пара уставала, ее сейчасъ же смѣняла другая, уже отдохнувшая. Рабочіе становились одинъ противъ другого у скважины и, перехватывая руками за нажимной хомутъ (фиг. 23), сообщали штангѣ вращательное движеніе. Когда изъ-за присадки новаго колѣна обсадной трубы рукоятки хомута находились высоко, рабочіе помѣщались, стоя на хомутѣ обсадной трубы. Чтобы ложка съ большей силой врѣзалась въ породу, на ручки нажимного хомута вблизи штанги надѣвались иногда два вагонныя колеса, связанныя другъ съ другомъ, а иногда на хомутъ садился верхомъ третій рабочій. 8—10 минутъ вращенія оказывалось достаточнымъ, чтобы ложка захватила всю грязь со дна буровой скважины. Ложку тогда поднимали наверхъ и опоражнивали отъ породы способомъ, указаннымъ выше. Послѣ каждой пройденной четверти опускалась обсадная труба. Въ мягкой породѣ, благодаря грузу, она шла легко при вращеніи ея съ помощью деревяннаго хомута, на рукоятки котораго становилось четверо рабочихъ. При болѣе твердыхъ породахъ необходимо было прибѣгнуть къ помощи расширителя. Для завертыванія и отвертыванія колѣнъ обсадныхъ трубъ примѣнялся ключъ (фиг. 24), имѣвшій видъ плоскаго кольца съ тремя нажимными винтами и рукояткой. Ключъ этотъ надѣвался на муфту, а самая труба удерживалась или своимъ большимъ деревяннымъ хомутомъ (фиг. 51), или небольшимъ же-

лѣзнымъ (фиг. 48). Послѣ расширенія скважины и опусканія обсадныхъ трубъ, скважина вновь подчищалась ложкой. Вся полученная съ четверти порода собиралась въ отдѣльномъ котелкѣ, которыхъ около скважины имѣлось 8—10 штукъ, и тутъ же промывалась на лоткѣ.

Для подъема трубъ по окончаніи скважины примѣнялся дифференціальныи блокъ (таля) Максима въ три тонны, а иногда въ помощь ему ставились еще два домкрата. Обыкновенно верхнее звено трубы обвязывалось веревкой, какъ показано на фиг. 56, 57, 58, 50, и за образовавшіяся наверху двѣ петли задѣвался подъемный крюкъ блока. Самый же блокъ подвѣшивался къ вершинѣ копра.

Если на той же линіи предстояло пробить еще скважину, то рабочіе, подхвативъ за ноги копра и поочередно переставляя ими, передвигали тотъ же коперъ, не сваливая его, на новое мѣсто.

Слѣдующія фигуры изображаютъ нѣкоторые приборы и устройства, которыми мнѣ не пришлось воспользоваться во время моихъ работъ за отсутствіемъ пужды въ нихъ, но которые могутъ оказаться необходимыми въ другихъ случаяхъ.

Фиг. 43, 46 изображаютъ ловильный или счастливый крюкъ, который примѣняется при поломкѣ штангъ въ скважинѣ, когда эта поломка произошла въ мѣстѣ соединенія штангъ, благодаря чему оставшаяся въ скважинѣ часть штанги имѣетъ вверху заплечики. Крюкъ опускается въ скважину на концѣ уцѣлѣвшей штанги на $1-1\frac{1}{2}$ аршина (0,71—1,07 м.) ниже мѣста поломки и затѣмъ онъ поворачивается тамъ, пока штанга не будетъ имъ захвачена. Послѣ этого его осторожно приподнимаютъ и, убѣдившись по вѣсу, что сломанная часть за нимъ слѣдуетъ, вытаскиваютъ ее наверхъ. При этомъ при помощи хомута наверху все время держать крюкъ прижатымъ къ захваченной имъ штангѣ, такъ какъ, повернувшись обратно, онъ можетъ легко ее выпустить.

Когда поломка штанги произошла въ ея стержнѣ ниже заплечиковъ, примѣняется ловильный конусъ или метчикъ (фиг. 44). Онъ представляетъ собою пустотѣлый конусъ со скошенными внутрь нижними краями, снабженный внутренней винтовой нарѣзкой. При опусканіи его въ скважину онъ встрѣчаетъ сломанный конецъ штанги и заставляетъ его войти въ середину конуса. Послѣ этого конусъ поворачиваютъ и онъ врѣзается своей нарѣзкой въ конецъ штанги. Достаточно всего двухъ-трехъ оборотовъ, чтобы послѣдній былъ настолько крѣпко захваченъ конусомъ, что даже въ случаѣ, напримѣръ, заклиненія внизу долота можно приложить чрезвычайно большое усиліе для вытаскиванія его—и конусъ все-таки не отпустить. Когда діаметръ скважины значительно больше нижняго наружнаго діаметра конуса, то его снабжаютъ наружнымъ кожухомъ изъ тонкаго листового желѣза, какъ изображено на фиг. 44. Послѣдній занимаетъ почти все внутреннее сѣченіе скважины и безъ всякаго предварительнаго нацупыванія прямо введетъ сломанную штангу въ середину конуса.

№№ скважинъ по порядку.	Пройдено.		Общая глубина сква- жины.	П Р О Й Д Е Н О В У Р О М Ъ.												Число часовъ на вы- скаиваніе обсадныхъ трубъ.	И Т О Г О.	
	Шурфомъ.	Буреніемъ.		Въ 1 день.	Количество четвертей.	Въ 2 день.	Количество четвертей.	Въ 3 день.	Количество четвертей.	Въ 4 день.	Количество четвертей.	Въ 5 день.	Количество четвертей.	Въ 6 день.	Количество четвертей.		Число часовъ всей буровой работы.	Число дней работы.
1	6	38	44	7 ч 54	10	8 ч 14	12	6 ч 19	6	4 ч 30	3	9 ч 15	3 1/2	3 ч 55	3 1/2	5 ч	45 ч 7	6
2	5	39	44	10 ч 12	17	8 ч 8	12	9 ч 13	10	—	—	—	—	—	—	2 ч 40	30 ч 13	3 1/2
3	3	33	36	8 ч 35	17	7 ч 52	9	5 ч 46	7	—	—	—	—	—	—	1 ч 16	23 ч 29	2 1/2
4	36	28	64	8 ч 20	16	8 ч 6	6	8 ч 22	6	—	—	—	—	—	—	1 ч 50	26 ч 38	3
5	24 1/2	37	61 1/2	10 ч	15	9 ч 24	16	9 ч 1	6	—	—	—	—	—	—	2 ч 55	31 ч 20	3
6	48	17	65	2 ч 47	3	9 ч 12	14	—	—	—	—	—	—	—	—	2 ч 38	14 ч 37	1 1/2
7	42	21	63	2 ч 35	4	8 ч 4	14	4 ч 42	3	—	—	—	—	—	—	5 ч 18	21 ч 29	2 1/2
8	24	51	75	3 ч	6	9 ч 42	10	9 ч 34	14	5 ч 56	8	9 ч 27	10	3 ч 1	3	7 ч 1	47 ч 41	5
9	24	41	65	4 ч 17	7	10 ч	13	10 ч 7	14	5 ч 4	7	—	—	—	—	7 ч	36 ч 28	3 3/2
10	24	44	68	3 ч 42	10	7 ч 41	12	9 ч 26	14	4 ч 51	8	—	—	—	—	3 ч 51	29 ч 31	3 1/2
11	30	22	52	3 ч 27	8	10 ч 49	14	—	—	—	—	—	—	—	—	2 ч 17	16 ч 33	1 1/2
12	13	35	48	3 ч 47	4	8 ч 33	10	7 ч 46	12	3 ч 10	9	—	—	—	—	3 ч 30	26 ч 4	3
13	11 1/2	38 1/2	50	3 ч 35	3	7 ч 54	12	8 ч 40	7	8 ч 7	5	7 ч 55	6	7 ч 12	5 1/2	4 ч	47 ч 23	5 1/2
Итого.	291	414 1/2	735 1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49 ч 16	397 ч 15	44

Необходимо добавить, что, согласно Линнману, конусъ гораздо надежнѣе ловильнаго крюка и самое пользованіе имъ проще и безопаснѣе. Поэтому его съ успѣхомъ примѣняютъ даже и въ случаѣ поломки штанги въ винтовомъ соединеніи.

Фигуры 52 и 53 изображаютъ способъ вытаскиванія обсадной трубы съ помощью подъемныхъ винтовъ. Труба зажимается подъ муфтой деревяннымъ короткимъ хомутомъ (*a*, фиг. 53), подъ который подводятся головки двухъ составныхъ желѣзныхъ стержней (*b*) съ прямоугольной винтовой нарѣзкой на верхнемъ звенѣ. Послѣднія пропускаются черезъ два короткіе деревянные бруса (*c*), лежащіе поперекъ двухъ длинныхъ брусьевъ (*d*), которые концами опираются на землю. При завертываніи гаекъ (*e*) труба поднимается изъ скважины. Когда высота подъема ея достигнетъ величины одного звена стержня, то отвертываютъ обратно гайки и, выкинувъ лишнее звено изъ стержней, продолжаютъ такимъ же образомъ подъемъ трубы дальше.

Фиг. 54 изображаетъ вытаскиваніе обсадной трубы съ помощью короткихъ рычаговъ или стяжковъ (*a*), которыми поддѣвываютъ подъ короткій хомутъ (*b*), зажимающій трубу подъ муфтой. Чтобы труба при большомъ усилии не сорвалась съ рѣзбы, она подхватывается снизу описаннымъ выше крюкомъ (фиг. 37). Затѣмъ штанга съ крюкомъ, съ помощью каната, вытягивается кверху и у самого конца верхняго звена обсадной трубы зажимается накрѣпко деревяннымъ хомутомъ (*c*). Вся труба, благодаря этому, скрѣпляется въ одно цѣлое и разрывъ ея по рѣзбѣ становится невозможнымъ.

Фиг. 55 изображаетъ аналогичный способъ вытаскиванія или правильнѣе освобожденія штанги съ засѣвшимъ внизу долотомъ съ помощью стяжковъ, дѣйствующихъ на зажимной хомутъ.

Наконецъ, фиг. 59 представляетъ коперъ для болѣе глубокихъ скважинъ, гдѣ подъемъ буровыхъ штангъ въ ручную является уже затруднительнымъ. Къ стойкамъ копра здѣсь укрѣпленъ воротокъ, на рукоятки котораго становятся двое рабочихъ. На валъ воротка двумя-тремя оборотами навивается канатъ, идущій отъ штангъ, и свободный конецъ его беретъ въ руки третій рабочій, который становится передъ валомъ. Натягивая и выбирая канатъ при непрерывномъ вращеніи вала, и затѣмъ опуская его, онъ этимъ то поднимаетъ, то заставляетъ падать буровой приборъ. Такимъ образомъ это устройство позволяетъ, при томъ же числѣ рабочихъ 4—5 человекъ, вести скважину на глубину до 14—15 саж. (29,87—32 м.).

Прилагаемая таблица (стр. 356) даетъ быстроту прохода скважинъ на рѣчкѣ К. Средняя быстрота прохода въ часъ составила 1,12 четверти (0,199 м.), максимальная—2,8 четверти (0,517 м.) и минимальная—0,38 четверти (0,068 м.). Средняя быстрота, не считая времени на уборку обсадныхъ трубъ, составила 1,27 четверти (0,226 м.) въ часъ. Средній проходъ въ

день былъ 10,09 четверти (1,943 м.), максимальный—17 четвертей (3,02 м.), минимальный— $3\frac{1}{2}$ четверти (0,622 м.).

Какъ выше было указано, при буреніи задолжалось пять человѣкъ рабочихъ. Такъ какъ пятый рабочій одновременно исполнялъ обязанности промывальщика, то можно считать, что собственно на буреніе задолжалось въ день $4\frac{1}{2}$ поденщины, а слѣдовательно выработка на человѣка составляла 2,25 четверти (0,401 м.), т. е. нѣсколько больше, чѣмъ таковая же при шурфовкѣ безъ водостлива. Плата рабочимъ производилась по 1 р. на всю артель за каждую пройденную четверть. Кромѣ этой платы, артели подсчитывалось еще по 3 р. за каждую скважину, т. е. собственно за то время, которое она употребляла, чтобы перетащить коперъ и всѣ остальные буровые приборы съ одной скважины линіи на другую скважину той же линіи. За время переѣздовъ съ буровымъ инструментомъ съ одной линіи на другую рабочимъ подсчитывалась поденная плата по 80 коп. въ день. Какъ видимъ отсюда, заработокъ рабочихъ на буреніи былъ довольно значителенъ, достигая въ среднемъ отъ 1 р. 60 к. до 2 р. въ день. Это объясняется тѣмъ, что, назначая размѣръ платы, я желалъ пріохотить рабочихъ къ буренію, дѣлу для нихъ совершенно до сихъ поръ незнакомому, непривычному, а потому тяжелому, и, кромѣ того, такой платой я желалъ получить наибольшую возможную производительность на этой работѣ. Необходимо добавить, что всѣ буровыя работы мнѣ пришлось вести въ зимнее время. Въ лѣтнее время онѣ несомнѣнно дали бы болѣе успѣшные результаты, въ смыслѣ быстроты буренія, такъ какъ это время является наиболѣе удобнымъ для буровыхъ работъ. При буреніи зимою штанги и обсадная труба, долото, ложка—все это быстро обледенѣваетъ, покрываясь ледяной коркой. Поэтому инструменты приходится то и дѣло споласкивать или даже опускать въ горячую воду, такъ что котелъ съ кипяткомъ является зимой необходимой составной частью бурового прибора. Для оттаиванія обсадныхъ трубъ очень пригодилась желонка, которую нагрѣвали на огнѣ, опускали въ скважину и, передвигая ее вверхъ и внизъ, освобождали стѣнки обсадной трубы отъ ледяной коры. Такимъ же образомъ приходилось прогрѣвать обсадную трубу и передъ извлеченіемъ ея изъ скважины, такъ какъ въ верхней ея части она примерзала къ породѣ. За ночь вода, стоявшая въ трубѣ, покрывалась льдомъ; чтобы уменьшить толщину его, по окончаніи работы трубу затыкали обыкновенно кулемъ.

Вся эта борьба съ морозомъ, отнимавшая значительную часть времени для работы, совершенно отпадаетъ въ лѣтнее время, которое потому и слѣдуетъ предпочесть для буровыхъ работъ.

Самое буреніе все время шло въ таликахъ и только двумя скважинами встрѣчена была мерзлота въ видѣ прослойковъ. Въ одной скважинѣ она имѣла около 3 четвертей (0,533 м.) толщины и явилась вблизи почвы, тогда какъ въ другой толщина ея была около 18 четвертей (3,200 м.) и

она залегала неглубоко отъ поверхности. Скважина здѣсь была поэтому совершенно сухая, и для успѣшности буренія пришлось нѣсколько разъ небольшими количествами заливать воду (холодную). Такъ какъ дѣло было къ веснѣ, то инструменты уже не обмерзали. Вслѣдствіе чрезвычайной вязкости и твердости мерзлаго слоя, буреніе въ немъ подвигалось очень медленно и едва достигало 3—4 четвертей (0,533—0,711 м.) въ 10-часовую смѣну, т. е. менѣе одной четверти (0,178 м.) на рабочего, плату которымъ пришлось поэтому удвоить. Такимъ образомъ, буреніе въ мерзлотѣ является мало продуктивнымъ и экономически невыгоднымъ и въ этихъ отношеніяхъ значительно уступаетъ шурфовкѣ. Поэтому оно можетъ быть допущено въ видѣ необходимости лишь тогда, когда присутствіе прослойковъ мерзлоты соединено съ сильнымъ притокомъ воды, какъ это было въ первой скважинѣ. Въ случаяхъ же, подобныхъ второму, т. е. гдѣ скважина идетъ въ мерзлотѣ совершенно сухая, всегда слѣдуетъ пользоваться шурфовкой. Такъ какъ притока воды здѣсь нѣтъ и водоотливъ не нуженъ, то шурфомъ возможно безъ всякихъ затрудненій и съ незначительными затратами пройти всю мерзлоту и, только дойдя до водоносныхъ талыхъ слоевъ, приходится прибѣгнуть къ буренію, чтобы избавиться отъ водоотлива. Пользоваться же буреніемъ раньше—при проходѣ сухой мерзлоты и изобрѣтать въ виду этого особые способы минерализаціи воды, примѣняемой для смачиванія породы, чтобы не вызвать ею обмерзанія инструментовъ, является нерациональнымъ ¹⁾.

Что касается размѣра скважины, то діаметръ ея въ 8" (0,203 м.) является вполне соответствующимъ цѣлямъ пріисковой развѣдки. Съ одной стороны, вѣсъ породы здѣсь уже совершенно достаточенъ для правильнаго подсчета содержанія, а съ другой—обращеніе съ подобнымъ буровымъ приборомъ не требуетъ особенно сложныхъ устройствъ, задолжаетъ мало рабочихъ, и самое буреніе является достаточно быстрымъ. Для поисковыхъ партій этотъ приборъ уже слишкомъ тяжелъ. Въ силу ограниченности перевозочныхъ средствъ партій, для нихъ пригодны лишь приборы меньшихъ размѣровъ,—легкіе и удобопереносимые. Вѣсъ отдѣльныхъ составныхъ частей такихъ поисковыхъ приборовъ не долженъ превышать 30 фунтовъ (12,285 k.) и максимумъ 1 пуда (16,38 k.) для доставки оленями и 2—2½ пудовъ (32,8—41 k.) для доставки лошадьми; точно такъ же и длина частей должна быть ограничена 6 четвертями (1,067 м.) въ первомъ случаѣ и 8—10 четвертями (1,422—1,778 м.) во второмъ. Наиболѣе подходящимъ размѣромъ скважины является для этой цѣли 3½ дюйма (0,089 м.). Вѣсъ цилиндрика породы съ четверти, т. е. пробы, равенъ при этомъ 5,4 фунта (2,210 k.), что при содержаніи золота въ розсыпи, напримѣръ, въ 50 долей даетъ уже вѣсъ золота въ пробѣ въ

¹⁾ Говорю здѣсь лишь объ ударномъ рудничномъ буреніи скважинъ большого діаметра и сравнительно небольшой глубины.

$\frac{1}{16}$ доли. Конечно, на промывку пробъ здѣсь должно быть обращено самое серьезное вниманіе. Не только вѣсовыя пробы, но и все такъ называемое знаковое золото должно быть тщательно собираемо, чтобы потомъ, взвѣсивъ его вмѣстѣ, можно было опредѣлить среднее содержаніе знаковъ. Подобный поисковой буровой приборъ долженъ состоять ¹⁾ изъ:

- 1 блока съ двумя роликами;
- 2 крючьевъ для каната (фиг. 3);
- 1 шарнирной подвѣсной скобы (фиг. 15—16);
- 1 подвѣсной скобы (фиг. 11—12);
- 1 подкладной вилки (фиг. 9);
- 1 верхняка (фиг. 10);

Квадратныхъ штангъ (фиг. 1) въ требуемомъ количествѣ.

- 1 тяжелой ударной штанги;
- 1 нажимного хомута для штангъ (фиг. 23);
- 2 конусныхъ соединеній для штангъ (фиг. 6);
- 2 ключей для штангъ (фиг. 17);
- 1 долота (фиг. 20);
- 1 ложки (фиг. 28—29);
- 1 отвертки для запорной пластинки ложки (фиг. 33);
- 2 гаечныхъ ключей—для ложки и для конуснаго соединенія штангъ;
- 1 расширителя (фиг. 45);
- 1 ловильнаго конуса (фиг. 44);

Обсадныхъ трубъ въ необходимомъ количествѣ съ верхнимъ предохранительнымъ кольцомъ (фиг. 25) и башмакомъ (фиг. 27).

- 1 нажимного деревяннаго хомута съ длинными рукоятками (фиг. 51);
- 1 желѣзнаго хомута (фиг. 48);
- 1 крюка для захватыванія трубъ снизу (фиг. 37);
- 2 подъемныхъ составныхъ винтовъ для вытаскиванія обсадныхъ трубъ (фиг. 52);
- 4 болтовъ для короткихъ деревянныхъ хомутовъ;
- 2 болтовъ для нижнихъ опорныхъ брусьевъ.

Примѣненіе буренія общаетъ для золотого дѣла значительныя выгоды. Оно сдѣлаетъ поисковую партію свободной въ распоряженіи временемъ работъ, позволяя вести ихъ въ лѣтнее время, самое удобное для поисковъ, не стѣняясь при томъ глубиной залеганія росыпи. Кромѣ того, оно дастъ партіи возможность охватить своими работами гораздо большій районъ и сразу же получить окончательные результаты, чего, какъ мы видѣли, не даетъ спосокъ промораживанія. Хотя результаты эти и не могутъ претендовать на абсолютную точность, въ смыслѣ опредѣленія содержанія золота въ росыпи, но они обладаютъ ею въ достаточной степени, чтобы съ увѣренностью рѣшить существенный практическій вопросъ: есть ли

¹⁾ Не считая запасныхъ частей, каната и мелкаго слесарнаго инструмента.

въ данной мѣстности золото, и, если есть, то заслуживаетъ ли оно дальнейшей детальной развѣдки? Въ рѣшеніи же этого вопроса и состоитъ вся цѣль работъ поисковой партіи.

Въ примѣненіи на работающихся приискахъ буреніе даетъ возможность поставить на должную высоту развѣдки при разработкѣ глубокихъ розсыпей и этимъ уничтожить случаи, къ сожалѣнію, довольно обыкновенные въ настоящее время, когда, за трудностью развѣдокъ шурфами, ими совершенно пренебрегаютъ и ведутъ очистныя работы въ значительной степени наугадъ. Хроническіе убытки и паденіе богатѣйшихъ промысловъ являются прямымъ слѣдствіемъ такого положенія дѣла. Буреніе же, и только оно одно, поможетъ компаніямъ развязаться съ тѣмъ громаднымъ запасомъ площадей, совершенно неразвѣданныхъ, который, благодаря политикѣ захватовъ, сосредоточился въ ихъ распоряженіи и тяжелымъ бременемъ лежалъ и грозитъ лежать неопредѣленное время на ихъ бюджетѣ.

ЕСТЕСТВЕННЫЯ НАУКИ, ИМѢЮЩАЯ ОТНОШЕНІЕ КЪ ГОРНОМУ ДѢЛУ.

МИНЕРАЛЬНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗЪ.

Составилъ П. Д. Николаевъ, бывшій лаборантъ Горнаго Института Императрицы Екатерины II.

(Окончаніе).

С. Частные случаи анализа силикатовъ.

Кварцевый песокъ.

§ 13. Кварцевый песокъ, т. е. зерна кварца, не связанныя цементомъ, рѣдко встрѣчается въ совершенно чистомъ видѣ. Обыкновенно въ немъ заключаются: окислы желѣза, слюда, полевои шпаты, глина, известковыя частицы и друг. примѣси. Иногда примѣси бываютъ примѣшаны къ песку механически и тогда ихъ можно удалить струей текущей воды. Чтобы сдѣлать подобное испытаніе, большую пробу песка подвергаютъ въ фарфоровой чашкѣ отмучиванію до тѣхъ поръ, пока сливаемая вода будетъ прозрачная. Подвергая анализу отмученный и неотмученный песокъ, узнаютъ, до какой степени можно его очистить.

Въ песокъ важно знать количество всѣхъ основаній. Чистый кварцевый песокъ анализируется слѣдующимъ образомъ.

Нав. 2—3 грам. (иногда и болѣе) обрабатываютъ нѣсколько разъ плавиковою кислотой и сѣрной, какъ при опредѣленіи щелочей въ силикатахъ. Когда вся кремневая кислота улетучится, — жидкость выпариваютъ досуха, остатокъ прокалываютъ съ углекислымъ аммоніемъ и сумму сѣрно-кислыхъ солей взвѣшиваютъ. Сѣрно-кислыя соли растворяютъ при нагреваніи въ соляной кислотѣ (5—10 ст.³), прибавляютъ горячей воды, переводятъ въ стаканъ и изъ раствора въ количествѣ 50 — 80 ст.³ осаждаютъ SiO_2 небольшимъ избыткомъ хлористаго барія. Сѣрно-кислый барій отфильтровываютъ, промываютъ, сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ.

Вычитая ихъ суммы сѣрноокислыхъ солей количество найденной SO_3 , по разности опредѣлится сумма всѣхъ оснований: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O и Na_2O .

Если оснований окажется много, то въ фильтратѣ выдѣляютъ барій слабой сѣрной кислотой, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ —амміакомъ, CaO —щавелевокислымъ аммоніемъ и MgO —фосфорнокислымъ аммоніемъ, прибавляя послѣдняго лишь небольшой избытокъ. Растворъ отъ фосфорнокислаго магнія выпариваютъ въ платиновой чашкѣ досуха, амміачныя соли удаляютъ осторожнымъ прокаливаніемъ, остатокъ растворяютъ въ горячей водѣ съ прибавленіемъ нѣсколькихъ капель соляной кислоты, послѣднюю уравниваютъ амміакомъ и фосфорную кислоту осаждаютъ небольшимъ избыткомъ уксуснокислаго свинца. Изъ нагрѣтой жидкости избытокъ свинца удаляютъ въ присутствіи амміака углекислымъ аммоніемъ. Отфильтрованный растворъ выпариваютъ въ платиновой чашкѣ досуха, осторожно прокаливаютъ, остатокъ растворяютъ въ водѣ съ соляной кислотой и въ растворѣ опредѣляютъ щелочи какъ обыкновенно. Кремневая кислота показывается по разности или опредѣляется изъ отдѣльной навѣски, сплавляя послѣднюю съ углекислымъ натромъ.

Примѣчаніе. Песчаники, т. е. зерна кварца, сцементированныя какимъ-либо минеральнымъ веществомъ, а также и весьма нечистый песокъ, сперва обрабатываютъ соляной кислотой, если только минеральныя вещества, образующія цементъ, растворяются въ упомянутой кислотѣ. Въ противномъ случаѣ навѣску сплавляютъ прямо съ углекислымъ натромъ.

Глины.

§ 14. По химическому составу глины представляютъ соединеніе воднаго кремнекислаго алюминія. Самая чистая разновидность, наз. каолинъ, имѣетъ составъ: $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_3 + 2 H_2O$.

Въ 100 ч. каолина заключается:

H_2O	13,92 %
SiO_2	46,40 %
Al_2O_3	39,68 %

Каолинъ, или фарфоровая глина, представляетъ нѣжную, землистую, марающую и матовую массу преимущественно бѣлаго цвѣта; иногда-же съ зеленоватымъ, красноватымъ и другими оттѣнками.

Подъ микроскопомъ отдѣльныя частицы ясно обнаруживаютъ кристаллическое сложеніе. При продолжительномъ нагрѣваніи съ сѣрной кислотой разлагается вполне, соляная-же кислота оказываетъ на него только слабое дѣйствіе. Есть, однако, наблюденія, показывающія, что если глину предварительно прокалить часа два при температурѣ темно-краснаго каленія, то она разлагается послѣ 10-часового нагрѣванія на водяной банѣ

уже 10⁰/₀ соляной кислотой ¹⁾). Въ совершенно чистомъ видѣ встрѣчается рѣдко; обыкновенно въ видѣ примѣсей въ каолинѣ заключаются листочки слюды, зерна кварца и частицы полевого шпата.

Такъ какъ глину раздѣляютъ на нѣсколько разновидностей, заключающихъ различныя примѣси, то раньше, чѣмъ приступить къ количественному анализу, полезно изслѣдуемый образецъ подвергнуть качественному испытанію: не заключается-ли въ глинѣ солей, растворимыхъ въ водѣ и органическихъ веществъ? Для этого навѣску 5—10 грам. обрабатываютъ горячей водой, фильтруютъ и пробуютъ на *Cl* (*NaCl*, *NH₄Cl*) и *SO₃* (*FeSO₄*, *CaSO₄*). Въ присутствіи органическихъ веществъ при нагреваніи въ закрытомъ платиновомъ тиглѣ глина чернѣетъ.

Глины анализируются какъ силикаты, неразлагаемые кислотами, и мы прибавимъ только слѣдующее.

Для опредѣленія *SiO₂* нав. въ 1 грам. сплавляютъ съ 6—7 част. чистой соды. Въ присутствіи органическихъ веществъ навѣску сперва осторожно прокалываютъ въ открытомъ платиновомъ тиглѣ, чтобы органическія вещества сгорѣли, и затѣмъ уже смѣшиваютъ съ содой; или-же къ смѣси глины съ содой прибавляютъ на кончикѣ перочиннаго ножа селитры, которая при сплавленіи разрушаетъ органическія вещества.

Сумму *Al₂O₃ + Fe₂O₃ + (TiO₂)* осаждаютъ амміакомъ и только одинъ разъ, такъ какъ въ глинахъ *CaO* и *MgO* мало, а *Mn* почти не бываетъ.

Щелочи опредѣляютъ въ видѣ сѣрнокислыхъ солей и принимаютъ за чистый *K₂SO₄*, который перечисляютъ на *K₂O*.

Для опредѣленія *SO₃*, а также *S*, навѣску въ 5 грам. смѣшиваютъ съ 2—3 грам. (иногда и болѣе) чистой бертолетовой соли въ порошокъ, къ смѣси прибавляютъ мало-по-малу обыкновенной азотной кислоты (10—20 ст.³), нагреваютъ сперва на водяной банѣ, а потомъ нѣсколько сильнѣе. Все переводятъ въ фарфоровую чашку, выпариваютъ досуха, азотнокислыя соли переводятъ въ хлористыя, выпаривая ихъ съ соляной кислотой; остатокъ растворяютъ въ соляной кислотѣ (10—15 ст.³), прибавляютъ горячей воды, фильтруютъ и изъ кипящаго раствора осаждаютъ *SO₃* хлористымъ баріемъ.

Почти во всѣхъ глинахъ заключается сравнительно незначительное количество, доходящее иногда до 2⁰/₀, титановой кислоты (*TiO₂*), на которую до послѣдняго времени не обращали вниманія и ее не отдѣляли отъ *Al₂O₃*. Опредѣленіе *TiO₂* въ глинахъ проще всего производится колориметрическимъ способомъ, основаннымъ на слѣдующемъ.

Если къ безцвѣтному сѣрнокислому раствору, содержащему *TiO₂*, прибавить перекиси водорода, то, смотря по количеству титановой кислоты, растворъ окрашивается въ желтый или оранжевый цвѣтъ, велѣд-

¹⁾ П. Земятченскій. Каолиновыя образованія Южной Россіи. Труды С. - Петербурскаго Общества Естествоиспытателей. 1896 г.

ствіе образованія трехокси титана (TiO_3). Реакція на титанъ съ перекисью водорода весьма чувствительная ¹⁾ и для количественнаго анализа она примѣняется такъ. Къ испытываемому раствору прибавляютъ перекиси водорода и густоту окрашиванія его сравниваютъ съ другимъ растворомъ (нормальнымъ), заключающимъ опредѣленное количество титановой кислоты и къ которому раньше также прибавлено нѣкоторое количество перекиси водорода. При одинаковомъ окрашиваніи, количества заключающейся въ растворахъ титановой кислоты относятся какъ объемы растворовъ. Для приготовленія нормальнаго раствора TiO_2 , опредѣленную навѣску чистой TiO_2 растворяютъ при кипяченіи въ крѣпкой сѣрной кислотѣ, переводятъ въ мѣрительную колбу, прибавляютъ перекиси водорода и разбавляютъ водою до опредѣленнаго объема. А еще лучше приготовить растворъ съ опредѣленнымъ содержаніемъ титана изъ титановофтористаго калия (K_2TiF_6), отвѣшенное количество котораго сперва нагреваютъ съ сѣрной кислотой до полнаго удаленія фтора, потомъ прибавляютъ перекиси водорода и затѣмъ уже разбавляютъ, по расчету, водою до опредѣленнаго объема. Приготавливаютъ растворы съ содержаніемъ въ 200, 100 и 50 mgr. TiO_2 въ литрѣ и въ нихъ должно заключаться нѣкоторое количество свободной H_2SO_4 . Самое опредѣленіе производится слѣдующимъ образомъ.

1 граммъ глины нагреваютъ съ 20 ст.³ сѣрной кислоты (1 об. кисл. и 1 об. воды) до тѣхъ поръ, пока большая часть кислоты испарится, охлаждаютъ, прибавляютъ воды, фильтруютъ и нерастворимый остатокъ нѣсколько промываютъ. Полученный растворъ можетъ служить какъ для качественного испытанія, такъ и для количественнаго опредѣленія TiO_2 .

Или навѣску глины (отъ 0,5 до 1 грам.) обрабатываютъ нѣсколько разъ смѣсью плавиковой кислоты и сѣрной, растворъ осторожно выпариваютъ такъ, чтобы нѣкоторое количество сѣрной кислоты осталось, плавиковую-же кислоту слѣдуетъ вполне удалить, такъ какъ присутствіе ея въ растворѣ вредитъ опредѣленію. Остатокъ растворяютъ въ водѣ и, по настоящему, растворъ долженъ получиться прозрачный, особенно по истеченіи нѣкотораго времени ($CaSO_4$). Однако, весьма часто остается нерастворимый остатокъ, который при помѣшиваніи платиновой проволокой хруститъ. Дѣло въ томъ, что въ глинахъ обыкновенно заключается свободный кварцъ, который очень трудно растворяется въ плавиковой кислотѣ, особенно, если очень крупень.

¹⁾ Профессоръ Екатеринославскаго Высшаго Горнаго училища, В. А. Бурдаковъ, который занимался этимъ способомъ опредѣленія титана, говорить, что изъ навѣски въ 1 граммъ, переведенной въ растворъ, занимающій 100 ст.³, мы можемъ вполне отчетливо открыть 1 mgr. TiO_2 , или 0,1% отъ навѣски. Мало того, въ благопріятныхъ случаяхъ (напр., при анализѣ чистыхъ глинъ), когда испытываемый растворъ получается совершенно безцвѣтнымъ и можетъ быть сконцентрированъ до 20—30 ст.³, то можно опредѣлить даже 0,01% TiO_2 .

Въ такомъ случаѣ кварцъ отфильтровываютъ, и если въ немъ предполагаютъ еще присутствіе титана, то остатокъ сплавляютъ съ кислымъ сѣрниокислымъ калиемъ, сплавъ растворяютъ въ водѣ, съ прибавленіемъ нѣсколькихъ капель сѣрной кислоты, жидкость фильтруютъ, при чемъ кварцъ остается, и полученный растворъ смѣшиваютъ съ растворомъ, содержащимъ главную часть титана.

Для сравненія степени окрашиванія жидкостей берутъ два пробирныхъ цилиндра изъ безцвѣтнаго стекла и, по возможности, одинаковаго діаметра, вмѣстимостью около 300 ст.³ каждый. Въ одинъ цилиндръ наливаютъ 50 ст.³ испытуемаго раствора, прибавляютъ 10—20 ст.³ продажной перекиси водорода и воды, чтобы всего получилось раствора 100 ст.³. Въ другой цилиндръ наливаютъ прямо 100 ст.³ того изъ нормальныхъ растворовъ, густота окрашиванія котораго ближе подходитъ, и сравниваютъ. Если оба раствора окрашены одинаково и объемы ихъ равны, то, слѣд., въ нихъ заключается равное количество TiO_2 .

Конечно, для опредѣленія TiO_2 цвѣтовымъ способомъ удобнѣе пользоваться колориметромъ, если таковой имѣется въ распоряженіи.

Глины имѣютъ важное значеніе въ technikѣ, и если встрѣчается необходимость произвести обстоятельное ихъ изслѣдованіе, то, кромѣ химическаго анализа, производятъ еще слѣдующія испытанія:

- a) *Рациональный анализъ.*
- b) *Механическій анализъ и*
- c) *Опредѣленіе огнеупорности.*

Обстоятельное изложеніе полного испытанія глинъ выходитъ изъ предѣловъ руководства, какъ учебнаго матеріала, предназначеннаго, главнымъ образомъ, для учащихся, а потому мы не будемъ подробно излагать другихъ способовъ испытанія, а дадимъ только нѣкоторое понятіе о нихъ. При самостоятельномъ же изслѣдованіи глинъ, во всякомъ случаѣ, необходимо ознакомиться съ имѣющей по сему предмету литературой ¹⁾.

a) *Рациональный анализъ.*

Какъ извѣстно, глины образовались чрезъ разрушеніе полевошпатовыхъ и другихъ сложныхъ горныхъ породъ, и въ нихъ почти всегда за-

¹⁾ Болѣе или менѣе обстоятельныя свѣдѣнія о глинахъ можно найти въ слѣдующихъ сочиненіяхъ:

1. Bischof, Die feuerfesten Thone. Neue Auflage.
2. В. О. Алексѣевъ. Огнеупорные матеріалы. Горное Дѣло и Металлургія на Всероссийской Промышлен. и Художествен. Выставкѣ 1896 г. въ Нижн.-Новгородѣ.
3. Миклашевскій. Мѣсторожденія огнеупорныхъ матеріаловъ въ Россіи.
4. П. Земятченскій. „Каолиновыя образованія Южной Россіи“. Труды С.-Петербургскаго Общества Естественныхъ Испытателей. 1896 г.
5. К. Ив. Лисенко. „О рациональномъ анализѣ глинъ“. „Горный Журналъ“. 1903 г.

ключаются постороннія примѣси, какъ-то: песокъ, полевой шпатъ, углекислый кальцій и проч. Чтобы имѣть точное представленіе о составѣ глины, иногда бываетъ недостаточно одного химическаго анализа, а встрѣчается надобность знать количество собственно глины ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$), а также количество постороннихъ примѣсей, т. е. кварца, полевого шпата и проч. Хотя и не вполне точно, тѣмъ не менѣе, вопросъ этотъ рѣшается помощью раціональнаго анализа, который состоитъ въ томъ, что глину нагреваютъ съ сѣрной кислотой, при чемъ Al_2O_3 переходитъ въ растворъ, а SiO_2 , переходя отъ дѣйствія сѣрной кислоты въ нерастворимое состояніе, остается въ осадкѣ. Вмѣстѣ съ кремневой кислотой остаются: кварцъ, полевой шпатъ и другіе силикаты, неразлагаемые кислотами. Если кремнеземъ удалить изъ остатка нагреваніемъ съ растворомъ соды, то остаются: кварцъ, полевой шпатъ и другіе силикаты, что можно взвѣсить и опредѣлить количественно.

Навѣску глины 1—2 грам. помѣщаютъ въ платиновую или фарфоровую чашку, наливаютъ 20—25 ст.³ сѣрной кислоты (1 об. кислоты и 1 об. воды), чашку закрываютъ часовымъ стекломъ и нагреваютъ до тѣхъ поръ, пока останется весьма небольшое количество кислоты, но во всякомъ случаѣ не досуха, иначе $Al_2(SO_4)_3$ разложится. Остатокъ обрабатываютъ при нагреваніи соляной кислотой (15—20 ст.³), разбавляютъ водою, растворъ фильтруютъ и нерастворимый остатокъ промываютъ сперва декантацией, а потомъ на фильтрѣ до полнаго уничтоженія кислой реакціи. Высушенный (но непрокаленный) остатокъ переводятъ въ платиновую чашку, фильтръ сжигаютъ отдѣльно, золу прибавляютъ къ общему осадку и послѣдній обрабатываютъ горячимъ растворомъ углекислаго натра, поступая совершенно такъ, какъ при опредѣленіи въ горныхъ породахъ кварца. Въ взвѣшенномъ нерастворимомъ остаткѣ опредѣляютъ Al_2O_3 и по немъ вычисляютъ количество полевого шпата, считая, что 1 часть $Al_2O_3 = 5,41$ част. полевого шпата. Конечно, было-бы точнѣе взвѣшенный остатокъ подвергнуть полному анализу, а въ отфильтрованномъ растворѣ соды опредѣлить кремневую кислоту.

Раціональный анализъ не даетъ точныхъ результатовъ еще и потому, что при нагреваніи съ сѣрной кислотой разлагается не только глина, но и другіе силикаты.

b) *Механическій анализъ.*

Механическій способъ изслѣдованія глинъ (отмучиваніе) состоитъ въ томъ, что глину подвергаютъ дѣйствію струи воды извѣстной скорости, при чемъ мельчайшія частицы глины уносятся водою, а болѣе крупныя частицы песка и другихъ породъ остаются. Чѣмъ больше скорость струи воды, тѣмъ крупнѣе будутъ частицы, уносимыя водою. Между различными приборами, употребляемыми для отмучиванія глинъ, особенно рекомендуется приборъ Шенне.

Механическій анализъ глинь важенъ въ томъ отношеніи, что два образца глинь, сходные по своему химическому составу, могутъ обладать совершенно различными физическими свойствами, что прямо зависитъ отъ ихъ различнаго механическаго состава.

с) *Опредѣленіе огнеупорности.*

Al_2O_3 представляетъ наиболѣе цѣнную составную часть глинь.

SiO_2 увеличиваетъ плавкость глинь и увеличиваетъ вліяніе плавней на глины.

Постороннія примѣси (плавни), какъ-то: Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , также увеличиваютъ плавкость глинь. Поэтому при сравненіи одного химическаго анализа можно сказать, которая изъ глинь будетъ огнеупорнѣе. Независимо отъ химическаго анализа, огнеупорность можно опредѣлить также и прямымъ опытомъ въ воздуходувной печи Девиля или посредствомъ пирометра Ле-Шателье, построеннаго на термоэлектрическомъ основаніи.

На основаніи точнаго химическаго анализа, по приему, предложенному Бишофомъ, вычисляется такъ называемый коэффициентъ огнеупорности (пирометрическое дѣйствіе глины). Коэффициентъ этотъ опредѣляется, съ одной стороны, изъ отношенія глинозема къ кремнезему и съ другой—изъ отношенія плавней къ глинозему, опредѣляя эти отношенія по количеству заключающагося въ нихъ кислорода. Для вычисленія кислорода процентное содержаніе упомянутыхъ окисловъ умножаютъ на слѣдующіе множители:

$$\begin{array}{cccccc} \frac{SiO_2}{0,529} & \frac{Al_2O_3}{0,469} & \frac{CaO}{0,286} & \frac{MgO}{0,396} & \frac{K_2O}{0,170} & \frac{Na_2O}{0,250} \end{array}$$

Найденное количество Fe_2O_3 сперва перечисляютъ на FeO , умножая на 0,9, и, затѣмъ, на 0,222—множитель, показывающій содержаніе кислорода въ одной части FeO . Такъ какъ частица Al_2O_3 эквивалентна 3 CaO или 3 K_2O , то сумму содержаній кислорода надо умножить на 3, чего, впрочемъ, нѣкоторые не дѣлаютъ, такъ какъ абсолютная величина коэффициентовъ огнеупорности не имѣетъ значенія ¹⁾.

Пусть a будетъ количество кислорода въ глиноземѣ, b —количество кислорода въ кремнеземѣ и c —количество кислорода въ плавняхъ (FeO , CaO , MgO , K_2O , Na_2O), то вышеупомянутыя отношенія будутъ:

$$\frac{a}{c} = A \text{ (коэффициентъ плавней)}$$

¹⁾ При сравненіи, коэффициенты огнеупорности должны быть вычислены по одному и тому же способу.

$$\frac{b}{a} = B \text{ (коэффициентъ кремнезема)}$$

Коэффициентъ-же огнеупорности будетъ $\frac{A}{B}$.

Для примѣра приведемъ анализъ глины (Воронежской губ.) и вычислимъ коэффициентъ ея огнеупорности.

Кремнезема	55,40 ⁰ / ₀	29,306	—(b)
Глинозема	28,95 ⁰ / ₀	13,577	—(a)
Окиси желѣза	1,26 ⁰ / ₀	0,250	} —(c)
Окиси кальція	0,86 ⁰ / ₀	0,245	
Окиси магнія	слѣды	—	
Потери отъ прокалив. .	13,00 ⁰ / ₀	—	
		<hr/>	
		99,47 ⁰ / ₀	0,495 × 3 = 1,485 (c).

Принимая количество плавней относительно глинозема за единицу, мы получимъ, что

$$A = \frac{13,577}{1,485} = 9,14.$$

Принимая количество глинозема относительно кремнезема также за единицу, получимъ, что

$$B = \frac{29,306}{13,577} = 2,16.$$

$$\text{Коэффициентъ-же огнеупорности} = \frac{9,14}{2,16} = 4,23.$$

Пирометрическая формула глины будетъ:

$$9,14 (Al_2O_3 + 3,24 SiO_2) + RO.$$

Въ приведенной формулѣ число 9,14 есть коэффициентъ плавней, а 3,24—коэффициентъ кремнезема, умноженнаго на $\frac{3}{2}$, такъ какъ частица Al_2O_3 эквивалентна $\frac{3}{2} SiO_2$.

При опредѣленіи огнеупорности въ воздуходувной печи Девиля для измѣренія температуръ отъ 960° до 1145° Ц. пользуются пластинками изъ чистаго серебра, чистаго золота и сплавовъ съ содержаніемъ 20—30% золота; затѣмъ употребляютъ сплавы изъ золота и платины.

Для измѣренія болѣе высокихъ температуръ употребляютъ такъ называемые зегеровскіе конусы, которые приготавлиются изъ фарфоровыхъ глазурей съ возрастающимъ содержаніемъ глинозема и кремнезема и съ повышающейся трудноплавкостью. Такихъ конусовъ имѣется 36 штукъ, и каждый обозначенъ соотвѣтствующимъ номеромъ.

Шлаки.

§ 15. Шлаки одного и того-же выпуска приблизительно имѣютъ одинъ и тотъ-же составъ, а потому для анализа отъ нихъ отбиваютъ требуемое количество, которое и подвергаютъ дальнѣйшему измельченію ¹⁾.

Нерѣдко въ шлакахъ заключаются зерна металлическаго желѣза и кусочки угля, которые предварительно слѣдуетъ удалить. При измельченіи шлака въ агатовой ступкѣ зернышки желѣза остаются въ видѣ болѣе крупныхъ, не измельчающихся частицъ, которыя удаляютъ помощію магнита, если только шлакъ не обладаетъ магнитными свойствами, какъ доменный, бессемеровскій и томасовскій. При желѣзныхъ шлакахъ, какъ сварочный, пудлинговый и др., частицы желѣза могутъ быть удалены пинцетомъ при разсматриваніи въ лупу или отмучиваніемъ.

Для опредѣленія въ шлакѣ металлическаго желѣза, 5 грам. шлака помѣщаютъ въ маленькую платиновую чашку и обливаютъ растворомъ мѣднаго купороса ²⁾, при чемъ соотвѣтственно желѣзу выдѣляется эквивалентное количество металлической мѣди. Послѣ продолжительнаго стоянія и помѣшиванія, мѣдь, вмѣстѣ съ неразложеннымъ шлакомъ, отфильтровываютъ, хорошо промываютъ и затѣмъ нагреваютъ съ азотной кислотой, чтобы растворить мѣдь. Въ полученномъ растворѣ мѣдь опредѣляютъ электролизомъ или сѣрнистымъ водородомъ.

Доменные шлаки. Многіе доменные шлаки вполне разлагаются кислотами, и тогда анализъ ихъ ведутъ какъ при силикатахъ, разлагаемыхъ кислотами.

Шлаки, которые только отчасти разлагаются прямо, сплавляютъ съ углекислымъ натромъ, сплавъ растворяютъ въ соляной кислотѣ и кремнеземъ отдѣляютъ отъ оснований обыкновеннымъ способомъ.—Въ фильтратѣ отъ кремнезема сумму $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ отдѣляютъ уксуснокислымъ аммоніемъ, марганецъ—жидкимъ бромомъ или сѣрнистымъ аммоніемъ и далѣе поступаютъ какъ при силикатахъ, неразлагаемыхъ кислотами.

Если въ шлакѣ заключается *Ba*, то удобнѣе выдѣлить его слабой сѣрной кислотой вмѣстѣ съ кремнеземомъ, отъ котораго $BaSO_4$ отдѣляютъ плавиковою кислотой или - же нагреваютъ съ растворомъ углекислаго натра, при чемъ кремнеземъ растворяется, а $BaSO_4$ переходитъ въ $BaCO_3$.

Общее количество сѣры опредѣляется какъ въ желѣзныхъ рудахъ, когда въ послѣднихъ заключается $BaSO_4$, т. е. навѣску шлака сплавляютъ съ Na_2CO_3 и KNO_3 .

Въ случаѣ присутствія P_2O_5 , навѣску шлака разлагаютъ смѣсью плавиковою кислоты и сѣрной, растворъ выпариваютъ сперва на водяной

¹⁾ При очень густыхъ, медленно остывающихъ шлакахъ внутреннія части ихъ могутъ иногда по составу отличаться отъ наружныхъ частей.

²⁾ Въ 1 литрѣ воды растворяютъ 10 грам. кристаллическаго мѣднаго купороса.

банѣ, а потомъ на песокъ до полного удаленія сѣрной кислоты; остатокъ растворяютъ въ соляной кислотѣ, солянокислый растворъ переводятъ въ азотнокислый и P_2O_5 осаждаютъ молибденовокислымъ аммоніемъ.

Мартеновскіе шлаки. Кислые шлаки анализируются какъ шлаки, содержащіе FeO , о которыхъ сказано ниже. Въ основныхъ—сперва опредѣляютъ фосфорную кислоту тѣмъ-же путемъ, какъ въ фосфатахъ. Далѣе поступаютъ какъ при силикатахъ, разлагаемыхъ кислотами, при чемъ если окажется, что $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ недостаточно, чтобы связать всю P_2O_5 , то въ растворъ прибавляютъ хлорнаго желѣза, съ опредѣленнымъ содержаніемъ послѣдняго, и сумму осаждаютъ изъ раствора [(§ 2 (b))] уксуснокислымъ аммоніемъ, марганецъ—жидкимъ бромомъ и т. д.

Томасовскіе шлаки. Также представляютъ силикаты, разлагаемые кислотами, и содержатъ значительное количество фосфорной кислоты (до 18⁰/о) и окиси кальція. Анализируются какъ фосфориты.

Шлаки съ большимъ содержаніемъ FeO (кричные, сварочные, пудлинговые и проч.). 1 граммъ тонко-измельченнаго шлака ссыпаютъ въ фарфоровую чашку, наливаютъ 10—15 ст.³ крѣпкой соляной кислоты, закрываютъ стекломъ и нагреваютъ на водяной банѣ, чтобы окислы желѣза, по возможности, растворились. Охладивъ нѣсколько растворъ, въ послѣдній прибавляютъ 3—5 ст.³ $HN O_3$ для переведенія закиси желѣза, въ окись, стекло снимаютъ и жидкость выпариваютъ на водяной банѣ досуха. Остатокъ растворяютъ при нагреваніи въ соляной кислотѣ (10—15 ст.³), разбавляютъ водою и жидкость фильтруютъ. Нерастворимый осадокъ собираютъ, промываютъ, сушатъ и прокалываютъ. Такъ какъ почти всегда въ немъ остаются еще окислы желѣза и другія основанія, то его сплавляютъ съ углекислымъ натромъ и далѣе поступаютъ какъ при силикатахъ, неразлагаемыхъ кислотами. Чистую кремневую кислоту отфильтровываютъ, промываютъ, сушатъ, прокалываютъ, взвѣшиваютъ, а фильтратъ отъ нея смѣшиваютъ съ растворомъ, содержащимъ главную массу желѣза, и въ полученномъ растворѣ опредѣляютъ основанія какъ въ соответствующемъ растворѣ (S_1) силикатовъ, неразлагаемыхъ кислотами.

Шлаки болѣе сложнаго состава. Кромѣ обычныхъ элементовъ, въ такихъ шлакахъ могутъ заключаться: *As, Sb, Pb, Bi, Cu, Ni, Co* и др. Раньше, чѣмъ приступить къ количественному анализу, нерѣдко встрѣчается надобность подвергнуть ихъ обстоятельному качественному испытанію, чтобы, такимъ образомъ, выбрать наиболѣе простой и точный способъ анализа. На первыхъ порахъ затрудненіе является въ переведеніи шлаковъ въ растворъ. Обыкновенно раствореніе начинаютъ съ азотной кислоты.

Тонко-измельченную навѣску шлака помѣщаютъ въ широкогорлую колбу или въ фарфоровую чашку, наливаютъ 5—10 ст.³ обыкновенной азотной кислоты и нѣкоторое время нагреваютъ сперва на водяной банѣ, а потомъ на песокъ. Когда дѣйствіе азотной кислоты прекратится, осто-

рожно прибавляютъ 10—20 ст.³ соляной кислоты и снова нагрѣваютъ. По окончаніи разложенія, растворъ съ осадкомъ переводятъ въ фарфоровую чашку и выпариваютъ досуха. Твердый остатокъ нагрѣваютъ съ 10—15 ст.³ соляной кислоты, разбавляютъ водой, нерастворимый осадокъ отфильтровываютъ, промываютъ, сушатъ, прокаливаютъ и взвѣшиваютъ. Если нерастворимый осадокъ содержитъ еще неразложенный шлакъ, то его сплавляютъ съ углекислымъ натромъ и извѣстнымъ намъ способомъ получаютъ чистую кремневую кислоту, которую собираютъ, промываютъ, сушатъ, прокаливаютъ и взвѣшиваютъ, а фильтратъ отъ нея соединяютъ съ первымъ растворомъ, заключающимъ главную часть оснований.

Въ случаѣ присутствія *Pb*, сперва шлакъ обрабатываютъ азотной кислотой, а потомъ прибавляютъ 10—15 ст.³ разбавленной сѣрной кислоты (50⁰/₀); послѣ разложенія, растворъ, вмѣстѣ съ нерастворимымъ остаткомъ, выпариваютъ сперва на водяной банѣ, а потомъ на пескѣ, чтобы нѣкоторая часть сѣрной кислоты испарилась. Холодный растворъ разбавляютъ водою и оставляютъ нѣкоторое время стоять. Отфильтровавъ нерастворимый остатокъ, послѣдній промываютъ водою съ сѣрной кислотой, потомъ нѣсколько разъ чистой водою и сушатъ, а затѣмъ обрабатываютъ нагрѣтымъ растворомъ уксуснокислаго аммонія, который растворяетъ сѣрнокислый свинецъ.

Если шлакъ очень трудно разлагается кислотами, то его обрабатываютъ смѣсью плавиковой кислоты и сѣрной, какъ при опредѣленіи щелочей въ силикатахъ. Плавиковую кислоту можно замѣнить фтористымъ калиемъ.

Въ кислый растворъ—будетъ-ли это солянокислый или сѣрнокислый—пропускаютъ сѣрнистый водородъ, при чемъ осаждаются металлы V и IV группъ, а въ растворѣ остаются металлы III группы и другія основанія. Раздѣленіе и опредѣленіе металловъ V, IV и III группъ производится совершенно такъ-же, какъ при анализѣ сплавовъ и вообще смѣшанныхъ рудъ, съ которыми въ этомъ случаѣ и слѣдуетъ основательно ознакомиться.

Примѣры анализа нѣкоторыхъ техническихъ и металлургическихъ продуктовъ (см. стр. 373 и 374).

№ 1. Обыкновенная глина. Новгородской губ. (1883 г.).

№ 2. Фарфоровая глина. Харьковской губ. (1877 г.).

№ 3. Фарфоровая глина. Екатеринославской губ. (1887 г.).

№ 4. Огнеупорная глина. Воронежской губ. (1899 г.).

№ 5. Фарфоровая глазурь.

№ 6. Полевой шпатъ какъ матеріалъ, употребляемый при фарфоровомъ производствѣ (см. стр. 374).

№ 7. Доменный шлакъ. Домброва.

№ 8. То-же. Илевскаго завода (1884 г.).

№ 9. Сварочный шлакъ. Вознесенскаго завода (1884 г.).

№ 10. То-же. Выкса. (1887 г.).

	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 5.	№ 6.	ПРИМѢЧАНІЕ.
Потери отъ прокаливанія . . .	4,47%	5,90%	13,05%	13,00%	5,29%	0,40%	Въ № 4— Al_2O_3 заключаетъ около 0,50% TiO_2 . При разложеніи полевого шпата плавиковой кисл. сперва навѣску сильно смачиваютъ водой и затѣмъ уже малыми количествами прибавляютъ плавиковой кислоты, иначе реакція идетъ такъ энергично, что все выбрасываетъ изъ тигля.
SiO_2	59,81%	62,50%	48,57%	55,40%	67,62%	65,65%	
Al_2O_3	18,96%	26,09%	36,93%	28,95%	17,61%	18,77%	
Fe_2O_3 . . .	6,98%	0,43%	0,97%	1,26%	0,30%	—	
CaO	1,41%	0,58%	слѣды.	0,86%	6,25%	0,19%	
MgO	2,50%	слѣды.	—	слѣды.	слѣды.	слѣды.	
Na_2O	1,13%	0,70%	—	—	0,35%	3,27%	
K_2O	3,49%	3,52%	—	—	2,51%	10,94%	
	99,65%	99,72%	99,52%	99,47%	99,93%	99,22%	

№ 11. Пудлинговый шлакъ. Илевскаго завода (1884 г.).

№ 12. Шлакъ рудной мѣдной плавки. Богословскъ (1883 г.).

№ 13. Шлакъ отъ плавки на черную мѣдь. Богословскъ (1883 г.).

№№ 14 и 15—цементы Глухоозерскаго завода (1883 г.).

Д. Прибавленіе къ анализу природныхъ силикатовъ.

§ 16. Минералы и горныя породы весьма часто сопровождаются посторонними примѣсами, почему необходимый для анализа чистый матеріалъ въ такихъ случаяхъ отбираютъ при помощи лупы; или-же постороннія примѣси удаляютъ инымъ способомъ. Такъ, магнитный желѣзнякъ вытягиваютъ магнитомъ; вещества, растворимыя въ кислотахъ, какъ, напр., углекислый кальцій, удаляютъ слабой соляной кислотой или уксусной.

Нерѣдко въ естественныхъ силикатахъ находятся микроскопическія включенія такихъ минераловъ, которые не растворяются въ кислотахъ даже послѣ сплавленія ихъ съ углекислымъ натромъ; точно такъ же на нихъ не дѣйствуетъ и плавиковая кислота. Сюда принадлежатъ: корундъ, различныя шпинели, рутилъ, хромистый желѣзнякъ, титанистый желѣзнякъ, оловянный камень и отчасти цирконъ. Иногда силикаты бываютъ проникнуты углистымъ веществомъ. Такъ какъ нѣкоторые изъ упомянутыхъ минераловъ чернаго цвѣта, то промытый, но еще не высушенный кремнеземъ отъ присутствія въ немъ этихъ примѣсей получаетъ сѣроватый оттѣнокъ. Послѣ обработки взвѣшеннаго кремнезема смѣсью плавиковой

	№ 7.	№ 8.	№ 9.	№ 10.	№ 11.	№ 12.	№ 13.	№ 14.	№ 15.	ПРИМѢЧАНІЕ.
Потери отъ прокаливанія	—	—	—	—	—	—	—	0,38%	4,54% ^{*)}	№ 7 разлагается кислотами.
SiO ₂	33,34%	56,50%	24,70%	28,79%	20,36%	32,86%	38,84%	22,07%	16,52%	№ 8—не разлагается.
Ca	—	—	—	—	—	0,79%	0,69%	—	—	№№ 12 и 13 обработаны царской водкой и нерастворимый остатокъ сплавляютъ съ содою.
Al ₂ O ₃	12,08%	9,67%	не опред.	1,72%	не опред.	8,42%	10,58%	6,59%	8,17%	
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	3,41%	3,77%	
FeO	1,05%	4,80%	70,02%	66,87%	53,85%	43,33%	40,42%	—	—	№№ 14 и 15 цементы. Анализировались какъ силикаты, разлагаемые кислотами.
MnO	1,28%	4,05%	0,10%	0,93%	5,20%	—	—	—	—	
CaO	46,90%	16,26%	—	0,53%	—	10,20%	4,64%	64,00%	61,89%	
MgO	4,35%	7,88%	—	—	—	2,36%	1,52%	1,04%	2,62%	
P ₂ O ₅	—	слѣды.	0,62%	0,90%	10,08%	—	—	0,51%	—	
S	—	—	0,04%	—	0,12%	1,00%	0,30%	1,07%	1,30%	
	99,00%	99,16%	95,13%	98,74%	99,61%	98,96%	97,09%	99,62%	99,75%	

*) Въ томъ числѣ CO₂—2,28%.

кислоты и сѣрной, примѣси получаютъ въ остаткѣ, который подвергаютъ дальнѣйшему изслѣдованію. Для этого остатокъ сплавляютъ съ 10 част. кислога-сѣрнокислога калия, сплавъ растворяютъ въ водѣ, съ прибавленіемъ нѣсколькихъ капель сѣрной кислоты. Если не все растворится, то это указываетъ на присутствіе $BaSO_4$, который въ такомъ случаѣ отфильтровываютъ и фильтратъ пробуютъ:

На титановую кислоту перекисью водорода, отчего растворъ окрашивается въ желтый или оранжевый цвѣтъ.

Окись хрома, окись желѣза и глиноземъ осаждаютъ амміакомъ; если есть цирконова земля, то она осаждается вмѣстѣ съ глиноземомъ, отъ котораго отличается нерастворимостью въ избыткѣ ѣдкаго кали.

Оловянный камень переводятъ въ растворъ сплавленіемъ съ содою и сѣрою; или-же прокаливаютъ въ струѣ сухого водорода, при чемъ получается металлическое олово, которое растворяютъ въ соляной кислотѣ.

Если послѣ обработки кремнезема плавиковою кислотой при его испытаніи чистоты получится эмалевидный остатокъ молочнаго цвѣта, то это указываетъ на присутствіе въ немъ фосфорной кислоты и титана. Тогда остатокъ сплавляютъ съ углекислымъ натромъ, сплавъ обрабатываютъ водою, при чемъ фосфорноокислый натръ растворяется, въ осадкѣ-же получается нерастворимая въ водѣ кислая соль титановоокислога натрія.

Силикаты, заключающіе углистые вещества, являются окрашенными въ черный цвѣтъ. Если встрѣчается надобность углистое вещество изслѣдовать отдѣльно, то измельченный силикатъ обрабатываютъ нѣсколько разъ смѣсью плавиковою кислоты и сѣрной или соляной; или-же силикатъ сплавляютъ съ углекислымъ натромъ и затѣмъ сплавъ обрабатываютъ соляной кислотой. Въ томъ и другомъ случаяхъ основанія переходятъ въ растворъ, а въ остаткѣ остается углистое вещество, которое отфильтровываютъ, промываютъ, сушатъ и, если нужно, то еще разъ обрабатываютъ однимъ изъ упомянутыхъ способовъ. Углистое вещество, освобожденное отъ минеральныхъ примѣсей, подвергаютъ дѣйствію дымящей азотной кислоты и бертолетовой соли. Если это графитъ, то получается графитовая кислота; аморфный-же углеродъ окисляется въ угольную кислоту, или переходитъ въ гуминовыя вещества и растворъ окрашивается въ темный цвѣтъ.

Наконецъ, весьма часто въ природныхъ силикатахъ заключается свободный кварцъ, который опредѣляется изъ отдѣльной навѣски, разлагая силикаты сѣрной кислотой при нагреваніи въ запаянной трубкѣ до $250-270^{\circ} C$. и выше, при чемъ основанія переходятъ въ растворъ, а въ осадкѣ остается кварцъ и нерастворимый въ кислотахъ аморфный кремнеземъ, который отдѣляется отъ кварца нагреваніемъ съ растворомъ углекислаго натра. Для этого берутъ съ одного конца запаянную трубку (изъ божемскаго трудноплавскаго стекла), діаметромъ 13—15 м/м, помѣ-

щаютъ въ нее 1 граммъ измельченнаго силиката ¹⁾ и шейку трубки вытягиваютъ.—По охлажденіи, чрезъ тонкую воронку съ длинной шейкой наливаютъ 1 ст.³ воды, встряхиваютъ, чтобы силикатъ не слежался, по той-же воронкѣ наливаютъ $\frac{2}{3}$ трубки сѣрной кислоты (3 об. кислоты и 2 об. воды) и узкую часть трубки запаиваютъ, вытянувъ ее въ толстостѣнную капиллярную трубку. (См. рис. 1-ый).

Запаянную трубку помѣщаютъ въ желѣзную трубку, которую вставляютъ въ особую воздушную баню, нагрѣваемую газомъ; или-же приготовленную стеклянную трубку помѣщаютъ въ желѣзный стволъ, завинчиваемый гайками, и стволъ нагрѣваютъ на песчаной банѣ. Нагрѣваніе продолжается 6—10 часовъ, при температурѣ 259—270° C. и выше.

По окончаніи нагрѣванія, жидкость въ трубкѣ взбалтываютъ, отчего осадокъ собирается въ нижней части трубки; послѣднюю ставятъ верти-



Рис. 1.

кально и раскрываютъ. Для этого въ верхней части трубки посредствомъ остраго напильника дѣлаютъ надрѣзъ и къ нему прикладываютъ расплавленную стеклянную палочку, отчего образуется поперечная трещина, и верхняя часть отпадаетъ сама собою. Содержимое трубки переводятъ въ стаканъ, трубку хорошо обмываютъ и осадокъ промываютъ сперва декантаціей, а потомъ на фильтръ до полного уничтоженія кислой реакціи.

Высушенный остатокъ переводятъ съ фильтра въ платиновую чашку, фильтръ сжигаютъ отдѣльно и золу прибавляютъ къ общему осадку. Въ чашку наливаютъ 50 ст.³ 5% раствора углекислаго натра и, при помѣшиваніи палочкой, нагрѣваютъ на кипящей водяной банѣ 15—20 минутъ. Горячую жидкость фильтруютъ чрезъ двойной фильтръ, на осадокъ еще наливаютъ 30—50 ст.³ углекислаго натра и опять нагрѣваютъ такое-же время. Когда весь аморфный кремнеземъ растворится и на днѣ чашки останется осадокъ, который подъ палочкой хруститъ, то растворъ фильтруютъ чрезъ тотъ-же фильтръ, осадокъ собираютъ и промываютъ сперва водою, подкисленную *HCl*, а потомъ чистой водою; затѣмъ сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ.

Для увѣренности, что взвѣшенный кварцъ совершенно чистый, его обрабатываютъ смѣсью плавиковой кислоты и сѣрной, поступая совершенно такъ, какъ при испытаніи чистоты кремневой кислоты вообще.

Прямой опытъ показываетъ, что нѣкоторые силикатовые минералы, именно—ортоклазъ, альбитъ и олигоклазъ, при нагрѣваніи съ сѣрной

¹⁾ Измельченный силикатъ отвѣшиваютъ въ тонкой, съ одного конца запаянной стеклянной трубкѣ, навѣску высыпаютъ въ большую трубку, назначенную для разложения силиката, а маленькую трубочку снова взвѣшиваютъ. Такимъ образомъ навѣска опредѣляется по разности.

кислотой въ запаянной трубкѣ не разлагаются или разлагаются только отчасти ¹⁾. Въ такихъ случаяхъ, когда вмѣстѣ съ кварцемъ заключаются и упомянутые минералы, кварцъ опредѣляется косвеннымъ путемъ.

При отдѣленіи аморфной кремневой кислоты отъ кварца слѣдуетъ имѣть въ виду, что, при употребленіи болѣе крѣпкаго раствора углекислаго натра, а также отъ болѣе продолжительнаго и сильнаго нагреванія, можетъ раствориться и нѣкоторая часть слишкомъ тонко-измельченнаго кварца.

При изслѣдованіи природныхъ силикатовъ вмѣстѣ съ химическимъ анализомъ пользуются и другими способами изслѣдованія, между которыми микроскопическое и микрохимическое изслѣдованія приготовленныхъ препаратовъ имѣютъ значеніе и для химическаго анализа.

Для наблюденія подъ микроскопомъ изъ породъ готовятъ шлифовкой настолько прозрачную пластинку (шлифъ), чтобы чрезъ нее можно было читать, приклеиваютъ ее канадскимъ бальзамомъ къ стеклышку, закрываютъ тонкимъ покрывательнымъ стекломъ и рассматриваютъ подъ микроскопомъ. Кромѣ того, приготовленный препаратъ подвергаютъ дѣйствію различныхъ реактивовъ: соляной кислоты, кремнефтористоводородной, плавиковой, ѣдкаго натра и проч. Такъ какъ количество веществъ въ шлифахъ ничтожно, то происходящія химическія реакціи наблюдаютъ подъ микроскопомъ.

Минералы и простыя горныя породы анализируются прямо и полученными результатами пользуются непосредственно. Нѣкоторое затрудненіе является при анализѣ сложныхъ горныхъ породъ. Дѣло въ томъ, что рѣдко встрѣчаются породы, изъ которыхъ каждую составную часть можно выдѣлить и анализировать отдѣльно. Напр., въ плотныхъ и мелкозернистыхъ породахъ такого раздѣленія произвести нельзя, и тогда анализируютъ всю породу. Если каждая составная часть породы выдѣлена и подвергнута анализу отдѣльно, то такой анализъ наз. частнымъ или по частямъ (Partialanalyse); общимъ или гуртовымъ анализомъ (Bauchanalyse) называютъ, когда анализу подвергаютъ общую смѣсь всѣхъ составныхъ частей породы.—При частномъ анализѣ необходимо каждую составную часть породы выдѣлить въ чистомъ видѣ; это не представляетъ никакихъ затрудненій для породъ крупнозернистыхъ, въ которыхъ каждый минералъ ясно обособленъ и можетъ быть выдѣленъ самымъ простымъ способомъ, напр., ударомъ молотка. Для мелкозернистыхъ породъ примѣняютъ особые способы раздѣленія составныхъ частей, которыхъ три: 1) Механическій способъ, состоящій въ измельченіи и просѣиваніи, ручной или инструментальной отборкѣ, въ отмучиваніи струей воды и, наконецъ, въ раздѣленіи при помощи тяжелыхъ жидкостей, напр., Клейна,

¹⁾ См. «Петрографическія замѣтки» А. Карпинскаго. Подобное испытаніе, по просьбѣ Академика А. П. Карпинскаго, было сдѣлано авторомъ лично.

Сушина и проч. 2) Химическій способъ, при которомъ минералы выдѣляютъ по растворимости, дѣйствуя на нихъ различными растворителями, и 3) Раздѣленіе составныхъ частей горныхъ породъ при помощи магнита и электромагнитовъ.

Весьма часто при изслѣдованіи сложныхъ горныхъ породъ, состоящихъ изъ силикатовыхъ минераловъ, изъ которыхъ одни разлагаются кислотами, другіе-же не разлагаются, встрѣчается надобность изслѣдовать растворимую и нерастворимую часть породы отдѣльно. Въ такихъ случаяхъ 1 граммъ измельченной породы обрабатываютъ при нагрѣваніи на водяной банѣ соляной кислотой, нѣсколько разбавленной водой. Крѣпость кислоты и продолжительность нагрѣванія находятся въ прямой зависимости отъ свойствъ минераловъ, слагающихъ породу. Обыкновенно же нагрѣваютъ около часа, послѣ чего кислый растворъ, разбавивъ его нѣсколько водой, фильтруютъ чрезъ плотный фильтръ, осадокъ собираютъ, промываютъ и сушатъ.

Высушенный (но непрокаленный) остатокъ переводятъ съ фильтра въ платиновую чашку, фильтръ сжигаютъ отдѣльно и золу прибавляютъ къ общему осадку. Въ чашку наливаютъ 50 ст.³ 5% раствора углекислого натра и нагрѣваютъ на кипящей водяной банѣ 15—20 минутъ, поступая далѣе какъ при опредѣленіи кварца въ породахъ.

Когда аморфный кремнеземъ растворится въ содѣ, нерастворимый остатокъ собираютъ, промываютъ сперва водой, подкисленной HCl (иначе осадокъ проходитъ чрезъ фильтръ), а потомъ чистой водой или слабымъ спиртомъ. Промытый остатокъ сушатъ, прокаливаютъ въ платиновомъ тиглѣ, взвѣшиваютъ и затѣмъ подвергаютъ дальнѣйшему изслѣдованію, какъ силикатъ, неразлагаемый кислотами.

Кислый растворъ, содержащій всю растворимую часть породы и нѣкоторое количество SiO_2 , изслѣдуютъ отдѣльно. Щелочной растворъ, заключающій кремневую кислоту, осторожно подкисляютъ небольшимъ избыткомъ соляной кислоты, выпариваютъ досуха и извѣстнымъ намъ способомъ опредѣляютъ кремневую кислоту, относя найденное количество ея къ растворимой части породы.

Примѣчаніе. При анализѣ природныхъ силикатовъ, именно въ тѣхъ случаяхъ, когда Al_2O_3 очень много, а Fe , Cr , Mn (иногда и другихъ основаній) мало, необходимо сперва отдѣлить III группу сѣрнистымъ аммоніемъ, при чемъ поступаютъ такъ.

Растворъ помѣщаютъ въ колбу въ 300 см.³, прибавляютъ нашатыря, затѣмъ амміака, до появленія осадка, и небольшой избытокъ сѣрнистаго аммонія, хорошо насыщеннаго сѣрнистымъ водородомъ. Въ колбѣ не должно быть воздуха, а потому растворъ дополняютъ прокипяченной водою, взбалтываютъ, горло колбы закрываютъ пробкой и оставляютъ стоять на 12 час. Осадокъ собираютъ на фильтръ, промываютъ водою съ сѣрнистымъ аммоніемъ и растворяютъ въ соляной кислотѣ, на половину разбавленной водою. Изъ кислаго раствора сумму $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ вторично осаждаютъ амміакомъ и въ фильтратѣ отъ нея опредѣляютъ MnO .

Въ первомъ-же фильтратѣ сѣрнистый аммоній разрушаютъ соляной кислотой и опредѣляютъ CaO и MgO , какъ обыкновенно.

Примѣры анализа нѣкоторыхъ силикатовыхъ минераловъ и горныхъ породъ.

	1	2	3	4	5	Примѣчаніе.
Потери отъ прокаливанія.	3,14%	2,60%	—	4,87	4,39	Сплавлено съ Na_2CO_3 . Сумма $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ отдѣлена отъ CaO и MgO аммиакомъ два раза, CaO и MgO взвѣшены также послѣ двойного осажденія.
SiO_2	56,88	57,07	40,11	15,55	16,39	Въ № 1 найденное количество Fe_2O_3 перечислено на FeO , такъ какъ всего матеріала имѣлось для анализа лишь 0,5 грамма.
Al_2O_3	1,54	0,91	—	43,51	43,40	Въ №№ 3 и 5 для опредѣленія FeO навѣски силикатовъ разлагались H_2SO_4 при нагреваніи ихъ въ запаянной трубкѣ.
Fe_2O_3	—	0,35	1,18	1,72	1,57	
FeO	3,46	—	0,22	слѣды.	0,60	
CaO	11,49	13,22	—	13,25	13,04	
MgO	23,39	25,43	57,73	20,97	20,38	
	99,90	98,58	99,24	99,87	99,77	

№ 1. Нефритъ. Изъ Самарканда съ гробницы Тамерлана (1881 г.). Анализъ произведенъ по просьбѣ покойнаго проф. И. В. Мушкетова.

№ 2. То-же изъ Ярканда (1881 г.).

№ 3. Оливинъ. Изъ Николае - Максимиліановской копи. („Записки Импер. Минерал. Общества“. 1882 г.).

№ 4. Ксантофиллитъ. („Записки Импер. Минер. Общ.“ 1883 г.).

№ 5. Валувитъ. („Записки Импер. Минер. Общ.“ 1878 г.).

	6	7	Примѣчаніе.
SiO_2	35,21	37,12	Сплавлено съ Na_2CO_3 , при чемъ къ смѣси прибавлено немного KNO_3 , иначе платиновый тигель, вслѣдствіе восстановления окисловъ Fe и Mn , послѣ сплавленія весьма замѣтно увеличивается въ вѣсъ. Fe и Mn даютъ съ платиной сплавъ, изъ котораго ихъ очень трудно отдѣлить. Въ такихъ случаяхъ вообще сплавленіе нужно вести осторожно, чтобы газъ не попадалъ въ тигель. Въ № 6 для опредѣленія FeO навѣска минерала нагревалась съ H_2SO_4 въ запаянной трубкѣ.
Al_2O_3	23,32	21,31	
Fe_2O_3	5,71	—	
FeO	15,43	8,82	
MnO	16,41	25,83	
CaO	1,39	5,72	
MgO	1,13	0,94	
	98,60	99,74	

№ 6. Гранатъ. Изъ Шеихъ-Джели въ Хивѣ. („Записки Импер. Минер. Общества“. 1882 г.).

№ 7. Гранатъ съ Урала. Анализъ произведенъ по просьбѣ Академика А. П. Карпинскаго (1886 г.).

	8	9	Примѣчаніе.
Потери отъ прокаливанія.	14,10	12,25	Оба силиката сплавлены съ Na_2CO_3 . Въ № 8 въ взвѣшенномъ кремнеземѣ остается около 0,83% титанистаго желѣзняка. Сумма отдѣлена амміакомъ.
SiO_2	26,72	30,48	Въ № 9 въ кремнеземѣ остается хромистый желѣзнякъ, почему нечистый кремнеземъ сплавленъ съ Na_2CO_3 и KNO_3 , растворено въ слабой соляной кислотѣ и, по выдѣленіи SiO_2 обыкновеннымъ путемъ, оба раствора (главный и отъ SiO_2) соединены вмѣстѣ и сумма отдѣлена сперва сѣрнистымъ аммоніемъ, а потомъ амміакомъ.
Al_2O_3	24,09	12,28	Cr_2O_3 опредѣлена изъ суммы $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, для чего навѣска отъ суммы сплавлена съ 6 част. смѣси изъ 2 част. Na_2CO_3 и 1 част. KNO_3 ; сплавъ обработанъ горячей водой, Al_2O_3 выдѣленъ изъ раствора, пропуская струю CO_2 и затѣмъ, переведя Cr_2O_3 (H_2S) въ Cr_2O_3 , послѣдняя осаждена амміакомъ.
Fe_2O_3	0,94	5,18	
Cr_2O_3	2,01	5,18	
FeO	—	0,20	
MnO	—	—	
CaO	—	—	
MgO	31,88	34,64	
	99,74	99,08	

№ 8. Хлоритъ. Съ Теплаго ключа, въ 25 вер. отъ Кусинскаго завода.

№ 9. Хлоритовая порода. Оттуда-же. Оба анализа произведены по просьбѣ Академика А. П. Карпинскаго (1886 г.).

№ 10. Демантоидъ съ Урала. („Горный Журналъ“. 1881 г.).

№ 11. Оливинъ изъ Шишимскихъ горъ. Анализъ произведенъ по просьбѣ покойнаго Академика П. В. Бремѣва. („Записки Импер. Минер. Общества“. 1899 г.).

№ 12. Волластонитъ. Анализъ произведенъ по просьбѣ покойнаго Академика Н. И. Кокшарова (1883 г.).

№ 13. Бериллъ. Изъ Хивы. Анализъ произведенъ по просьбѣ покойнаго профессора Н. П. Барботъ-де-Марни. (1877 г.).

№ 14. Порода, извѣстная подъ именемъ „опоки“, представляетъ тѣсное смѣшеніе аморфнаго глинистаго вещества съ аморфнымъ-же кремнеземомъ. Анализъ произведенъ по просьбѣ Академика А. П. Карпинскаго. („Записки Уральскаго Общества Любителей Естествознанія“, т. VII, вып. 3).

	10	11	12	Примѣчаніе.
	Въ процентахъ.			
Потери отъ прокаливанія	—	1,68	—	Силикаты, разлагаемые кислотами.
SiO_2	35,33	36,44	51,51	Въ № 11 промытый и высушенный кремнеземъ былъ обработанъ при нагреваніи растворомъ углекислаго натра, при чемъ остался ничтожный остатокъ желтоватаго цвѣта, который дальше не былъ изслѣдованъ.
Al_2O_3	2,22	0,62	} 0,73	
Fe_2O_3	30,44	—		
FeO	0,27	2,80	—	
CaO	31,52	32,11	47,61	Въ № 12 заключаются постороннія примѣси, именно: нераств. остатка 4,10% и $CaCO_3$ — 2,81%, которыя исключены изъ общаго анализа, и результаты перечислены на 100 част. чистаго вещества. $CaCO_3$ подсчитанъ по CO_2 , которой въ минералѣ содержится 1,24%.
MgO	слѣды.	25,35	слѣды.	
MnO	—	слѣды.	0,14	
	99,78	99,00	100,00	

	№ 13.	№ 14.	П Р И М Ъ Ч А Н І Е.
	В	ъ %.	
Потери отъ прокаливанія	2,23	5,12	Оба примѣра представляютъ силикаты, неразлагаемые кислотами. Въ № 13 сумма $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + BeO$ осаждена амміакомъ и опредѣлена какъ обыкновенно. Навѣска отъ суммы сплавлена съ Na_2CO_3 , сплавъ растворенъ въ соляной кислотѣ и BeO отдѣлена отъ Al_2O_3 углекислымъ амоніемъ при пропусканіи струи CO_2 .
SiO_2	64,00	80,75	
Al_2O_3	19,10	7,51	
Fe_2O_3	ничтожн.	3,05	
BeO	11,00	—	
CaO	0,22	0,81	
MgO	0,84	1,19	
Na_2O	1,27	не опред.	
K_2O	—	не опред.	
	98,66	98,43	
Кремнезема, растворимаго въ Na_2CO_3	—	32,74	

Примѣръ анализа сложной горной породы, въ которой растворимая и нерастворимая части породы изслѣдованы отдѣльно.

	№ 15.			ПРИМѢЧАНІЕ.
	Нераствор. часть породы 57,12 ⁰ / ₀ .	Раствор. часть породы 42,88 ⁰ / ₀ .	Составъ	
	Въ 100 ч. заклѣчается ⁰ / ₀ ⁰ / ₀ .	Въ 100 ч. заклѣчается ⁰ / ₀ ⁰ / ₀ .	элеолита.	
SiO_2 . . .	61,35	44,52	44,08	Навѣска породы нагрѣвалась въ продолженіе часа на водяной банѣ съ соляной кислотой, на половину разбавленной водой. Аморфный кремнеземъ отдѣленъ отъ нерастворимаго остатка нагрѣваніемъ съ растворомъ углекислаго натра, который потомъ разложенъ соляной кислотой, и въ полученномъ растворѣ кремневая кислота опредѣлена обыкновеннымъ способомъ. Растворимая часть породы представляетъ элеолитъ, составъ котораго приведенъ въ третьей графѣ.
Al_2O_3 . . .	15,09	31,35	33,28	
Fe_2O_3 . . .	4,30	1,73	—	
FeO	2,56	—	—	
CaO	3,59	1,05	1,85	
MgO . . .	слѣды.	слѣды.	—	
Na_2O . . .	6,14	15,80	16,00	
K_2O . . .	6,97	5,55	4,76	
	100,00	100,00	99,97	

№ 15. Порода, наз. содалитовымъ сіенитомъ, изъ долины „Сабыхъ“, въ верховьяхъ Заравшана, въ Туркестанскомъ хребтѣ. Анализъ произведенъ по просьбѣ покойнаго профессора И. В. Мушкетова. („Записки Императ. Минер. Общества“. 1894 г.).

II. Фосфорнокислыя соединенія.

(Ф о с ф а т ы).

(Фосфориты, томасовскіе шлаки и проч.).

Изъ фосфорнокислыхъ соединеній чаще всего приходится разлагать фосфориты, представляющие по своему химическому составу фосфорнокислый кальцій съ нѣкоторымъ количествомъ фтористаго и хлористаго кальція. Изъ постороннихъ примѣсей въ нихъ могутъ заключаться: Fe_2O_3 (FeO), Al_2O_3 , MgO , CO_2 , SO_3 , вода, органическія вещества и нерастворимый остатокъ, состоящій изъ песка, глины и другихъ силикатовъ. Какъ цѣнную составную часть, въ фосфоритахъ весьма часто опредѣляютъ только фосфорную кислоту и иногда вредныя примѣси—окись желѣза и глиноземъ.

Фосфорную кислоту опредѣляютъ посредствомъ молибденовокислого аммонія.—Если къ нагрѣтому азотнокислому раствору, заключающему фосфорную кислоту, прилить молибденовокислого аммонія, то, какъ извѣстно, получается желтый осадокъ, который, будучи промытъ и высушенъ при температурѣ $105-110^{\circ}$ С., весьма близко подходитъ къ формулѣ: $(NH_4)_3 PO_4 + 12MoO_3$. Осадокъ растворяютъ въ амміакѣ и фосфорную кислоту осаждаютъ магнезійальной смѣсью.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда не требуется особенно большой точности, специально въ фосфоритахъ фосфорную кислоту опредѣляютъ посредствомъ такъ называемаго лимонноамміачнаго способа.

§ 17. *Опредѣленіе P_2O_5 посредствомъ молибденовокислого аммонія.* При осажденіи фосфорной кислоты молибденомъ нужно имѣть въ виду слѣдующія практическія указанія:

1) Свободная HCl , H_2SO_4 и большое количество HNO_3 препятствуютъ осажденію фосфорной кислоты.

2) Присутствіе въ растворѣ азотнокислого аммонія ускоряетъ образованіе желтаго осадка $(NH_4)_3 PO_4 + 12MoO_3$.

3) Нагрѣваніе, но не сильное, способствуетъ осажденію и

4) Молибденовой кислоты должно быть въ два раза болѣе, чѣмъ требуется по составу осадка $(NH_4)_3 PO_4 + 12MoO_3$, слѣд., на 1 часть фосфорной кислоты должно быть не менѣе 24 частей молибденовой.

На часовомъ стеклѣ отвѣшиваютъ 6,5 грам. тонко-измельченнаго фосфорита, сыпаютъ въ небольшую фарфоровую чашку, наливаютъ 10—12 ст.³ крѣпкой соляной кислоты и, закрывъ часовымъ стекломъ, нагрѣваютъ на водяной банѣ, чтобы весь фосфорнокислый кальцій растворился. По раствореніи, стекло обмываютъ надъ чашкой и растворъ выпариваютъ на водяной банѣ досуха. Сухой остатокъ растворяютъ при нагрѣваніи въ 10 ст.³ соляной кислоты, разбавляютъ водой, растворъ фильтруютъ въ фарфоровую чашку и нерастворимый остатокъ хорошо промываютъ горячей водой до удаленія хлора. Соединивъ фильтратъ съ промывными водами, полученный растворъ выпариваютъ до густоты сиропа, прибавляютъ 10 ст.³ обыкновенной азотной кислоты и снова выпариваютъ досуха. На сухой остатокъ наливаютъ 10—12 ст.³ азотной кислоты и, помѣшивая стеклянной палочкой, нѣкоторое время нагрѣваютъ на водяной банѣ, послѣ чего прибавляютъ равный раствору объемъ воды и опять нагрѣваютъ, чтобы все растворилось. Если-же при этомъ получится небольшой нерастворимый осадокъ, представляющій кислую соль фосфорнокислой окиси желѣза, о которой сказано ниже въ примѣчаніи, то прибавляютъ нѣсколько капель соляной кислоты.—Избытокъ азотной кислоты уравниваютъ слабымъ амміакомъ, но такъ, чтобы осадка не было, жидкость переводятъ въ стаканъ, чашку споласкиваютъ сперва небольшимъ количествомъ воды, а затѣмъ растворомъ молибденовокислого аммонія извѣстной концентраціи, отмѣривъ его по 100 ст.³ на каждые 0,1 грам.

P_2O_5 ¹⁾. Такъ, если предполагають содержаніе фосфорной кислоты въ фосфоритѣ въ 30⁰%, то на навѣску въ 0,5 грам. отмѣриваютъ 150 ст.³ молибденовой жидкости и все выливаютъ въ стаканъ, сперва споласкивая имъ чашку. Растворъ съ желтымъ осадкомъ нагреваютъ нѣкоторое время на водяной банѣ при температурѣ около 40—50° С. и затѣмъ оставляютъ на 12 часовъ въ тепломъ мѣстѣ. Всего раствора должно быть около 200 ст.³.

По прошествіи означеннаго времени, часть прозрачной жидкости сливаютъ по палочкѣ въ маленькій стаканчикъ, прибавляютъ равный объемъ молибденовой жидкости и слабо нагреваютъ въ теченіе часа. Если проба останется совершенно прозрачной, то осажденіе фосфорной кислоты окончено. Въ противномъ случаѣ пробу соединяють съ главнымъ растворомъ, еще прибавляютъ молибденовой жидкости и опять оставляютъ стоять въ тепломъ мѣстѣ.

Растворъ отфильтровываютъ чрезъ фильтръ, смоченный 15⁰% растворомъ азотнокислаго аммонія, осадокъ промываютъ декантацией тѣмъ-же азотнокислымъ аммоніемъ ²⁾, только подкисленнымъ немного HNO_3 , пропуская промывную жидкость чрезъ тотъ-же фильтръ. Промываніе продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока въ промывной водѣ, смѣшанной съ амміакомъ, щавелевокислый аммоній не будетъ давать реакціи на извѣсть.

Подъ воронку подставляютъ стаканъ, въ которомъ находится главная часть промытаго желтаго осадка, на фильтръ наливаютъ нагрѣтаго амміака и, когда желтый осадокъ растворится, фильтръ промываютъ еще слабымъ амміакомъ до удаленія молибдена. Амміачную жидкость размѣшиваютъ стеклянной палочкой, и если осадокъ не весь растворился, то прибавляютъ еще амміака. Полученный амміачный растворъ уравниваютъ соляной кислотой, чтобы образующійся желтый осадокъ съ трудомъ растворялся-бы; затѣмъ въ прозрачный и холодный растворъ, при постоянномъ помѣшиваніи стеклянной палочкой, медленно и по каплямъ прибавляютъ 15—20 ст.³ магнезіальной смѣси ³⁾ и $\frac{1}{4}$ объема всей жидкости

¹⁾ *Молибденовый растворъ*. 150 грам. кристаллическаго молибденовокислаго аммонія растворяють при нагреваніи въ 1 литрѣ воды; въ большую колбу около 2-хъ литровъ вмѣстимостью наливаютъ 1 литръ азотной кислоты уд. вѣса 1,2 и холодный растворъ молибденовой соли постепенно прибавляютъ въ азотную кислоту (но не наоборотъ), постоянно взбалтывая жидкость. Растворъ оставляютъ стоять въ тепломъ мѣстѣ, и если образуется желтый осадокъ, то отстоявшую прозрачную и безцвѣтную жидкость сливаютъ сифономъ и сохраняють въ темномъ мѣстѣ. 100 ст.³ такого раствора осаждаютъ 0,10 грам. P_2O_5 .

²⁾ 150 грам. азотнокислаго аммонія растворяють въ литрѣ воды и для промыванія прибавляютъ 20—30 ст.³ азотной кислоты.

³⁾ *Магнезіальная смѣсь*. 55 грам. кристаллическаго хлористаго магнезія $MgCl_2 + 6H_2O$ и 70 грам. хлористаго аммонія растворяють въ литрѣ 2,5% амміака. даютъ стоять и фильтруютъ.

Или, что еще лучше, 70 грам. двойной соли хлористаго магнезія съ хлористымъ аммоніемъ $MgCl_2 + 2NH_4Cl + 6H_2O$ и 55 грам. хлористаго аммонія растворяють въ литрѣ 2,5% амміака, также даютъ стоять и фильтруютъ.

амміака. Всего раствора должно быть 120—140 ст.³, который и оставляют стоять 12 часовъ.

Растворъ фильтруютъ чрезъ фильтръ, смоченный азотнокислымъ аммоніемъ, осадокъ собираютъ и промываютъ амміачной водою съ азотнокислымъ аммоніемъ ¹⁾ до удаленія хлора. При пробѣ на хлоръ прошедшую чрезъ фильтръ промывную воду подкисляютъ HNO_3 и прибавляютъ $AgNO_3$. Промытый осадокъ сушатъ, переводятъ въ фарфоровый тигель, фильтръ сжигаютъ отдѣльно и золу прибавляютъ къ общему осадку. Закрытый тигель прокалываютъ сперва умѣренно, а потомъ на горѣлкѣ съ дутьемъ. Осадокъ долженъ быть бѣлаго цвѣта, но иногда, отъ присутствія мельчайшихъ частицъ угля, имѣетъ сѣроватый оттѣнокъ, что, однако, не вліяетъ на результаты. Охладивъ въ экскаторѣ, взвѣшиваютъ въ видѣ пирофосфорнокислой соли состава $Mg_2P_2O_7$, которую перечисляютъ на P_2O_5 .

Примѣчаніе.—Передъ тѣмъ какъ осаждать фосфорную кислоту молибденомъ, выпаренную досуха навѣску фосфорита окончательно растворяютъ въ азотной кислотѣ и въ тѣхъ случаяхъ, когда въ полученномъ растворѣ заключается нѣкоторое количество окиси желѣза, на днѣ фарфоровой чашки долгое время остается незначительный кристаллическій осадокъ бѣлаго цвѣта, трудно растворяющійся въ азотной кислотѣ, особенно когда послѣдней немного. Такъ какъ при навѣскѣ фосфорита въ 0.5 грам. осадка вообще получается мало, то, желая его изслѣдовать ближе, для опыта брались навѣски фосфоритовъ въ 10 грам. Уловивъ моментъ, когда весь фосфорнокислый кальцій растворится, кристаллическій осадокъ отфильтровываютъ и промываютъ сперва водою, подкисленной немного азотовой кислотой, затѣмъ чистой водою и, наконецъ, спиртомъ. Качественный анализъ показалъ, что въ осадкѣ заключается фосфорная кислота, окись желѣза и вода.

Такой-же кристаллическій осадокъ получается, если растворить въ азотной кислотѣ 10 грам. фосфорнокислаго кальція, къ раствору прибавить азотнокислой окиси желѣза, заключающей 0.25 грам. металлическаго желѣза, и выпарить на водной банѣ досуха. Растворяя сухой остатокъ въ нѣсколько разбавленной азотной кислотѣ, фосфорнокислый кальцій переходитъ въ растворъ, а на днѣ чашки остается кристаллическій осадокъ, который отфильтровываютъ и промываютъ, какъ сказано выше.

При дальнѣйшемъ изслѣдованіи оказалось, что кристаллическій осадокъ представляетъ кислую соль фосфорнокислой окиси желѣза и составъ ея, послѣ высушиванія надъ сѣрной кислотой, можно выразить слѣд. формулой: $2(Fe_2H_9(PO_4)_5) + 5H_2O$.

Такимъ образомъ процентный составъ соли будетъ:

	Вычислено:	Найдено:
P_2O_5	55,38%	55,06%
Fe_2O_3	24,96%	24,95%
H_2O	19,66%	19,00%
	<hr/> 100,00%	<hr/> 99,36%.

Въ холодной водѣ полученная соль не растворима, но при кипяченіи съ водою повидимому, разлагается. Въ обыкновенной азотной кислотѣ растворяется трудно въ соляной—легко, особенно при нагреваніи, при чемъ получается растворъ желтаго

¹⁾ Жидкость для промыванія фосфорнокислаго магнія. 150 грам. азотнокислаго аммонія растворяютъ въ водѣ, прибавляютъ 300 ст.³ амміака и разбавляютъ водою до литра.

цвѣта. Сѣрная кислота также растворяетъ ее. При нагреваніи въ пробирномъ цилиндрѣ она выдѣляетъ воду, а при нагреваніи въ фарфоровомъ тиглѣ желтѣетъ и при болѣе сильномъ накаливаніи темнѣетъ.

Хотя и при другихъ условіяхъ, подобныя соли были получены Winkler'омъ (Buchner's, Repertorium für Pharmacie 38, S.—197.) и Erllmeyer'омъ (Liebig's Annale der Chemie, Band 194).

На полученной нами соли мы только потому и остановились, что, если не принять во вниманіе ея свойствъ,—можно сдѣлать большую ошибку въ опредѣленіи фосфорной кислоты. Для сокращенія времени, нѣкоторые аналитики поступаютъ такъ, что, растворивъ навѣску въ соляной кислотѣ и выпаривъ растворъ досуха, сухой остатокъ растворяютъ прямо въ азотной кислотѣ, затѣмъ прибавляютъ воды и, такимъ образомъ, нерастворимый остатокъ (глину, песокъ и проч.) отфильтровываютъ изъ азотнокислаго раствора. Ошибка въ томъ и заключается, что образовавшаяся фосфорнокислая окись желѣза, вслѣдствіе своей трудной растворимости въ азотной кислотѣ, а тѣмъ болѣе въ водѣ, остается въ нерастворимомъ остаткѣ, вмѣстѣ съ которыми и отфильтровывается.

Еще въ 1867 г. было замѣчено Фрезеніусомъ, что въ одномъ и томъ-же образчикѣ фосфорита содержаніе фосфорной кислоты различными лабораторіями показывается различно. Обстоятельство это было причиной того, что онъ далъ точныя указанія, какъ нужно приготовить растворъ при опредѣленіи фосфорной кислоты въ фосфоритахъ (Zeitschrift für Analyt. Chemie 1867, S.—403). Принимая же во вниманіе трудную растворимость кислой фосфорнокислой окиси желѣза въ азотной кислотѣ становится понятно, почему нужно поступать такъ, какъ указалъ Фрезеніусъ.

При опредѣленіи фосфора въ фосфористыхъ желѣзныхъ рудахъ и чугунахъ также наблюдается образованіе трудно-растворимаго въ азотной кислотѣ осадка, заключающаго въ своемъ составѣ значительное количество фосфорной кислоты. Не подлежитъ сомнѣнію, что и здѣсь получается подобная-же соль, и для растворенія ея къ азотнокислomu раствору прибавляютъ при нагреваніи, сколько требуется, соляной кислоты, избытокъ кислоты насыщаютъ слабымъ амміакомъ и тогда уже осаждаютъ фосфорную кислоту молибденовою жидкостью.

§ 18. *Лимонноамміачный способъ.* Основанъ на растворимости осажденнаго фосфорнокислаго кальція въ лимоннокисломъ амоніи, при чемъ окись желѣза и глиноземъ также не осаждаются, если только въ растворѣ заключается достаточное количество лимонноамміачной соли.

1 граммъ фосфата помѣщаютъ въ стаканъ и растворяютъ при нагреваніи на водяной банѣ въ 15 ст.³ соляной кислоты, прибавляя немного HNO_3 , если предполагаютъ присутствіе FeO . Растворъ переводятъ въ фарфоровую чашку и выпариваютъ досуха. Сухой остатокъ растворяютъ при нагреваніи въ 5—8 ст.³ соляной кислоты, прибавляютъ 20 ст.³ горячей воды, фильтруютъ въ стаканъ и нерастворимый осадокъ промываютъ горячей водою. Къ фильтрату, въ количествѣ 60 ст.³, прибавляютъ столько лимонной кислоты ¹⁾, чтобы амміакъ не давалъ осадка. Въ противномъ случаѣ еще прибавляютъ лимонной кислоты и нѣкоторый избытокъ амміака. Если жидкость нагреется, то стаканъ ставятъ въ холодную воду. При помѣшиваніи стеклянной палочкой, къ раствору прибавляютъ по каплямъ 15—20 ст.³ магнезіальной смѣси, стаканъ закрываютъ часовымъ стекломъ и оставляютъ стоять 12 часовъ подъ стекляннымъ

¹⁾ 30 грам. лимонной кислоты растворяютъ въ 100 ст.³ воды и на каждое опредѣленіе берутъ отъ 25 до 40 ст.³.

колпакомъ, чтобы не выдѣлялся амміакъ. Всей жидкости должно быть около 200 ст.³ и въ томъ числѣ около 40 ст.³ амміака. По прошествіи означеннаго времени, не трогая осадокъ, жидкость фильтруютъ чрезъ маленькій фильтръ, подъ воронку подставляютъ стаканъ съ осадкомъ и на фильтръ наливаютъ слабой азотной кислоты ¹⁾, которая растворяетъ осадокъ какъ на фильтрѣ, такъ и въ стаканѣ. Когда весь осадокъ растворится и фильтръ промытъ, въ кислую жидкость прибавляютъ нѣсколько капель магнезіальной смѣси и избытокъ амміака. При второмъ осажденіи всего раствора должно быть не болѣе 60—80 ст.³, и оно производится для очищенія фосфорнокислаго магнія отъ избытка кальція. Чрезъ два часа жидкость фильтруютъ, осадокъ собираютъ, промываютъ амміачной водою съ азотнокислымъ аммоніемъ, сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ, какъ обыкновенно.

Если содержаніе P_2O_5 болѣе 20⁰/₁₀₀, то вмѣсто 1 грам. навѣску берутъ въ 0,5 грам. Въ случаѣ присутствія въ фосфатѣ избытка окиси кальція противъ того, чѣмъ требуется для образованія средняго фосфорнокислаго кальція, способъ этотъ не годится, такъ какъ при этомъ осаждается гидратъ кальція.

Общій анализъ.

Анализъ начинаютъ съ того, что сперва опредѣляютъ фосфорную кислоту молибденовоокислымъ аммоніемъ, какъ сказано выше.

§ 19. Нав. 0,6 или 0,75 грам. помѣщаютъ въ небольшой стаканъ и растворяютъ при нагрѣваніи въ 10—15 ст.³ соляной кислоты, прибавляя немного азотной кислоты. Въ случаѣ присутствія органическихъ веществъ, передъ раствореніемъ фосфатъ слегка прокалываютъ на обыкновенной газовой горѣлкѣ. Когда все растворимое перейдетъ въ растворъ, жидкость переводятъ въ фарфоровую чашку и выпариваютъ на водяной банѣ досуха. Сухой остатокъ растворяютъ при нагрѣваніи въ 10—12 ст.³ соляной кислоты, разбавляютъ водою, жидкость фильтруютъ въ большую колбу и нерастворимый остатокъ собираютъ, промываютъ, сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ.

Въ солянокислый растворъ, отфильтрованный отъ нерастворимаго остатка, прибавляютъ такое количество чистаго хлорнаго желѣза ²⁾, чтобы Fe_2O_3 заключалось бы въ немъ въ три раза болѣе противъ содержанія P_2O_5 , затѣмъ разбавляютъ водою до 600—700 ст.³ и изслѣдуютъ совершенно

¹⁾ 5—8 ст.³ HNO_3 на 100 ст.³ воды.

²⁾ Для этого отвѣшиваютъ въ три раза болѣе противъ содержанія P_2O_5 чистой и прокаленной окиси желѣза, растворяютъ въ соляной кислотѣ, по возможности, избѣгая избытка послѣдней, и полученный растворъ прибавляютъ къ отфильтрованной жидкости.

Или-же отвѣшиваютъ, сколько требуется по расчету, чистой желѣзной проволоки, растворяютъ въ азотной кислотѣ, полученный растворъ переливаютъ въ фарфоровую чашку, гдѣ и выпариваютъ досуха вмѣстѣ съ навѣской фосфорита, растворенной въ соляной кислотѣ. Сухой остатокъ растворяютъ въ соляной кислотѣ, поступая далѣе, какъ сказано выше.

такъ, какъ соотвѣтствующій растворъ (S_1) силикатовъ, неразлагаемыхъ кислотами, т. е. растворъ насыщаютъ углекислымъ аммоніемъ и сумму $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ осаждаютъ два раза: сперва уксуснокислымъ аммоніемъ и затѣмъ амміакомъ. Осадокъ отъ амміака собираютъ, промываютъ, сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ, а оба отфильтрованные раствора соединяютъ вмѣстѣ и опредѣляютъ марганецъ, кальцій и магній.

Вычитая изъ взвѣшенной суммы точное количество прибавленной Fe_2O_3 и содержаніе P_2O_5 , опредѣленной раньше, изъ разности опредѣлится сумма $Fe_2O_3 + Al_2O_3$, заключающаяся въ фосфатѣ.

§ 20. Главныя составныя части фосфоритовъ еще можно опредѣлить такъ. Навѣску въ 0,5 грам. растворяютъ въ соляной кислотѣ и далѣе поступаютъ какъ въ предыдущемъ параграфѣ. Въ солянокислый растворъ, отфильтрованный отъ нерастворимаго остатка, въ количествѣ 150 ст.³ прибавляютъ 1 грам. растворенной въ водѣ лимонной кислоты, почти уравниваютъ амміакомъ, прибавляютъ немного уксуснокислаго аммонія и 3—5 ст.³ уксусной кислоты. Въ нагрѣтый до кипѣнія растворъ прибавляютъ 2 грам. раствореннаго въ горячей водѣ щавелевокислаго аммонія и стаканъ ставятъ на водяную баню или на песокъ, чтобы осадокъ осѣлъ. Свѣтлую жидкость фильтруютъ, осадокъ собираютъ и промываютъ горячей водой до удаленія щавелевой кислоты. Фильтратъ и промывныя воды отставляютъ въ сторону, а промытый осадокъ сушатъ, переводятъ въ фарфоровую чашку, прибавляютъ воды и столько соляной кислоты, сколько требуется для растворенія.

Растворъ сгущаютъ до 20—25 ст.³, прибавляютъ 10—12 ст.³ разведенной сѣрной кислоты (1 част. кисл. и 3 част. воды) и въ 4—5 разъ болѣе по объему спирта въ 95%. Растворъ оставляютъ на 12 час. По прошествіи означеннаго времени, жидкость фильтруютъ чрезъ фильтръ, смоченный спиртомъ, осадокъ собираютъ и промываютъ спиртомъ до уничтоженія кислой реакціи. Промытый осадокъ сушатъ, тщательно отдѣляютъ отъ бумаги, умѣренно прокалываютъ въ платиновомъ тиглѣ и взвѣшиваютъ въ видѣ $CaSO_4$, по количеству котораго высчитываютъ CaO .

Спиртовой растворъ разбавляютъ водой и нагрѣваютъ на водяной банѣ, чтобы спиртъ испарился, а затѣмъ переносятъ на песокъ и нагрѣваютъ до полного удаленія сѣрной кислоты. Остатокъ растворяютъ при нагрѣваніи въ небольшомъ количествѣ соляной кислоты и соединяютъ съ растворомъ, отфильтрованнымъ отъ щавелевокислаго кальція. Изъ полученнаго раствора осаждаютъ фосфорную кислоту магнезіальною смѣсью, фильтратъ отъ фосфорномагніевой соли выпариваютъ въ платиновой чашкѣ досуха, и остатокъ прокалываютъ для удаленія амміачныхъ солей и разрушенія органическихъ веществъ. Прокаленный остатокъ растворяютъ въ соляной кислотѣ, прибавляютъ воды и фильтруютъ. Къ фильтрату прибавляютъ немного азотной кислоты, для переведенія закиси желѣза въ окись, и сумму $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ осаждаютъ два раза амміакомъ.

Примѣры анализа фосфатовъ.

	1	2	3	4	5
	в ъ п р о ц е н т а х ъ.				
Остатка, нерастворимаго въ HCl и аморфн. SiO_2	6,92	6,72	26,80	16,78	5,18
P_2O_5	28,33	27,88	18,38	24,07	26,68
CaO	47,20	46,48	—	—	47,00
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	4,76	5,20	—	—	—

№ 1. Фосфоритная мука Костр. губ. изъ имѣнія гг. Куломзинныхъ (1896).

	6	7	8	П Р И М Ѣ Ч А Н И Е.
	Въ процентахъ.			
Влажность	—	—	0,60	CO_2 опредѣлена прямымъ взвѣшиваніемъ какъ въ карбонатахъ (§ 22). Для опредѣленія SO_3 навѣска въ 1 грам. растворена въ HCl , нерастворимый остатокъ отдѣленъ обыкновеннымъ путемъ и изъ полученнаго раствора SO_3 осаждена хлористымъ баріемъ (§ 24). Фтористый кальцій подсчитанъ по свободному кальцію. Фосфориты сильно реагируютъ на фторъ, что замѣчается уже при раствореніи навѣсокъ въ дымящей соляной кислотѣ, такъ какъ употребляемая при этомъ стеклянная посуда сильно разѣдается. Вода и органическія вещества показаны по разности, вычитая изъ потери отъ прокаливанія количество CO_2 .
Остатка, нерастворимаго въ HCl и аморфн. SiO_2	3,83	2,66	1,96	
Воды и органич. веществъ	5,57	5,08	6,37	
$Ca_3(PO_4)_2$	61,14	61,87	57,00	
$CaSO_4$	2,97	3,31	1,70	
$CaCO_3$	16,81	17,27	23,54	
CaF_2	4,80	4,80	4,74	
MgO	2,00	2,10	0,73	
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	2,00	1,50	3,46	
	99,17	98,59	100,00	
P_2O_5	28,01	28,34	26,11	
CaO	47,21	48,00	48,17	

№ 2. Тоже.

№ 3. Фосфоритъ. Орловск. губ., ст. Зміевка, Москов.-Курск. жел. д. (1892).

№ 4. Тоже. Орловск. губ. и уѣзда.

№ 5. Тоже. Курск. губ., изъ бѣлаго мѣла гор. Рыльска.

№№ 6 и 7. Фосфориты Нижегородской губ., собранные профессоромъ В. И. Мѣллеромъ (см. Матеріалы для геологіи Россіи т. VI. 1875 г.).

№ 8. Фосфоритъ Костромской губ. Кинешемск. уѣзда (1883).

	9	П Р И М Ъ Ч А Н І Е.	
	Въ проц.		
Нераств. остатка . . .	0,12	Самъ по себѣ анализъ апатита не представляетъ особенной трудности, за исключеніемъ лишь опредѣленія фтора, для чего требуется большая аккуратность и много времени. Фторъ опредѣленъ въ видѣ фтористаго кремнія по способу Wöhler'a и Fresenius'a.	
<i>Cl</i>	слѣды.		
<i>F</i>	3,64		
<i>P₂O₅</i>	41,93		
<i>CaO</i>	55,29	Процентный остатокъ чистаго апатита будетъ.	
<i>MnO</i>	0,18	Вычислено.	Найдено.
Желѣза	слѣды.	<i>3Ca₃(PO₄)₂</i>	92,26% 92,22%
		<i>CaF₂</i>	7,74% 7,78%
	101,16		100,00% 100,00%

№ 9. Апатитъ изъ Туркестанскаго края. (См. Матеріалы для геологіи Туркестанскаго края. Профессора Г. Д. Романовскаго. Вып. второй 1884 г.).

III. Углекислыя соединенія.

(Карбонаты).

(Известняки, доломиты, мергели, магнезиты и проч.).

§ 21. Минеральныя вещества, заключающія въ своемъ составѣ углекислый кальцій и углекислый магній, имѣютъ важное значеніе въ промышленности и ихъ весьма часто приходится анализировать.

Примѣчаніе. Природныя углекислыя соединенія рѣдко бываютъ совершенно чистыя. Такъ, известняки обыкновенно содержатъ нѣкоторое количество *MgCO₃*, *FeCO₃*, *MnCO₃*, *SiO₂*, водную и безводную окись желѣза, смолистыя вещества и глину. Известняки легко вскипаютъ съ кислотами, чѣмъ и отличаются отъ другихъ, сходныхъ съ ними по наружному виду породъ. Кромѣ нормальнаго известняка, по содержанию примѣсей различаютъ слѣд. отличія породы:

Доломитовый или горькоземистый известнякъ, содержащій отъ 3 до 20% доломита.
Кремнистый известнякъ, проникнутый кремнеземомъ, иногда въ количествѣ до 50%.

Железистый известнякъ, заключающій большее или меньшее количество красной или бурой окиси желѣза.

Глинистый известнякъ, содержащій до 20% глины.

Глауконитовый известнякъ зеленоватаго цвѣта вслѣдствіе содержанія зеренъ глауконита.

Песчанистый известнякъ.

Смолистый известнякъ, содержащій примѣсъ смолистыхъ веществъ.

Нормальный доломитъ, $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. Но большинство доломитовъ заключаютъ углекислаго кальція нѣсколько болѣе пайнаго количества. Составъ ихъ выражается формулой $3 \text{CaCO}_3 + 2 \text{MgCO}_3$ или $2 \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$. При обработкѣ подобныхъ доломитовъ уксусной кислотой въ большинствѣ случаевъ кислота растворяетъ избытокъ CaCO_3 , оставляя въ остаткѣ доломитъ нормальнаго состава. Доломиты содержатъ примѣси: SiO_2 , FeCO_3 , Fe_2O_3 , глинистыя, смолистыя и углистыя вещества.

Мергель представляетъ плотное или землистое смѣшеніе известняка или доломита съ глиной, количество которой измѣняется отъ 20 до 80%. Мергель бываетъ обыкновенный или доломитовый.

Известняки легко растворяются не только въ соляной кислотѣ, но даже въ уксусной. Доломиты растворяются въ кислотахъ уже труднѣе. Что касается магнезитовъ, то послѣдніе растворяются въ кислотахъ въ тонко измелъченномъ состояніи и то при нагрѣваніи.

Для технической цѣли въ природныхъ углекислыхъ соединеніяхъ достаточно опредѣлить только главныя составныя части; при геологическихъ и минералогическихъ изслѣдованіяхъ сперва необходимо произвести качественный анализъ.

1. *Нерастворимый остатокъ*. 1 граммъ вещества помѣщаютъ въ фарфоровую чашку, наливаютъ 15—20 ст.³ воды, закрываютъ часовымъ стекломъ и прибавляютъ соляной кислоты, сколько требуется для растворенія всего растворимаго. Растворъ нагрѣваютъ, прибавляютъ немного азотной кислоты для окисленія закиси желѣза и выпариваютъ досуха, нагрѣвая сперва на водяной банѣ, а подъ конецъ на пескѣ, такъ какъ хлористый кальцій трудно высыхаетъ на водяной банѣ. Будучи-же высушенъ и оставленъ на воздухѣ, сухой остатокъ снова расплывается, такъ какъ хлористый кальцій притягиваетъ изъ воздуха влагу. Сухой остатокъ растворяютъ при нагрѣваніи въ 10—15 ст.³ соляной кислоты, разбавляютъ водой до 50 ст.³, жидкость фильтруютъ, а нерастворимый остатокъ собираютъ, промываютъ горячей водой до удаленія хлора, сушатъ, прокалываютъ и взвѣшиваютъ какъ обыкновенно. Если нерастворимаго остатка много (напр., въ мергеляхъ), то его сплавляютъ съ Na_2CO_3 , сплавъ растворяютъ въ соляной кислотѣ и изслѣдуютъ какъ силикатъ, неразлагаемый кислотами.

2. *Сумма*: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + (\text{P}_2\text{O}_5)$. Фильтратъ сгущаютъ до 200 ст.³, если магнезія много, то прибавляютъ хлористаго аммонія, нагрѣваютъ почти до кипѣнія и $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ осаждаютъ небольшимъ избыткомъ амміака, оставляя жидкость на водяной банѣ или на пескѣ, чтобы осадокъ осѣлъ

Свѣтлую жидкость фильтруютъ, осадокъ собираютъ на небольшой фильтрѣ и промываютъ 3—4 раза горячей водой. Отфильтрованный растворъ отставляютъ въ сторону, подъ воронку подставляютъ стаканъ, въ которомъ осаждалась сумма $Fe_2O_3 + Al_2O_3$, осадокъ растворяютъ на фильтрѣ въ возможно небольшомъ количествѣ разведенной соляной кислоты (1:1) и изъ полученнаго раствора въ количествѣ 100—150 ст.³ сумму вторично осаждаютъ амміакомъ. Далѣе поступаютъ какъ сказано въ § 2.

Если въ веществѣ есть FeO , то навѣску въ 1 грам. растворяютъ въ разведенной сѣрной кислотѣ, при пропусканіи струи CO_2 , и закись желѣза опредѣляютъ титрованіемъ. (См. §§ 35 и 36).

3. CaO и MgO . Оба отфильтрованные раствора соединяютъ вмѣстѣ и, подкисливъ немного соляной кислотой, чтобы не осаждался углекислый кальцій, сгущаютъ до 200 ст.³, прибавляютъ немного амміака, нагреваютъ почти до кипѣнія и кальцій осаждаютъ крѣпкимъ растворомъ щавелево-кислаго аммонія, приготовленнаго раствореніемъ 1,5 грам. соли въ кипящей водѣ. Растворъ нагреваютъ нѣкоторое время на водяной банѣ или на пескѣ, чтобы осадокъ осѣлъ, и убѣдившись, что щавелевокислаго аммонія прилито достаточно, оставляютъ на 12 часовъ въ тепломъ мѣстѣ. Далѣе поступаютъ какъ сказано въ § 4.

Въ фильтратѣ отъ щавелевокислаго кальція осаждаютъ магній фосфорною солью. (См. § 5).

При анализѣ доломитовъ прокаленный осадокъ CaO снова растворяютъ въ разведенной соляной кислотѣ и CaO вторично осаждаютъ щавелевокислымъ аммоніемъ. Оба отфильтрованные раствора соединяютъ вмѣстѣ, сгущаютъ и, помѣшивая стеклянной палочкой, къ холодному раствору въ количествѣ 200—250 ст.³ прибавляютъ амміака до сильнаго запаха и насыщеннаго раствора фосфорной соли, стараясь не касаться палочкой стѣнокъ стакана, иначе осадокъ очень плотно пристаетъ къ стѣнкамъ сосуда. Собираютъ и взвѣшиваютъ осадокъ какъ обыкновенно (§ 5).

По найденному количеству CaO и MgO можно вычислить количество $CaCO_3$ и $MgCO_3$, умножая: въ первомъ случаѣ на 1,7857 и во второмъ на 2,0891.

Такъ какъ въ карбонатахъ изъ основаній заключаются только CaO и MgO , то при навѣскѣ въ 1 грам. получаются очень большіе осадки, что затрудняетъ работу. Поэтому, иногда поступаютъ такъ. Отвѣшиваютъ 1,25 грам. известняка или доломита, растворяютъ въ соляной кислотѣ и выдѣляютъ нерастворимый остатокъ и сумму $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ какъ сказано выше. Фильтратъ отъ суммы сгущаютъ, переводятъ въ мѣрительную колбу въ 250 ст.³ и для опредѣленія CaO и MgO отмѣриваютъ 100 ст.³, что будетъ соответствовать навѣскѣ въ 0,5 грамма.

4. Потеря отъ прокаливанія. Навѣску въ 1 граммъ прокалываютъ въ платиновомъ тиглѣ сперва на обыкновенной горѣлкѣ, а подѣ конецъ съ

дутьемъ до постоянного вѣса. Если вещество безводное, то потеря отъ прокаливанія покажетъ количество угольной кислоты. Въ углекислыхъ соединеніяхъ, поглощающихъ кислородъ воздуха, напр. въ магнезитахъ, содержащихъ FeO , потерю отъ прокаливанія опредѣляютъ слѣдующимъ образомъ.

Въ взвѣшенномъ платиновомъ тиглѣ сплавляютъ достаточное количество буры, взвѣшиваютъ, затѣмъ всыпаютъ въ тигель хорошо высушенное вещество и снова взвѣшиваютъ. Такимъ образомъ опредѣляется какъ вѣсъ углекислаго соединенія, такъ и вѣсъ стекла буры. Нужно, чтобы отношеніе количества послѣдней къ количеству вещества было 4 : 1. Тогда нагреваютъ тигель, постепенно усиливая жаръ, подъ конецъ до краснаго каленія, которое и поддерживаютъ до тѣхъ поръ, пока содержимое тигля приметъ видъ спокойно расплавившейся массы. По охлажденіи, взвѣшиваютъ. Потеря въ вѣсѣ выражаетъ количество угольной кислоты.

Въ присутствіи воды платиновый челнокъ съ невѣской помѣщаютъ въ трубку изъ тугоплавкаго стекла, которую нагреваютъ на газовой печкѣ, пропуская сухой воздухъ, или, если содержатся окисляющія вещества, угольную кислоту; трубку соединяютъ съ хлорокальціевой трубкой. Потеря въ вѣсѣ платинового челнока = водѣ + угольная кислота; увеличеніе вѣса хлорокальціевой трубки дастъ количество воды; разность этихъ двухъ величинъ будетъ угольная кислота.

Если въ углекисломъ соединеніи заключаются органическія вещества, то тогда опредѣленіе усложняется, такъ какъ при накаливаніи сгораютъ и органическія вещества.

§ 22. *Опредѣленіе угольной кислоты.* Если встрѣчается надобность опредѣлить угольную кислоту непосредственно, то для этого берутъ отдѣльную навѣску и опредѣленіе производится двумя способами: а) въ особыхъ приборахъ по потерѣ въ вѣсѣ, вытѣсняя угольную кислоту соляной или азотной кислотой, и б) прямымъ взвѣшиваніемъ, улавливая угольную кислоту въ U -образныя трубки, наполненныя твердымъ ѣдкимъ калиемъ или натристой известью. U -образныя трубки можно замѣнить кали-аппаратомъ, наполненнымъ растворомъ ѣдкаго калия, какъ при анализѣ горючихъ ископаемыхъ.

а) *По потерѣ въ вѣсѣ.* Для опредѣленія угольной кислоты по потерѣ въ вѣсѣ предложено очень много различныхъ приборовъ, но, къ сожалѣнію, всѣ они имѣютъ одинъ общій недостатокъ, такъ какъ очень тяжелы. Для устраненія вышеупомянутаго недостатка, можно самому составить приборъ, хотя и не такой совершенный, но, тѣмъ не менѣе, вполне пригодный для обыкновенныхъ опредѣленій. Такой приборъ показанъ на рис. 2.

a —маленькая колбочка обыкновенная или Эрлеймейера, горло которой закрывается каучуковой пробкой съ двумя отверстіями. Въ одно отверстіе вставляется стеклянная трубка съ шарикомъ b , на который на-

дѣвается каучукъ съ маленькимъ зажимомъ, какъ показано на рисункѣ. Въ другое отверстіе пробки вставлена трубка *c*, наполненная хлористымъ кальціемъ.

Въ колбочку наливаютъ немного воды, стеклянный шарикъ наполняютъ обыкновенной соляной кислотой, для чего, открывъ зажимъ, кислоту осторожно втягиваютъ въ шарикъ и пробку тотчасъ вставляютъ въ горло колбочки.

Навѣску берутъ въ маленькомъ съ одной стороны открытомъ стеклянномъ цилиндрикѣ и помощію платиновой проволоки его прикрѣпляютъ къ наружной части прибора и въ такомъ видѣ приборъ взвѣшиваютъ.

Затѣмъ пробку осторожно вынимаютъ, цилиндрикъ съ навѣской и проволокой опускаютъ въ колбочку и горло ея быстро закрываютъ пробкой.

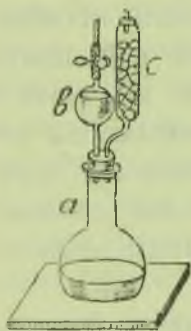


Рис. 2.

Открывая зажимъ, кислоту впускаютъ въ колбочку небольшими количествами, при чемъ выдѣляется угольная кислота, которая въ трубкѣ *c* оставляетъ влажность. Къ концу операціи колбу нѣсколько нагреваютъ, затѣмъ приборъ охлаждаютъ до обыкновенной температуры, помощію каучука, надѣтаго на трубку *c*, нѣкоторое время протягиваютъ воздухъ и взвѣшиваютъ. Потеря вѣса прибора дастъ количество угольной кислоты.

Протянуть чрезъ приборъ воздухъ необходимо для полнаго удаленія угольной кислоты, иначе опредѣленіе будетъ невѣрно, такъ какъ угольная кислота тяжелѣе воздуха. Маленькое неудобство прибора состоитъ въ томъ, что навѣску вещества нельзя помѣстить въ колбочку до взвѣшивания всего прибора, потому что нѣсколько капель соляной кислоты могутъ попасть въ колбочку и при закрытомъ зажимѣ.

б) *Прямое взвѣшиваніе.* Рис. 3-й изображаетъ приборъ, которымъ можно воспользоваться для опредѣленія угольной кислоты прямымъ взвѣшиваніемъ.

A—приборъ для очищенія воздуха, состоящій изъ колбы, наполненной крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго калия, и *U*-образной трубки съ натростою известью или ѣдкимъ калиемъ.

K—колба въ 150—200 ст.³, горло которой закрывается мягкой каучуковой пробкой съ двумя отверстіями: въ одно изъ нихъ вставляется предохранительная трубка *a*, въ другое снабженная шарикомъ трубка *b*. Трубка *a* соединяется съ воронкой *c* каучукомъ, на который надѣтъ зажимъ *d*.

e—*U*-образная трубка, наполненная фарфоровою дробью, смоченною крѣпкой сѣрной кислотой, поглощающей водяные пары.

f—трубка, содержащая въ первой своей половинѣ кусочки пемзы, насыщенные концентрированнымъ растворомъ мѣднаго купороса, высу-

шенные и прокаленные; они служатъ для поглощенія паровъ соляной кислоты, могущей выдѣлиться при нагреваніи; во второй половинѣ содержатся кусочки хлористаго кальція.

g—трубка, наполненная въ первыхъ трехъ своихъ четвертяхъ небольшими кусочками ѣдкаго калия, а въ остальной четверти хлористымъ кальціемъ. Эта трубка служитъ для поглощенія угольной кислоты и должна быть взвѣшена до и послѣ опыта.

h—аспираторъ съ предохранительной трубкой, наполненной хлористымъ кальціемъ, чтобы въ приборъ не попала влажность.

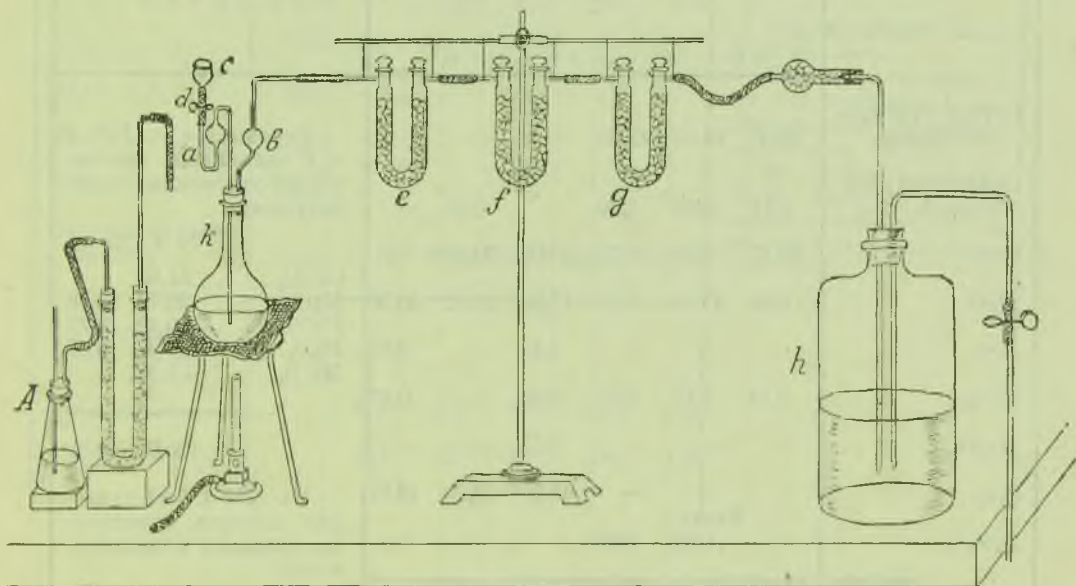


Рис. 3.

Опредѣленіе производится слѣдующимъ образомъ.

Смотря по количеству угольной кислоты, на часовомъ стеклѣ отвѣшиваютъ отъ 1 до 3 грам. изслѣдуемаго вещества, помѣщаютъ въ колбу *K*, взвѣшенную трубку *g* вводятъ въ приборъ и всѣ его части соединяютъ такъ, какъ показано на рисункѣ. Затѣмъ аспираторъ приводятъ въ дѣйствіе и смотрятъ хорошо-ли держитъ приборъ. Если приборъ не пропускаетъ, то пузырьки воздуха проходятъ только въ началѣ и затѣмъ теченіе газа прекращается. Прекративъ дѣйствіе аспиратора, чрезъ воронку *c* наливаютъ въ колбу *K* нѣкоторое количество воды, зажимъ закрываютъ и въ воронку наливаютъ соляной кислоты уд. вѣса 1,12. Открывая мало-малу зажимъ, кислоту впускаютъ въ колбу *K* и, когда выдѣленіе угольной кислоты прекратится, воронку *c* удаляютъ, а трубку *a* соединяютъ каучукомъ съ очистительнымъ приборомъ *A*; въ то-же время чрезъ приборъ медленно протягиваютъ аспираторомъ воздухъ и колбу *K* нагреваютъ до слабого кипѣнія, при которомъ и оставляютъ нѣкоторое время, что

необходимо какъ для полнаго растворенія углекислаго соединенія, такъ равно и для вытѣсненія угольной кислоты изъ жидкости. Когда вся угольная кислота поглотится ѣдкимъ калиемъ,—приборъ охлаждають и трубку съ ѣдкимъ калиемъ вторично взвѣшиваютъ. Привѣсъ ея даетъ количество угольной кислоты въ данной навѣскѣ.

Примѣры анализа природныхъ углекислыхъ соединеній и другихъ веществъ, заключающихъ углекислый кальцій.

	1	2	3	4	5	6	Примѣчаніе.
	Въ пропентахъ.						
Потери отъ прокальванія .	43,80	46,66	42,00	—	—	—	Перечисляя въ №№ 4 и 6 найденныя основанія на углекислыя соли, получимъ:
Нерастворимаго остатка . . .	0,12	8,98	5,22	—	0,60	—	
<i>CaO</i>	55,17	0,78	48,78	28,90	30,34	—	№ 4. № 6.
<i>MgO</i>	0,56	41,58	2,10	17,52	21,92	40,50	<i>CaCO₃</i> . . . 51,60 —
<i>FeO</i>	—	—	—	6,45	—	8,55	<i>MgCO₃</i> . . . 36,79 85,06
<i>Fe₂O₃</i>	0,14	2,18	0,79	0,97	—	0,67	<i>FeCO₃</i> . . . 10,39 13,77
<i>Mn₂O₃</i>	—	—	—	0,31	—	—	<i>Fe₂O₃</i> . . . 0,97 0,67
<i>CO₂</i>	—	Влажн.	—	45,58	46,70	49,97	<i>Mn₂O₃</i> . . . 0,31 —
<i>P₂O₅</i>	—	0,04	0,90	—	—	—	100,06 99,50
	99,79	100,22	99,89	99,73	99,56	99,69	Въ №№ 4, 5 и 6 угольная кислота опредѣлена прямымъ взвѣшиваніемъ.

№ 1. Известнякъ. Петерб. губ. (1898 г.).

№ 2. Магнезитъ.

№ 3. Бѣломорское ископаемое. Анализъ сдѣланъ по просьбѣ покойнаго академика П. В. Еремѣева („Горный Журналъ“. 1881 г.).

№ 4. Доломитъ изъ Березовска. (См. Матеріалы для Минералогіи Россіи Н. И. Кокшарова).

№ 5. Тоже. Чистогоровскаго рудника, Оренбург. губ.

№ 6. Брейнеритъ изъ Міасса. (См. Матеріалы для Минералогіи Россіи Н. И. Кокшарова).

№ 7. Рѣчной песокъ Теджена.

№ 8. Тоже Мургаба.

№ 9. Тоже Аму-Дарыи.

№ 10. Барханный песокъ Сулинъ-Кую.

№ 11. Грядовой песокъ бл. Перенга.

№ 12. Дюнный песокъ Узунъ-Ада.

Пески Закаспійской области.

	7	8	9	10	11	12	Примѣчаніе.
	Въ процентахъ.						
Веществъ, растворим. въ HCl :							
CO_2	9,05	8,75	5,95	4,49	3,88	3,65	CO_2 опредѣлена по потери въ вѣсѣ. Изъ нерастворимаго въ HCl остатка SiO_2 удаленъ смѣсью плавковой кислоты съ сѣрной. Въ остаткѣ сумма Fe_2O_3 , Al_2O_3 и P_2O_5 осаждена амміакомъ и Fe_2O_3 опредѣлена титрованіемъ $KMnO_4$.
SiO_2	0,33	—	—	—	—	—	
$Al_2O_3 + P_2O_5$	2,05	—	—	—	—	—	
Fe_2O_3	2,70	—	—	—	—	—	
CaO	10,94	—	—	—	—	—	
Остатка, нераств. въ HCl	70,00	69,72	77,82	83,09	83,03	85,01	
Въ остаткѣ нераств. въ HCl :							
$Al_2O_3 + P_2O_5$	—	8,99	9,36	8,78	10,15	8,36	
Fe_2O_3	—	1,02	1,16	1,10	1,65	0,70	

Лёссы Закаспійской области.

	13	14	15
	Въ процентахъ.		
Веществъ, растворимыхъ въ HCl :			
CO_2	7,97	7,30	7,94
SiO_2	0,30	0,37	0,30
$Al_2O_3 + P_2O_5$	2,01	2,36	2,01
Fe_2O_3	2,10	2,50	2,10
CaO	9,85	9,23	9,85
Остатка, нераствор. въ HCl	72,30	72,72	72,30

№ 13. Типичный лёссъ травяной степи бл. Гяуаря.

№ 14. Красный лёссъ Теджена.

№ 15. Тоже. Степной подгородной полосы. (О пескахъ и лёссѣ см. „Закаспійская Низменность“ Горн. Инжен. В. А. Обручева. 1890 г.).

Лёссъ изъ Туркестана.

	16.	П Р И М Ѣ Ч А Н І Е.
	Въ проц.	
Воды и органическихъ веществъ	2,56	Вода и органическія вещества показаны по разности, вычитая изъ потери отъ прокаливанія найденное количество угольной кислоты.
CO_2	3,74	
SiO_2	68,90	
Al_2O_3	11,66	
Fe_2O_3	3,56	
CaO	4,63	
MgO	1,92	
Na_2O	1,45	
K_2O	1,83	
	100,25	
Потери отъ прокаливанія .	6,30	

№ 16. Лёссъ изъ Туркестана. Анализъ сдѣланъ по просьбѣ покойнаго Професс. И. В. Мушкетова (1885 г.).

V. Анализъ разсоловъ и поваренной соли.

Естественные рассолы встрѣчаются въ природѣ въ трехъ главныхъ формахъ: 1) въ видѣ морской воды, заключающей въ растворенномъ видѣ отъ 2,5 до 4% солей, 2) въ видѣ озерныхъ рассоловъ, рѣзко отличающихся отъ морской воды какъ по концентраціи, такъ и по составу, и 3) рассоловъ соляныхъ источниковъ, добываемыхъ помощію колодцевъ и буровыхъ скважинъ.

Обыкновенныя составныя части рассоловъ: *Na*, *Ca*, *Mg* и *K*, изъ кислотъ: *Cl*, SO_3 и CO_2 . Иногда еще заключаются кислыя углекислыя соли *Ca*, *Mg* и *Fe*.

Всеѣ рассолы (а также и маточные растворы) анализируются одинаково, но, смотря по концентраціи ихъ, для анализа берутъ различныя

количества, которыя точно отвѣшиваютъ или-же отмѣриваютъ вывѣренными пипетками, и по удѣльному вѣсу отмѣренный объемъ перечисляютъ на вѣсъ.

Предположимъ, что имѣется разсолъ, удѣльный вѣсъ котораго не выше 1,05.

§ 23. *Определение Cl.* Въ маленькомъ стаканчикѣ, закрытомъ часовымъ стекломъ, отвѣшиваютъ 5 грам. разсола, разбавляютъ водой и, перемѣшавъ стеклянной палочкой, переливаютъ въ другой стаканъ; сосудъ, въ которомъ производилось отвѣшивание, нѣсколько разъ обмываютъ водой, прибавляя ее къ общему раствору. Полученный растворъ, въ количествѣ 150—180 ст.³, подкисляютъ азотной кислотой, нагреваютъ до 70° С. и, помѣшивая стеклянной палочкой, осаждаютъ хлоръ крѣпкимъ растворомъ азотнокислаго серебра. Если серебра прилито достаточно, то осадокъ свертывается и жидкость освѣтляется. Убѣдившись въ полномъ осажденіи хлора, жидкость оставляютъ стоять въ темномъ мѣстѣ 12 часовъ.

Свѣтлую жидкость фильтруютъ чрезъ плотный фильтръ, осадокъ промываютъ сперва декантацией, а потомъ на фильтрѣ. Промываніе производится горячей водой, сначала подкисленной азотной кислотой, а потомъ чистой водой.

Высушенный осадокъ переводятъ въ фарфоровый тигель, стараясь какъ можно лучше отдѣлить его отъ фильтра; закрытый тигель осторожно нагреваютъ до сплавленія осадка, охлаждаютъ и взвѣшиваютъ. Фильтръ сжигаютъ въ другомъ фарфоровомъ тиглѣ (или на крышкѣ), золу прибавляютъ къ взвѣшенному осадку и вторично взвѣшиваютъ. Первое взвѣшиваніе даетъ количество хлористаго серебра, а второе—собственно разница между вторымъ и первымъ взвѣшиваніями—даетъ количество металлическаго серебра, такъ какъ оставшееся на фильтрѣ хлористое серебро при нагреваніи съ бумагой восстанавливается въ металлическое. Металлическое серебро перечисляютъ на хлористое и складываютъ съ вѣсомъ хлористаго серебра, полученнаго при первомъ взвѣшиваніи. По количеству хлористаго серебра вычисляютъ количество хлора.

§ 24. *Определение SO₃.* 10 или 25 грам. разсола разбавляютъ водой до 150—180 ст.³, подкисляютъ соляной кислотой (5—10 ст.³) и изъ горячаго раствора сѣрную кислоту осаждаютъ небольшимъ избыткомъ хлористаго барія. Растворъ съ осадкомъ нагреваютъ на водяной банѣ или на пескѣ при температурѣ, близкой къ точкѣ кипѣнія, до тѣхъ поръ, пока жидкость освѣтлится и осадокъ соберется на днѣ стакана, послѣ чего оставляютъ стоять въ тепломъ мѣстѣ на 12 часовъ.

Свѣтлую жидкость фильтруютъ чрезъ двойной фильтръ, и если осадка много, то его промываютъ декантацией горячей водой съ нѣсколькими каплями соляной кислоты. Наконецъ, осадокъ собираютъ на фильтръ, гдѣ окончательно и промываютъ чистой водой.

Высушенный осадокъ, по возможности, начисто переводятъ съ фильтра

въ платиновый тигель; фильтръ сжигаютъ отдѣльно, золу прибавляютъ къ общему осадку и тигель съ осадкомъ прокаливаютъ 10—15 мин. на обыкновенной горѣлкѣ, охлаждаютъ и взвѣшиваютъ въ видѣ $BaSO_4$, по количеству котораго вычисляютъ SO_3 .

Примѣчаніе. При промываніи $BaSO_4$ поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Отфильтровавъ растворъ, на осадокъ наливаютъ 50—100 ст.³ горячей воды, прибавляютъ нѣсколько капель соляной кислоты и нагрѣваютъ на пескѣ или на водяной банѣ, послѣ чего жидкость фильтруютъ, но не раньше, когда она освѣтлится и осадокъ соберется на днѣ стакана. Такъ поступаютъ нѣсколько разъ, иначе осадокъ пройдетъ и чрезъ два фильтра, и тогда работа затягивается. Осаждаясь изъ растворовъ, сѣрно-кислый барій упорно удерживаетъ за себѣ нѣкоторые соли, какъ, напр., хлористый барій, хлористыя щелочи, желѣзо и др., которые невозможно отмыть горячей водой. Поэтому, если сѣрнокислаго барія много, то передъ окончательнымъ взвѣшиваніемъ его подвергаютъ очищенію, для чего прокаленный осадокъ въ томъ-же тиглѣ обрабатываютъ нѣсколько разъ горячей водой, сперва подкисленной соляной кислотой, и потомъ чистой водой, сливая жидкость въ особый стаканъ. Небольшой осадокъ, плавающий въ слитой жидкости, собираютъ на маленькій фильтръ, промываютъ, сушатъ, сжигаютъ отдѣльно и прибавляютъ къ главному осадку, который также сушатъ, прокаливаютъ и взвѣшиваютъ.

§ 25. *Опредѣленіе CaO и MgO .* 15—20 грам. разсола разбавляютъ водой до 150—180 ст.³, прибавляютъ столько хлористаго аммонія, чтобы амміакъ не давалъ осадка, и изъ горячаго раствора осаждаютъ кальцій щавелевокислымъ аммоніемъ, избѣгая большого избытка послѣдняго. На другой день растворъ отфильтровываютъ, осадокъ снова растворяютъ въ слабой и нагрѣтой соляной кислотѣ и изъ полученнаго раствора (100 ст.³) въ присутствіи свободнаго амміака кальцій осаждаютъ вторично. Далѣе поступаютъ какъ обыкновенно.

Оба отфильтрованные раствора соединяютъ вмѣстѣ, подкисляютъ немного соляной кислотой, сгущаютъ до 150—200 ст.³ и въ присутствіи свободнаго амміака магній осаждаютъ фосфорною солью.

Если при сгущеніи жидкости и въ присутствіи соляной кислоты будетъ выдѣляться осадокъ, то тогда растворъ доводятъ только до 500 ст.³ и для опредѣленія магнія отмѣриваютъ 250 ст.³.

Примѣчаніе. При опредѣленіи CaO и MgO въ разсолахъ наблюдается то-же, что и въ магнезіальныхъ силикатахъ (см. §§ 4 и 5). Въ разсолахъ, особенно крѣпкихъ, такъ же заключается много солей магнія, отчего болѣе или менѣе значительное количество его осаждается вмѣстѣ съ кальціемъ. Бываетъ даже такъ, что при первомъ осажденіи осадокъ исключительно состоитъ изъ щавелевокислаго магнія, особенно когда была взята большая навѣска разсола, растворъ недостаточно разбавленъ водой и, при большомъ количествѣ щавелевокислаго аммонія, жидкость долго нагрѣвалась.

§ 26. Въ большинствѣ случаевъ щелочи въ разсолахъ не опредѣляются, такъ какъ калия мало, а натрій подсчитывается по хлору. Для опредѣленія калия пользуются реакціей отдѣленія кобальта отъ никкеля посредствомъ азотистокислаго калия, замѣняя послѣдній азотистокислымъ натріемъ, при чемъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Если разсолъ слабый, то 10—15 грам. выпариваютъ до половины объема или нѣсколько болѣе, прибавляютъ 10% раствора азотистокислаго натрія, смѣшаннаго съ хлористымъ кобальтомъ и уксусной кислотой, и оставляютъ стоять нѣкоторое время въ тепломъ мѣстѣ. Въ случаѣ присутствія калия получается желтый осадокъ двойной соли $Co(NO_2)_3 \cdot 3KNO_2$, который отфильтровываютъ, промываютъ водой, сушатъ, начисто отдѣляютъ отъ фильтра и растворяютъ въ соляной кислотѣ. Полученный растворъ сгущаютъ и калий осаждаютъ хлорной платиной.

§ 27. *Опредѣленіе суммы всѣхъ солей.* Въ платиновой чашкѣ или тиглѣ отвѣшиваютъ 10—15 грам. разсола, прибавляютъ столько чистаго и прокаленнаго углекислаго натра, чтобы его было, примѣрно, въ два раза болѣе того, сколько требуется для перевода солей кальція и магнія въ углекислыя. Растворъ выпариваютъ на водяной банѣ досуха и сухой остатокъ нагреваютъ въ воздушной банѣ при температурѣ 170° — 180° С. до постоянного вѣса. Вычитая изъ твердаго остатка точное количество прибавленнаго углекислаго натра, получится сумма всѣхъ солей, заключающихся въ разсолѣ.

Углекислый натръ прибавляютъ для устраненія погрѣшности, могущей произойти при опредѣленіи суммы солей вслѣдствіе того, что при нагреваніи до 170° С. гипсъ и хлористый кальцій трудно отдѣляютъ кристаллическую воду, тогда какъ хлористый магній теряетъ при этомъ не только воду, но въ присутствіи послѣдней и часть соляной кислоты. Въ присутствіи же углекислаго натра основанія группируются иначе, именно, съ одной стороны, получается углекислый кальцій и магній, съ другой — сѣрниокислый и хлористый натрій, которые упомянутыхъ неудобствъ не представляютъ.

Для разсоловъ удѣльнаго вѣса отъ 1,05 до 1,1 и нѣсколько большихъ можно брать слѣдующія навѣски:

На Cl — 2,5 грам.

„ SO_3 — отъ 10 до 25 грам.

„ CaO и MgO — отъ 5 до 10 грам.

Также можно уменьшить навѣску и для опредѣленія суммы всѣхъ солей.

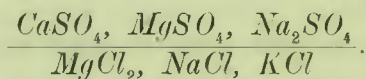
Для опредѣленія хлора въ разсолахъ еще большаго удѣльнаго вѣса достаточно взять даже 0,5 грам.

§ 28. *Вычисленіе результатовъ анализа.* Опредѣливъ основанія и кислоты, ихъ группируютъ, по извѣстнымъ правиламъ, въ соли. Такъ, SO_3 сперва соединяютъ съ CaO въ $CaSO_4$; оставшееся количество SO_3 послѣдовательно соединяютъ съ MgO и Na_2O ; Если SO_3 будетъ недостаточно для насыщенія всего количества CaO , то избытокъ CaO перечисляютъ на $CaCl_2$. Въ такомъ случаѣ съ хлоромъ-же соединяютъ Mg , K и Na .

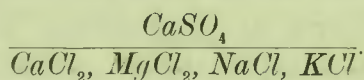
Смотря по тому, имѣется-ли въ разсолахъ SO_3 болѣе, чѣмъ нужно

для образованія $CaSO_4$, или, наоборотъ, соляные разсолы раздѣляются на два класса.

1 классъ. Это наиболѣе распространенный типъ разсоловъ, къ которому относится, напримѣръ, морская вода, могущая заключать въ своемъ составѣ слѣдующія соли:



2 классъ. Этотъ типъ имѣетъ гораздо меньшее распространеніе. Составъ его выражается слѣдующей формулой:



Если анализъ разсола сдѣланъ вѣрно, то сумма солей, полученная по вычисленію, должна сходиться съ суммою всѣхъ солей, полученныхъ прямымъ опредѣленіемъ.

Поваренная соль.

§ 29. По химическому составу поваренная соль представляетъ болѣе или менѣе чистый хлористый натрій. Въ ней могутъ заключаться слѣдующія примѣси:

Вода, заключающаяся внутри кристалловъ въ видѣ растворовъ солей.

Землистые примѣси: глина, гипсъ, доломитъ, мергель, окись желѣза.

Примѣси различныхъ солей, именно хлористыхъ: $CaCl_2$, $MgCl_2$, KCl , и сѣрноокислыхъ: $MgSO_4$, $CaSO_4$, K_2SO_4 , Na_2SO_4 , въ незначительномъ количествѣ *J* и *Br*.

Органическія вещества, отъ которыхъ иногда зависитъ цвѣтъ соли.

Для анализа отвѣшиваютъ 10 грам. соли и растворяютъ въ водѣ, наливая ее небольшими количествами. Жидкость фильтруютъ въ мѣртельную колбу объемомъ въ 500 ст.³ и, промывъ нерастворимый остатокъ, въ колбу прибавляютъ воды до черты и перемѣшиваютъ. Если въ соли заключается много гипса, то для растворенія послѣдняго навѣску соли растираютъ съ водою въ фарфоровой ступкѣ и свѣтлую жидкость фильтруютъ. Такъ поступаютъ, пока весь гипсъ растворится.

Промытый и высушенный осадокъ взвѣшиваютъ, и если нужно, то подвергаютъ качественному анализу.

Полученный растворъ анализируется какъ соляной разсолъ, для чего отмѣриваютъ слѣдующія количества:

Для опредѣленія хлора — 50 ст.³, что = 1 грам. соли.

„ „ сѣрной кислоты — 150 ст.³, что = 3 грам. соли.

„ „ CaO и MgO — 150 ст.³, что = 3 грам. соли.

Если имѣется надобность опредѣлить натрій прямымъ путемъ, то отмѣриваютъ 50 ст.³ раствора, прибавляютъ $\frac{1}{2}$ ст.³ крѣпкой сѣрной кислоты и выпариваютъ на водяной банѣ досуха. Избытокъ кислоты удаляютъ нагрѣваніемъ на пескѣ, остатокъ прокалываютъ съ твердымъ углекислымъ аммоніемъ, охлаждаютъ и взвѣшиваютъ. Такимъ образомъ опредѣляется сумма сѣрнокислыхъ солей: $CaSO_4 + MgSO_4$ и Na_2SO_4 . Найденное количество CaO и MgO перечисляютъ на сѣрнокислыя соли и вычитаютъ изъ суммы сѣрнокислыхъ солей, при чемъ Na_2SO_4 опредѣляется по разности.

Потеря отъ прокалыванія опредѣляется осторожнымъ прокалываніемъ навѣски соли въ закрытомъ платиновомъ тиглѣ.

Примѣры анализа каменной соли и солончаковой.

	1.	2.	3.	4.	5.
	В ъ п р о ц е н т а х ъ.				
Потери отъ прокалыванія	0,72	0,26	1,38	Оба анализа представляютъ составъ растворимыхъ въ водѣ частей.	
Нер. остатка	0,02	0,11	0,26		
$CaCO_3$	0,10	—	—	—	—
$CaSO_4$	1,07	0,99	0,68	2,20	6,18
$MgSO_4$	—	0,45	3,50	слѣды.	слѣды.
Na_2SO_4	—	0,18	85,50	43,93	89,42
$MgCl_2$	0,17	—	—	—	—
$NaCl$	97,60	97,61	8,00	53,86	4,39
	99,68	99,60	99,32	99,99	99,99

№ 1. Каменная соль. Пермской губ.

№ 2. То-же. Стассфуртская.

№ 3. Кристаллы соли изъ русла солончака Бабадурмазъ.

№ 4. Налетъ соли съ Келифскаго Узбоя.

№ 5. То-же, близъ Чарджуя.

№№ 3, 4 и 5 представляютъ налеты солей Закаспійской низменности. (См. Закаспійская низменность. Геологическій и орографическій очеркъ по даннымъ, собраннымъ во время экскурсій въ 1886—1887—1888 гг. Горн. инженера В. А. Обручева).

V. Анализъ природной воды.

(Рѣчной, колодезной, ключевой и проч.).

Взятіе пробы. Вода для анализа берется при соблюденіи извѣстныхъ предосторожностей, и лучше всего, конечно, если это дѣлается самимъ аналитикомъ или, по крайней мѣрѣ, лицомъ, снабженнымъ для этого извѣстными инструкціями.

Посуда, назначенная для храненія и пересылки воды, должна быть совершенно чистая и изъ безцвѣтнаго стекла. Наиболѣе пригодны для этого стеклянки съ притертыми пробками вмѣстимостью около 3-хъ фунт. Если таковыхъ стеклянокъ нѣтъ подъ руками, то ихъ замѣняютъ обыкновенными винными бутылками. Для закупориванія послѣднихъ употребляютъ обыкновенныя новыя пробки, которыя передъ тѣмъ промываютъ или смачиваютъ водой, назначенной для анализа.

Когда бутылки закупорены, пробки срѣзаютъ наравнѣ съ горлышкомъ бутылки и заливаютъ сургучемъ.

Для обыкновеннаго испытанія достаточно имѣть 2—3 стеклянки упомянутой величины, для болѣе-же подробнаго анализа—нѣсколько больше.

Если проба берется насосомъ или изъ-подъ крана, то первыя порціи отбрасываются. Если-же приходится взять пробу изъ источника или рѣки, то чистую бутылку погружаютъ въ воду съ горлышкомъ, стараясь, однако, чтобы въ бутылку не попала пѣна, муть и вообще постороннія вещества.

Если нельзя погрузить сосудъ рукой, то его привязываютъ къ шесту или веревкѣ съ грузомъ. Въ особыхъ случаяхъ можно прибѣгнуть къ сосуду, предложенному Фрезеніусомъ.

Во всякомъ случаѣ, раньше, чѣмъ взять пробу, сосуды нѣсколько разъ наполняютъ водой и опоражниваютъ и тогда уже наполняютъ окончательно.

§ 30. Природная вода заключаетъ въ своемъ растворѣ газы, минеральныя соли и органическія вещества. Если изслѣдованіе воды производится съ цѣлью опредѣленія ея пригодности для питья, то въ такомъ случаѣ сперва ее подвергаютъ обстоятельному качественному анализу, по которому уже можно сдѣлать заключеніе о ея непригодности для упомянутой цѣли.

При всякомъ изслѣдованіи воды необходимо обращать вниманіе на ея прозрачность, цвѣтъ, запахъ, вкусъ и реакцію, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и на температуру.

Обыкновенно въ водѣ опредѣляютъ слѣдующія вещества:

Кислоты: Cl , SO_3 , CO_2 , SiO_2 .

Основанія: Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO и, кромѣ того, общій вѣсъ твердаго остатка.

Если качественный анализ покажетъ присутствіе NH_3 , HNO_3 и органическихъ веществъ, то и эти послѣднія.

Такъ какъ удѣльный вѣсъ природной воды весьма незначительный, то для анализа обыкновенно ее отмѣриваютъ посредствомъ мѣрительныхъ приборовъ.

1. *Хлоръ*. Опредѣляютъ вѣсовымъ способомъ (а) или титрованіемъ (б).

а) Смотря по количеству хлора, — 200, 500 или 1000 ст.³ воды сгущаютъ до 200 ст.³, подкисляютъ азотной кислотой и хлоръ осаждаютъ азотнокислымъ серебромъ (см. § 23).

б) Отмѣренное количество воды сгущаютъ до небольшого объема (50—100 ст.³), прибавляютъ нѣсколько капель насыщеннаго на холоду раствора хромовокислаго калия, не содержащаго хлора, и титруютъ азотнокислымъ серебромъ (см. § 40).

2. *Серная кислота*. Отмѣриваютъ 500 или 1000 ст.³ воды, подкисляютъ соляной кислотой и, сгустивъ до объема 200—300 ст.³, изъ горячаго раствора осаждаютъ SO_3 хлористымъ баріемъ (см. § 24).

3. *Угльная кислота*. Заключается въ водѣ въ свободномъ состояніи, полусоединенномъ, въ видѣ двууглекислыхъ солей, и соединенномъ. Свободная и полусоединенная кислота опредѣляется по способу Петтенкофера титрованнымъ растворомъ известковой воды.

100 ст.³ изслѣдуемой воды наливаютъ въ колбу, прибавляютъ для разложенія углекислыхъ солей 3 ст.³ среднего, почти насыщеннаго раствора хлористаго кальція, затѣмъ 2 ст.³ хлористаго аммонія, чтобы предупредить осажденія магнезіи, и, наконецъ, 45 ст.³ титрованной известковой воды. Колбу закупориваютъ пробкой, взбалтываютъ и оставляютъ стоять въ теченіе 12 часовъ. Съ отстоявшейся прозрачной жидкости вынимаютъ пипеткой 50 ст.³, т. е. ровно $\frac{1}{3}$ всего раствора, и титруютъ въ присутствіи фенолфталеина щавелевой кислотой (см. § 34).

4. *Опредѣленіе: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO* . Отмѣриваютъ 500 или 1000 ст.³ изслѣдуемой воды, подкисляютъ соляной кислотой и въ большой платиновой чашкѣ выпариваютъ на водяной банѣ досуха. Для предохраненія отъ пыли, надъ чашкой укрѣпляютъ обратно поставленную воронку, діаметръ которой долженъ быть больше діаметра чашки. Платиновую чашку съ сухимъ остаткомъ слабо прокалываютъ на обыкновенной газовой горѣлкѣ, чтобы разложить органическія вещества, и прокаленный остатокъ обрабатываютъ соляной кислотой и водой. Нерастворимый остатокъ, состоящій изъ кремневой кислоты и угля, отфильтровываютъ, промываютъ, сушатъ, прокалываютъ до полного сгоранія угля и взвѣшиваютъ.

Въ фильтратѣ отъ кремневой кислоты опредѣляютъ Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO и MgO какъ обыкновенно.

Примѣчаніе. Какъ извѣстно, природная вода бываетъ жесткая и мягкая. Жесткою называется такая вода, которая содержитъ много минеральныхъ солей и преимущественно много солей извести. Такая вода, вслѣдствіе содержанія извести, не

даетъ пѣны съ мыломъ, не развариваетъ овощей и даетъ много накипи въ сосудахъ. При значительной жесткости вода вредна для питья.

Жесткость воды выражается градусами. Въ Германіи подъ градусами жесткости подразумѣваютъ число частей окиси кальція (вмѣстѣ съ количествомъ окиси магнія, перечисленной на эквивалентный вѣсъ окиси кальція) въ 100.000 частяхъ воды.

Во Франціи 1 градусъ жесткости соотвѣтствуетъ содержанію 1 части углекислаго кальція въ 100.000 частяхъ воды, а въ Англіи 1 грану ($= 0,0648$ грам.) углекислаго кальція въ 1 галлонъ воды. Поэтому 1 нѣмецкій градусъ жесткости соотвѣтствуетъ 1,79 французскаго и 1,25 англійскаго.

Подъ общей жесткостью надо понимать жесткость сырой воды. Если отмѣренное количество (напримѣръ, 300 ст.³) природной воды подвергнуть кипяченію въ продолженіе получаса, постоянно пополняя испаряющуюся воду перегнанной, то свободная угольная кислота, а также и полусоединенная, выдѣляется, при чемъ осаждается углекислая окись кальція, обыкновенно содержащая немного углекислой магnezіи. Если осадокъ отфильтровать, а въ фильтратѣ, доведенномъ до первоначальнаго объема, опредѣлить известъ и магnezію, то получится постоянная жесткость. Такимъ образомъ, временная жесткость воды зависитъ отъ содержанія углекислыхъ солей кальція и магнія, постоянная, главнымъ образомъ, — отъ содержанія сѣрнокислыхъ, хлористыхъ и азотнокислыхъ солей.

Для вычисленія общей жесткости сначала подсчитываютъ содержаніе какъ извести, такъ и магnezіи на 100.000 част. воды; затѣмъ количество магnezіи переводятъ въ эквивалентный ей вѣсъ извести, для чего первую умножаютъ на 1,4 (потому что 40 ч. MgO : 56 ч. $CaO = 1 : 1,4$) и складываютъ вмѣстѣ.

Напримѣръ, если въ литрѣ воды содержится 0,120 миллигр. извести и 0,025 миллигр. магnezіи, то на 100.000 част. воды придется 12 част. извести и 3,5 част. магnezіи. Слѣдовательно, общая жесткость воды будетъ 15,5°.

Другіе способы опредѣленія жесткости воды, основанные на употребленіи мыльнаго раствора (напримѣръ, способъ Кларка), не отличаются точностью и потому не рекомендуются.

5. *Опредѣленіе общаго вѣса твердаго остатка.* Въ небольшой платиновой чашкѣ, предварительно взвѣшенной, выпариваютъ 500—1000 ст.³ изслѣдуемой воды на водяной банѣ досуха. Воду наливаютъ въ чашку по мѣрѣ ея испаренія, и для предохраненія отъ пыли надъ чашкой укрѣпляютъ обратно поставленную воронку. Полученный твердый остатокъ сушатъ при $180^{\circ} C$. въ воздушной банѣ до постояннаго вѣса. Такимъ образомъ получается общее количество солей, въ томъ числѣ и органическихъ веществъ.

Иногда заключающіяся въ водѣ основанія переводятъ въ среднія сѣрнокислыя соли и опредѣляютъ сумму всѣхъ сѣрнокислыхъ солей. Если изъ полученнаго вѣса вычесть найденное количество SiO_2 , а также CaO и MgO , перечисливъ ихъ въ сѣрнокислыя соли, то въ остаткѣ получится Na_2SO_4 , по которому вычисляютъ Na_2O или Na . Для этого поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Высушенный при $180^{\circ} C$. и взвѣшенный твердый остатокъ въ той-же платиновой чашкѣ обрабатываютъ чистой и разбавленной сѣрною кислотой при нагрѣваніи на водяной банѣ, при чемъ чашку закрываютъ часовымъ стекломъ. По прошествіи 10 минутъ, стекло обмываютъ, жидкость выпариваютъ досуха, избытокъ сѣрной кислоты удаляютъ нагрѣваніемъ, оста-

токъ прокаливаетъ съ твердымъ углекислымъ аммоніемъ, охлаждаютъ и взвѣшиваютъ.

Для подробнаго изслѣдованія питьевой воды рекомендуемъ брошюру доктора Р. Зендтнера: „Химическое изслѣдованіе воды для питья“, переводъ съ нѣмецкаго. Изданіе редакціи Общества Горныхъ Инженеровъ. 1897 г.

Примѣры анализа рѣчной воды.

	Вода изъ рѣ- ки Аксай въ Новочер- касскѣ.	Вода изъ рѣки Сѣвер- наго Донца въ Каменскѣ.	П р и м ѣ ч а н і е.
Твердаго остатка, высушен. при 180%.	1,2736	0,5602	При обрабатываніи соляной ки- слотой твердаго остатка, высушен- наго при 180° С., происходитъ силь- ное вскипаніе, что указываетъ на присутствіе значительнаго количе- ства углекислыхъ солей.
<i>Cl</i>	0,1681	0,0492	
<i>SO₃</i>	0,3934	0,1249	
<i>SiO₂</i>	0,0042	0,0086	
<i>CaO</i>	0,1820	0,1376	
<i>MgO</i>	0,0976	0,0352	
<i>Na₂O</i>	0,2529	0,0667	
<i>K₂O</i>	0,0630	0,0318	
Жесткость въ нѣмец- кихъ градусахъ .	31,867	18,68	
Соединяя основанія и кислоты въ соли, получимъ:			Закрывающіяся въ водѣ мине- ральныя примѣси опредѣляются въ граммахъ на литръ пробы и показываются, по возможности, въ тѣхъ-же соединеніяхъ, въ какихъ онѣ находятся въ дѣйствительно- сти, причемъ руководствуются слѣд. общимъ правилами: Хлоръ соединяется съ <i>Na</i> , из- бытокъ его съ <i>K</i> , затѣмъ съ <i>Mg</i> и, наконецъ, съ <i>Ca</i> . <i>SO₂</i> соединяется со щелочами, если недостаточно <i>Cl</i> для ихъ насыщенія, далѣе съ <i>Ca</i> и наконецъ съ <i>Mg</i> . <i>CO₂</i> является соединенной съ <i>Ca</i> и <i>Mg</i> , послѣ того какъ другія химическія соединенія уже сдѣланы.
<i>NaCl</i>	0,2727	0,0810	
<i>Na₂SO₄</i>	0,2482	0,0543	
<i>K₂SO₄</i>	0,1166	0,0588	
<i>CaSO₄</i>	0,3400	0,1144	
<i>CaCO₃</i>	0,0750	0,1616	
<i>MgCO₃</i>	0,2049	0,0739	
<i>SiO₂</i>	0,0042	0,0086	
	1,2612	0,5526	

VI. Объемный анализъ.

(Титрованіе).

§ 31. Количественное опредѣленіе какого-либо элемента можно про-
извести не только прямымъ взвѣшиваніемъ, осадивъ его соответствующимъ
реактивомъ, но также вычислить по объему израсходованнаго реактива,
если вѣсовое содержаніе послѣдняго въ данномъ объемѣ точно
опредѣлено.

Моментъ окончанія реакціи большею частію опредѣляется измѣненіемъ
цвѣта раствора, происходящимъ или отъ нѣкотораго избытка прибавлен-
наго реактива, или отъ присутствія въ растворѣ третьяго вещества (ко-
торое въ такихъ случаяхъ прибавляется нарочно), тотчасъ вступающаго
въ реакцію съ избыткомъ дѣйствующаго вещества; или-же, наконецъ,
просто время отъ времени вынимаютъ стеклянной палочкой отдѣльныя
капли раствора и пробуютъ на фарфоровой крышкѣ извѣстнымъ реакти-
вомъ, указывающимъ конецъ реакціи.

Вещество, указывающее при объемномъ анализѣ моментъ окончанія
реакціи, называется *индикаторомъ* или *показателемъ*.

Вѣсовое количество реактива, заключающееся въ одномъ кубическомъ
сантиметрѣ раствора, называется его *титромъ*, а самый растворъ съ
опредѣленнымъ содержаніемъ дѣйствующаго вещества — *титрованнымъ*
растворомъ.

Титрованный растворъ, заключающій эквивалентное одному атому
водорода количество дѣйствующаго вещества, отвѣшеннаго въ граммахъ
и разведеннаго до литра (но не въ литрѣ), называется *нормальнымъ рас-*
творомъ ¹⁾.

Поэтому, на основаніи вышеприведеннаго опредѣленія нормальнаго
раствора, въ одномъ литрѣ послѣдняго будетъ заключаться количество
дѣйствующаго вещества, равное или цѣлому молекулярному вѣсу его,
или только половинѣ, одной трети, смотря по тому, какой атомности въ
титрованной жидкости элементъ дѣйствующаго вещества.

Такимъ образомъ, нижеприведенные нормальные растворы реакти-
вовъ будутъ заключать въ 1 литрѣ раствора слѣдующія вѣсовыя коли-
чества дѣйствующихъ веществъ:

N эквивал. $HCl = 36,46$ грам. соляной кисл.

N эквивал. $\frac{H_2SO_4}{2} = \frac{98}{2} = 49$ грам. сѣрной кисл.

¹⁾ Такое опредѣленіе нормальныхъ растворовъ принято во всѣхъ руководствахъ, ко-
торыми намъ приходилось пользоваться, за исключеніемъ Аналитической химіи Н. Мен-
шуткина, гдѣ нормальными растворами называются такіе растворы, которые заключаютъ
въ литрѣ число граммовъ вещества, выражаемое его частичнымъ вѣсомъ. Лицъ, интере-
сующихся этимъ вопросомъ, отсылаемъ къ вышеупомянутому руководству.

H эквивал. $Na = NaHO = 40$ грам. ѣдкаго натра.

H эквивал. $\frac{Na_2CO_3}{2} = \frac{106}{2} = 53$ грам. углекислаго натра.

H эквивал. $\frac{Ba}{2} = \frac{Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O}{2} = \frac{314,5}{2} = 157,25$ гр. ѣдк. барита.

При приготовленіи титрованныхъ растворовъ веществъ, дѣйствіе которыхъ основано на передачѣ кислорода, напримѣръ, $KMnO_4$, нормаль-

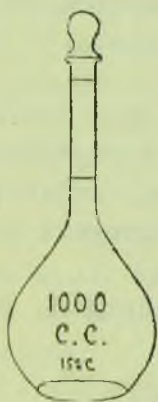


Рис. 4.



Рис. 5.

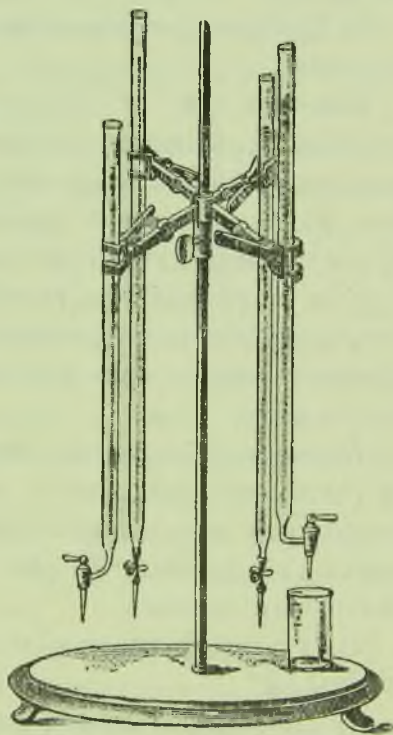


Рис. 6.

ный вѣсъ измѣряется количествомъ отдаваемого или принимаго кислорода, которое также должно быть эквивалентно одному атому водорода и, слѣдовательно, будетъ $\frac{0''}{2}$, или по вѣсу это равняется 8.

Если требуется приготовить болѣе слабый титрованный растворъ, напримѣръ, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ нормальнаго вѣса, то вышеприведенныя числа слѣдуетъ только раздѣлить на 2, 5, 10, 20.

§ 32. При объемномъ анализѣ точное измѣреніе объема жидкостей производится посредствомъ колбъ, пипетокъ и бюретокъ. Единицей для измѣренія жидкостей служить кубическій сантиметръ (ст.³). Вѣсъ одного кубическаго сантиметра воды при 4° С. равенъ одному грамму. Измѣрительные приборы раздѣляются на:

а) Приборы, градуированные на выливаніе. Они вмѣщаютъ ровно столько объемныхъ единицъ жидкости, сколько показываетъ ихъ мѣтка. Содержимое ихъ не вполне вытекаетъ при опоражниваніи, такъ какъ часть жидкости прилипаетъ къ стѣнкамъ сосуда. Такимъ образомъ, полное удаленіе отмѣренныхъ въ нихъ жидкостей возможно лишь промываніемъ водою. Къ упомянутымъ приборамъ принадлежатъ измѣрительныя колбы, одна изъ которыхъ показана на рис. 4. Въ продажѣ имѣются измѣрительныя колбы въ 1 литръ, или 1000 ст.³, затѣмъ въ 500, 250, 100, 50 и 25 ст.³.

б) Приборы, градуированные на истеченіе. Сюда принадлежатъ пипетки и бюретки.

Пипетки (рис. 5) представляютъ стеклянныя всасывающія трубки съ мѣткой и дающія возможность отмѣривать извѣстные объемы посредствомъ всасыванія и выливанія изъ нихъ жидкости. Всасываніе производится ртомъ; установка уровня жидкости на мѣткѣ и регулированіе истеченія производится слабо смоченнымъ указательнымъ пальцемъ правой руки, прижимая его, смотря по надобности, болѣе или менѣе крѣпко къ верхнему отверстію пипетки. Такимъ образомъ, изъ пипетки сразу выпускаютъ отмѣренную жидкость. Приготавливаются пипетки въ 100, 50, 25 и 10 ст.³.

Бюретки. Обыкновенно бюретки вмѣщаютъ въ себѣ 50 ст.³, и каждый куб. сантиметръ раздѣляется на $\frac{1}{10}$. Въ продажѣ имѣются бюретки съ зажимными и стеклянными кранами, а также и съ отливомъ, напимѣръ, бюретки Гей-Люссака. На рис. 6 показаны бюретки съ зажимами и со стекляннымъ краномъ.

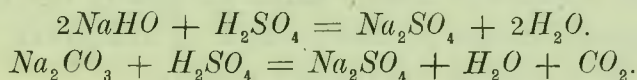
По характеру реакцій, объемный анализъ, главнымъ образомъ, раздѣляютъ на:

- 1) Способы насыщенія или нейтрализаціи.
- 2) Способы окисленія и восстановленія и
- 3) Способы осажденія.

1. Способы насыщенія или нейтрализаціи.

Если къ водному раствору ѣдкаго натра, окрашенному лакмусомъ въ синій цвѣтъ, прибавлять разведенной сѣрной кислоты, то, какъ извѣстно, щелочь нейтрализуется кислотою, и до тѣхъ поръ, пока въ растворѣ заключается хотя малѣйшее количество щелочи, синее окрашиваніе раствора остается безъ измѣненія. Но достаточно прибавить одну или двѣ лишніихъ капли кислоты, какъ лакмусъ тотчасъ окрашивается въ красный цвѣтъ, что и служитъ указаніемъ окончанія реакціи. Обратное произойдетъ, если кислоту будемъ насыщать щелочью. До самаго момента наступленія полной нейтрализаціи жидкость сохраняетъ красное окрашиваніе, и лишь только будетъ прибавлена одна или двѣ лишніихъ капли щелочи,

какъ красный цвѣтъ лакмуса измѣнится въ синій. Въмѣсто ѣдкаго натра можно взять углекислый натръ. Реакція нейтрализованія щелочи кислотою и обратно состоитъ въ слѣдующемъ:



Такимъ образомъ, уловивъ моментъ окончанія реакціи, можно измѣнить основаніе кислотою и, наоборотъ,—кислоту основаніемъ, если только взять для этого растворъ съ опредѣленнымъ содержаніемъ дѣйствующаго вещества. На этомъ и основанъ объемный анализъ по насыщенію или нейтрализаціи, и онъ служитъ какъ для опредѣленія щелочей (алкаліметрія), такъ равно и кислотъ (ацидиметрія).

Вмѣсто лакмуса въ настоящее время какъ индикаторъ кислотъ и щелочей примѣняютъ главнымъ образомъ *метилоранжъ* и *фенолфталеинъ*.

Метилоранжъ. Растворъ въ водѣ 1 : 1000. Оранжевожелтый растворъ отъ прибавленія кислоты окрашивается въ красный цвѣтъ и снова становится желтымъ отъ прибавленія щелочи. Примѣнимъ лишь на холоду. Одинаково годенъ для титрованія нелетучихъ щелочей и амміака.

Фенолфталеинъ. Растворъ въ спиртѣ 1 : 1000. Безцвѣтный растворъ окрашивается щелочами въ малиновый цвѣтъ и снова обезцвѣчивается отъ прибавленія кислотъ. Присутствіе угольной кислоты вредитъ реакціи. Непримѣнимъ при титрованіи амміакомъ.

Для нашихъ опредѣленій потребуются титрованные растворы кислотъ: сѣрной и щавелевой, и для обратнаго ихъ титрованія щелочные растворы: ѣдкаго натра и известковой воды.

§ 33. *Титрованный растворъ сѣрной кислоты*. (Приблизительно $\frac{1}{5}$ нормального вѣса). Въ маленькомъ стаканчикѣ отвѣшиваютъ около 10 грам. крѣпкой сѣрной кислоты, переводятъ въ литровую колбу, добавляют до черты воды и, закрывъ пробкою, хорошо перемѣшиваютъ.

Растворъ ѣдкаго натра. Растворяя чистый ѣдкій натръ въ водѣ, готовятъ растворъ такой концентраціи, чтобы одинъ объемъ его приблизительно насыщалъ одинъ объемъ кислоты, что достигается прибавленіемъ къ раствору воды или твердой соли.

Отношеніе между растворами сѣрной кислоты и ѣдкаго натра слѣдуетъ точно опредѣлить, что производится слѣдующимъ образомъ. Двѣ обыкновенныя бюретки съ зажимами наполняютъ титрованными растворами: одну—сѣрной кислоты, а другую—ѣдкаго натра. Въ колбу Эрленмейера или въ стаканъ, поставленный на листъ бѣлой бумаги, выпускаютъ изъ бюретки 10 ст.³ кислоты, подкрашиваютъ нѣсколькими каплями метилоранжа и затѣмъ, при постоянномъ взбалтываніи колбы, изъ другой бюретки приливаютъ ѣдкаго натра, сперва быстро, подъ конецъ-же по каплямъ, и до тѣхъ поръ, пока розовый цвѣтъ раствора перейдетъ въ желтый. Если щелочи прилито много, то титруютъ обратно кислотою и

затѣмъ опять щелочью. Опытъ повторяютъ съ новымъ количествомъ кислоты и такъ поступаютъ, пока получаютъ согласные результаты. Раздѣляя число ст.³ израсходованной кислоты на число ст.³ щелочи, получится отношеніе одного ст.³ ѣдкаго натра къ одному ст.³ кислоты.

Титръ сѣрной кислоты устанавливаютъ по химически чистому углекислому натру на основаніи слѣдующей реакціи:



2—3 грам. химически-чистаго безводнаго натра слабо прокаливаютъ въ платиновомъ тиглѣ и, охладивъ въ эксикаторѣ, быстро истираютъ въ агатовой ступкѣ, чтобы получился однородный порошокъ, который сохраняютъ на часовомъ стеклѣ въ эксикаторѣ надъ крѣпкой сѣрной кислотой.

На часовомъ стеклѣ быстро отвѣшиваютъ 0,5 грам. прокаленного, какъ сказано выше, углекислаго натра, переводятъ въ колбу Эрленмейера, растворяютъ въ 50 ст.³ воды, прибавляютъ нѣсколько капель метилоранжа и титруютъ сѣрной кислотой, поступая совершенно такъ же, какъ и при опредѣленіи отношенія между кислотой и щелочью. Берутъ среднее изъ нѣсколькихъ опытовъ съ новыми навѣсками соды.

Или отвѣшиваютъ за одинъ разъ 2,5 грам. соды, переводятъ въ колбу въ 250 ст.³, растворяютъ въ небольшомъ количествѣ воды, затѣмъ добавляютъ воды до черты и, закрывъ колбу пробкою, хорошо перемѣшиваютъ. Для титрованія отмѣриваютъ пипеткою каждый разъ по 50 ст.³, что и будетъ отвѣчать навѣскѣ въ 0,5 грам. соды.

Вычисленіе титра сѣрной кислоты производится слѣдующимъ образомъ. Предположимъ, что:

Навѣска углекислаго натра	0,5 грам.
Сѣрной кислоты израсходовано всего	49,5 ст. ³
Ѣдкаго натра для обратнаго титрованія . . .	0,81 ст. ³
1 ст. ³ ѣдкаго натра соотвѣтствуетъ	1,05 ст. ³ кисл.

Умножая израсходованное число ст.³ ѣдкаго натра на его отношеніе къ кислотѣ, опредѣлится избытокъ прибавленной кислоты, который и вычитаютъ изъ всего количества израсходованной кислоты:

$$0,81 \times 1,05 = 0,85 \text{ ст.}^3 \text{ (избытокъ кислоты).}$$

$$49,5 - 0,85 = 48,65 \text{ ст.}^3 \text{ (израсходовано кислоты).}$$

Выраженное же въ граммахъ вѣсовое количество сѣрной кислоты, которое требуется для переведенія 0,5 грам. углекислаго натра въ сѣрно-кислый, получится изъ пропорціи:

$$106 : 98 = 0,5 : x$$

$$x = \frac{98 \times 0,5}{106} = 0,4622 \text{ грам. } H_2SO_4.$$

Раздѣляя 0,4622 грам. на 48,65, получимъ титръ сѣрной кислоты, т. е. содержаніе H_2SO_4 въ 1 ст.³, что = 0,0095 грам.

Количество дѣйствующаго вещества въ растворѣ (титръ) большею частію опредѣляется особой пробой, и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ, именно, когда оно представляетъ твердое тѣло и можетъ быть приготовлено совершенно чистымъ, вычисляется по вѣсу взятаго вещества, раствореннаго въ опредѣленномъ объемѣ воды.

Титрованнымъ растворомъ сѣрной кислоты намъ придется пользоваться для объемнаго опредѣленія амміака, получаемого при опредѣленіи азота въ горючихъ ископаемыхъ по способу Кельдаля.

Имѣя титрованный растворъ сѣрной кислоты или соляной, можно опредѣлить количество ѣдкихъ и углекислыхъ щелочей, а также и щелочныхъ земель.

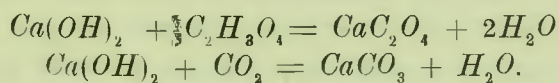
Какъ на обратный примѣръ опредѣленія кислоты щелочью, можно указать на опредѣленіе угольной кислоты въ воздухѣ или водѣ посредствомъ титрованного раствора известковой воды по способу Петтенкофера.

§ 34. *Титрованный растворъ щавелевой кислоты.* Опредѣленіе угольной кислоты въ природной водѣ, а также и въ воздухѣ, производится по способу Петтенкофера посредствомъ титрованного раствора известковой воды, титръ которой устанавливается по щавелевой кислотѣ. Для приготовления титрованного раствора щавелевой кислоты точно отвѣшиваются 2,8636 грам. химически-чистой и высушенной между пропускной бумагой щавелевой кислоты ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$), переводятъ въ литровую колбу, растворяютъ въ нѣкоторомъ количествѣ воды, добавляют воды до черты и, закрывъ пробкой, хорошо перемѣшиваютъ.

Титръ щавелевой кислоты вычисляется по количеству отвѣшенной кислоты и затѣмъ опредѣляютъ ея отношеніе къ известковой водѣ.

Для опредѣленія упомянутаго *отношенія*, отмѣриваютъ 45 ст.³ известковой воды, прибавляютъ нѣсколько капель фенолфталеина и титруютъ щавелевой кислотой до обезцвѣчиванія.

Такъ какъ 126 част. щавелевой кислоты ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$) насыщаютъ столько-же извести (74 част.), сколько 44 част. угольной кислоты, то 1 ст.³ щавелевой кислоты, означенной выше крѣпости, насыщаетъ столько извести, сколько 1 миллиграмм. угольной кислоты, и, слѣдовательно, эквивалентенъ 1 миллиграмм. послѣдней.



2) Способы окисленія и восстановленія.

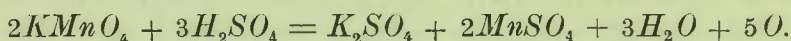
Способы эти основаны на примѣненіи различныхъ окислителей и раздѣляются на *оксидиметрію* и *йодометрію*.

Оксидиметрію называютъ способы титрованія, при которыхъ окислителемъ, главнымъ образомъ, служитъ марганцовокислый калий, иначе называемый хамелеономъ, и иногда двухромовокислый калий.

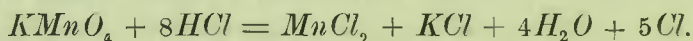
Иодометрію называютъ объемное опредѣленіе іода посредствомъ сѣрноватистокислаго натрія.

Оксидиметрія.

Марганцовая кислота, приходя въ соприкосновеніе съ легко окисляющимися веществами, отдаетъ имъ кислородъ, сама же раскисляется и переходитъ въ соль закиси марганца. Обыкновенно для этого берутъ марганцовокислый калий, изъ котораго сѣрной кислотой выдѣляютъ марганцовую кислоту при самомъ опытѣ

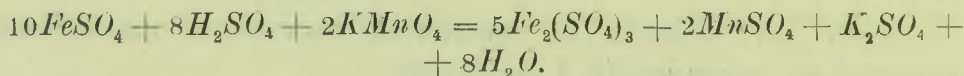


Марганцовая кислота всего лучше дѣйствуетъ на сѣрнокислые растворы окисляемыхъ веществъ въ присутствіи сѣрной кислоты. Соляная кислота даже въ сильно разведенныхъ растворахъ разлагается марганцовокислымъ калиемъ съ выдѣленіемъ хлора



На основаніи вышеприведенной реакціи марганцовокислое кали употребляется для объемнаго опредѣленія желѣза, для окисленія органическихъ веществъ, при ихъ опредѣленіи въ природной водѣ, азотистой кислоты и проч. Мы, главнымъ образомъ, остановимся на опредѣленіи желѣза.

§ 35. *Титрованіе желѣза марганцовокислымъ калиемъ* (способъ Маргерита). Если къ достаточно разведенному раствору сѣрнокислой закиси желѣза, содержащему свободную сѣрную кислоту, прибавлять хамелеона, то закись желѣза окисляется въ окись, и получается сѣрнокислая закись марганца. Соли закиси марганца и закиси желѣза даютъ почти безцвѣтные растворы; растворъ же соли окиси желѣза въ разведенномъ состояніи слабо окрашенъ въ желтый цвѣтъ, такъ, что пока въ растворѣ находится еще закись желѣза, малиновый цвѣтъ прибавляемаго хамелеона исчезаетъ моментально. Но достаточно прибавить одну или двѣ капли лишннихъ, какъ жидкость окрашивается въ розовый цвѣтъ, что и служитъ указаніемъ окончанія реакціи, которая выражается слѣдующимъ уравненіемъ:



Титрованный раствор марганцовокислого калия. Марганцовокислое кали представляет прямой окислитель. Двѣ частицы его отдѣляютъ 5 атомовъ кислорода, слѣдовательно, для полученія раствора съ нормальнымъ количествомъ кислорода въ 1 литрѣ должно заключаться 31,6 гр. соли.

$$N \text{ эквивал. } \frac{O}{2} = \frac{2KMnO_4}{5 \cdot 2} = \frac{2 \cdot 158}{5 \cdot 2} = 31,6 \text{ грам.}$$

Однако, нормальный раствор хамелеона никогда не употребляютъ для опредѣленія желѣза, такъ какъ онъ очень крѣпокъ. Обыкновенно пользуются растворами произвольной крѣпости, для чего отвѣшиваютъ 5,65 грам. кристаллической соли или ровно 5 грам., растворяютъ въ водѣ и разбавляютъ до литра. И только для опредѣленія незначительныхъ количествъ желѣза берутъ $\frac{1}{10}$ нормального вѣса, растворяя въ литрѣ воды 3,2 грам. соли (точно 3,16 грам.). Такимъ образомъ получаютъ растворы, 1 ст.³ которыхъ приблизительно окисляетъ слѣдующее количество металлическаго желѣза:

5,65 грам. соли на	
литрѣ воды . . .	10 миллигр. Fe
5 грам. соли на	
литрѣ воды . . .	8,5 „
3,2 грам. соли на	
литрѣ воды . . .	5,6 „

Растворъ хамелеона очень устойчивъ, если только защищенъ отъ прямыхъ солнечныхъ лучей и соприкосновенія съ органическими веществами. Поэтому избѣгаютъ деревянныхъ и каучуковыхъ пробокъ, не фильтруютъ черезъ бумагу и устраняютъ отъ пыли. Отмѣриваютъ хамелеонные растворы бюретками съ отливомъ или со стекляннымъ, хорошо пришлифованнымъ краномъ, который не должно смазывать. Такъ какъ темный цвѣтъ раствора не позволяетъ видѣть мениска, то, въ случаѣ работы безъ поплавка, отсчитываніе производится непосредственно по верхней границѣ жидкости.

При постоянныхъ работахъ съ хамелеономъ пользуются приборомъ показаннымъ на рис. 7.

Титръ минеральнаго хамелеона выражается не количествомъ отдаваемого имъ кислорода, а количествомъ металлическаго желѣза, окисляемаго изъ закиси въ окись, и устанавливается по желѣзу или по щавелевой кислотѣ.

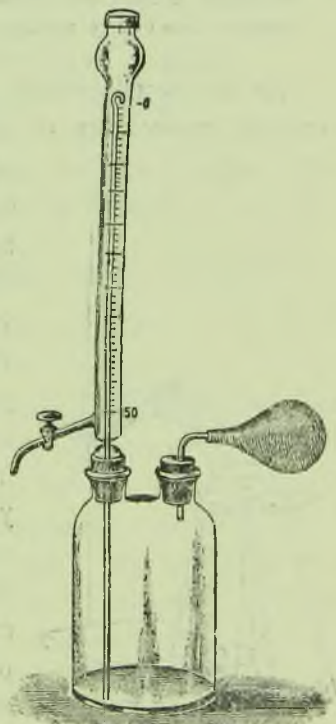


Рис. 7.

Для опредѣленія титра по желѣзу берутъ фортепіанную проволоку, хорошо очищаютъ наждачной бумагой, вытираютъ чистой тряпкой, разрѣзаютъ на кусочки равной величины, вѣсомъ немного болѣе 0,1 грам. каждый, и сохраняютъ въ банкѣ съ притертой пробкой.

Примѣчаніе. Фортепіанная проволока не есть химически чистое желѣзо, а всегда заключаетъ постороннія примѣси (главнымъ образомъ углеродъ, марганецъ, фосфоръ), количество которыхъ принимаютъ равнымъ 0,40%, считая такимъ образомъ, что въ 1 граммѣ проволоки заключается чистаго желѣза 0,996 грам. Если же относительно постороннихъ примѣсей является сомнѣніе, то запасаются большимъ количествомъ мягкой желѣзной проволоки и разъ навсегда опредѣляютъ обыкновеннымъ путемъ всю сумму постороннихъ примѣсей.

На часовомъ стеклѣ отвѣшиваютъ съ небольшимъ 0,2 грам. чистой желѣзной проволоки съ точностью до четвертаго десятичнаго знака. Въ

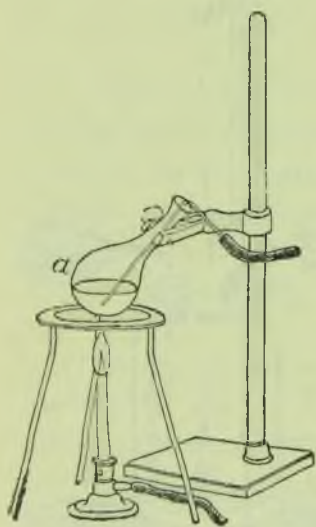


Рис. 8.

колбу *a* (рис. 8) наливаютъ 50—80 ст.³ разведенной сѣрной кислоты (на 1 част. кислоты 5 част. воды), отвѣшенную проволоку свертываютъ въ одинъ комочекъ и опускаютъ въ колбу, которую укрѣпляютъ въ наклонномъ положеніи въ штативѣ и тотчасъ начинаютъ пропускать струю угольной кислоты, чтобы устранить окисленіе закиси желѣза въ окись. Въ колбу вводятъ, какъ показано на рисункѣ, согнутую подъ прямымъ угломъ стеклянную трубку, послѣднюю соединяютъ каучукомъ съ приборомъ, выдѣляющимъ угольную кислоту, и затѣмъ нагреваютъ сначала слабо, а подъ конецъ сильнѣе, пока все желѣзо растворится. По окончаніи растворенія, горѣлку отставляютъ и жидкость охлаждаютъ, продолжая пропускать угольную кислоту; затѣмъ стеклянную трубку обмываютъ надъ той же колбой, прибавляютъ прокипяченной и охлажденной воды, чтобы всего раствора получилось 250 ст.³, и въ той же колбѣ титруютъ желѣзо, при чемъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Бюретку со стекляннымъ краномъ или съ отливомъ наполняютъ растворомъ хамелеона, устанавливаютъ на нуль и прибавляютъ къ раствору, содержащему сѣрнокислую закись желѣза, при чемъ колбу постоянно взбалтываютъ. Въ началѣ розовыя капли исчезаютъ быстро, подъ конецъ же медленнѣе. Вмѣстѣ съ тѣмъ, почти безцвѣтная жидкость окрашивается въ желтоватый цвѣтъ, вслѣдствіе образованія сѣрнокислой окиси желѣза.

Къ концу титрованія марганцовокислое кали прибавляютъ осторожно и отдѣльными каплями до тѣхъ поръ, пока жидкость окрасится въ слабый, но совершенно замѣтный розовый цвѣтъ, не исчезающій въ теченіе нѣкотораго времени и при взбалтываніи раствора. Когда жидкость въ бюреткѣ

стечетъ надлежащимъ образомъ, то отсчитываютъ дѣленіе и записываютъ число израсходованныхъ ст.³. Отсчитываніе производится съ точностью до $\frac{1}{10}$ ст.³.

Если въ растворѣ недостаточно свободной сѣрной кислоты, то жидкость окрашивается въ бурый цвѣтъ, становится мутною и выдѣляетъ осадокъ перекиси марганца и окиси желѣза. Но и при надлежащемъ количествѣ сѣрной кислоты то же самое получается, если растворъ хамелеона приливаютъ слишкомъ быстро и жидкость недостаточно перемѣшиваютъ.

Титръ марганцовокислаго калия вычисляется просто.

Предположимъ, что:

Навѣска желѣзной проволоки 0,2032 грам.

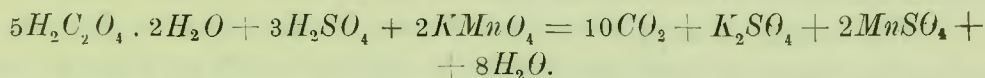
Марганцовокислаго калия израсходовано 23,5 ст.³

Такъ какъ въ 1 граммѣ желѣзной проволоки чистаго желѣза заключается 0,996 грам., то, слѣдовательно, титръ будетъ 0,00861 грам. *Fe*.

$0,2032 \times 0,996 = 0,2024$ гр. (вѣсъ проволоки послѣ поправки)

$$\frac{0,2024}{23,5} = 0,00861 \text{ грам., или } 8,61 \text{ миллигр. } Fe.$$

Для установленія титра по щавелевой кислотѣ, отвѣшиваютъ 0,2—0,3 грам. химически-чистой щавелевой кислоты ¹⁾, переводятъ въ колбу объемомъ около 250 ст.³, растворяютъ въ 150—180 ст.³ воды, прибавляютъ 6—8 ст.³ крѣпкой сѣрной кислоты и, нагрѣвъ жидкость до 60° С, каплями прибавляютъ марганцовокислое кали, при чемъ колбу ставятъ на листъ бѣлой бумаги. Въ началѣ обезцвѣчиваніе хамелеона происходитъ не очень быстро, но когда разложеніе начнется, оно идетъ хорошо:



Если уравненіе это сравнить съ уравненіемъ, приведеннымъ въ началѣ этого §, то оказывается, что 9 вѣсовыхъ частей щавелевой кислоты окисляются тѣмъ же количествомъ марганцовокислаго калия, какъ и 8 част. металлическаго желѣза, или 1 част. щавелевой кислоты соотвѣтствуетъ 0,88888 част. желѣза. Поэтому, чтобы перейти отъ щавелевой кислоты къ титру по желѣзу, навѣску щавелевой кислоты слѣдуетъ умножить на 0,88888 и полученное количество раздѣлить на число ст.³ израсходованнаго хамелеона.

¹⁾ Для чего продажную кислоту перекристаллизовываютъ сперва изъ соляной кислоты уд. вѣса 1,07, а затѣмъ изъ воды. Полученные кристаллы сушатъ между пропускной бумагою при обыкновенной температурѣ до постояннаго вѣса. При нагрѣваніи химически-чистая щавелевая кислота не должна оставлять остатка.

Практическое выполненіе способа. На практикѣ чаще приходится опредѣлять желѣзо, находящееся въ видѣ окиси, тогда какъ самый способъ требуетъ, чтобы оно было въ видѣ закиси. Переводъ солей окиси желѣза въ соли закиси обыкновенно производится водородомъ въ моментъ его рожденія (*in statu nascendi*), при чемъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ ¹⁾.

Вещества, заключающія окись желѣза, растворяютъ въ разбавленной сѣрной кислотѣ или же сначала въ соляной и затѣмъ выпариваютъ съ сѣрной; полученныя сѣрнокислыя соли переводятъ въ колбу, прибавляютъ надлежащее количество воды и сѣрной кислоты и химически чистаго зерненнаго цинка, главнымъ образомъ, не содержащаго желѣза. Горло колбы закрываютъ маленькой воронкой, чтобы не попала пыль, и въ такомъ положеніи оставляютъ на нѣкоторое время. При раствореніи цинка выдѣляется водородъ, который и раскисляетъ окись желѣза въ закись.

Если желѣза много, напр., въ желѣзныхъ рудахъ, то при навѣскѣ въ 1 граммъ возстановленіе идетъ успѣшно, если всего раствора имѣется приблизительно около 200 ст.³ и въ немъ заключается 15—20 ст.⁴ крѣпкой сѣрной кислоты. Цинка достаточно взять 15—20 грам.

Обыкновенно возстановленіе продолжается 4—5 часовъ, но иногда оно слишкомъ затягивается, что зависитъ отъ многихъ причинъ. Слѣдуетъ обратить вниманіе на степень концентраціи сѣрной кислоты и температуру раствора. Если цинкъ растворяется очень быстро, то колбу ставятъ въ холодную воду. Для ускоренія операціи растворенія можно нѣсколько нагрѣть жидкость, пропуская чрезъ нее струю угольной кислоты, чтобы закись желѣза не окислялась. Точно такъ же возможно немного прибавить какъ сѣрной кислоты, такъ и цинка, но во всякомъ случаѣ не слѣдуетъ прибавлять ихъ въ излишнемъ количествѣ, такъ какъ иначе образуется много цинковаго купороса, который, выдѣляясь изъ раствора, можетъ причинить нѣкоторое затрудненіе въ работѣ.

Чѣмъ больше поверхность цинка, тѣмъ лучше идетъ операція возстановленія окиси желѣза, почему иногда вмѣсто зеренъ пользуются тонкими пластинками цинка ²⁾.

Операцію возстановленія лучше начинать съ утра, чтобы тотчасъ приступить къ титрованію, какъ только окись желѣза перейдетъ въ закись, и весь цинкъ растворится. Если же растворъ оставитъ на ночь, то, по раствореніи всего цинка, закись можетъ снова окислиться.

Полное возстановленіе (раскисленіе) окиси желѣза въ закись узнается посредствомъ роданистаго калия. Проба производится такимъ образомъ,

¹⁾ Помимо водорода, переведеніе солей окиси желѣза въ соли закиси можно произвести нагрѣваніемъ кислаго раствора, содержащаго окись желѣза, съ воднымъ растворомъ сѣрнистой кислоты или сѣрнистаго водорода. Избытокъ того и другого газа удаляютъ изъ раствора, нагрѣвая послѣдній при пропусканіи струи угольной кислоты.

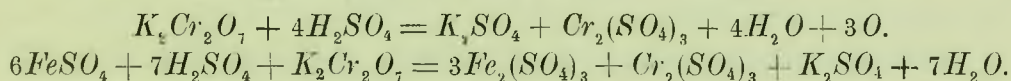
²⁾ Для этого расплавленный цинкъ выливаютъ съ нѣкоторой высоты на ровную и гладкую фарфоровую или каменную поверхность; полученныя пластинки разрѣзаютъ на части, свертываютъ въ трубочки и въ такомъ видѣ употребляютъ.

что на фарфоровой крышкѣ помѣщаютъ 2—3 капли роданистаго калия (1 част. соли въ 15 част. воды), помощью стеклянной палочки вынимаютъ каплю испытуемаго раствора и смѣшиваютъ съ роданистымъ калиемъ, при чемъ не должно получаться никакого окрашиванія, если только вся окись желѣза перешла въ закись. При выниманіи испытуемаго раствора стеклянной палочкой, послѣднюю всякій разъ обмываютъ водой и насухо вытираютъ пропускной бумагой.

Когда вся окись желѣза перейдетъ въ закись, растворъ фильтруютъ въ большую колбу чрезъ стеклянную вату, положенную въ обыкновенную воронку, и оставшійся въ колбѣ черный осадокъ (иногда съ небольшимъ количествомъ цинка) нѣсколько разъ обмываютъ водой, которую также пропускаютъ чрезъ ту же вату. При раствореніи въ сѣрной кислотѣ даже такъ называемаго химически-чистаго цинка всегда остается небольшой черный остатокъ, который состоитъ изъ сурьмы и свинца.

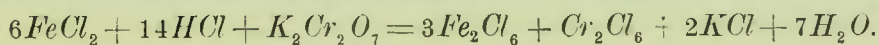
Отфильтрованный растворъ, находящійся въ большой колбѣ, разбавляютъ прокипяченной и охлажденной водой до объема 700—800 ст.³ и въ холодный растворъ прибавляютъ изъ бюретки марганцовокислаго калия, поступая совершенно такъ, какъ сказано при опредѣленіи титра послѣдняго.

§ 36. *Титрованіе желѣза двуххромовокислымъ калиемъ.* Двуххромовокислый калий, подобно марганцовокислому калию, при дѣйствіи на него сѣрной кислоты выдѣляетъ кислородъ, который также окисляетъ соли закиси желѣза въ соли окиси:

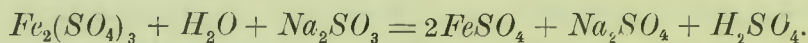


Такъ какъ хромовая кислота, отдавая кислородъ, сама переходитъ въ соль окиси хрома, отчего жидкость окрашивается въ зеленый цвѣтъ, то окснчаніе реакціи опредѣляется не окрашиваніемъ раствора, какъ при хамелеонѣ, а особой пробой, которая состоитъ въ слѣдующемъ. Время отъ времени, помощью чистой стеклянной палочки, вынимаютъ изъ жидкости отдѣльныя капли раствора и на фарфоровой крышкѣ смѣшиваютъ съ каплей раствора красной кровяной соли, отчего тотчасъ получается синее окрашиваніе, если въ жидкости заключается закись желѣза. Во избѣжаніе значительной потери желѣза, вначалѣ пробныя капли берутъ по возможности небольшія и только подъ конецъ реакціи ихъ увеличиваютъ. Наблюденіе должно производить, спустя нѣкоторое время, послѣ смѣшенія испытуемой жидкости съ красной кровяной солью. Титрованіе оканчиваютъ тотчасъ, какъ только вынутая изъ жидкости капля раствора перестанетъ давать съ красной солью окрашиваніе.

Способъ этотъ имѣетъ то преимущество, что титрованіе можно вести въ солянокисломъ растворѣ въ присутствіи свободной соляной кислоты:



Если въ растворѣ имѣется окись желѣза, то ее возстановляютъ въ закись, нагревая кислый растворъ съ сѣрнисто-кислымъ натріемъ:

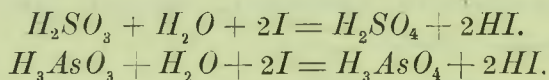


Для титрованія обыкновенно готовятъ $\frac{1}{10}$ нормальнаго вѣса двухромовокислаго калия, для чего точно отвѣшиваютъ 4,92 грам. химически-чистой и сухой соли, растворяютъ въ водѣ и разбавляютъ до литра. 1 ст.³ такого раствора окисляетъ 0,0056 грам. *Fe*.

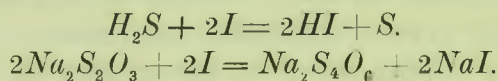
Если требуется титръ двухромовокислаго калия проверить прямымъ опытомъ, то отвѣшиваютъ 0,2 грам. желѣзной проволоки, растворяютъ въ разведенной сѣрной кислотѣ, при пропускании струи угольной кислоты, разбавляютъ водой до 300 ст.³ и титруютъ двухромовокислымъ калиемъ.

Иодометрія.

Многія вещества, способныя давать при извѣстныхъ условіяхъ высшія степени окисленія, въ присутствіи воды и іода окисляются. Окислительное дѣйствіе іода зависитъ отъ его сродства къ водороду и основывается на разложеніи воды, при чемъ водородъ соединяется съ іодомъ, а кислородъ переводитъ окисляемое вещество въ высшую степень окисленія. Напр.:



Іодъ не только разлагаетъ воду, но также дѣйствуетъ и на нѣкоторые другія вещества, отнимая отъ нихъ водородъ и металлы. Напр.:



Отнимая отъ сѣрноватистокислаго натрія половину заключающагося въ немъ натрія, іодъ окисляетъ его въ тетратионовокислый натрій. Реакція эта имѣетъ важное значеніе въ іодометріи, такъ какъ, главнымъ образомъ, ею и пользуются для объемнаго опредѣленія іода.

Іодъ представляетъ превосходное вещество для титрованія. Онъ дѣйствуетъ быстро и точно, обладаетъ высокимъ атомнымъ вѣсомъ и имѣетъ превосходный индикаторъ—это растворъ крахмала, который отъ малѣйшихъ количествъ свободнаго іода окрашивается въ синій цвѣтъ. Іодъ растворяется въ іодистомъ калии и даетъ растворы, окрашенные, смотря по количеству іода, въ желтоватый или темно-красный цвѣтъ. Если къ раствору іода въ іодистомъ калии приливать сѣрноватистокислаго натрія, то жидкость обезцвѣчивается, но бываетъ еще замѣтно окрашена въ желтоватый цвѣтъ, если въ ней заключается незначительное количество свободнаго іода.

§ 37. *Титрованный растворъ сѣрноватистокислаго натрія* ($1/20$ нормальн. вѣса). 12,5 грам. чистаго сѣрноватистокислаго натрія $Na_2S_2O_3 + 5H_2O$ растворяють въ водѣ и разбавляютъ водой до литра.

Растворъ іода. 3,17 грам. чистаго іода растворяють въ крѣпкомъ растворѣ іодистаго калия, приготовленнаго раствореніемъ 3—4 грам. соли въ 15 ст.³ воды. Когда іодъ растворится, разбавляютъ водой до 500 ст.³.

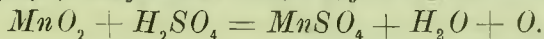
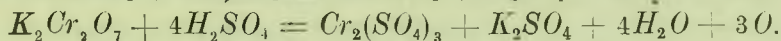
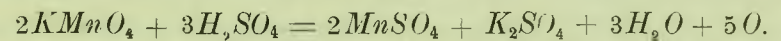
Растворъ крахмала. 1 грам. крахмала растирають въ чашкѣ съ 100 грам. холодной воды и кипятятъ при постоянномъ помѣшиваніи. По охлажденіи, жидкость сливають. Хорошо всегда пользоваться свѣжеприготовленнымъ растворомъ крахмала.

Отношеніе между растворами іода и сѣрноватистокислаго натрія. 20 ст.³ сѣрноватистокислаго натрія отмѣриваютъ изъ бюретки въ стаканъ приливаютъ немного воды, 1—2 ст.³ крахмала и титруютъ іоднымъ растворомъ до момента появленія синяго окрашиванія. Если не удастся тотчасъ уловить этотъ моментъ, то титруютъ обратно растворомъ соли до исчезновенія окрашиванія и затѣмъ опять іодомъ до появленія окрашиванія. Берутъ среднее изъ нѣсколькихъ опытовъ.

Титръ сѣрноватистокислаго натрія устанавливается по химически-чистому іоду. Между двумя часовыми стеклами съ зажимомъ отвѣшиваютъ 0,15 грам. химически-чистаго іода, стекло съ навѣской (безъ зажима) помѣщаютъ въ стаканъ, въ которомъ находится растворъ іодистаго калия (1 част. соли въ 10 ст.³ воды). Къ водному раствору прибавляютъ изъ бюретки сѣрноватистокислаго натрія до полного обезцвѣчиванія, затѣмъ 1—2 ст.³ крахмала и обратно титруютъ іоднымъ растворомъ до появленія синяго окрашиванія. Вычисленіе титра просто. Іодный растворъ переводятъ на сѣрноватистокислый натрій, избытокъ послѣдняго вычитаютъ и навѣску іода раздѣляютъ на число ст.³ израсходованнаго сѣрноватистокислаго натрія.

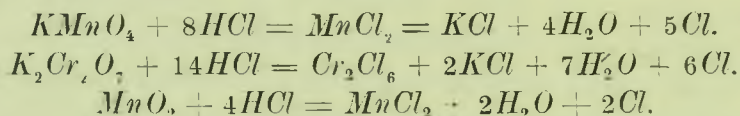
Какъ на одинъ изъ примѣровъ примѣненія іодометріи въ количественномъ анализѣ укажемъ на опредѣленіе такъ называемаго дѣйствующаго кислорода.

§ 38. *Опредѣленіе дѣйствующаго кислорода*. Нѣкоторыя кислородныя соединенія, не обладая достаточною прочностью, при дѣйствіи на нихъ сѣрной кислоты выдѣляютъ кислородъ, который называется дѣйствующимъ (активнымъ). Напр.:



Дѣйствующимъ онъ называется потому, что, приходя въ соприкосновеніе со многими веществами, дѣйствуетъ на нихъ окисляющимъ образомъ.

Если приведенныя выше соединенія нагрѣвать съ соляной кислотой, то послѣдняя разлагается, при чемъ водородъ ея окисляется въ воду, а хлоръ выдѣляется въ свободномъ видѣ:



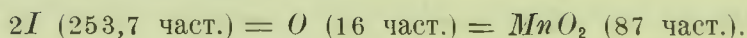
Если выдѣляющійся хлоръ привести въ соприкосновеніе съ іодистымъ калиемъ, то изъ послѣдняго выдѣляется эквивалентное хлору количество іода, который весьма точно опредѣляется титрованнымъ растворомъ сѣрноватистокислаго натрія:



Опредѣленіе активнаго кислорода, напр., въ пиролюзитѣ, по Бунзену, производится въ приборѣ, показанномъ на рис. 9, при чемъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Смотря по чистотѣ, отвѣшиваютъ отъ 0,1 до 0,3 грам. старательно измелченнаго пиролюзита, переводятъ въ маленькую колбочку *a* (емкостью около 50 ст.³), наливаютъ $\frac{2}{3}$ ея объема дымящей соляной кислоты, помѣщаютъ туда плотный кусочекъ магnezита ¹⁾ и тотчасъ соединяютъ посредствомъ хорошо пригнаннаго каучука и вполтную съ трубкой *b*. Припаянная къ широкой части трубки *b* болѣе тонкая трубка *c* ведетъ черезъ каучуковую пробку въ *U*-образный приборъ *d*, наполненный растворомъ іодистаго калия ²⁾. Приѣмникъ *d* съ іодистымъ калиемъ помѣщаютъ въ большой стаканъ съ холодной водой.

Соединивъ приборъ, колбочку *a* нагрѣваютъ сначала слабо, а потомъ сильнѣе. Выдѣляющійся при этомъ хлоръ вытѣсняетъ изъ іодистаго калия іодъ, который растворяется въ іодистомъ калии. Выдѣливъ изъ колбочки *a* кипяченіемъ весь хлоръ, открываютъ пробку трубки *d*, жидкость выливаютъ, трубку хорошо споласкиваютъ и, собравъ въ стаканъ растворъ, заключающій все количество выдѣлившагося іода, послѣдній титруютъ сѣрноватистокислымъ натріемъ:



Весьма часто вмѣсто *U*-образной трубки употребляютъ обратно поставленную реторту, въ горло которой вставляютъ длинную газоотводную трубку, соединенную съ колбочкой *a* каучукомъ. Приборъ, показан-

¹⁾ При раствореніи магnezита въ соляной кислотѣ получается угольная кислота которая увлекаетъ съ собою хлоръ.

²⁾ 1 ч. чистаго (не содержащаго іодноватой кислоты) іодистаго калия въ 10 част. воды. Наливаютъ 40—50 ст.³. При прибавленіи къ раствору іодистаго калия разведенной сѣрной кислоты жидкость не должна бурить.

ный на рис. 9, тѣмъ удобенъ, что въ немъ легко избѣжать обратнаго выдѣленія газа и растворъ іодистаго калия остается постоянно холоднымъ, отчего хлоръ полнѣе поглощается.

§ 39. *Титрованіе желѣза хлористымъ оловомъ.* Примѣненіе хлористаго олова къ объемному опредѣленію желѣза относится къ способамъ возстановленія. Хлористое олово въ кисломъ растворѣ дѣйствуетъ сильно возстановляющимъ образомъ на высшіе хлориды и кислородныя соединенія. Если къ кипящему раствору хлорнаго желѣза прибавлять хлористаго олова, то хлорное желѣзо возстановляется въ хлористое, при чемъ первоначально желтый цвѣтъ испытуемаго раствора исчезаетъ:



Однако, уловить, такимъ образомъ, конецъ реакціи довольно трудно. Обыкновенно прибавляютъ нѣкоторый избытокъ хлористаго олова, который затѣмъ измѣряютъ обратнымъ титрованіемъ растворомъ іода въ іодистомъ калии. Пока въ растворѣ находится еще избытокъ хлористаго олова, прибавляемый іодъ не оказываетъ никакого дѣйствія на прилитый къ испытуемому раствору крахмалъ, но какъ только весь излишекъ хлористаго олова перейдетъ въ хлорное, растворъ тотчасъ окрашивается въ синій цвѣтъ:

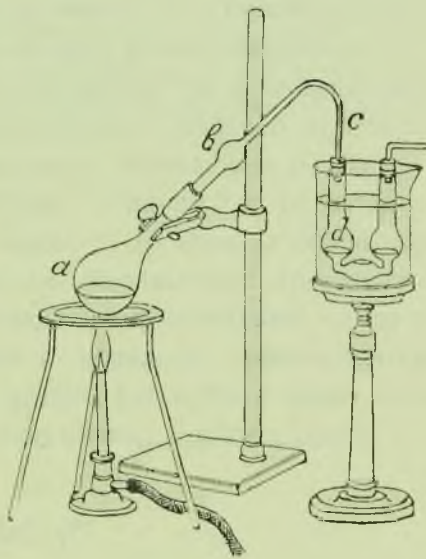
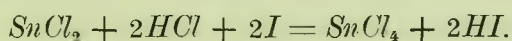


Рис. 9.



Способъ этотъ имѣетъ то удобство, что требуетъ присутствія опредѣляемаго желѣза въ видѣ окиси, почему, главнѣйше, и употребляется для опредѣленія желѣза въ желѣзныхъ рудахъ, содержащихъ окись желѣза.

Для выполненія способа требуется приготовить нижеприведенные растворы и опредѣлить между ними отношеніе.

Хлористое олово. Достаточное количество металлическаго олова въ видѣ тонкихъ пластинокъ растворяютъ въ соляной кислотѣ уд. вѣса 1,12 при умѣренномъ нагрѣваніи. Когда прекратится отдѣленіе водорода, насыщенный растворъ сливаютъ съ оставшагося нерастворимаго олова, профильтровываютъ и разбавляютъ приблизительно въ 9 разъ большимъ количествомъ слабой соляной кислоты (1 част. кислоты и 2 част. воды). Такъ какъ хлористое олово на воздухѣ окисляется ($SnCl_2 + 2HCl + O = SnCl_4 + H_2O$), то его сохраняютъ въ стеклянкѣ, соединенной одной

трубкой съ приборомъ для полученія угольной кислоты, а другой — съ бюреткой.

Растворъ хлорнаго желѣза. 10,04 грам. чистой фортепіанной проволоки ¹⁾ растворяютъ въ 100 ст.³ соляной кислоты уд. вѣса 1,12, прибавляютъ 100 ст.³ воды и 5 грам. бертолетовой соли. Свободный хлоръ выгоняютъ нагрѣваніемъ, для чего требуется довольно продолжительное время, и затѣмъ разбавляютъ водой до литра. 1 ст.³ приготовленнаго раствора хлорнаго желѣза содержитъ ровно 10 миллиграм. желѣза.

Іодный растворъ. 15 грам. іодистаго калия растворяютъ въ 200 ст.³ воды, прибавляютъ 10 грам. іода и, когда послѣдній растворится, жидкость переводятъ въ литровую колбу и разбавляютъ водой до литра.

Отношеніе между хлористымъ оловомъ и іоднымъ растворомъ. Точно отмѣриваютъ 2 ст.³ хлористаго олова, прибавляютъ крахмала и титруютъ іодомъ до появленія синяго окрашиванія.

Отношеніе между хлорнымъ желѣзомъ и хлористымъ оловомъ. Отмѣриваютъ 50 ст.³ хлорнаго желѣза, разбавляютъ равнымъ объемомъ воды, прибавляютъ немного соляной кислоты и нагрѣваютъ до кипѣнія. При постоянномъ помѣшиваніи, въ нагрѣтый растворъ прибавляютъ хлористаго олова до обезцвѣчиванія жидкости. По охлажденіи, къ жидкости прибавляютъ немного крахмала и небольшой избытокъ прибавленнаго хлористаго олова измѣряется обратнымъ титрованіемъ іодомъ.

Точно такъ же производится титрованіе желѣза въ рудахъ.

3) Способы осажденія.

§ 40. Анализы по осажденію основаны на образованіи нерастворимаго осадка, при чемъ въ большинствѣ случаевъ моментъ окончанія реакціи опредѣляется индикаторомъ. Примѣромъ объемнаго анализа по осажденію можетъ служить опредѣленіе хлора въ разсолахъ, въ поваренной соли и проч.

Способъ этотъ состоитъ въ томъ, что изъ средней жидкости хлоръ осаждаютъ титрованнымъ растворомъ азотнокислаго серебра, при чемъ происходитъ слѣдующая реакція:



Въ качествѣ индикатора къ раствору прибавляютъ нѣсколько капель насыщеннаго на холоду раствора средняго хромовокислаго калия. Пока въ растворѣ имѣется хлористый металлъ, красноебурое окрашиваніе осаждающагося хлористаго серебра исчезаетъ, но одна или двѣ капли серебрянаго раствора, прибавленныя въ избытокъ, тотчасъ окрашиваютъ оса-

¹⁾ Подобная проволока содержитъ 0,40% примѣсей, такъ что 10,04 грам. проволоки соотвѣтствуетъ 10 грам. чистаго желѣза.

докъ, вслѣдствіе образованія хромовокислаго серебра, въ краснобурый цвѣтъ, что и указываетъ на моментъ окончанія реакціи.

Титрованный растворъ серебра ($\frac{1}{10}$ нормального вѣса). Отвѣшиваютъ 17 грам. сплавленного азотнокислаго серебра и растворяютъ въ литрѣ воды.

Титръ серебрянаго раствора устанавливаютъ по хлористому натрію. Отвѣшиваютъ 0,2 грам. химически-чистой и прокаленной поваренной соли, переводятъ въ стаканъ, растворяютъ въ 20—30 ст.³ воды, прибавляютъ двѣ капли раствора средняго хромовокислаго калия и титруютъ серебрянымъ растворомъ до перваго появленія едва замѣтнаго краснобураго окрашиванія осадка. Берутъ среднее изъ нѣсколькихъ опредѣленій. Для вычисленія титра, количество хлора, заключающееся въ 0,2 грам. поваренной соли, раздѣляютъ на число ст.³ израсходованнаго серебрянаго раствора.

С М Ъ С Ъ.

Замѣтка о мѣсторожденіи асбеста, близъ сел. Бжиневи, въ Шорапанскомъ уѣздѣ, Кутаисской губерніи.

Горн. инж. А. Г. Цейтлина.

Селеніе Бжиневи, на земляхъ котораго обнаружены залежи асбеста, расположено, приблизительно, въ среднемъ теченіи рѣчки Бжинеули, одного изъ лѣвыхъ притоковъ рѣки Дзирулы, впающей справа въ р. Чхеримелу въ 120—150 саж. ниже ст. Дзирулы 3. ж. дороги.

Это селеніе находится на востокѣ отъ ст. Дзирулы и соединяется съ нею удобною грунтовою проселочною дорогою, проходящею по правой сторонѣ Дзирульскаго ущелья, въ сѣверномъ направленіи, до сел. Шроша, откуда поворачиваетъ на востокъ черезъ сел. Убиси, Макать-Убани, Вашлеби, мимо канцеляріи Амашукетскаго сельскаго общества, до сел. Вердквила и Вердквиласть-Чала, гдѣ, переходя р. Дзирулу, поворачиваетъ сначала на западъ, затѣмъ на югъ, по правой сторонѣ Бжинеульскаго ущелья. Въ указанномъ направленіи отъ ст. Дзирулы до сел. Бжиневи около 27 верстъ. Грунтовая дорога удобна во всякое время года для верхового и колеснаго (мѣстнаго типа—арбы) сообщенія; она легко можетъ быть обращена въ широкую колесную дорогу.

Кромѣ вышеуказанной, въ сел. Бжиневи ведетъ еще другая дорога, по нагорной возвышенности, на лѣвой сторонѣ р. Дзирулы, проходящая черезъ сел. Гореша, мимо сел. Убиси и Амашукеты. Этотъ путь короче перваго на 5—7 вер., но имѣетъ нѣсколько крутыхъ спусковъ и подъемовъ, неудобныхъ для проѣзда въ зимнее время.

Рѣчка Бжинеули въ верховьяхъ течетъ съ запада на юго-востокъ, а немного выше сел. Бжиневи поворачиваетъ прямо на сѣверъ и лишь при впаденіи въ р. Дзирулу уклоняется нѣсколько къ западу.

Ущелье р. Бжинеули образовано отрогами горъ: «Калось-Цвери», «Кочорась-Тхе» и «Доломись-Сери», расположенныхъ на югѣ, юго-западѣ и западѣ, и отрогами горъ: «Короли», «Назклесисъ-Сери» и «Тветись-Сери», расположенныхъ на сѣверо-востокѣ и на востокѣ.

Склоны отроговъ, въ среднемъ теченіи р. Бжинеули, гдѣ расположено сел. Бжиневи, круче, а само ущелье тѣснѣе, чѣмъ въ верхнемъ и нижнемъ теченіяхъ рѣки. На лѣвомъ склонѣ обнажаются мощныя залежи желтовато-сѣрыхъ глинисто-слюдяныхъ сланцевъ, переходящихъ мѣстами въ зеленые и зеленовато-бѣлые тальковые сланцы, жирные на ощупь. Простираніе сланцевъ на сѣверо-западъ; паденіе на юго-западъ, подъ угломъ отъ 35° до 60°. Тонко-листоватые сланцы мѣстами приподняты, изогнуты и образуютъ складки и незначительные сбросы.

Распространеніе сланцевъ обширное. Они прикрыты желтою глиною, въ массѣ которой запутаны обломки кварца и сланцевъ.

Въ крестѣ простиранія сланцы мѣстами пересѣкаются круто-падающими жилами матово-бѣлаго кварца отъ одного до 7, 10 и болѣе дюймовъ толщины; въ массѣ кварца встрѣчаются тонкія нитевидныя трещинки, заполненныя зеленоватымъ глинистымъ сланцемъ.

На лѣвомъ склонѣ ущелья, на высотѣ, по анеронду, 450 м., почти у южной границы площади, отведенной дв. Г. Т. Джакели и Ал. Гр. Церетели подъ разработку асбеста, въ приподнятыхъ листоватыхъ, преимущественно тальковыхъ, сланцахъ, въ плоскостяхъ сланцеватости и въ трещинахъ, залегаютъ пропластки асбеста зеленовато-бѣлаго цвѣта, слегка жирнаго на ощупь отъ примѣси талька и тальковаго сланца. Прожилки асбеста, отъ одного до трехъ и болѣе дюймовъ, образуютъ свиту и залегаютъ согласно съ вмѣщающими ихъ сланцами; по паденію прожилки асбеста замѣтно становятся мощнѣе и интенсивнѣе. Асбестъ имѣетъ шестовато-волокистое строеніе, расщепляется на тонкія шелковистыя нити и частью представляется хрупкимъ.

Къ сѣверу отъ этого пункта, внизъ по ущелью, на томъ же склонѣ, въ разстояніи около 120—150 сажень, незначительными открытыми работами въ листоватыхъ тальковыхъ сланцахъ, обнаружено залеганіе прожилковъ бѣлаго асбеста; залеганіе почти параллельно первому; асбестъ также имѣетъ шестовато-волокистое сложеніе и одинаковаго съ первымъ качества. Волокна асбеста слегка просвѣчиваютъ, жирны на ощупь и нѣсколько хрупки; вывѣтрившіеся прожилки асбеста, шестовато-волокистаго сложенія, принимаютъ древовидное строеніе и походятъ на «горное дерево»; такой разновидности асбеста попадаетъ очень мало; главная же масса его отличается шелковистымъ блескомъ и достаточной гибкостью волоконъ. Залеганіе асбеста въ тальковыхъ сланцахъ даетъ основаніе допустить, что будетъ встрѣчена его разновидность «горный ленъ» или «аміантъ».

Мѣсторожденіе асбеста заслуживаетъ серьезнаго вниманія, тѣмъ болѣе, что и внѣшнія условія могутъ способствовать его разработкѣ, а именно:

1) Мѣсторожденіе доступно во всякое время года, а по исправленія существующей дороги по Дзирульскому ущелью доступъ къ мѣсторожденію станетъ еще легче; слѣдовательно, подвозъ матеріаловъ, припасовъ, инструментовъ къ мѣсту работъ и вывозъ добытаго асбеста значительно облегчится. Въ настоящее время провозъ пуда груза отъ ст. Дзирулы до сел. Бжиневи обходится отъ 7 до 10 коп.

2) Дзирульское ущелье одно изъ болѣе населенныхъ въ Шорапанскомъ уѣздѣ. Рабочіе изъ среды мѣстнаго населенія привычны уже къ горнымъ работамъ и довольствуются 50—60 к. въ день.

3) Перевозочныя средства — арбы мѣстнаго типа — и не дорогія имѣются въ достаточномъ количествѣ, вполне обезпечивающемъ регулярный вывозъ всего количества асбеста, которое будетъ добываться.

4) Эксплуатація мѣсторожденія можетъ быть ведена горизонтальными выработками, т. е. штольнями, проведеніе и дальнѣйшее содержаніе которыхъ обходится гораздо дешевле вертикальныхъ выработокъ; кромѣ того, горизонтальныя выработки устраняютъ надобность примѣненія дорого-стоящихъ водоотливныхъ, подъемныхъ и вентиляціонныхъ механизмовъ и приспособленій, а слѣдовательно удешевляютъ предметъ горнаго промысла.

5) Близость мѣсторожденія отъ магистральной линіи З. ж. дор. важна какъ для вывоза асбеста, такъ и для доставки разныхъ матеріаловъ, припасовъ, машинъ и механизмовъ, необходимыхъ для переработки асбеста на мѣстѣ, и

6) Сбытъ асбеста, при разнообразіи его примѣненія, вполне обезпеченъ въ краѣ.

Викторъ Александровичъ Писаревъ.

(Некрологъ).

1 іюля текушаго года скончался въ Миньярскомъ заводѣ управляющій Уральскою химическою лабораторією и золотосплавочной горный инженеръ, дѣйствительный статскій совѣтникъ Викторъ Александровичъ Писаревъ.

Проходя изъ дворянъ, покойный воспитывался въ Горномъ Институтѣ и окончилъ въ немъ курсъ наукъ въ 1869 году, когда и былъ назначенъ въ распоряженіе главнаго начальника Уральскихъ горныхъ заводовъ. Въ 1870 году былъ назначенъ смотрителемъ Кусинскаго завода, гдѣ прослужилъ два года. Въ 1872 году опредѣленъ на должность смотрителя Князе-Михайловской фабрики въ Златоустовскомъ заводѣ. Въ 1878 году былъ назначенъ на должность помощника управителя Златоустовскаго завода и оружейной фабрики и затѣмъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ исполнялъ обязанности управителя Кусинскаго завода, а въ 1881 году былъ назначенъ управителемъ этого завода. Въ слѣдующемъ году В. А. былъ перемѣщенъ на такую же должность въ Саткинскій заводъ. Въ 1893 году былъ назначенъ горнымъ начальникомъ Златоустовскаго горнаго округа, а въ 1897 году Высочайшимъ приказомъ былъ опредѣленъ на должность управляющаго уральской химической лабораторіей и золотосплавочной, въ которой и оставался до своей кончины. Въ 1898 году получилъ чинъ дѣйствительнаго статскаго совѣтника. Имѣлъ ордена: св. Станислава 2-ой и 3-ей степеней и св. Анны 2-ой и 3-ей степени.

Во время управленія В. А. уральской лабораторіей, эта послѣдняя была переустроена согласно послѣднимъ требованіямъ науки и снабжена всѣми необходимыми приборами и инструментами.

Живя въ Екатеринбургѣ, покойный принималъ дѣятельное участіе въ общественной жизни этого города. Въ теченіе 5 лѣтъ онъ состоялъ вице-президентомъ уральскаго общества любителей естествознанія, дѣйствительнымъ членомъ большинства мѣстныхъ благотворительныхъ обществъ и былъ старшиною тамошняго общественнаго собранія.

Хвораль покойный съ Пасхи, и по совѣту врачей отправился на излѣченіе за границу, но, доѣхавъ до Москвы, получилъ совѣтъ не предпринимать столь долгаго и утомительнаго путешествія и отдохнуть гдѣ-либо въ горахъ Урала. Онъ скончался среди своей семьи, находясь въ Миньярскомъ заводѣ въ гостяхъ у дочери.

Какъ въ служебной, такъ и въ частной жизни, покойный отличался гуманностью въ отношеніяхъ съ сослуживцами, подчиненными и всѣми тѣми, кто имѣлъ какое-либо къ нему дѣло или просьбу. Миръ его праху!

Н. Версиловъ.

Федоръ Константиновичъ Поповъ.

(Некрологъ).

Въ 20-хъ числахъ августа текушаго года скоропостижно скончался окружной инженеръ Горловскаго горнаго округа, статскій совѣтникъ, Федоръ Константиновичъ Поповъ. По окончаніи въ іюнѣ 1872 года курса наукъ въ Горномъ Институтѣ, выпущенъ былъ изъ онаго съ званіемъ Горнаго Инженера и съ правомъ на полученіе чина коллежскаго секретаря при поступленіи на службу. 17-го іюня 1872 года назначенъ въ распоряженіе Управ-

ляющаго Горною и Соляною частями въ Области Войска Донскаго. Въ іюнѣ 1874 года командированъ къ одному горнопромышленнику для поисковъ и развѣдокъ полезныхъ ископаемыхъ. Въ 1876 году 6-го іюня назначенъ на должности младшаго Горнаго Инженера въ Области Войска Донскаго, въ каковой и оставался до упраздненія въ Области Войска Донскаго Управленія Горною и Соляною частями и образованія изъ него, при Министерствѣ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, Горнаго Управленія Юго-Восточной Россіи, когда Ѳ. К. Поповъ оставленъ былъ за штатомъ съ 24 февраля 1900 года. Въ декабрѣ 1901 года откомандированъ на Грушевскій антрацитовый рудникъ Шушпанова и Чурилиной для техническихъ занятій. Въ 1902 году назначенъ Окружнымъ Инженеромъ Горловскаго горнаго округа при управленіи горною частью Южной Россіи и въ этой должности оставался до конца жизни. Въ статскіе совѣтники произведенъ въ 1890 году. Имѣлъ ордена св. Станислава 3-ей ст. и св. Анны 3-ей ст.

Въ теченіе своей службы въ Области Войска Донскаго нѣсколько разъ оставался за начальника Управленія горною частью.

Это былъ добрый человекъ, хорошій товарищъ. и, вѣроятно, многіе сослуживцы пожалѣютъ, что такъ скоро лишились его. Да будетъ ему вѣчная память!

Н. Версиловъ.

БИБЛІОГРАФІЯ.

Будущее мѣднаго дѣла на Алтаѣ.

Горн. Инж. К. Н. Тульчинскаго.

Эта брошюра вызоветъ, вѣроятно, грустные размышленія у людей, которые любятъ горное дѣло и знакомы съ исторіей его на Алтаѣ. Что бы ни ожидало въ будущемъ этотъ округъ, но въ настоящее время вполнѣ очевидно почти окончательное исчезновеніе разнообразной горной промышленности, существовавшей болѣе 200 лѣтъ, и съ которой такъ тѣсно связано культурное развитіе Сибири. К. Н. Тульчинскому, повидимому, пришлось разобратъ только въ одной отрасли этой бывшей промышленности, а именно въ мѣдномъ производствѣ, и слѣдуетъ отдать ему справедливость въ томъ, что такой разборъ сдѣланъ имъ умѣло, въ сжатой, ясной формѣ и на основаніи лишь фактовъ, заслуживающихъ наибольшаго довѣрія. Заключение автора, что причинами упадка мѣднаго дѣла на Алтаѣ послужили: дальность перевозки рудъ для плавки въ заводъ (Сузунскій), истощеніе лѣсовъ, отсутствіе развѣдокъ на новыхъ извѣстныхъ мѣсторожденіяхъ, разумѣется, вполнѣ естественно, но довольно трудно согласиться съ нѣкоторыми положеніями, высказываемыми по поводу вѣроятной благонадежности мѣдныхъ мѣсторожденій юго-западной части Алтая. Расположеніе мѣсторожденій почти по прямой линіи вовсе не даетъ основанія заключать о непрерывной связи между таковыми. Какъ на Алтаѣ, такъ и въ сосѣдней Киргизской степи эта кажущаяся законность въ мѣсторожденіяхъ, залегающихъ въ порфирахъ, объясняется просто однороднымъ направленіемъ давленія породъ, благодаря которому и образовался рядъ металлоносныхъ трещинъ, безъ всякаго, однако, соотношенія другъ къ другу. Такое положеніе особенно ясно доказано путемъ детальныхъ развѣдокъ для киргизскихъ мѣсторожденій. Нельзя, конечно, оспаривать возможность отысканія новыхъ благонадежныхъ мѣсторожденій въ районѣ, указываемомъ авторомъ, но болѣе вѣроятно, что это отысканіе будетъ дѣломъ того же счастливаго случая, какъ и открытіе нрежнихъ мѣсторожденій. Съ одной стороны, невозможно представить себѣ затрату громаднаго капитала на детальныя развѣдки веѣхъ извѣстныхъ на Алтаѣ выходовъ мѣдныхъ рудъ (въ большинствѣ случаевъ признаковъ), а съ другой,—врядъ ли могутъ существовать такія серьезныя геологическія соображенія, которыя дѣйствительно могли бы помочь въ отысканіи благонадежныхъ мѣсторожденій, залегающихъ въ порфирахъ. Все, что возможно сказать о характерѣ этого рода мѣсторожденій на Алтаѣ и въ Киргизскихъ степяхъ,—это то, что они въ большинствѣ случаевъ имѣютъ форму рѣдкообразную, т. е. расширяющуюся у поверхности и выклинивающуюся на глубинѣ. Поэтому, благонадежныя мѣсторожденія имѣютъ мощные

выходы, открываемые поверхностными развѣдками. Такія же развѣдки производились и въ трезнее время на Алтаѣ вездѣ, гдѣ казалось интереснымъ. Авторъ говоритъ, что снабженіе мѣднаго производства горючимъ матеріаломъ возможно съ проведеніемъ желѣзнодорожной линіи, которая соединитъ рудныя области южнаго Алтая съ Кузнецкимъ каменноугольнымъ бассейномъ, удаленныя другъ отъ друга на 300—400 и болѣе верстъ, и что объ этомъ промышленники хлопочутъ. Конечно, такое соединеніе—дѣло насущное, и дай Богъ, чтобы эти хлопоты увѣнчались успѣхомъ. Но достаточно ли этого для развитія горнозаводскаго дѣла на Алтаѣ? Возможно ли прочное существованіе отдѣльныхъ предпріятій безъ головы или ногъ, т. е. такихъ, у которыхъ не имѣется вовсе собственнаго горючаго матеріала или имѣется только горючій, но съ весьма неопредѣленнымъ сбытомъ? Слѣдуетъ затѣмъ имѣть въ виду, что почти всѣ руды южнаго Алтая болѣе или менѣе полиметаллическія: мѣдныя содержатъ серебро, а серебросвинцовыя—мѣдь. Все это требуетъ сложныхъ обработокъ, не всегда возможныхъ и выгодныхъ для небольшихъ и отдѣльныхъ предпріятій. Во многомъ, можетъ быть, ошибался старый Алтай, но онъ вѣрно понималъ значеніе въ этомъ округѣ веденія общаго хозяйства и совокупной, иногда и смѣшанной плавки добываемыхъ рудъ. И нынѣ болѣе вѣроятно развитіе горнаго дѣла на Алтаѣ лишь при условіи одной общей организаціи, будетъ ли таковой Кабинетъ, умудренный долготѣннымъ опытомъ и пожелающій взглянуть на это дѣло съ государственной точки зрѣнія, или соединенная группа промышленниковъ съ крупнымъ капиталомъ, для котораго окажутся возможными и концентрація производства, и желѣзнодорожныя вѣтки, и необходимыя серьезныя развѣдки. Когда наступитъ для этого удобное время—сказать, трудно, пока же возможно только отнестись съ большимъ уваженіемъ къ тѣмъ предпринимателямъ, которые пробуютъ основывать мѣдное и иныя дѣла, при условіяхъ несомнѣнно тяжелыхъ и поблагодарить К. Н. Тульчинскаго за составленіе небольшой брошюры, которая, однако, довольно хорошо знакомитъ съ положеніемъ мѣднаго дѣла на Алтаѣ.

Горн. инж. *И. Антиповъ.*

The Journal of the Iron and Steel Institute — 1903, vol. II. *Edited by Bennet Brough, Secretary.* London, E. & F. N. Spon, 1904. XIII + 819.

Второй томъ (LXIV) журнала Общества Желѣза и Стали за 1903 годъ содержитъ въ себѣ труды осенняго митинга, состоявшагося въ *Barrow-in-Furness* 1, 2 и 3 сентября 1903 г., подъ предѣдательствомъ *Andrew Carnegie*.

Первымъ, на этомъ митингѣ, былъ прочитанъ докладъ вице-президента общества, *К. А. Hadfield'a*, — *сплавы желѣза и вольфрама*, — представляющій результатъ новѣйшихъ изслѣдованій *Р. А. Hadfield'a*, выполненныхъ имъ по тому же плану, какой принятъ былъ въ опубликованныхъ раньше изслѣдованіяхъ надъ сплавами желѣза съ марганцомъ, кремніемъ, алюминіемъ, хромомъ и никкелемъ.

Докладъ *Р. Н.*, напечатанный на страницахъ 14—79, дѣлится на двѣ части: въ первой изъ нихъ авторъ довольно подробно излагаетъ исторію открытія вольфрама, его свойства, употребленіе и примѣняющіеся способы извлеченія изъ тѣхъ соединеній, въ которыхъ онъ находится въ природѣ. Во второй части своего труда *Р. Н.* сообщаетъ результаты своихъ изслѣдованій надъ приготовленными имъ 13 сплавами желѣза, содержаваго отъ 0,10% до 16,18% вольфрама и болѣе или менѣе незначительныя количества другихъ элементовъ — спутниковъ желѣза.

СОСТАВЪ СТАЛИ.							МЕХАНИЧЕСК. ИСПЫТАНІЯ.				
C	Si	Al	Cr	Ni	W	Cu	Пределъ упругости.	Сопротивл. разрыву.	Удлинен. въ 100%.	Сокращен. попер. сѣч.	Проба изги- бомъ.
0,14	0,24	—	—	—	—	—	23,7	39,0	37,55	60,74	Согнута въ двое, не сломавшись.
0,15	—	0,38	—	—	—	—	31,2	40,6	40,35	60,74	
0,16	—	—	0,29	—	—	—	26,5	39,0	45,55	65,90	
0,19	—	—	—	0,27	—	—	31,2	43,7	37,05	52,14	
0,15	—	—	—	—	0,20	—	25,8	34,3	46,30	66,48	
0,19	—	—	—	—	—	0,40	37,5	67,1	21,45	28,22	
0,18	0,73	—	—	—	—	—	29,7	46,0	34,02	52,66	
0,18	—	0,66	—	—	—	—	28,1	42,1	33,00	52,14	
0,12	—	—	0,84	—	—	—	29,7	43,7	42,50	61,20	
0,13	—	—	—	0,95	—	—	32,0	42,1	41,75	63,36	
0,21	—	—	—	—	0,81	—	28,1	41,0	37,60	53,26	
0,25	—	—	—	—	—	1,39	49,9	67,1	31,41	50,92	
0,19	1,60	—	—	—	—	—	39,0	51,5	35,10	54,52	
0,21	—	1,60	—	—	—	—	20,3	40,6	36,35	67,00	
0,21	—	—	1,51	—	—	—	29,7	52,3	38,07	55,88	
0,14	—	—	—	1,91	—	—	34,3	48,4	36,26	53,70	
0,21	—	—	—	—	1,49	—	30,4	44,5	36,90	54,88	
0,20	2,18	—	—	—	—	—	39,8	53,1	36,50	59,90	
0,24	—	2,24	—	—	—	—	28,9	44,5	33,00	48,62	
0,39	—	—	2,54	—	—	—	38,2	68,7	24,50	33,84	
0,19	—	—	—	3,82	—	—	39,0	51,5	35,85	55,86	
0,28	—	—	—	—	3,40	—	35,9	53,1	33,90	53,02	
0,23	—	—	—	—	—	2,72	35,9	52,3	29,95	45,14	
0,26	5,53	—	—	—	—	—	39,0	39,0	0,37	2,00	не гнется 16° сломал.
0,22	—	5,60	—	—	—	—	42,1	56,2	6,47	6,16	
0,77 ¹⁾	—	—	5,19	—	—	—	31,2	85,8	8,20	6,88	согнута въ двое, не сло- ма- вшись
0,18	—	—	—	5,81	—	—	44,5	57,7	33,15	51,62	
0,36	—	—	—	—	7,47	—	37,5	62,4	25,66	38,46	
0,16	—	—	—	—	—	4,40	не можетъ		коваться		—

¹⁾ Углерода настолько много, что сравненіе невозможно.

Сплавы подвергались различнымъ испытаніямъ въ видѣ слитковъ, $2\frac{1}{2}'' \times 2\frac{1}{2}''$ сѣченіемъ, и въ видѣ прутьевъ въ $1\frac{1}{4}''$ діаметр., полученныхъ проковкой и вытяжкой въ валкахъ слитковъ. И тѣ, и другіе брались въ нормальномъ состояніи или послѣ предварительнаго отжига. Разнаго рода механическія испытанія и опредѣленіе степени разъѣдаемости сплавовъ въ 50% сѣрной кислотѣ были произведены самимъ *R. H.*; опредѣленія критическихъ точекъ и кривыхъ охлажденія, по просьбѣ *R. H.*, были выполнены *F. Osmond* омъ; наконецъ, опредѣленіе магнитныхъ свойствъ было произведено авторомъ совместно съ проф. *Barrett* омъ. Результаты,—воспроизведенные на многочисленныхъ таблицахъ и диаграммахъ доклада,—по самой сущности своей, не поддаются сокращенной передачѣ, но одна изъ таблицъ, кратко резюмирующая всѣ раньше произведенныя изслѣдованія *R. H.* и показывающая *сравнительное вліяніе различныхъ элементовъ на желѣзо*, приведена на стр. 432 полностью.

Результаты испытаній этой таблицы относятся *всѣ къ прокатаннымъ и отожженнымъ* образцамъ сплавовъ; предѣлы упругости и временныя сопротивленія разрыву, данныя въ подлинникѣ въ t на \square'' , переведены въ kgf. на qmm.

Цифры, указывающія удлинненія и сокращенія поперечнаго сѣченія для вольфрамовыхъ сплавовъ, позволяютъ сдѣлать выводъ, что вольфраму совершенно напрасно приписывалась способность дѣлать сталь хрупкой.

Результаты пробъ на свариваніе не показаны въ таблицѣ, такъ какъ оба сплава съ *наименьшимъ* содержаніемъ вольфрама обнаружили *неспособность свариваться*, почему для сплавовъ съ высшимъ содержаніемъ вольфрама эта проба не производилась вовсе. Что касается способности разъѣдаться (растворомъ сѣрной кислоты), то вольфрамовые сплавы не обнаружили ничего характернаго, по сравненію съ другими сплавами, изученными *R. H.*; замѣчено лишь, что они разъѣдаются нѣсколько быстрѣ никелевыхъ.

Словесныя пренія по поводу доклада *R. H.* были очень кратки; въ нихъ приняли участіе только *F. W. Harbord* и *I. E. Stead*. Первый указалъ на то, что онъ около 10 лѣтъ тому назадъ произвелъ изслѣдованіе сплавовъ желѣза съ вольфрамомъ, содержащихъ отъ 0,10% до 1,5% послѣдняго, и теперь сообщаетъ таблицу результатовъ тѣхъ испытаній, которыя онъ произвелъ раньше *R. H.* Эти результаты не были опубликованы своевременно потому, что они рѣзко расходились съ общепринятыми мнѣніями о вліяніи вольфрама на желѣзо, но теперь оказывается, что наблюденія *F. W. Harbord* вполне подтверждаются работой *R. H.*, кромѣ наблюденій надъ свариваемостью сплавовъ: по *F. W. H.* примѣсъ къ мягкой стали до $1\frac{1}{2}\%$ *W* не мѣшаетъ свариваемости. Свое разнорѣчіе съ *R. H.* оппонентъ объясняетъ тѣмъ, что сплавы *R. H.* содержали очень мало марганца на ряду съ большимъ количествомъ сѣры, сплавы же *F. W. H.* отличались обратными качествами.

I. E. Stead, членъ совѣта общества, отозвавшись съ большой похвалой о новой работѣ *R. H.*, выразилъ надежду, что *R. H.* соединитъ всѣ свои изслѣдованія сплавовъ желѣза, разбросанныя теперь въ разныхъ журналахъ на протяженіи 15 лѣтъ, въ одну книгу, чѣмъ существенно облегчитъ пользованіе результатами его изслѣдованій. Затѣмъ, *Stead* указалъ на одинъ важный пробѣлъ въ работѣ *R. H.*—отсутствіе микроскопическихъ изслѣдованій.

Прутъ одного изъ многихъ сортовъ инструментальной стали для быстрой обработки металловъ («*rapid*» или «*high speed*» steel) *Stead* подвергъ нагрѣву до 1000°C. съ одного конца въ то время, какъ другой конецъ его нагрѣвался лишь вслѣдствіе теплопроводности. Наблюденіе подъ микроскопомъ обнаружило на всемъ протяженіи обработаннаго такимъ обра-

зомъ образца присутствіе *шести* различныхъ структуръ. *Stead* не имѣетъ возможности дать теперь объясненія по этому поводу, желая только указать на то, что микроскопическое изслѣдованіе вольфрамовой стали представляетъ большой научный интересъ. Чудесныя свойства стали для быстрой обработки металловъ еще не объяснены научно, и предъ наблюдателемъ открывается здѣсь широкое поле для изслѣдованій.

K. Hadfield, отвѣчая, заявилъ, что онъ считаетъ *Stead*'а болѣе, чѣмъ себя, способнымъ произвести тѣ микроскопическія изслѣдованія, о которыхъ говорилъ оппонентъ; *R. H.* надѣется, что *Stead* ихъ и выполнитъ.

Письменные сообщенія въ *Journal of the Iron and Steel Institute* по поводу доклада *R. H.* весьма многочисленны; изложеніе ихъ и отвѣтъ *R. H.* занимаютъ 18 страницъ журнала. Всѣ авторы сообщеній привѣтствуютъ новую работу *R. H.*, какъ выдающееся явленіе современной технической литературы, но многіе изъ нихъ дѣлаютъ существенныя дополненія и замѣчанія къ сообщенному *R. Hadfield*'омъ. Болѣе цѣнныя изъ этихъ замѣчаній передаются ниже.

Дублинскій профессоръ *W. F. Barrett* обратилъ вниманіе членовъ общества на то, что вольфрамъ меньше, чѣмъ какой-либо другой элементъ, уменьшаетъ электропроводность желѣза: 15% вольфрама оказываютъ меньшее дѣйствіе, чѣмъ, напр., 1% углерода. Наблюденія *W. F. Barrett* привели къ выводу, что элементы съ малой теплоемкостью или, что то-же,—съ большими атомными объемами въ меньшей степени уменьшаютъ электро-и теплопроводность желѣза, чѣмъ элементы, которымъ свойственна большая теплоемкость.

Сравнивая цифры таблицъ, составленныхъ *R. H.*, *W. F. Barrett* обнаруживаетъ какъ бы переломъ или рѣзкое измѣненіе свойствъ сплава желѣза съ вольфрамомъ при переходѣ послѣдняго отъ содержанія $3\frac{1}{2}\%$ къ $7\frac{1}{2}\%$; *W. F. B.* сожалеетъ, поэтому, о томъ, что *R. H.* не ввелъ въ свои наблюденія промежуточныхъ сплавовъ съ $4\frac{1}{2}\%$ и 6% *W*¹⁾. Рѣзкое отличіе сплавовъ съ $3\frac{1}{2}\%$ и $7\frac{1}{2}\%$ *W* обнаруживается испытаніями на разрывъ, опредѣленіями твердости (первый сплавъ не даетъ черты на стеклѣ, а второй образуетъ «глубокую черту»), кривыми охлажденія и магнитными свойствами. Изученіе послѣднихъ показало, что самымъ выгоднымъ матеріаломъ для дѣла магнитовъ является сталь, содержащая отъ 4% до 6% *W*, при возможно меньшей примѣси марганца.

H. Carpenter выразилъ надежду, что *F. Osmond* въ непродолжительномъ времени сдѣлаетъ детальное сообщеніе о термической обработкѣ образцовъ стали, присланныхъ ему *R. H.*, такъ какъ изученіе кривыхъ охлажденія, сообщенныхъ *Osmond*'омъ, вызываетъ цѣлый рядъ вопросовъ, которые требуютъ уясненія; напр., различіе критическихъ температуръ инструментальной стали завода *Alleward* и одного изъ образцовъ *R. H.*, почти идентичнаго состава; раздвоеніе критической точки *A₁* и др.

G. Charpy, въ дополненіе къ таблицамъ *R. H.*, счелъ полезнымъ сообщить діаграмму съ кривой расширенія стали, содержащей 5,42% *W*, полученную методомъ *Charpy-Grenet*. Положеніе критическихъ точекъ этимъ методомъ можно опредѣлить съ тою же точностью, какъ и при помощи пирометра, но съ большей легкостью.

Изъ моихъ наблюденій надъ расширеніемъ стали при высокой температурѣ *G. Charpy* вывелъ заключеніе, что критическая точка при охлажденіи понижается тѣмъ болѣе значительно, чѣмъ выше была температура, до которой была нагрѣта сталь предъ охлажденіемъ. и чѣмъ дольше она выдерживалась при этой температурѣ; вольфрамъ повышаетъ весьма за-

¹⁾ Нужно сказать, что самъ *R. H.* не подмѣтилъ перелома и, даже, въ отсутствіи его видѣлъ отличіе во вліяніи *W* и *Mn* съ *Ni*. М. П.

мѣтно температуру рекалесценціи, наблюдаемую при нагреваніи, что легко объясняется тѣмъ, что двойной карбидъ желѣза и вольфрама значительно медленнѣе (т. е. при болѣе высокой температурѣ?) разлагается, чѣмъ Fe_3C .

L. Dumas выяснилъ аналогію во вліяніи различныхъ элементовъ на желѣзо, которая вытекаетъ изъ наблюдений, произведенныхъ въ послѣднее время *R. H.* и другими. Вольфрамъ давно уже извѣстенъ практикамъ, какъ элементъ, дающій «самозакаливающуюся» сталь; въ настоящее время къ элементамъ, сообщающимъ то же свойство стали, должны быть отнесены и никкель съ марганцомъ. Никкель, марганецъ, хромъ и вольфрамъ способствуютъ сохраненію углерода въ растворенномъ состояніи и тѣмъ дѣлаютъ дѣйствіе его «болѣе интенсивнымъ», хотя первымъ двумъ элементамъ это свойство присуще въ значительно меньшей степени, чѣмъ послѣднимъ. Отжигъ при высокой температурѣ способствуетъ выдѣленію въ специальной стали двойныхъ карбидовъ и тѣмъ нарушаетъ однородность строенія стали; это явленіе съ наибольшей силой проявляется въ вольфрамовой и хромистой стали, менѣе же замѣтно оно въ марганцовой и, особенно, никкелевой; послѣдняя,—наиболѣе однородная изъ всѣхъ сортовъ специальной стали, — теряетъ это качество лишь при продолжительномъ отжигѣ.

L. Guillet, получивъ любезное приглашеніе *R. Hadfield'a* принять участіе въ обсужденіи его доклада, прислалъ сообщеніе, въ которомъ даетъ главные результаты своихъ, недавно оконченныхъ, изслѣдованій надъ свойствами вольфрамовой стали. Эти результаты какъ бы противорѣчатъ выводамъ изъ наблюдений *R. H.*, но противорѣчіе это, по мнѣнію *Guillet*, только кажущееся;—оно происходитъ отъ того, что *R. H.* имѣетъ дѣло со сплавами, въ которыхъ вмѣстѣ съ *W* увеличивалось и количество *C*, тогда какъ *Guillet*, приготовивъ 2 серіи сплавовъ,—съ низкимъ и высокимъ содержаніемъ *C*,—увеличивалъ въ нихъ лишь содержаніе вольфрама, оставляя процентное количество углерода неизмѣннымъ.

Благодаря этому (и, добавимъ,—внимательному изученію микроструктуры сплавовъ), ему удалось выяснитъ роль двойного карбида и открыть два типа вольфрамовой стали.

Сталь первого типа, въ нормальномъ состояніи перлитовой структуры, закалкой при $850^{\circ}C$. пріобрѣтаетъ тѣ же физическія свойства, какъ и обыкновенная углеродистая сталь, и мартенситовую структуру. Сумма углерода и вольфрама въ стали этого типа не выше 7% ; увеличеніе количества вольфрама въ ней (въ указанныхъ предѣлахъ) производитъ увеличеніе предѣла упругости.

Сталь второго типа, особой (не перлитовой структуры), подъ вліяніемъ закалки при $850^{\circ}C$. въ водѣ (20°) дѣлается мягче, не мѣняя своей структуры, изъ чего, между прочимъ, слѣдуетъ, что двойной карбидъ желѣза и вольфрама не разлагается при $850^{\circ}C$. Сумма углерода и вольфрама въ стали II типа выше 7% ; увеличеніе количества вольфрама въ ней производитъ пониженіе предѣла упругости.

Профессоръ *Ledebur* указалъ на то, что хотя уже нѣсколько десятилѣтій вольфрамъ примѣняется, какъ прибавка къ стали для увеличенія ея твердости, однако, мало было извѣстно о вліяніи его на другія свойства стали; примѣнявшаяся вольфрамовая сталь была всегда и высокоуглеродистой,—вотъ почему вольфраму приписывали то вліяніе, которымъ она была обязана въ дѣйствительности углероду ¹⁾. Изслѣдованіе *R. H.* уясняетъ вопросъ. До сихъ

¹⁾ Фактъ тотъ, что ни вольфрамъ, ни углеродъ, *порознь*, не въ состояніи сообщить стали тѣ свойства, которыми обладаетъ углеродисто-вольфрамовая сталь; этотъ фактъ теперь объясняется свойствами двойного карбида. Можно ли разсуждать о томъ, какому изъ элементовъ, образующихъ карбидъ, послѣдній обязанъ своими свойствами? *М. П.*

портъ полагали, что хрупкость желѣза возрастаетъ весьма быстро по мѣрѣ увеличенія въ немъ вольфрама, но оказывается, что въ этомъ отношеніи вольфрамъ менѣе вреденъ, чѣмъ многіе другіе элементы, напр., *Si, Al, Cr*.

F. Osmond по поводу послѣдней работы *R. H.*, счелъ нужнымъ сдѣлать общій обзоръ его многолѣтнихъ и обстоятельныхъ изслѣдованій надъ сплавами желѣза и указать тѣ результаты, къ которымъ эти изслѣдованія, непосредственно или косвеннымъ путемъ,—привели.

Въ этомъ обзорѣ *Osmond*, по нашему мнѣнію, преувеличилъ заслуги *R. H.* и значеніе его трудовъ.

Steinhart и *Vogel*, директоры фирмы, изготовляющей вольфрамъ и рѣдкіе металлы, внесли поправку къ тому мѣсту статьи *R. H.*, въ которомъ говорится о дешевизнѣ соединеній вольфрама въ настоящее время, вызванной открытіемъ новыхъ мѣсторожденій вольфрамовыхъ рудъ. По даннымъ оппонентовъ, наоборотъ,—потребленіе вольфрама настолько возросло въ послѣднее время, что предложеніе рудъ не удовлетворяетъ спросу, и цѣны на нихъ возрасли втрое противъ цѣнъ 1901 и 1902 годовъ.

Далѣе оппоненты, указавъ на то, что въ торговлѣ имѣются сорта вольфрама, лишенные сѣры и фосфора и содержащіе не болѣе 1% *C*., по спеціальному же требованію теперь готовятъ вольфрамъ, въ которомъ углерода не болѣе 0,2% —выразили сожалѣніе, что *R. H.* употреблялъ для своихъ сплавовъ нечистый вольфрамъ, содержавшій къ тому же до 3% *C*.; это обстоятельство помѣшало получить *R. H.* мало-углеродистые сплавы съ высокимъ содержаніемъ вольфрама.

Бирмингемскій профессоръ *Turner* напомнилъ (очень кстати) объ изслѣдованіяхъ *A. Carnot* и *E. Goutal*, показавшихъ, что въ малоуглеродистой стали, содержащей около 6% *W*, послѣдній находится въ видѣ вольфрамистаго желѣза, Fe_3W ; въ стали же, богатой углеродомъ и содержащей тоже около 6% *W*, этимъ изслѣдователямъ удалось найти и изолировать двойной карбидъ состава: Fe_3CWC .

Послѣдній оппонентъ, *B. Winder*, отнесся къ работѣ *R. H.* болѣе критически, чѣмъ всѣ предшествовавшіе. Указавъ на высокое и мѣняющееся содержаніе углерода и сѣры (послѣдней отъ 0,10% до 0,15%) въ сплавахъ *R. H.* и прибавку алюминія при разливкѣ, какъ обстоятельства, могущія мѣнять результаты механическихъ испытаній и пробъ на сварку, *B. Winder* высказалъ полную увѣренность въ томъ, что если бы *R. H.* удалось, отбросивъ прибавку алюминія, приготовить сплавы, содержащіе не болѣе 0,2% *C* и не болѣе 0,02% *S* и *P*, то результаты испытаній были бы иные,—по крайней мѣрѣ для сплавовъ съ большимъ количествомъ вольфрама. Затѣмъ, оппонентъ указалъ, что пробы на разрывъ образцовъ сплавовъ *L* и *M*, почти идентичныхъ по составу (16% *W*), дали малосогласующіеся результаты и, кромѣ того,—слишкомъ низкія цифры для удлиненія при разрывѣ (1%—3%); сталь подобнаго состава даетъ около 12%—15% удлиненія.

R. Hadfield, отвѣчая, выразилъ благодарность оппонентамъ за ихъ лестное мнѣніе о его трудѣ и за сдѣланные ими цѣнные сообщенія; на замѣчанія же *B. Winder*'а далъ разъясненіе, что сплавы были приготовлены имъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ, когда еще не было въ торговлѣ чистаго вольфрама, легко получаемаго теперь въ электрическихъ печахъ; что вліяніе мѣняющихся количествъ углерода имъ не упускалось изъ вида,—на это имѣются ссылки въ нѣсколькихъ мѣстахъ доклада; высокимъ содержаніемъ углерода и объясняется небольшое удлиненіе, данное образцами съ 16% *W*. Содержаніе сѣры и введеніе алюминія при разливкѣ не могли, по мнѣнію *R. H.*, отразиться на физическихъ свойствахъ сплавовъ; если бы это было не такъ, то *Osmond* не получилъ бы такихъ прекрасныхъ кри-
стыхъ охлажденія, какія имъ даны.

Исправленіе «опасно-кристаллической стали» термической обработкой—докладъ *I. E. Stead* и *Artur Richards* (стр. 119—140).

Въ предисловіи къ нему авторы говорятъ, что изслѣдованіями *Brinell*, Чернова, *Le Chatelier* и многихъ другихъ установлено, что сталь крупнокристаллическаго строенія, будучи нагрѣта до опредѣленной температуры и затѣмъ охлаждена въ воздухѣ, водѣ или маслѣ, мѣняетъ свое строеніе, дѣлаясь мелкокристаллической. Въ 1898 году *Stead* показалъ, что чистое желѣзо, очень хрупкое, съ крупнокристаллическими изломами, послѣ нагрѣва не-много выше критической точки A_1 (или 870°C.), дѣлается мягкимъ и приобретаетъ качества желѣза, обработаннаго въ валкахъ. Въ теченіе нѣсколькихъ послѣднихъ лѣтъ авторы посвящали немало времени и вниманія исправленію «опаснокристаллическаго строенія» стали въ крупныхъ издѣліяхъ исключительно термической обработкой и теперь полагаютъ, что сообщеніе объ этой ихъ работѣ будетъ имѣть значеніе для Общества и, можетъ быть, покажетъ неосновательность общераспространеннаго мнѣнія, что для исправленія крупнокристаллическаго строенія стали необходима проковка ея.

Авторы различаютъ «опаснокристаллическое» строеніе (соединенное съ хрупкостью) трехъ родовъ: первое состояніе свойственно лишь чистому желѣзу и наиболѣе мягкимъ сортамъ стали; оно приобретаетъ продолжительнымъ отжигомъ при сравнительно низкой температурѣ; второе, или обыкновенное, является результатомъ продолжительнаго, непрерывнаго нагрѣва при высокой температурѣ; третье, соединенное съ перекогомъ, приобретаетъ нагрѣвомъ до еще болѣе высокой температуры и сопровождается не только примѣненіемъ структуры, но и химическаго состава стали. Это третье состояніе не можетъ быть вполне исправлено термической обработкой; что же касается первыхъ двухъ, то они исчезаютъ вполне, и, послѣ надлежащей термической обработки, сталь дѣлается не хуже, а иногда и лучше той, которая получается непосредственно прокаткой или ковкой.

Объ исправленіи мягкой стали, сдѣлавшейся хрупкой отъ перегрѣва, авторы считаютъ излишнимъ говорить, ссылаясь на доклады *Stead*'а, *Ridsdale*'я и *Heyn*'а, напечатанные въ журналѣ Общества; предметъ ихъ сообщенія—сталь средней твердости, служащая матеріаломъ для изготовленія осей, рельсовъ, бандажей и другихъ издѣлій.

Эта сталь бралась для опытовъ въ витѣ рельсовъ и 5'' болванки, въ кускахъ 5' длины. Куски нагрѣвались до температуры, лежащей между 1200° и 1300°C. , и поддерживались при ней нѣсколько минутъ, а затѣмъ охлаждались на воздухѣ, чѣмъ сообщалось стали крупнокристаллическое строеніе; половина кусковъ съ такимъ строеніемъ нагрѣвалась до температуры, лежащей между 850° и 900°C. , и охлаждалась затѣмъ на воздухѣ. Сталь въ нормальномъ состояніи, т. е. безъ всякой обработки послѣ выхода изъ валковъ, сталь перегрѣтая и съ «возстановленной» структурой подвергалась многочисленнымъ испытаніямъ, которыми опредѣлялись: удѣльный вѣсъ, химическій составъ, микроструктура, твердость (шариковой пробой *Brinell*'а), отношеніе къ пробѣ на разрывъ, ударъ и повторный изгибъ. Часто всѣ эти испытанія подтверждали значительное улучшеніе въ качествѣ стали, подвергнутой термической обработкѣ, при чемъ проба на разрывъ давала болѣе или менѣе значительное увеличеніе удлиненія и сокращенія поперечнаго сѣченія; но иногда обычное механическое испытаніе своими результатами не указывало замѣтнаго улучшенія свойствъ стали, — въ такомъ случаѣ проба на повторный изгибъ (по методу Велера) обнаруживала его. Въ одномъ случаѣ, для образца, нагрѣтаго лишь до 820°C. , проба на разрывъ дала очень хорошіе результаты, а на повторный изгибъ—плохіе. Оказалось, что нужно было нагрѣть этотъ образецъ до 900°C. , для того, чтобы сопротивленіе изгибу возросло значительно. Эти и другіе факты, здѣсь не упомянутые, заставили авторовъ придти къ убѣжденію въ большомъ значеніи пробы на повторный изгибъ; проба эта

известна практикамъ давно, но рѣдко примѣняется (при изгибѣ проволоки въ Англіи, кровельнаго желѣза — у насъ, на Уралѣ). Авторы даютъ изображеніе и краткое описаніе станка, употреблявшагося ими для выполненія этой пробы и приводившагося въ дѣйствіе ремневымъ приводомъ.

Изъ нѣсколькихъ примѣровъ улучшенія стали термической обработкой, даваемыхъ авторамъ въ ихъ докладѣ, ниже взято три, относящихся къ 33 фунт. рельсамъ сѣверо-восточныхъ желѣзныхъ дорогъ, по составу подходящимъ къ русскимъ рельсамъ. Абсолютное сопротивленіе разрыву выражено въ *kgr.* на *qmm.* Относительное число пробы на повторный изгибъ показываетъ отношеніе числа гибовъ (или числа оборотовъ станка) термически-обработанной пробы къ числу гибовъ необработанной, принятому за 1.

	СОСТАВЪ СТАЛИ.					РАЗРЫВЪ.		Повторн. изгибъ.	
	C	Mn	Si	S	P	Абсолютн. сопротивл.	Удлиненіе въ %	Сокращен. попер. сѣч. въ %	Относител. число.
Нормальный	0,40	0,70	0,03	0,07	0,07	61,6	21,5	39,8	1
Термич. обработ. . .	—	—	—	—	—	54,8	21,0	40,7	1,5
Нормальный	0,42	0,88	0,02	0,07	0,08	74,7	16,0	26,5	1
Термич. обработ. . .	—	—	—	—	—	71,6	17,0	29,8	2,3
Нормальный	0,40	0,86	0,03	0,09	0,08	64,1	22,0	35,3	1,0
Термич. обработ. . .	—	—	—	—	—	63,5	24,0	36,5	3,0

Годомъ раньше *Stead* указалъ на необходимость отжига всѣхъ поковокъ до 900° С., чтобы избѣжать случайной хрупкости ихъ, — настоящий докладъ вполне подтверждаетъ сказанное однимъ изъ авторовъ его раньше, что побуждаетъ настаивать на томъ, чтобы въ каждой фабриктъ, изготовляющей кованныя издѣлія, нашли себѣ примѣненіе пирометръ *Le Chatelier* и особая отжигательная печь.

Въ заключеніе своего доклада авторы говорятъ, что нижеслѣдующія положенія нужно считать доказанными: 1) микроскопъ показываетъ, что нагрѣваніе до высокой температуры неизмѣнно сопровождается крупной кристаллизацией стали, и что вторичный нагрѣвъ до 870° С. восстанавливаетъ первоначальное строеніе стали или, даже, дѣлаетъ его лучшимъ; 2) хорошая сталь быстро портится при нагрѣвѣ до температуры нѣсколько вышей той, до которой она нагрѣвалась предъ прокаткой или ковкой; 3) испорченная такимъ образомъ сталь можетъ быть вполне исправлена безъ помощи проковки; 4) требованіе, чтобы отжигъ стальныхъ издѣлій велся при температурѣ низшей той, при которой образуется окалина — неправильно.

Пренія по поводу этого доклада *Stead*'а и *Richards*'а происходили послѣ прочтенія второго доклада тѣхъ же авторовъ, прочтеннаго вслѣдъ за первымъ и названнаго —

Сорбитовые рельсы (стр. 141—154). *I. E. Stead* и *A. Richards* начинаютъ этотъ докладъ ссылкой на *F. Osmond*'а, создавшаго сорбидъ, какъ самостоятельную составную часть микроструктуры стали, указавшаго его свойства и предсказавшаго, что онъ будетъ впо-

слѣдствіи играть большую роль въ тѣхъ сортахъ стали, которые находятъ себѣ широкое примѣненіе въ промышленности, такъ какъ именно ему сталь обязана тѣми высокими качествами, которыя приобрѣтаются такъ называемой отрицательной закалкой, закалкой въ маслѣ и, наконецъ, двойной закалкой.

Сорбитъ, по опредѣленію *Osmond'a*, есть перлитъ, въ которомъ ферритъ и цементитъ не успѣли отдѣлиться; онъ получается бокомъ-о-бокъ съ перлитомъ при ускоренномъ охлажденіи стали (недостаточномъ, однако, для закалки) или же при отжигѣ, до критической температуры, уже закаленной стали; подъ микроскопомъ онъ легко отличается отъ перлита отсутствіемъ перемежающихся полосъ феррита и цементита.

К. Д. Черновъ былъ первымъ,—говорятъ далѣе *S. и R.*,—кто разработалъ способы термической обработки стали; онъ же впервые примѣнилъ тотъ примѣтъ, которымъ сообщается стали сорбитовая структура. Отрицательная закалка была впервые примѣнена къ производству рельсовъ американцемъ *Coffin*; авторы же настоящаго доклада занялись практической разработкой способа, указаннаго *Coffin*, и изученіемъ свойствъ рельсовой стали, которой въ большей или меньшей степени сообщено сорбитовое строеніе.

Произведя нѣсколько предварительныхъ опытовъ, авторы остановились на слѣдующемъ способѣ обработки рельсовъ: отрѣзки рельсовъ въ 5' длины послѣ опиловки погружались въ холодную воду, гдѣ выдерживались до тѣхъ поръ, пока поверхность ихъ охлаждалась до едва замѣтнаго краснаго каленія (500° C.); затѣмъ рельсы вынимались изъ воды и постепенно охлаждались на воздухѣ, при чемъ теплотой внутреннихъ частей отпускались наружные закаленные слои стали, которые приобрѣтали сорбитовую структуру, въ то время, какъ внутреннія части головки оказывались по охлажденію обычной перлитовой структуры, а промежуточные слои—смѣшанной.

Всестороннія испытанія показали, что обработанные такимъ образомъ рельсы обладаютъ большей прочностью, чѣмъ обыкновенные, а именно: шариковая проба *Brinell'a* указываетъ на значительное увеличеніе твердости, испытаніе бабой — на уменьшеніе прогиба, а проба на разрывъ — значительное увеличеніе вязкости металла. Нижеслѣдующая табличка содержитъ результаты механическихъ испытаній 33 фунт. рельсовъ сѣверо-восточной жел. дор. (первые 3 строки) и 22 фунт. рельсовъ финляндскихъ жел. дор. (послѣдніе 4 строки).

	Прогнбъ отъ 1-го улара.	Абсолютное сопрот. разр.	Удлиненіе на 200 <i>mm</i> .	Сокращ. поперечн. сѣченія.
G_1 —нормальн. обработан. рельсъ . . .	$2''$	57,0	22,0%	28,0%
G_2 —верхн. часть головки. охладж. водой .	$1\frac{15}{16}''$	74,1	16,0%	35,8%
G_3 —весь рельсъ охладженъ водой . . .	$1\frac{7}{8}''$	76,5	13,5%	30,0%
N —нормально обработанный рельсъ . .	$2\frac{9}{16}''$	68,0	17,0%	32,6%
S —рельсъ обрызнутъ водой	$2\frac{3}{8}''$	69,0	16,0%	31,5%
$H.W.$ —головка лишь охладжена водой .	$2\frac{3}{16}''$	72,4	16,0%	31,3%
$W.W.$ —весь рельсъ охладженъ водой . .	$1\frac{9}{16}''$	79,1	11,5%	28,0%

Химическій составъ рельсовъ былъ таковъ:

	C.	Mn.	Si.
Сѣверо-восточные 33 фунт. .	0,45%	0,79%	0,02%
Финляндскіе 22 фунт. . . .	0,38%	0,83%	0,025%

Вѣсъ бабы въ обоихъ случаяхъ былъ — 1 тонна, а высота подъема для англійскихъ рельсовъ 15', для финляндскихъ—10'; разстояніе между суппортами 3 ф. для англійскихъ и $3\frac{1}{2}'$ для финляндскихъ. Образцы для пробы были взяты изъ верхней части головки англійскихъ рельсовъ и изъ центра головки финляндскихъ, такъ что части послѣднихъ рельсовъ, вполнѣ «сорбитизированные», не были подвергнуты испытанію.

Въ заключеніе своего доклада авторы говорятъ, что перлитъ долженъ быть замѣненъ сорбитомъ въ стали, подверженной тренію, ударамъ и сотрясеніямъ. Для сообщенія стали сорбитовой структуры можетъ служить очень простой способъ, разработанный авторами; деталей его, однако, они не могутъ сообщить, такъ какъ ихъ работа еще не закончена.

Въ словесныхъ преніяхъ по поводу доклада *S.* и *R.*, начатыхъ *C. H. Ridsdale*, было, прежде всего, обращено вниманіе на то обстоятельство, что изслѣдованія авторовъ относительно исправленія стали, сдѣлавшейся хрупкой отъ перегрѣва, лишь подтвердили то, что сообщалъ *Ridsdale* Обществу на митингѣ 1898 года. *Ridsdale* не отказывается и теперь отъ сдѣланнаго имъ тогда заявленія, что исправленіе хрупкой стали можетъ быть достигнуто нагрѣвомъ до болѣе высокой температуры, чѣмъ 850° — 900° , напримѣръ, до 1000° С. и, даже, 1100° С., при томъ единственномъ условіи, чтобы онъ велся очень быстро. Наблюденія *S.* и *R.* подтвердили также сообщенный раньше *Ridsdale* фактъ уменьшенія удѣльнаго вѣса при перегрѣвѣ стали.

E. Lange, на основаніи своихъ наблюденій надъ термической обработкой стали, пришелъ къ заключенію, что нельзя приписывать все значеніе температурѣ, такъ какъ и время является важнымъ факторомъ термической обработки. Затѣмъ, *Lange* поставилъ въ упрекъ *Stead*у то, что онъ не выяснилъ роли углерода въ процессахъ перегрѣва и исправленія крупнозернистой стали. *Dr. Stansfield* понялъ свою задачу шире и пошелъ далѣе *Stead*'а въ ея разрѣшеніи.

По поводу второго доклада *Lange* заявилъ, что онъ тоже занимался опытами полученія стали сорбитовой структуры, но термическую обработку (поковокъ одной манчестерской фирмы) велъ нѣсколько иначе, чѣмъ *Stead*: мелкія издѣлія, содержащія углерода отъ 0,17% до 0,47%, закаливались при 870° С. въ водѣ (15°) и, затѣмъ, отпускались нагрѣвомъ до разныхъ (ради опыта) температуръ: 580° и 650° С. Результаты произведенныхъ механическихъ испытаній, въ видѣ таблицы цифровыхъ данныхъ, *Lange* предложилъ на разсмотрѣніе членовъ Общества, полагая, что нѣкоторыми изъ нихъ они могутъ быть съ такой же выгодой использованы, какъ и той фирмой, для которой оцѣты *Lange* были предприняты. По мнѣнію *Lange*, сорбитовая структура сообщаетъ стали тѣ же свойства, что и прибавки никкеля: временное сопротивленіе разрыву и, еще болѣе,—предѣлъ упругости возрастаютъ одновременно со значительнымъ сокращеніемъ поперечнаго сѣченія при разрывѣ и, часто,—увеличеніемъ удлиненія. Отношеніе предѣла упругости къ временному сопротивленію въ обыкновенной (перлитовой) стали измѣнялось у *Lange* въ предѣлахъ 0,42—0,47, а въ сорбитовой того-же химическаго состава—отъ 0,59 до 0,70 (болшія числа относятся къ стали съ 0,47 С, а меньшія—къ болѣе мягкой).

L. Napier Ledingham сказалъ, что доклады *S.* и *R.* требуютъ всесторонняго обсужденія, каковое, по недостатку времени, не можетъ быть достигнуто словесными преніями; онъ выражаетъ, поэтому, пожеланіе, чтобы члены общества письменными сообщениями секретарю общества восполнили недостатокъ словесныхъ преній.

Проф. *Turner* обратилъ вниманіе членовъ Общества на замѣчательную работу, выполненную въ университетской лабораторіи Бирмингема, надъ изломомъ металловъ подъ вліяніемъ повторнаго изгиба ¹⁾. Пробѣ повторнымъ изгибомъ, до сихъ поръ неполучившей того распро-

¹⁾ Fracture of Metals under Repeated Alternations of Stress, by *I. Ewing* and *I. Humphrey*.

страненія, какого она заслуживаетъ, проф. *Turner* придасть большое значеніе, соглашаясь съ докладчиками, что она даетъ очень важныя указанія на свойства металла. Такъ какъ она выполняется надъ мелкими образчиками металла въ станкѣ, требующемъ незначительной работы (и занимающемъ мало мѣста), то не можетъ быть затрудненій къ устройству въ заводахъ многихъ станковъ рядомъ, чтобы, въ случаѣ необходимости, производить испытаніе многихъ пробъ сразу.

R. Hadfield, благодаря *S.* и *R.* за ихъ интересные доклады и прося ихъ продолжать начатыя изслѣдованія, спросилъ *Stead'a*: производилъ ли онъ испытаніе ударомъ до конца, т. е. до излома рельсовъ?—было бы желательно, чтобы докладъ былъ пополненъ результатами такого испытанія. Что касается доклада о термической обработкѣ стали, то *Hadfield* выразилъ увѣренность, что указанная *Stead'омъ* температура отжига (870°C.) относится лишь къ той стали, съ которой онъ работалъ, такъ какъ, очевидно, эта температура находится въ зависимости отъ содержанія углерода въ стали.

I. E. Stead въ своемъ отвѣтѣ заявилъ, что онъ будетъ подробно возражать оппонентамъ впоследствии, но на замѣчаніе *R. H.* долженъ сказать теперь же, что указанная имъ температура, дѣйствительно, относится лишь къ той стали, съ которой онъ работалъ; мягкая сталь должна быть нагреваема до болѣе высокой температуры— 1100°C. , тогда какъ для содержащей 1% *C*, можетъ быть, будетъ достаточно и 750°C.

Письменные сообщенія по поводу докладовъ *S.* и *R.*, равно какъ и отвѣтъ на нихъ *Stead'a*, отличающіеся подробностью и обстоятельностью, занимаютъ 27 страницъ журнала (170—196).

Thomas Andrews, отмѣтивъ, что предметъ обоихъ докладовъ представляетъ большой интересъ для металлурга, но далеко не новъ, разбираетъ, далѣе, разныя положенія докладчиковъ и доказываетъ, что ни на одно изъ нихъ они, какъ изслѣдователи, не имѣютъ правъ пріоритета. Что же касается *практическихъ указаній* по поводу термической обработки стали, то большая часть ихъ уже примѣнена къ дѣлу, по крайней мѣрѣ,—на лучшихъ заводахъ, а другая часть—едва-ли осуществима. Напримѣръ, оппонентъ не думаетъ, чтобы возможно было *равномерно* «сорбитизировать» 30' рельсъ по всей его длинѣ и получить, при томъ, прямымъ; едва-ли также возможна совершенно одинаковая закалка всѣхъ рельсовъ при изготовленіи ихъ въ большомъ количествѣ. Работу докладчиковъ по исправленію «опаснокристаллическихъ» рельсовъ оппонентъ находитъ выполненной въ интересахъ производителей, а не потребителей; послѣдніе всегда предпочтутъ, какъ предполагаетъ оппонентъ, получить рельсы сразу хорошо обработанными, чѣмъ рисковать пріемкой нѣкотораго количества «исправленныхъ» рельсовъ.

Профессоръ *I. Arnold*, прежде всего, указалъ на любопытное заключеніе, къ которому приводятъ опыты *S.* и *R.*,—что исправленіе перегрѣтой стали не зависитъ отъ положенія критическихъ точекъ: для стали съ 0,43% *C* и 0,80% *Mn* всѣ критическія точки лежатъ ниже 800°C.

Далѣе, оппонентъ упрекаетъ докладчиковъ за то, что они не обратили должнаго вниманія на его работу, въ которой онъ раньше ихъ доказалъ, что обычныхъ механическихъ испытаній (на разрывъ и гибъ) недостаточно для обнаруженія хрупкости стали; употребленный имъ, *Arnold'омъ*, методъ испытаній для обнаруженія хрупкости не имѣетъ ничего общаго со способомъ *Heyn'a*, и докладчики напрасно называютъ первый «модификаціей» второго.

Затѣмъ, проф. *Arnold*,—неизмѣнный противникъ аустенита, трустита и сорбита, какъ элементовъ микроструктуры стали,—не упустилъ случая замѣтить, что приведенные *Stead'омъ* аргументы въ пользу права на самостоятельное существованіе сорбита—не убѣдительны. «Такъ

называемый сорбитъ» впервые наблюдалъ (въ 1892 г.) онъ, *Arnold*, описавъ его затѣмъ (въ 1895 г.), какъ особое состояніе карбида. — *эмульсированный карбидъ*, — въ своей работѣ, на которую нѣтъ ссылки въ докладѣ *S.* и *R.* Если нужно кратко характеризовать это состояніе карбида выраженіемъ *сорбитовый карбидъ*, то оно едва-ли встрѣтитъ возраженія.

Наконецъ, проф. *Arnold* сообщилъ, что въ Шеффилдѣ, при изготовленіи желѣзнодорожныхъ принадлежностей, «сорбитовая» структура сообщается издѣліямъ способомъ, болѣе вѣрнымъ, чѣмъ предлагаемый докладчиками. За послѣднимъ оппонентъ признаетъ лишь «академическое» значеніе, считая его непригоднымъ для обработки въ недѣлю, на примѣръ, 10.000 тоннъ. Хотя отъ термической обработки, указанной авторами, срокъ службы значительнаго большинства рельсовъ, несомнѣнно, возрастетъ, но возрастетъ и цѣна рельсовъ, и количество поломокъ рельсовъ на пути, вслѣдствіе образованія трещинъ при быстромъ охлажденіи.

A. Campion находитъ, что результаты изслѣдованій докладчиковъ существенно пополняютъ наши свѣдѣнія о термической обработкѣ и вліяніи ея на физическія свойства стали, подтверждая, вмѣстѣ съ тѣмъ, результаты опубликованныхъ уже (въ предыдущемъ томѣ *I. I. S. I.*) изслѣдованій оппонента.

D. Flather не находитъ возможнымъ согласиться съ авторами въ томъ, что термическая обработка *вполнѣ* исправляетъ перегрѣтую сталь. Оппонентъ произвелъ опытъ, который показалъ ему, что при совершенно одинаковой термической обработкѣ матеріалъ *прокованнаго* издѣлія оказался лучше: онъ обладалъ нѣскольکو большимъ сопротивленіемъ разрыву и, главное, —значительно высшимъ предѣломъ упругости.

Сообщеніе *Cosmo Johns* начинается увѣреніемъ въ испытанномъ имъ затрудненіи найти что-либо новое въ докладахъ *S.* и *R.* Далѣе *C. Johns* подвергаетъ обсуждаемые доклады столь же придирчивой критикѣ, какъ и *Th. Andrews*, выражаясь, однако, болѣе иронически.

F. Osmond выразилъ то удовольствіе, которое, естественно, онъ испыталъ, увидѣвъ въ работѣ *S.* и *R.* подтвержденіе сдѣланнаго имъ предсказанія о будущей роли сорбита. Въ этомъ предсказаніи, —оговаривается *Osmond*, —не было ничего пророческаго: оно было неизбежнымъ выводомъ изъ его микроскопическихъ наблюденій и результатовъ, достигнутыхъ термической обработкой стали на томъ заводѣ, гдѣ онъ работалъ.

Osmond вѣритъ, что, несмотря на горячія нападки, предметомъ которыхъ былъ сорбитъ, послѣдній удержится, какъ терминъ для одной изъ составныхъ частей стали, такъ что уважаемое всѣми металлографами имя *Sorby* станетъ хорошо извѣстнымъ и людямъ практики.

F. Osmond относится съ одобреніемъ къ испытаніямъ повторнымъ изгибомъ, такъ какъ считаетъ, что проба на разрывъ не даетъ истиннаго представленія о свойствахъ испытываемаго металла.

R. Scott обращаетъ вниманіе докладчиковъ на то обстоятельство, что ими не указанъ *размѣръ* пробныхъ брусковъ, — его необходимо знать, такъ какъ сорбитовый слой металла могъ быть тонкимъ.

W. R. Webster въ письменномъ сообщеніи изъ Филадельфіи высказалъ, что докладчиками затронуто не мало важныхъ вопросовъ, обсужденіемъ которыхъ придется заняться нѣсколькимъ митингамъ и, между прочимъ, будущему осеннему, который состоится (въ концѣ октября 1904 г.) въ Нью-Йоркѣ, что позволить устроить соединенное засѣданіе съ американскимъ обществомъ горныхъ инженеровъ для совмѣстнаго обсужденія вопросовъ по «физикѣ стали».

Въ Америкѣ на производство рельсовъ съ лучшимъ строеніемъ обращено вниманіе и до настоящаго времени тамъ предложено для этого четыре способа: 1) охлажденіе водой той части металла, изъ которой формируется головка; при этомъ должно стараться не смачивать подошвы рельса, — иначе она будетъ хрупкой; 2) замедленіе прокатки предъ послѣднимъ ручьемъ, что позволяетъ получать рельсы, обработанные при надлежащей температурѣ, безъ уменьшенія производительности стана; 3) *John Fritz* предложилъ недавно устройство особой печи для *охлажденія* рельсовъ предъ послѣднимъ ручьемъ и *выравниванія* температуры различныхъ частей профиля; 4) по четвертому способу предлагается нормально прокатанные рельсы охлаждать нѣкоторое время въ печи, чтобы утилизировать теряющееся тепло для отжига холодныхъ рельсовъ въ той же печи. Оба послѣдніе способа еще не испытаны на практикѣ. Остается прибавить установленіе величины *усадки* рельсовъ послѣ опиловки, какъ средства контролировать температуру прокатываемыхъ рельсовъ.

Большая часть того, что написалъ *Stead* въ отвѣтъ своимъ оппонентамъ, представляетъ объясненіе на сдѣланныя ему замѣчанія, что въ его работѣ нѣтъ ничего новаго и что онъ, будто бы, приписываетъ себѣ приоритетъ въ изслѣдованіяхъ, произведенныхъ другими раньше его. Эти замѣчанія вызваны были, по мнѣнію *Stead'a*, появившимися въ ежедневной прессѣ сообщеніями о великомъ открытіи, сдѣланномъ имъ, — сообщеніями, которыя онъ уже неоднократно опровергалъ. Оставляя въ сторонѣ эту часть отвѣта *Stead'a*, имѣющую характеръ полемики, обратимся къ объясненіямъ, касающимся термической обработки стали.

Опытъ, на который ссылается *Flather*, показываетъ только, что сталь, испытывавшая болѣшую вытяжку подъ молотомъ, лучше той, которая подверглась меньшей механической обработкѣ, но это не служитъ опроверженіемъ мнѣнія *Stead'a*, что хорошо обработанная подъ молотомъ, но перегрѣтая сталь можетъ *вернуть* всѣ приобрѣтенныя ею свойства одной термической обработкой.

На первое изъ замѣчаній проф. *Arnold'a* *Stead* отвѣчаетъ, что факты принуждаютъ его признать, что для исправленія хрупкой стали нужно нагрѣть ее почти на 100° С. выше критическихъ температуръ.

По поводу указанія *Ridsdale* на то, что по результатамъ пробъ рельсы, содержащія 0,11% фосфора, оказались очень хорошаго качества, *Stead* замѣтилъ, что фосфору часто приписываютъ поломки, происходящія отъ плохой термической обработки.

Stead вполне соглашается съ *Lange*, что время—очень важный факторъ исправленія хрупкой стали: слишкомъ медленный нагрѣвъ до 900° С., равно какъ и медленное охлажденіе послѣ нагрѣва до надлежащей температуры—одинаково не даютъ хорошихъ результатовъ.

По поводу замѣчаній, которыя сдѣлали *Arnold* и *Andrews* о сорбитовыхъ рельсахъ, *Stead* заявляетъ, что ему не приходилось замѣчать трещинъ отъ быстрого охлажденія рельсовъ водой; отличающіяся своими высокими качествами оси, приготовляемыя по способу *Coffin*, аналогичному описанному авторами способу для обработки рельсовъ,—тоже выходятъ не хрупкими и безъ трещинъ; наконецъ, и *Lange* не получалъ трещинъ на обработанныхъ имъ поковкахъ.

Отвѣчая *R. Scott'y*, *Stead* разъяснилъ, что всѣ пробы металла брались изъ сорбитоваго слоя; онѣ имѣли размѣры: $0,3'' \times 1,4''$.

Arthur Richards, присоединившійся къ отвѣту *Stead'a*, со своей стороны, сдѣлалъ лишь нѣсколько замѣчаній по адресу оппонентовъ.

По поводу мнѣнія *Andrews'a*, что результаты, полученные имъ со *Stead'омъ* термической обработкой рельсовъ, благоприятны для производителей, а не потребителей, *A. R.* напомнилъ, что дополнительная термическая обработка удорожаетъ рельсы, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, удлиняетъ срокъ ихъ службы потребителямъ.

А. Р. вполне соглашается съ замѣчаніемъ *Arnold'a*, что термическая обработка крупныхъ и тяжелыхъ валовъ очень затруднительна; что же касается возраженій *Arnold'a* противъ возможности производства сорбитовыхъ рельсовъ въ крупныхъ размѣрахъ, то А. Р. полагаетъ, что если будетъ выработанъ способъ для массоваго производства ихъ, то инженеры не будутъ возражать противъ болѣе дорогого матеріала, если онъ будетъ служить значительно дольше.

О возможности нахожденія железныхъ рудъ подъ песками устья рѣки *Duddon* — краткій (197 стр. — 205 стр.) докладъ *James Shaw*, представляющій чисто мѣстный интересъ. Докладъ не обратилъ на себя вниманія членовъ Общества.

Такого же характера и болѣе обширный докладъ (205 стр.—231 стр.) *W. Pettigrew*, прочитанный вслѣдъ за предыдущимъ.

Каменный уголь, какъ горючее въ Barrow-in-Furness.

Каменный уголь, потребляемый паровыми котлами въ *Barrow-in-Furness*, доставляется многими копиями нѣсколькихъ каменноугольныхъ районовъ Англіи. *W. Pettigrew* пожелалъ выяснитъ относительную цѣнность этихъ углей путемъ употребленія всѣхъ ихъ поочередно на одномъ и томъ же товарномъ паровозѣ, возившемъ горнозаводскіе грузы. Докладъ *W. P.* содержитъ всѣ подробности произведеннаго имъ изслѣдованія и многочисленныя таблицы, содержащія результаты испытаній и позволяющія судить о сравнительной цѣнности углей въ примѣненіи къ отопленію паровыхъ котловъ локомотивовъ.

Докладъ *W. P.* не вызвалъ преній, письменное же сообщеніе прислалъ *H. Aitken*; въ немъ говорится, что изъ доклада *W. P.* нельзя сдѣлать окончательнаго вывода, не зная, изъ какихъ копей брался уголь для испытаній и изъ какихъ пластовъ онъ былъ добытъ.

На это *W. P.* отвѣтилъ, что онъ умышленно воздерживался указывать въ своемъ докладѣ имена фирмъ.

Болѣзни стали (ихъ діагнозъ, вѣроятныя причины, предупрежденіе и лѣченіе)—докладъ *C. H. Ridsdale* (стр. 232—282).

Заглавіе доклада,—болѣе оригинальное, чѣмъ правильное,—заставляетъ, прежде всего, объяснить, что авторъ общимъ именемъ «болѣзней» стали назвалъ какъ тѣ основныя пороки, которые свойственны стали, будучи неразлучны со способами полученія и дальнѣйшей обработки ея, такъ и всѣ тѣ, неизбежныя или случайныя, недостатки, которые могутъ наблюдаться въ ней какъ проявленія основныхъ пороковъ или же какъ результатъ несовершенной или неумѣлой обработки полупродукта при полученіи торговыхъ сортовъ стали или издѣлій изъ нея.

Какъ оговаривается самъ авторъ, въ его трудѣ читатель найдетъ очень мало новаго;—онъ есть краткое, но систематическое обозрѣніе, резюмирующее все то, что по настоящее время было сдѣлано изученіемъ пороковъ стали и недостатковъ готовыхъ продуктовъ изъ нея,—какъ самимъ авторомъ въ предшествовавшихъ трехъ трудахъ его¹⁾, такъ и многими другими²⁾.

¹⁾ Хрупкость въ мягкой стали (*Journ. Iron and Steel Institute*, 1898, I). Практическій микроскопическій анализъ (*Id.*, 1899, II). О правильной обработкѣ стали (*Id.*, 1901, II, „Горн. Ж.“ 1902).

²⁾ Авторъ ссылается лишь на новѣйшія сочиненія:

Hein. Перегрѣвъ мягкой стали (*Journ. I. S. Inst.*, 1902, II 1902 г.).

Webster. Соотношеніе между химическимъ составомъ и крѣпостью стали (*Id.* 1894, I).

Andrews. Вліяніе ликвиціи на крѣпость рельсовъ (*Trans. Society of Engineers*, 1902).

Wahlberg. Вліяніе химич. состава на плотность стальныхъ слитковъ („Г. Ж.“).

Wingham. Внутреннія напряженія и ихъ отношеніе къ излому (*Jour. I. S. I.*, 1901, II).

Stead. Хрупкость мягкой стали (*Id.*, 1898, II). Кристаллическое строеніе желѣза и стали (*Id.*, 1898, I).

Оригинальнымъ, однако, является методъ изложенія автора, — со строго выдержанной классификаціей какъ въ текстѣ, такъ и въ таблицахъ, составляющихъ цѣнное приложеніе къ тексту и значительно облегчающихъ пользованіе работою *Ridsdale*, которая можетъ служить, какъ надѣется авторъ, исходнымъ пунктомъ для всякаго, приступающаго къ изученію вопроса.

I. E. Stead, открывая пренія, заявилъ, что *Ridsdale* въ своемъ докладѣ высказалъ немало важныхъ замѣчаній; нѣкоторыя изъ нихъ могутъ быть оспариваемы, но всѣ заслуживаютъ вниманія. Подробное обсужденіе доклада потребовало бы нѣсколькихъ дней и, значить, невозможно по недостатку времени, но ему, *Stead*у, хотѣлось бы сдѣлать одно замѣчаніе. *Ridsdale* говоритъ, что нечистая сталь послѣ надлежащей обработки представляется лучшимъ матеріаломъ, чѣмъ чистая (по отношенію къ содержанію вредныхъ примѣсей), но обработанная неправильно. *Stead* вполне подтверждаетъ это положеніе, но, все-таки, считаетъ нужнымъ напомнить, что наилучшимъ матеріаломъ всегда будетъ сталь, лишенная вредныхъ примѣсей.

Проф. *Turner* выразилъ мнѣніе, что *Ridsdale* въ своемъ докладѣ разработалъ методъ изслѣдованія и обнаруженія недостатковъ не только стали, но и желѣза, такъ какъ многое изъ того, что имъ сказано про сталь (т. е. литой металл), можетъ быть отнесено и къ желѣзу (т. е. сварочному металлу). *Turner* находитъ плодотворной идею автора о комбинаціи обычнаго, аналитическаго, способа изслѣдованія недостатковъ стали съ *синтетическимъ*, т. е. съ искусственнымъ воспроизведеніемъ различныхъ недостатковъ для безошибочнаго уясненія ихъ происхожденія и способовъ устраниенія. Для желѣза *Turner*, по собственному опыту, считалъ эту задачу болѣе труднореализуемой, чѣмъ для стали.

Въ рѣчи, не претендующей на научность изложенія, президентъ *A. Carnegie* высказалъ, что у стали, кромѣ «болѣзней», есть и свои тайны, — въ этомъ ему не разъ приходилось убѣждаться; напримѣръ, одинъ изъ его бывшихъ управителей никогда не позволялъ дѣлать инспекторскія испытанія съ только что выкатанной сталью, такъ какъ онъ находилъ, что сталь, долежавъ нѣсколько дней, приобретаетъ высшія качества.

W. R. Urbster заявилъ, что *Ridsdale* придумалъ очень удачное заглавіе для своей работы, заслуживающей самаго внимательнаго къ себѣ отношенія. Сущность дальнѣйшихъ своихъ замѣчаній *Urbster* самъ формулировалъ такъ: мы знаемъ, что плохой термической обработкой хорошая сталь дѣлается дурной, умѣемъ теперь предупредить плохую обработку или исправить результаты ея, — намъ остается лишь примѣнить наши познанія къ ежедневной практикѣ, и многія изъ «болѣзней» стали исчезнутъ.

C. H. Ridsdale въ своемъ письменномъ отвѣтѣ, соглашаясь съ президентомъ, сказалъ, что у стали есть еще свои тайны, но что съ теченіемъ времени ихъ становится все меньше и меньше; въ его работѣ можно найти разъясненіе такихъ явленій, которыя еще недавно казались таинственными.

Что «наилучшимъ матеріаломъ всегда будетъ сталь, лишенная вредныхъ примѣсей», какъ сказалъ *Stead*, — это общее положеніе, съ которымъ всякій согласится; *Ridsdale* же хотѣлъ обратить вниманіе на то, что въ практическомъ примѣненіи этого положенія нужно сообразоваться съ обстоятельствами; — вѣдь, и нечистая сталь находитъ себѣ примѣненіе.

Со всѣмъ тѣмъ, что сказалъ проф. *Turner*, вполне соглашается *Ridsdale*.

Замѣтка о производствѣ несварныхъ стальныхъ трубъ и полыхъ цилиндровъ — докладъ *H. Ehrhardt*. На 3-хъ страницахъ (289 — 291) своего сообщенія авторъ говоритъ, въ самыхъ общихъ выраженіяхъ, о патентованномъ имъ способѣ прокатки полыхъ цилиндрическихъ болванокъ, продыравленныхъ по способу *Gleichmann*'а, въ трубы большого діаметра или цилиндры для паровыхъ котловъ, гидравлическихъ прессовъ, аккумуляторовъ и пр.

Фирма *Reisholz* готовить уже этимъ способомъ цилиндры до 8' діам. и до 10' длиной съ такою точностью въ соблюденіи размѣровъ, какая только можетъ быть желаема.

Къ тому немногому, что сообщено было *H. Ehrhardt* омъ въ его замѣткѣ, добавилъ нѣсколько словъ *R. Daelen*, указавъ, что прокатка полыхъ цилиндровъ по способу *H. E.* требуетъ затраты такой же работы, какъ и прокатка листовъ, производство же ихъ обходится не дороже скленки цилиндровъ изъ листовъ; катанные цилиндры, конечно, имѣютъ преимущества большей прочности и легкости.

Управление горѣніемъ и распределеніемъ тепла въ коксовальныхъ печахъ — докладъ *D. Louis* (стр. 293 — 307). Въ отличіе отъ обычнаго типа докладовъ Обществу Желѣза и Стали, настоящий докладъ не представляетъ ни самостоятельнаго изслѣдованія, ни оригинальнаго описанія новыхъ или малонизвѣстныхъ устройствъ. Авторъ его, послѣ краткаго историческаго введенія, въ которомъ указываются существенныя черты устройства коксовальныхъ печей главнѣйшихъ типовъ, подробно описываетъ печи *Brunck* и *von Bauer'a* ¹⁾, останавливаясь съ наибольшей подробностью на послѣднихъ, такъ какъ работу ихъ онъ наблюдалъ лично на одной изъ копей фирмы *Krupp'a*.

Собственно управленія горѣніемъ и распределеніемъ тепла *Louis* касается настолько, насколько это нужно для пониманія дѣйствія печей двухъ названныхъ системъ.

Словесныхъ преній по поводу доклада *Louis* не было, письменное же заявленіе прислалъ одинъ *William Hawdon*. Въ немъ оппонентъ упрекнулъ докладчика за то, что онъ не даетъ того, что обѣщаетъ въ заглавіи доклада, такъ какъ рекомендуетъ не то или иное распределеніе тепла при процессѣ коксованія, а лишь одну изъ описываемыхъ имъ системъ печей, при томъ, — худшую, по мнѣнію оппонента, такъ какъ въ ней должно наблюдаться сосредоточеніе наибольшаго жара въ верхнихъ частяхъ камеръ, что способствуетъ разложенію продуктовъ перегонки и дѣлаетъ менѣе выгодной утилизацію части ихъ. Далѣе, оппонентъ указываетъ, что *Louis*, дѣлая сравненіе результатовъ работы печи *Otto-Hilgenstock'a* и *von Bauer'a*, ссылается на слова случайно встрѣченнаго имъ мастера; — оппонентъ протестуетъ противъ подобнаго рода доказательствъ, какъ непринятыхъ въ докладахъ, которые читаются на митингахъ Общества Желѣза и Стали. Самое сравненіе сдѣлано докладчикомъ неправильно: печи *von Bauer'a* хотя и даютъ большую производительность, но и объемъ ихъ больше печей *Otto-Hilgenstock'a*; на единицу вмѣстимости производительность и тѣхъ, и другихъ одинакова.

D. Louis, отвѣчая на сообщеніе *Hawdon'a*, высказываетъ подробнѣе свои соображенія объ управленіи горѣніемъ и распределеніемъ тепла въ коксовальныхъ печахъ ²⁾; объясняетъ, что въ печахъ *von Bauer'a* высокая температура не сосредоточивается въ верхнихъ частяхъ камеръ, и отрицаетъ разложеніе цѣнныхъ продуктовъ перегонки. Цифры, взятая отъ мастера фирмы *Krupp'a*, не имѣющаго ничего общаго со строителями печей, онъ, *Louis*, считаетъ достоверными и интересными для Общества. Если выходъ кокса на единицу вмѣстимости сравниваемыхъ печей и одинаковъ, то продолжительность коксованія различна: для печей *von Bauer'a* — 31 часъ, а для *Otto-H.* — 49 часовъ.

Вліяніе кремнія на желѣзо (стр. 312 — 328) — представленный *Th. Baker* докладъ, къ которому болѣе подходитъ заглавіе — «нѣкоторыя свойства кремнистой стали», такъ какъ

¹⁾ Печи эти описаны впервые на русскомъ языкѣ въ „Горнозаводскомъ Листкѣ“ въ 1901 году.

²⁾ Соображенія эти настолько общаго характера, что едва-ли умѣстны въ спеціальному докладу

произведенныхъ авторомъ изслѣдованій далеко недостаточно для того, чтобы вполне выяснитъ вліяніе кремнія на желѣзо (не достаѣтъ пробъ на сварку, гибъ, ударныхъ испытаній, опредѣленій твердости, вліянія закалки и выводовъ изъ наблюденій надъ строеніемъ стали).

Вліяніе кремнія на желѣзо,—говоритъ авторъ,—давно уже привлекало къ себѣ вниманіе изслѣдователей, но результаты произведенныхъ ими наблюденій довольно противорѣчивы. Основываясь на нихъ, *H. H. Campbell* недавно могъ сдѣлать только тотъ выводъ, что кремній не можетъ быть отнесенъ къ числу элементовъ, нагубно вліяющихъ на желѣзо, такъ какъ небольшія количества его не обнаруживаютъ этого дѣйствія.

Невозможность получения сплавовъ желѣза съ кремніемъ съ ничтожнымъ содержаніемъ углерода и марганца составляла большое затрудненіе для прежнихъ изслѣдователей вліянія кремнія. Теперь это затрудненіе устранено: въ электрическихъ печахъ и способомъ Гольдштадта можно получать очень богатые сплавы кремнія съ незначительными количествами углерода и марганца, но за то въ нихъ приходится имѣть дѣло съ алюминіемъ и кальціемъ. Авторъ, на примѣръ, приготовлялъ свои сплавы, содержащіе отъ 1% до 11% *Si*, изъ ферросилиція такого состава: *C* 0,27%, *Mn* 0,47%, *Si* 81%, *Al* 4,44% и *Ca* 1,21%. Ферросилицій сплавлялся съ потребнымъ количествомъ шведскаго кричного желѣза (марки—малое *s*), содержащаго 99,72% желѣза и позволившаго получить литой металлъ, содержащій лишь 0,158% *всѣхъ* примѣсей и, въ томъ числѣ, 0,024% *Si*. Сталь, отливавшаяся въ слитки сѣченія $1\frac{3}{4}'' \times 1\frac{3}{4}''$, застывала, быстро переходя изъ жидкаго состоянія въ твердое и образуя тѣмъ большую усадочную раковину, чѣмъ больше было въ ней кремнія. Слитки прокатывались въ валкахъ въ круглое $\frac{7}{8}''$ желѣзо очень хорошо до содержанія $7\frac{1}{2}\%$ *Si* включительно; сплавъ же съ 7,9% *Si* не могъ быть прокатанъ. Бруски полученной прокаткой кремнистой стали подвергались совершенно одинаковой термической обработкѣ; часть ихъ нагревалась до 1000° С. и затѣмъ охлаждалась на воздухѣ. Нижеслѣдующая табличка содержитъ результаты механическихъ испытаній на разрывъ пробъ, обработанныхъ указаннымъ способомъ (въ оригинальной таблицѣ автора онѣ названы «нормальными»). Каждая цифра есть среднее арифметическое изъ результатовъ двухъ испытаній. (Стр. 448).

Приведенные результаты позволяютъ автору сдѣлать слѣдующій выводъ: введеніе кремнія въ желѣзо повышаетъ предѣлъ упругости и сопротивленіе разрыву (до содержанія 4% *Si*) сплава, но на счетъ уменьшенія тягучести желѣза; это уменьшеніе тягучести малозамѣтно до содержанія 3% *Si* въ образцахъ, подвергнутыхъ очень продолжительному отжигу (и до 2% *Si* въ нормальныхъ); за указанными предѣлами сплавъ перестаетъ быть тягучимъ.

Изслѣдованіе кривыхъ охлажденія (послѣ предварительнаго нагрева до 950 С.) показало, что для почти чистаго желѣза (*C*—0,044%) можно все-таки подмѣтить 3 критическія точки: *Ar*₁—673°, *Ar*₂—740° и *Ar*₃—851° С. Точка *Ar*₁ наблюдается и въ сплавѣ, содержащемъ 1% *Si*; микроскопическимъ изслѣдованіемъ обнаруживается въ этомъ сплавѣ, какъ и въ чистѣйшемъ образцѣ, присутствіе незначительнаго количества перлита (или цементита—въ долго отжигавшихся образцахъ), который исчезаетъ въ сплавахъ съ болѣе высокимъ содержаніемъ *Si*. Критическая точка *Ar*₃ отсутствуетъ въ кремнистой стали, а *Ar*₂ правильно понижается на 8° съ каждымъ процентомъ прибавляемаго кремнія.

Микроскопическія изслѣдованія автора не закончены, какъ сознается онъ самъ, не будучи въ состояніи объяснить тѣхъ измѣненій микроструктуры, которыя онъ наблюдалъ.

Проф. *Turner*, открывая пренія, подтвердилъ нѣкоторыя изъ соображеній, высказанныхъ авторомъ доклада, указавъ, однако, на то, что онъ, *Turner*, побоялся бы ввести въ пробные сплавы столько алюминія, сколько вводилъ его *Baker*. По мнѣнію *Turner*'а, выводы изъ наблюденій *Baker*'а находятся въ полномъ согласіи съ результатами произведенныхъ

С о с т а в ъ с т а л и.				П р о б а н а р а з р и в ѣ ть.				
<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>C</i>	Предѣлъ упругости кгт. на квтм.	Сопротивленіе разрыву кгт. на квтм.	Удлиненіе въ %/о	Сокращеніе поперечнаго сѣченія.	Видъ излома.
1 0,036%	0,024%	99,442%	0,044%	18,1	35,3	43,0	67,0	Сѣрый мелко- кристал- лическій.
2 0,075%	1,020%	98,790%	0,038%	38,4 (?)	47,7	35,5	66,8	
3 0,040%	2,125%	97,680%	0,036%	33,4	50,9	25,0	28,7	
4 0,061%	2,903%	96,870%	0,038%	42,6	48,8 (?)	4,3	4,2	Крупно- кристал- лическій.
5 0,062%	4,026%	95,733%	0,038%	57,0	57,0	0,0	0,0	
6 0,072%	4,885%	94,814%	0,040%	56,8	56,8	0,0	0,0	
7 0,061%	5,998%	93,753%	0,038%	25,1	25,1	0,0	0,0	Крупно- кристал- лическій.
8 0,218%	7,470%	—	—	32,6	32,6	0,0	9,0	

раньше изслѣдованій надъ вліяніемъ незначительныхъ количествъ (до 0,5%) кремнія ¹⁾; въ свое время *Turner* формулировалъ результаты этихъ изслѣдованій такъ: «слитки стали, содержащей до 0,5% *Si* (и вмѣстѣ съ тѣмъ 0,5% *Mn*), катаются хорошо, не обнаруживая и признаковъ красноты, свариваются совершенно и не хрупки на холоду. Результаты испытаній на разрывъ мѣняются, — если только мѣняются, — мало отъ присутствія кремнія въ количествѣ менѣе 0,15%; при высшемъ содержаніи кремнія предѣлъ упругости и сопротивленіе разрыву возрастаютъ, но въ меньшей степени, чѣмъ отъ соответственныхъ количествъ углерода».

Turner полагаетъ, что изслѣдованія *Baker*'а оставили неразъясненными немало вопросовъ, открытыхъ для дальнѣйшихъ изысканій; такіа изысканія производятся въ настоящее время въ Бирмингемѣ.

A. Campion, отозвавшись съ похвалою объ обсуждавшейся работѣ, указалъ на отсутствіе въ ней результатовъ ударныхъ испытаній; пробы падающимъ грузомъ дали бы возможность автору сдѣлать нѣкоторые важные выводы, но крайней мѣрѣ, — относительно стали, не содержащей много кремнія.

R. A. Hadfield въ письменномъ сообщеніи выражаетъ удовольствіе по поводу того, что работа *Baker*'а подтверждаетъ его собственныя изслѣдованія, представленныя Обществу въ 1889 году. *Hadfield*, соглашаясь съ *Campion*, находитъ для кремнистой стали очень полезнымъ испытаніе падающимъ грузомъ.

I. W. Spencer заявилъ, что ему никогда не удавалось убѣдиться во вредномъ вліяніи на желѣзо небольшихъ количествъ кремнія; что же касается кремнистой стали, содержащей до 2% *Si*, то *Spencer* давно уже стремился ввести ее въ употребленіе, какъ строительную сталь, которая, при незначительномъ содержаніи углерода, обладаетъ очень цѣнными для практическаго примѣненія свойствами. Однако, цѣна кремнистыхъ сплавовъ была прежде такъ высока, что широкаго распространенія кремнистая сталь не могла найти. Теперь, когда обстоятельства значительно измѣнились, онъ, *Spencer*, возвратился къ своимъ опытамъ съ кремнистой сталью и можетъ подтвердить наблюденіе *Baker*'а, что уменьшеніе тягучести желѣза очень незначительно, пока содержаніе *Si* не дойдетъ до 3%; такая сталь хорошо куется и раскатывается въ тончайшіе листы.

I. E. Stead въ своемъ сообщеніи высказалъ только похвалы обсуждавшейся работѣ, дѣлающей, по его мнѣнію, честь какъ автору, такъ и металлургической лабораторіи Шеффилдскаго университета, гдѣ она выполнена.

L. Guillet, только что закончившій часть своихъ изысканій надъ свойствами кремнистой стали, сообщилъ вкратцѣ свои выводы, существенно уясняющіе вопросъ о вліяніи кремнія на желѣзо.

Guillet экспериментировалъ съ 2 сериями кремнистыхъ сплавовъ; въ первой изъ нихъ содержаніе углерода было 0,20%, а во второй, — 0,8%; количество кремнія въ сплавахъ обѣихъ серій измѣнялось отъ 0% до 30%.

Микроскопическое изслѣдованіе сплавовъ показало, что строеніе ихъ такое же, какъ и углеродистой стали, если содержаніе кремнія не превосходитъ 5%; отжигъ сообщаетъ имъ крупнокристаллическое строеніе, какъ и углеродистой стали. При содержаніи кремнія 5%—7% наблюдалось выдѣленіе части углерода въ видѣ графита. Сплавъ съ 7%—20% *Si* представляетъ твердый растворъ кремнія въ желѣзѣ; при повышеніи содержанія кремнія до 30%

¹⁾ Замѣтимъ, кстати, что *Baker* выпустилъ изъ своей серіи сплавовъ такіе, въ которыхъ кремній находится въ количествахъ, напаче встрѣчающихся въ практикѣ. *М. П.*

образуется определенное химическое соединение—кремнистое желѣзо, состава $FeSi$, изолированное и химическими реагентами. Продолжительным отжигомъ весь углеродъ кремнистой стали можетъ быть выдѣленъ въ видѣ графита, для чего требуется тѣмъ болѣе времени и тѣмъ болѣе высокая температура, чѣмъ меньше кремнія содержитъ сталь.

Малоуглеродистая сталь, содержащая не болѣе 7% Si , хорошо катается въ валкахъ, а высокоуглеродистая—лишь въ томъ случаѣ, если кремнія въ ней не болѣе 5%. Механическія испытанія производились, поэтому, надъ пробами, заключающими въ себѣ кремнія не выше указанныхъ предѣловъ. Закалка значительно увеличиваетъ предѣлъ упругости кремнистой стали, не уменьшая чувствительно удлиненія и сокращенія поперечнаго сѣченія. Ударная проба закаленныхъ брусковъ дала замѣчательные результаты: для излома закаленныхъ брусковъ требуется почти двойная работа, сравнительно съ работой, затрачиваемой для излома незакаленныхъ брусковъ.

Th. Baker, отвѣчая проф. *Turner*'у, ссылается на *Arnold*'а, въ статьѣ котораго,—«вліяніе элементовъ на желѣзо»,—показано, что алюминій оказываетъ очень слабое дѣйствіе на желѣзо, почему онъ, *Baker*, считаетъ маловѣроятнымъ, чтобы тѣ незначительныя количества алюминія, которыя онъ вводилъ въ свои сплавы, могли замѣтно измѣнить результаты испытаній. Далѣе, *Baker* признаетъ высокую цѣнность того, что сообщали по поводу его доклада *Guillet* и *Spencer*, и благодаритъ своихъ оппонентовъ за ихъ указанія, въ какомъ направленіи его изслѣдованія должны быть продолжаемы.

Преніями по поводу доклада *Baker*'а окончились занятія митинга, такъ что остальные представленныя доклады, по недостатку времени, *зачтены прочтенными*.

Новые опыты надъ диффузіей сѣрнистыхъ соединений въ стали—сообщеніе профессора *E. D. Campbell* о результатахъ нѣсколькихъ новыхъ опытовъ, пополненныхъ его ассистентомъ *W. H. Allen* (стр. 338—348).

Первое сообщеніе, которое сдѣлалъ *E. D. Campbell* Обществу Желѣза и Стали (*Jour. I. & S. E. I.*, 1897 II) о диффузіи сѣрнистаго желѣза, вызвало въ свое время серьезныя возраженія со стороны *Stead*'а; въ отвѣтъ на нихъ *Campbell* предпринялъ дальнѣйшее изслѣдованіе вопроса, выяснившее (*Ibid.*, 1898, II), что при температурѣ 1200° С. желѣзо дѣлается наиболѣе проницаемо для окисѣрнистаго желѣза, которое, проходя чрезъ стѣнки желѣзной трубки, не обогащаетъ металлъ сѣрой.

Правильность этого заключенія поддержалъ *I. O. Arnold* въ своей работѣ «о диффузіи элементовъ въ желѣзѣ» (*Ibid.*, 1899, I); однако, недавно *Le-Chatelier* и *Циглеръ* (*Bul. d'Encourag.*, v. CIII, 368) указали на то, что *Campbell* сдѣлалъ невѣрный выводъ изъ своихъ наблюденій, такъ какъ сѣрнистое желѣзо могло, минуя стѣнки трубки, проходить въ зазорѣ между ними и пробкой, тѣмъ болѣе, что сѣрнистое желѣзо на своемъ пути могло растворять металлъ.

Новые опыты, описанныя въ этомъ сообщеніи, имѣли цѣлью, устраненіемъ подмѣченныхъ критиками недостатковъ, подтвердить фактъ диффузіи, что, по мнѣнію *Campbell*, и достигнуто.

Проф. *I. O. Arnold*, въ письменномъ сообщеніи, снова подтверждаетъ выводъ *E. D. Campbell*, находя его неподлежащимъ сомнѣнію.

Stead признаетъ, что *Campbell* обставилъ новыя свои опыты болѣе научно, чѣмъ предшествовавшіе, и что сѣрнистое желѣзо не могло уже проходить въ зазоръ, но *Stead* находитъ излишними дальнѣйшіе опыты въ длинныхъ полыхъ цилиндрахъ, лишенныхъ пробокъ.

Замѣтка о термической обработкѣ рельсовъ съ высокимъ содержаніемъ марганца (стр. 353—357)—сообщена *I. S. Lloyd*, производившимъ, по мысли *Stead*'а, описанія имъ наблюденія на заводѣ Новороссійскаго общества (*Юза*).

Рельсы имѣли такой составъ: $C=0,46\%$, $Mn=1,33\%$, $Si=0,085\%$, $S=0,054\%$ и $P=0,044\%$. Часть ($1/3$) изслѣдуемой партіи отгѣзковъ (4') рельсовъ оставлена была въ нормальномъ состояніи, $2/3$ были нагрѣты до нормальной температуры, при которой выдается для прокатки рельсовая болванка (въ печи— $1400^{\circ}C$.), и, затѣмъ, медленно охлаждена. Половина обработанныхъ такимъ образомъ рельсовъ была нагрѣта до $950^{\circ}C$. и медленно, въ печи, охлаждена.

Отгѣзки рельсовъ были подвергнуты механическимъ испытаніямъ и микроскопическому изслѣдованію строенія ихъ. Выводы, къ которымъ пришелъ *Lloyd*, таковы:

1) Подтверждается наблюденіе *Arnold*'а, что увеличеніе количества марганца въ стали увеличиваетъ массу карбида; при содержаніи $1,33\%$ *Mn* уже $0,5\%$ *C* достаточно, чтобы въ стали не было свободного феррита.

2) Обычный способъ производства рельсовъ изъ стали указанного выше химическаго состава даетъ очень хрупкій продуктъ (удлиненіе отъ $7\frac{1}{2}\%$ до $8,8\%$).

3) Медленное охлажденіе послѣ нагрѣва до $950^{\circ}C$. дѣлаетъ эту сталь вдвое болѣе тягучей, но за то и уменьшаетъ значительно ея вязкость (сопротивленіе разрыву «нормальныхъ» рельсовъ 78 kgr., а отожженныхъ 66 kgr., а удлиненіе до 19%).

4) Строеніе стали, обработанной какъ указано выше, дѣлается значительно лучше: величина зеренъ становится въ 2 раза мельче, чѣмъ у «нормальныхъ» рельсовъ.

I. E. Stead, по поводу замѣтки *Lloyd*'а, прислалъ письменное сообщеніе, въ которомъ говорить, что наблюденія, произведенныя *Lloyd*омъ, приводятъ къ тому же заключенію, къ которому, работая независимо на заводѣ *Estons*, пришелъ *Arthur Richards*,—что обычная температура, при которой ведется прокатки рельсовъ, настолько высока, что способствуетъ полученію хрупкаго продукта, если рельсы медленно охлаждаются на воздухѣ. Температуру въ $950^{\circ}C$. для отжига рельсовъ, указанного въ замѣткѣ состава, *Stead* находитъ слишкомъ высокой.

Термическая обработка стали—изслѣдованіе *William Campbell*, исполненное въ 1902 году и удостоенное Обществомъ Жѣлѣза и Стали стипендіи *Carnegie* (стр. 359—132). Докладъ, вмѣсто предисловія, начинается двумя письмами проф. *H. M. Howe*, изъ которыхъ видно, что предпринимаемое авторомъ изслѣдованіе есть работа на тему, данную *Howe*, указавшему и задачу работы, ея планъ и методъ изслѣдованія.

Материаломъ для изслѣдованія была исключительно сталь средней твердости ($0,50\%$ *C* и $0,98\%$ *Mn*). Эта сталь подвергалась разнообразной термической обработкѣ (нагрѣвалась до разныхъ температуръ, лежавшихъ между 659° и $1390^{\circ}C$., охлаждалась въ печи, въ извести, на воздухѣ, въ водѣ) и, затѣмъ,—обычнымъ механическимъ испытаніямъ, изслѣдованію подъ микроскопомъ и опредѣленію электропроводности. Для опредѣленія наиболѣе подходящей температуры обработки перегрѣтая (до $1400^{\circ}C$.) сталь, въ видѣ прутьевъ очень малаго поперечнаго сѣченія ($7/16''$ квадр.), прокатывалась въ лабораторныхъ валкахъ ($2\frac{1}{2}''$ діам.).

Результаты подробно описанныхъ опытовъ и наблюденій *W. Campbell* представилъ многочисленными таблицами цифровыхъ данныхъ и 73 прекрасно воспроизведенными микрофотографіями. Послѣднія, по нашему мнѣнію, составляютъ наиболѣе цѣнную часть доклада, такъ какъ *все онѣ* изображаютъ строеніе стали одного и того же химическаго состава, но различнымъ образомъ обработанной.

Авторъ резюмируетъ свои изслѣдованія нижеслѣдующими выводами.

Въ строеніи стали, служившей предметомъ изслѣдованія (т. е. съ $0,5\%$ *C*), принимаютъ участіе перлитъ и ферритъ. Перлиту сообщается наиболѣе мелкозернистое строеніе нагрѣваніемъ до $710^{\circ}C$. (т. е. чуть выше A_1 для этой стали); дальнѣйшій нагрѣвъ ведетъ къ пріобрѣтенію перлитомъ крупнозернистаго строенія. Зерна феррита, наоборотъ, при нагрѣвѣ выше

Ac_1 постепенно уменьшаются, вследствие растворения в мартенситѣ, образование котораго заканчивается при 750°C . (т. е. при Ac_{2-3}). Значитъ, сталь приобретает мелкозернистое строение между Ac_{2-3} и Ac_1 , т. е. в данномъ случаѣ между 750° и 710°C .

Удлинение и предѣлъ упругости достигаютъ наименьшей величины, если сталь охлаждена отъ температуры 700°C .; наибольшаго значенія они достигаютъ при охлажденіи стали отъ 750°C . Наибольшее сопротивленіе разрыву дала сталь, закаленная в водѣ между 730° и 740°C .¹⁾ *Minimum* сокращенія поперечнаго сѣченія и удлиненія наблюдался в стали, закаленной при 700° (т. е. при Ac_1 или Ar_{2-3}).

Электропроводность стали значительно уменьшается закалкой; *minimum* совпадаетъ съ Ac_1 (т. е. 700°C).

При прокаткѣ перегрѣтой стали наиболѣе подходящая температура прута, покидающаго валики, оказалась совпадающей съ критической точкой Ac_{2-3} при охлажденіи, т. е. в данномъ случаѣ около 700° ($Ar_1 = 660^\circ \text{C}$).

Докладъ *W. Campbell* не вызвалъ обсужденія письменными сообщениями.

Пережогъ и перегрѣвъ стали (стр. 433—466)—докладъ проф. *A. Stansfield*, тоже удостоенный Обществомъ Жѣлѣза и Стали стипендіи *Carnegie*.

Предпринимая свое изслѣдованіе, авторъ поставилъ себѣ цѣлью отвѣтить на вопросы: 1) при какихъ условіяхъ сталь становится «переженной»? 2) какова сущность такъ называемаго «пережога»? и 3) можетъ ли и какимъ путемъ можетъ переженная сталь стать пригодной для употребленія?

Авторъ заявляетъ, что онъ не въ состояніи окончательно разрѣшить вышепоставленные вопросы, такъ какъ его изслѣдованіе не окончено, но оно даетъ нѣкоторые указанія, которыя, можетъ быть, помогутъ другимъ приблизиться къ ихъ разрѣшенію.

Такъ какъ «пережогъ»—мало изслѣдованное явленіе, самое опредѣленіе котораго не установлено точно, то авторъ начинаетъ свой докладъ краткимъ извлеченіемъ изъ тѣхъ литературныхъ источниковъ, въ которыхъ разсматривается вопросъ о пережогѣ стали. Затѣмъ, онъ описываетъ собственныя изысканія, которыя производились надъ 6 образцами стали, взятой въ видѣ круглыхъ прутьевъ 1" въ діаметрѣ, съ содержаніемъ углерода, измѣнявшимся отъ 0,111% до 1,48%. Предпочитая имѣть дѣло съ обыкновенной торговой сталью, авторъ не приготовилъ чистой углеродистой стали, такимъ образомъ его образцы содержали 0,2—0,6% *Mn* и до 0,25% *Si* (*S* и *P* очень мало). Сущность опытовъ состояла въ нагрѣвѣ (въ газовой печи) стали до опредѣленной температуры и опредѣленія ея физическихъ свойствъ механическими испытаніями и изслѣдованіи строенія ея подъ микроскопомъ. Но, такъ какъ хрупкость стали появляется не только при пережогѣ, но и при перегрѣвѣ, то, чтобы устранить вліяніе перегрѣва и сдѣлать результаты испытаній сравнимыми, авторъ отжигалъ всѣ пробы до температуры высшей критической точки; хрупкость, неустраненная отжигомъ, являлась, значитъ, слѣдствіемъ пережога. Въ виду того, что пережогъ стали связывается нѣкоторыми съ явленіемъ разбрасыванія сталью блестящихъ искръ, авторъ произвелъ опредѣленіе температуръ, при которыхъ искры начинаютъ разбрасываться и когда начинается пережогъ тѣхъ же образцовъ стали. Оказалось, что между этими двумя явленіями прямой связи нѣтъ: температура пережога колеблется въ широкихъ предѣлахъ, въ зависимости отъ содержанія углерода въ стали, а появленіе искръ происходитъ въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ температуръ, какъ видно изъ нижеслѣдующаго:

¹⁾ Закалка при болѣе высокой и при болѣе низкой температурѣ резко уменьшаетъ сопротивленіе разрыву относительно *maximum'a* (141 *kgr.*); *minimum* соотвѣтствуетъ 820°C . (41 *kgr.*).

Сталь съ 0,111% C	не пережигается	при 1427°	пекры въ ней появляются	при 1346°
» » 0,295 » »	» » » »	» 1338°	» » » »	» 1338°
» » 0,627 »	легко пережигается	» 1325°	» » » »	» 1325°
» » 1,082 »	пережигается	1302°—1316°	» » » »	» 1316°

Свои отвѣты на поставленные въ предисловіи 3 вопроса авторъ резюмируетъ въ заключеніи такимъ образомъ:

Изученіе структуры показываетъ, что пережоги зависятъ отъ *частичнаго накаливанія* стали (или вытапливанія болѣе легкоплавкихъ соединений изъ нея). Это явленіе служитъ непосредственной причиной хрупкости стали и—косвенной, способствуя окисленію ея. Нѣкоторые металлурги считаютъ сталь пережженной только тогда, когда она окислена; авторъ настаиваетъ поэтому на томъ, что окисленіе сопровождается *частичное плавленіе* лишь въ послѣдней, третей, стадіи пережога ¹⁾; второй стадіей авторъ называетъ *частичное плавленіе*, соединенное съ образованіемъ трещинъ (между соприкасающимися поверхностями кристалловъ), по которымъ плавящаяся, болѣе углеродистая, часть металла можетъ вытекать; первой стадіей авторъ считаетъ *частичное плавленіе*, неосложненное другими явленіями и сопровождаемое лишь ликвиціей.

Сталь въ первой стадіи пережога исправляется продолжительнымъ отжигомъ, которымъ составъ стали снова дѣлается однороднымъ; необходимая для этого температура должна быть, конечно, ниже той, при которой сталь пережжена, но выше, чѣмъ требуется для отжига перепрѣтой стали (у автора она была около 1150° C.). Во второй стадіи для исправленія стали требуется, кромѣ отжига, содѣйствіе проковки, чтобы устранить вліяніе трещинъ. Относительно окисленного металла, авторъ выражаетъ сомнѣніе въ возможности его исправленія.

Въ присланномъ письменномъ сообщеніи *Stead* заявилъ, что онъ радъ подтвердить часть заключеній автора, работа котораго заключаетъ въ себѣ оригинальную идею, подтверждаемую оригинальными опытами.

Stead воспроизводитъ явленія пережога погруженіемъ полосъ стали въ жидкій доменный шлакъ, имѣвшій температуру около 1350° C.; такимъ образомъ, окисленіе стали совершенно устранялось; наблюдавшееся имъ же, *Stead*омъ, окисленіе металла при пережогахъ въ печи происходило часто уже послѣ того, какъ сталь вынималась изъ печи. Явленіе ликвиціи сильноуглеродистой стали (болѣе 1% C) при пережогахъ *Stead* тоже наблюдалъ: изъ полосы стали съ 1,4% C въ жидкомъ доменномъ шлакѣ вытапливался каплями металлъ, содержавшій около 2% C. Что касается ликвиціи въ малоуглеродистой стали (0,1%—0,5% C), то *Stead* считаетъ опыты *A. Stansfield*'а недостаточными для окончательнаго рѣшенія вопроса.

A. Stansfield, въ своемъ отвѣтѣ *Stead*'у, соглашается съ оппонентомъ въ томъ, что онъ, дѣйствительно, произвелъ очень мало опытовъ съ мягкой сталью, и что съ нею изслѣдованіе должно быть продолжено.

Докладомъ *A. Stansfield*'а оканчивается та часть *Journal of the Iron and Steel Institute*, въ которой помѣщены труды членовъ Общества; далѣе напечатана краткая замѣтка (стр. 474—491) секретаря общества о ходѣ занятій митинга и экскурсіяхъ, совершенныхъ

¹⁾ Нужно замѣтить, что авторъ, повидимому, позабылъ, что участіе кислорода въ пережогахъ можетъ быть обнаружено простымъ путемъ, т. е. опредѣленіемъ количества его.

членами его, и, на послѣднихъ 270 страницахъ,—обзоръ специальной литературы, составленный секретаремъ общества при содѣйствіи двухъ сотрудниковъ и отличающийся обычными достоинствами.

М. Павловъ.

НОВЫЯ КНИГИ.

The Manufacture and Properties of Iron and Steel, by Harry Huse Campbell. Second edition-revised. XXIX + 862 in 8°, New-York. 1904. Цѣна 5 долларовъ.

Выходъ изъ печати въ началѣ прошлаго года *The Manufacture and Properties of Iron and Steel* былъ событіемъ въ специальной литературѣ. Изданіе разошлось менѣе чѣмъ въ годъ, и авторъ принужденъ былъ приступить къ новому изданію прежде, чѣмъ могъ внести въ него что-либо существенное; онъ успѣлъ лишь, какъ говорить въ предисловіи, немного подновить статистическія свѣдѣнія и исправить цифровыя ошибки, замѣченные въ описаніи желѣзодѣлательнаго производства Германіи.

Настоящее сочиненіе очень распространено у насъ, въ Россіи. Незадолго до выхода втораго изданія первое было переведено на русскій языкъ двумя техниками, независимо другъ отъ друга, и—не издано; не будетъ ли счастливѣе третье изданіе.

Указывать читателямъ «Г. Ж.» содержаніе и достоинства настоящаго сочиненія теперь было бы излишне; цѣль настоящей замѣтки—напомнить тѣмъ изъ нихъ, которые не успѣли обзавестись вторымъ изданіемъ, о выходѣ третьяго.

The Metallurgy of Steel, by F. W. Harbord, with a section on the *Mecanical Treatment of Steel* by I. Hall. XXIV + 758 in 8°, London, 1904. Цѣна 25 шиллинговъ.

Выходъ изъ печати этого, давно обѣщаннаго издателями, подробнаго курса металлургіи стали нельзя не привѣтствовать, какъ полезный вкладъ въ специальную литературу руководствъ по металлургіи, несмотря на нѣкоторые его недостатки, на которые мы, прежде всего, и укажемъ.

Чисто англійскій консерватизмъ автора, съ одной стороны,—не позволяетъ ему правильно оцѣнивать малопривычныя для него явленія заграничной практики, а съ другой,—способствуетъ возведенію въ общее правило того, съ чѣмъ сроднился авторъ въ своемъ отечествѣ.

Указанная особенность автора наиболѣе рельефно выразилась на стр. 209 его труда, гдѣ устанавливается нормальный составъ чугуна для различныхъ способовъ передѣла. Давая «типичный анализъ» для бессемеровскаго (кислаго) процесса, Harbord указываетъ содержаніе кремнія въ немъ 2,25%, оговариваясь, что оно не должно спускаться ниже 2,0%. Авторъ знаетъ, что въ С. Ш. С. А. и въ Швеціи продувають чугуны съ содержаніемъ 1% Si, а временами—и меньшимъ, но не останавливаетъ своего вниманія на этомъ интересномъ фактѣ. Для продувки чугуновъ въ конверторахъ съ основной набойкой содержаніе 3% P авторъ считаетъ *наиболѣе подходящимъ*, думая, вмѣстѣ съ тѣмъ, что содержаніе кремнія въ томасовскомъ чугунѣ *часто бываетъ болѣе 1%¹⁾*. Въ чугунѣ кислаго мартеновскаго процесса авторъ считаетъ нормальнымъ содержаніе 2% Si, а для основнаго—содержаніе фосфора 2%,

¹⁾ Harbord—сотрудникъ Thomas'а и одинъ изъ пионеровъ томасовскаго производства; поэтому, вѣроятно, онъ не находитъ нужнымъ считаться съ германской практикой.

прибавляя, что при работѣ съ чугуномъ, содержащимъ отъ 1,75% до 2% Р, были получены наилучшіе результаты.

Второй недостатокъ сочиненія *Harbord'a*—неравномѣрная обработка матеріала, а потому и неодинаково подробное изложеніе въ разныхъ частяхъ курса; напр., цѣлыя три страницы авторъ удѣляетъ таблицѣ *размѣровъ изложницъ* для отливки слитковъ, а на стр. 147 даетъ таблицу пропорціональных размѣровъ переводнаго клапана Сименса, между тѣмъ въ его сочиненіи нѣтъ таблицъ *размѣровъ мартеновскихъ печей* и, вмѣстѣ съ тѣмъ, нѣтъ никакихъ указаній на то, какъ эти размѣры опредѣляются.

Но, повторяемъ, консерватизмъ автора—чисто англійскій; онъ не помѣшалъ ему не забыть ни объ одномъ изъ новѣйшихъ методовъ работы и дать описаніе многихъ новѣйшихъ устройствъ, не скупясь на чертежи и перспективные рисунки,—ихъ въ сочиненіи 458, не считая *ста микрофотографій*, изображающихъ строеніе стали; этого, во всякомъ случаѣ, достаточно, чтобы избавить автора отъ упрека въ отсталости.

Сочиненіе дѣлится на 4 части, изъ коихъ только первая, или $\frac{1}{3}$ всего тома (стр. 1—248), посвящена собственно металлургіи стали, т. е. занята описаніемъ способовъ получения ся. Въ виду этого, изложеніе въ первой части не настолько подробно, какъ можно было бы ожидать по объему всего сочиненія, и, въ общемъ, не превышаетъ того круга познаній, какой требуется отъ студентовъ высшихъ спеціальныхъ школъ.

Первыя пять главъ *первой части* трактуютъ о бессемеровскомъ производствѣ,—объ устройствахъ, ходѣ процесса и термохимическихъ явленіяхъ его. Подсчитывая тепловой балансъ процесса, авторъ не принимаетъ во вниманіе роста теплоемкостей при возвышеніи температуры, что представляется намъ очень страннымъ въ современномъ сочиненіи и что ведетъ къ получению нелѣпаго результата: $\frac{1}{2}$ тепла, выделяемаго горѣніемъ элементовъ, остается на потери лучеиспусканіемъ и теплопроводностью стѣнокъ конвертора. Малые конверторы обратили на себя вниманіе автора и онъ описываетъ ихъ въ особой главѣ (III).

Глава VI (въ 28 страницъ) служитъ какъ бы введеніемъ къ мартеновскому производству: въ ней описывается устройство и работа генераторовъ. Авторъ даетъ изображеніе, чертежами съ проставленными размѣрами,—генераторовъ новѣйшихъ системъ, съ водяными поддувалами и автоматической завалкой горючаго, и указываетъ способъ подсчета коэффициента полезнаго дѣйствія генераторовъ.

Въ главахъ VII и VIII (на 74 страницахъ) авторъ излагаетъ мартеновское производство, давая достаточно свѣдѣній какъ о ходѣ работы въ печахъ, такъ и по теоріи процесса. Крупнымъ недостаткомъ этой части труда *Harbord* является отсутствіе всякихъ указаній по проектированію печей,—его не искупить и большимъ количествомъ чертежей, даваемыхъ авторомъ, тѣмъ болѣе, что нѣкоторые изъ нихъ изображаютъ обыкновенныя англійскія печи, конструкцию которыхъ нужно считать совершенно устарѣлой. Правда, что на ряду съ устарѣлыми устройствами *Harbord* даетъ и новѣйшія,—вращающуюся печь, работающую въ Англии по способу *Тальбота*, строящуюся на зав. *Brymbo* фабрику для работы способомъ *Бертранъ-Тилля*, нѣкоторые детали устройства, обыкновенно отсутствующія въ учебникахъ металлургіи.

Въ главѣ IX, скорѣе относящейся къ курсу технологіи металловъ, даются краткія свѣдѣнія о приготовленіи стальныхъ литыхъ издѣлій и отжигъ ихъ.

Производство цементной и тигельной стали описано на 18 страницахъ главы X; чертежи, сопровождающіе текстъ, изображаютъ старинныя устройства, фигурировавшія уже на страницахъ металлургіи *Перси*. Повидимому, производство тигельной стали составляетъ въ Англии секретъ практиковъ, такъ какъ сколько-нибудь обстоятельныхъ свѣдѣній о немъ не даютъ и англійскіе авторы.

Глава XI, всего въ 6 страницъ, сообщаетъ нѣкоторыя данныя о производствѣ броневыхъ плитъ. Здѣсь данъ интересный чертежъ печи для поверхностной цементации. Бронзовая плита помѣщается на желѣзнодорожной платформѣ, которая вкатывается въ печь черезъ проломъ въ короткой стѣнѣ печи.

Вторая часть (стр. 249—282), написанная *Harbord* совместно съ *Hall*, даетъ описаніе устройствъ и операций, связанныхъ съ нагрѣвомъ стали, почему она и названа въ подлинникѣ кратко—«heating». Двумя главами, XIII и XIV, эта часть дѣлится на двѣ половины: въ первой изъ нихъ описываются главнѣйшіе типы калильных печей, при чемъ описаніе сопровождается чертежами нѣсколькихъ построенныхъ на англійскихъ заводахъ простыхъ и газовыхъ печей, но среди нихъ нѣтъ чертежа обыкновенной нѣмецкой «roll-ofen»; во второй половинѣ—описываются вспомогательныя механическія устройства при калильных печахъ для подачи металла въ прокатные станы и посадка его въ печи.

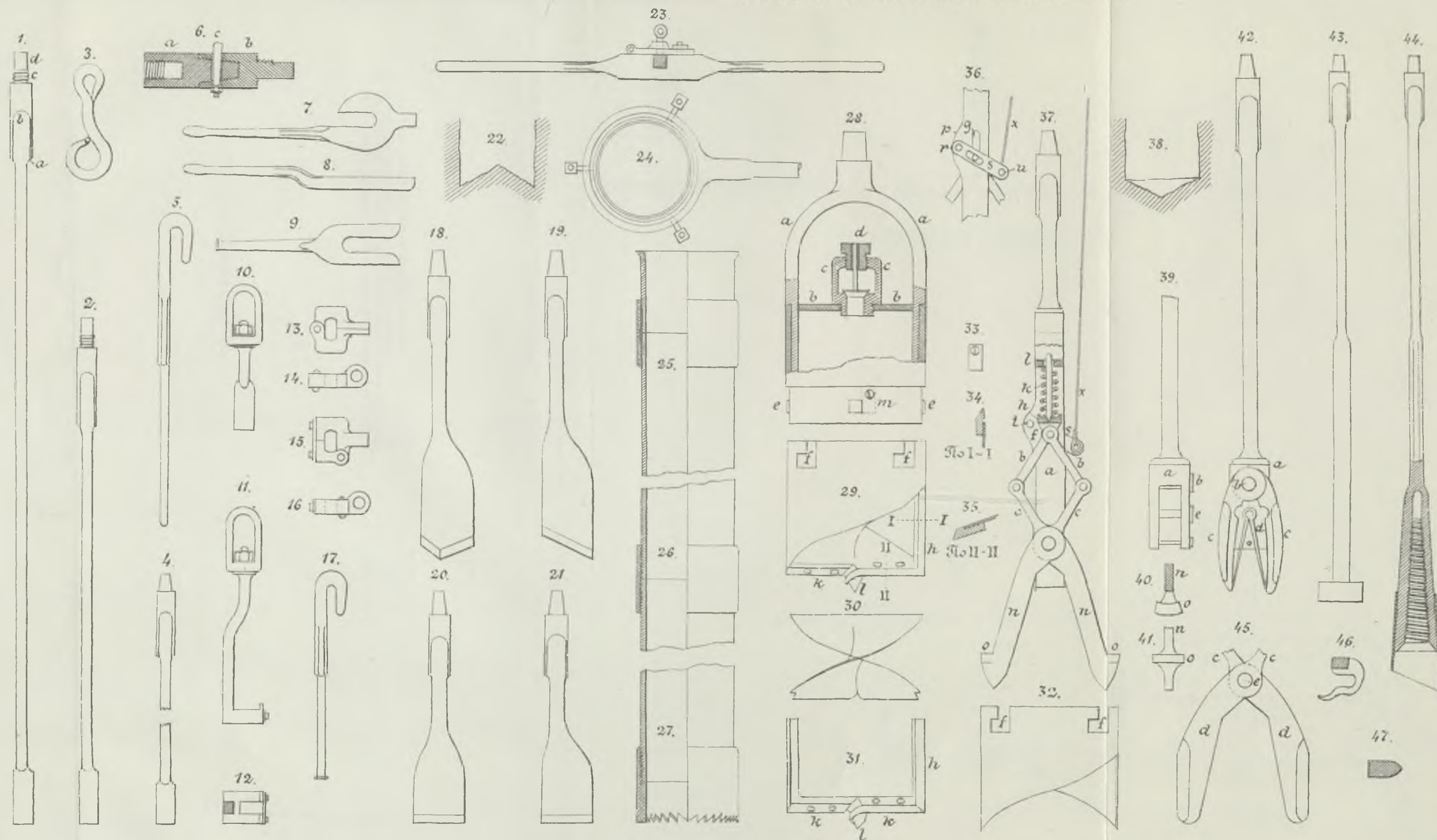
Третью часть (стр. 283—538), составляющую тоже $\frac{1}{3}$ всего тома, написалъ самостоятельно *John Hall*, по приглашенію *Harbord*, какъ специалистъ прокатного производства. Въ этой части излагается, по очень обширной программѣ, механическая обработка стали,—въ прокатныхъ валкахъ, подъ молотами, прессами—и, даже, волоченіе ея въ проволоку. Нужно сказать, что количество описанныхъ авторомъ устройствъ, въ число коихъ входитъ много новѣйшихъ,—очень велико; описаніе иллюстрируется большимъ числомъ рисунковъ, часто, однако, изображающихъ лишь перспективные виды устройствъ, но методъ изложенія автора таковъ, что исключаетъ употребленіе формулъ и обращеніе къ какимъ бы то ни было расчетамъ; напримѣръ, авторъ упоминаетъ о калибровкѣ валовъ, но не даетъ правилъ калибровки даже для простѣйшихъ профилей.

На послѣднихъ 200 страницахъ, въ *четвертой части*, *Harbord* излагаетъ свойства *готоваго продукта*: опредѣленіе физическихъ свойствъ его механическими испытаніями, химическій составъ стали и вліяніе отдѣльных примѣсей желѣза на свойства стали. Здѣсь же говорится о термической обработкѣ (для которой должно было бы найтись мѣсто въ началѣ *второй части*) и ея вліяніи на свойства металла. Особая глава этой части посвящена микроскопическому изученію *строенія металла*; въ приложеніи къ этой главѣ дано 100 микрофотографій съ краткимъ пояснительнымъ текстомъ къ нимъ. Наконецъ, подробно составленный указатель завершаетъ трудъ авторовъ и дѣлаетъ очень удобнымъ пользованіе имъ.

М. Павловъ.



Къ статьѣ горн. инж. С. А. Подьяконова: «Развѣдка золотыхъ россыпей бурениемъ».



Къ статьѣ горн. инж. С. А. Подьяконова: «Развѣдка золотыхъ розсыпей бурениемъ».

