

# ГОРНЫЙ ЖУРНАЛЪ

ИЗДАВАЕМЫЙ

ГОРНЫМЪ УЧЕНЫМЪ КОМИТЕТОМЪ.

Томъ Второй.

АПРѢЛЬ.

1887 года.

## СОДЕРЖАНІЕ:

### II. Горное и Заводское Дѣло.

Богословскій горный округъ. Гон. Инж.  
Е. Гривнака. (Bergewier von Bogoslawsk;  
von Berg-Ing. E. Griwnak). . . . . 1

### IV. Химія, Физика и Минералогія.

Этюды по аналитической кристаллогра-  
фії. Горн. Инж. Е. Федорова. (Analy-  
tisch-krystallographische Bemerkungen;  
von Berg-Ing. E. Fedoroff). . . . . 87  
Объ окислахъ золота. Г. Крюсса. (Ueber  
die Oxyde des Goldes; von G. Krüss) . 153

### V. Горное Хозяйство, Статистика и Исторія.

Выксунскіе чугуноплавильные и желѣзо-  
дѣлательные заводы. Инж. Путей Сообщ.  
Л. Любимова. (Hochöfen und Eisenhüt-  
ten zu Wyksunsk; von Wegebau-Ing.  
L. Ljubimoff) . . . . . 159

### VI. Смѣсь.

Замѣтка по поводу опытовъ надъ неф-

тянымъ отопленіемъ паровыхъ кот-  
ловъ по системѣ инженеръ-механика  
Пашивина. Проф. И. Тиме. . . . . 176  
Объ опредѣленіи углерода въ желѣзѣ по  
способу Стѣда. . . . . 178  
Искусственное приготовленіе рубиновъ.  
Фремы . . . . . 181  
Объ уменьшеніи земного радіуса со вре-  
мени образованія твердой коры зем-  
ной. А. де-Лаппаранъ . . . . . 183  
Опредѣленіе органическихъ веществъ въ  
минеральной водѣ . . . . . 184  
Исслѣдованія на рѣкѣ Сосьвѣ . . . . . 185  
Горная промышленность на югѣ Россіи  
за 1886 г. . . . . 186  
М. И. Яшевскій. (Некрологъ). . . . . 188

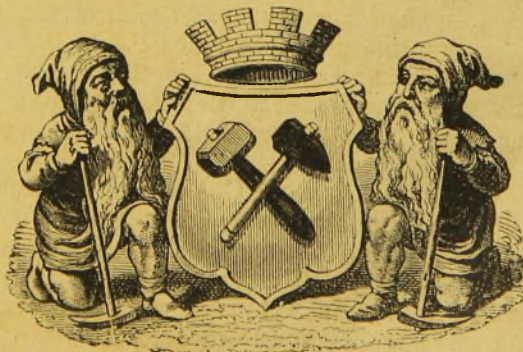
### VII. Библиографія.

#### Новыя книги:

Die Metallurgie, von Dr. Stölzel . . . 190  
Grundriss der Edelstein-Kunde, von Dr.  
Groth . . . . . 191

#### Объявленія.

Къ этой книжкѣ приложены четыре таблицы чертежей.  
Въ приложеніи помѣщается окончаніе отчета Проф. Н. Юсса: „Работы лабораторіи Министер-  
ства Финансовъ втеченіе 1870—1882 г. включительно (стр. 161—222).



С. ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія и Хромофотографія А. Траппеля, Стремянная, № 12.

1887.



# ОБЪЯВЛЕНІЕ.

Горный Журналъ выходитъ ежемѣсячно книгами въ восемь листовъ съ надлежащими при нихъ картами и чертежами.

Цѣна за годовое изданіе полагается по девяти рублей въ годъ, съ пересылкою или доставкою на домъ; для служащихъ же по горной части и обращающихся при томъ съ подпискою по начальству, шесть рублей.

Подписка на журналъ принимается: въ С.-Петербургѣ, въ Горномъ Ученomъ Комитетѣ.

Въ томъ же Комитетѣ продаются:

1) Указатели статей Горнаго Журнала: съ 1825 по 1849 годъ, составл. Кемпинскимъ, цѣна 2 р. с.; съ 1849 по 1860, сост. Ив. Штильке, цѣна 2 р. с.; съ 1860 по 1870, составл. Д. И. Планеромъ, цѣна 1 р. с. и съ 1870 по 1879 включительно, составл. Д. Лесенко, цѣна 1 р. Приобрѣтателе одновременно два первые указателя платятъ за нихъ, вмѣсто четырехъ, три рубля.

2) Горный Журналъ прежнихъ лѣтъ, съ 1826 по 1854 годъ включительно, три руб. за каждый годъ и отдѣльно по тридцати к. за книжку, а съ 1855 по 1886 г. включительно—по 6 р. за годъ и по 50 коп. за книжку.

3) Основы машиностроенія, соч. Профессора Ив. Тиме.

Томъ I. Выпускъ первый. 458 страницъ текста in 8°, съ 67-ю таблицами чертежей въ отдѣльномъ атласѣ. Цѣна 6 рублей.

Томъ I. Выпускъ второй. 488 стр. текста съ 39 таблицами чертежей въ отдѣльномъ атласѣ. Цѣна 5 рублей.

Томъ II. 484 стр. текста, съ 72 таблицами чертежей въ отдѣльномъ атласѣ.

Цѣна 6 руб.

4) Горнозаводская механика Профес. Ю. Р. фонъ-Гауера, съ атласомъ изъ 47 таблицъ чертежей. Перевелъ Горн. Инж. В. Бѣлозоровъ. Цѣна 7 рублей.

5) Справочная книга для горныхъ инженеровъ и техниковъ по горной части, составленная по порученію Господина Министра Государственныхъ Имуществъ.

Томъ I, Горнозаводская механика, соч. Ив. Тиме, Профессора Горнаго Института. Цѣна книги, вмѣстѣ съ атласомъ изъ 76 таблицъ чертежей, 4 р. 25 коп.

Томъ II. Горное искусство, составилъ Григорій Дорошенко, бывшій Профессоръ Горнаго Института. Цѣна книги, вмѣстѣ съ атласомъ изъ 106 таблицъ чертежей, 5 рублей.

6) О нивелированіи на дневной поверхности и въ рудничныхъ выработкахъ. Профес. Г. Тиме. Цѣна 40 коп.

7) Курсъ разработки каменноугольныхъ мѣсторожденій. Ш. Деманэ. Перевелъ съ французскаго Горн. Инж. I. Кондратовичъ. Часть первая, 266 стр. in 8° съ 221 рисункомъ въ текстѣ. Цѣна 2 р. Часть вторая; цѣна 2 р.

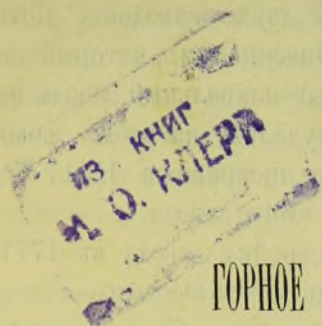
8) Современные способы разработки мѣсторожденій каменнаго угля. Извлеченія изъ отчетовъ пограничной командировкѣ Горнаго Инженера Сабанѣва и Оберъ-Штейгера К. Шмидта, изданныя подъ редакціей Г. Д. Романовскаго. Съ 12-ю таблицами чертежей въ особомъ атласѣ. Цѣна 1 р. 25 к.

9) Руководство къ металлургіи. Д. Перси. Переводъ съ дополненіями Горн. Инж. А. Добролюбова. Томъ второй. 35 листовъ in 8°, съ 62 рисунками въ текстѣ. Цѣна 2 р.

10) Металлургія чугуна. Д. Перси. Съ нѣмецкаго изданія, дополненнаго докторомъ Веддинггомъ; перевели Н. Гюсса и М. Долгополовъ. Одинъ томъ въ 49 печатныхъ листовъ (въ  $\frac{1}{8}$ ) съ 432 рисунками въ текстѣ. Цѣна 7 руб. На пересылку за 5 фунтовъ.

11) Дополненія къ металлургіи чугуна Д-ра Перси, составилъ Н. Гюсса, адъюнктъ Горнаго Института. 244 страницы текста съ 9 таблицами чертежей. Цѣна 50 коп.

12) Металлургія чугуна, соч. Валеруса, переведенная и дополненная Вл. Ковалевымъ, съ 29 табл. чертежей въ особомъ атласѣ, цѣна 6 р. с. за экз., а съ пересылкой и упаковкой 7 руб.



## ГОРНОЕ И ЗАВОДСКОЕ ДѢЛО.

### БОГОСЛОВСКІЙ ГОРНЫЙ ОКРУГЪ.

Горн. Инж. К. И. Гривнака.

#### Историческій очеркъ основанія Богословскаго округа и развитія мѣднаго дѣла.

Въ 1752, 1753 и 1754 годахъ Верхотурскій разночинецъ Григорій Посниковъ скитался въ самой сѣверной части нынѣшняго Богословскаго округа съ цѣлью отыскать мѣсторожденія слюды и точильнаго камня. Взамѣнъ этихъ минераловъ онъ отыскалъ, по указанію вогуль, три желѣзныхъ мѣсторожденія по берегамъ рѣчки Колонги, впадающей въ рѣку Вагранъ.

Въ 1754 г. Верхотурскій купецъ Максимъ Походяшинъ, узнавъ объ открытіяхъ Посникова, уговорилъ послѣдняго уступить открытыя мѣсторожденія желѣзныхъ рудъ ему. Кромѣ того послѣдній обязался искать для Походяшина другія мѣсторожденія. Дѣйствительно, въ слѣдующіе три года Посниковъ открылъ около рр. Ваграна и Колонги еще три желѣзныхъ и десять мѣдныхъ мѣсторожденій.

Осенью 1757 г. Походяшинъ заявилъ эти мѣсторожденія въ Екатеринбургской Горной Канцеляріи и просилъ разрѣшенія построить вблизи ихъ заводъ для полученія чугуна, желѣза и мѣди, отвода лѣса и другія содѣйствія.

Въ 1758 г. Походяшинъ началъ строить на р. Колонгѣ, у самаго впаденія ея въ Вагранъ, извѣстный намъ Петропавловскій заводъ. Этотъ заводъ, по словамъ Палласа, былъ пущенъ въ дѣйствіе въ 1764 г.

Между тѣмъ Посниковъ и другіе рудонскатели продолжали находить при помощи вогуль новыя мѣсторожденія.

Въ 1759 и 1760 годахъ Походяшину было разрѣшено построить два новыхъ завода: одинъ на р. Турьѣ, въ 60 верстахъ къ югу отъ Петропавловскаго, а другой на р. Павдѣ, въ 70 верстахъ отъ перваго. Въ это время, въ 12 верстахъ отъ предполагаемаго завода на р. Турьѣ, было открыто много желѣзныхъ и мѣдныхъ мѣсторожденій, въ томъ числѣ и богатое Васильевское



мѣдное мѣсторожденіе. Однако разстроенныя денежные дѣла не позволили Походяшину скоро приступить къ постройкѣ двухъ заводовъ. Потому онъ вошелъ въ извѣстное соглашеніе съ купцомъ Ливенцовымъ, который построилъ *Николае-Павдинскій* чугуно-плавильный и мѣди-плавильный заводъ и пустилъ его въ дѣйствіе въ 1765 г. Вообще мѣди получалось на этомъ заводѣ мало, а вскорѣ выплавка мѣди на немъ была и вовсе прекращена. Въ 1777 г. Походяшинъ сдѣлался единственнымъ владѣтелемъ этого завода.

На р. Турѣ Походяшинъ окончилъ постройку завода въ 1771 г. Онъ былъ названъ сначала Турьинскимъ, а потомъ *Богословскимъ*.

До окончанія завода въ іюнѣ 1770 года въ немъ были пущены въ дѣйствіе 8 мѣди-плавильныхъ печей.

Сначала Походяшинъ болѣе разсчитывалъ на желѣзное производство, для котораго главнымъ образомъ и былъ построенъ Петропавловскій заводъ; Богословскій заводъ строился также преимущественно для плавки чугуна и особенно для выдѣлки желѣза. Но открытіе весьма богатыхъ мѣдныхъ мѣсторожденій <sup>1)</sup> въ 12 верстахъ отъ Богословскаго завода, именно: Васильевского, Суходойскаго, Ольговскаго, Першинскаго и Фроловскаго въ 1760, 1765 и 1766 годахъ, побудило Походяшина обратить почти все вниманіе исключительно на мѣдное производство, которое стало главнымъ сначала на Петропавловскомъ заводѣ, а затѣмъ въ Богословскомъ.

Въ 1766 году въ Петропавловскомъ заводѣ было выплавлено 13,642 пуда штаковой мѣди. Въ слѣдующіе годы плавка мѣди все болѣе увеличивалась и особенно начала возрастать послѣ 1771 г., когда Богословскій заводъ былъ оконченъ и пущенъ въ полное дѣйствіе. Въ обоихъ заводахъ съ 1771 по 1783 г. выплавлялось мѣди отъ 32,400 до 52,280 пуд. ежегодно. Съ 1783 по 1791 г. средняя годовичная выплавка мѣди колебалась около 58,179 пуд.; а въ нѣкоторые изъ этихъ годовъ выплавка мѣди доходила до 63,000 пуд.

При сдачѣ заводовъ въ казну, при Богословскомъ и Петропавловскомъ заводахъ числилось 63 мѣдныхъ рудника. Конечно большая часть ихъ представляла только слегка развѣданные прииски; но многіе изъ нихъ, по первоначальнымъ результатамъ развѣдочныхъ работъ заслуживавшіе серьезнаго вниманія, были оставлены послѣ открытія богатыхъ Турьинскихъ рудниковъ.

Перечисленные заводы и рудники составляли собственность Походяшина до 1791 г. <sup>2)</sup>, послѣ чего сыновья его заявили официально о своей неспособности къ дальнѣйшему веденію этого дѣла, продали ихъ Государственному Ассигнаціонному Банку за 220,620 рублей. Кромѣ того казна уплатила 483,389 рублей за припасы и матеріалы, заготовленные для дѣйствія заводовъ.

<sup>1)</sup> Всѣ рудники, заложенные на этихъ мѣсторожденіяхъ, извѣстны до настоящаго времени подъ названіемъ „Турьинскихъ рудниковъ“.

<sup>2)</sup> Максимъ Походяшинъ умеръ въ 1780 году, послѣ чего округъ оставался во владѣніи двухъ его сыновей.



Въ 1813 году, подъ вѣдѣніемъ казны, было открыто коренное мѣсто-рожденіе золота, которое нѣкоторое время разрабатывалось такъ называемымъ Воскресенскимъ рудникомъ. Этотъ рудникъ находится въ 30 верстахъ на СВ отъ Петропавловскаго завода. Добывавшійся здѣсь золотосодержащій кварцъ привозился въ Богословскій заводъ и примитивнымъ способомъ подвергался толченію и промывкѣ. Среднее содержаніе золота осталось неизвѣстнымъ. Этотъ рудникъ былъ вскорѣ брошенъ и до настоящаго времени еще не приступали ко вторичному, болѣе серьезному изслѣдованію его.

Настоящая добыча золота въ Богословскомъ округѣ началась въ 1823 г., съ открытіемъ золотоносныхъ песковъ. Удачныя открытія богатыхъ золотыхъ россыпей сильно повліяли на мѣдное дѣло, которое съ этихъ поръ начало постепенно падать. Покажемъ средніе результаты мѣдной плавки и добычи золота по десятилѣтіямъ:

Съ 1791 по 1800 г. количество ежегодно выплавленной мѣди колебалось около 46,102 пуд. Среднее количество проплавленныхъ рудъ колебалось около 700,000 пуд. съ среднимъ содержаніемъ мѣди въ рудахъ около 8,5 ‰. Въ 1796 г. было выплавлено наибольшее количество, именно 57,219 пуд. мѣди.

Съ 1801 по 1810 г. количество ежегодно выплаваемой мѣди колебалось около 40,529 пуд. Среднее количество проплавленныхъ рудъ составляло около 793,330 пуд., съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 6,8 ‰. Въ 1801 г. было выплавлено 46,046 пуд., а въ 1810 г. 39,068 пуд. мѣди.

Съ 1811 по 1820 г. ежегодное количество выплаваемой мѣди составляло около 36,680 пуд., а среднее количество проплавленныхъ рудъ — около 694,634 пуд., съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 6,8 ‰. Въ 1811 г. было выплавлено 34,521 пуд. мѣди, а въ 1820 г. 31,139 пуд.

Съ 1821 по 1830 г. ежегодная выплавка мѣди, въ среднемъ, составляла около 23,830 пуд. Среднее количество проплавленныхъ рудъ колебалось около 536,107 пуд., съ среднимъ содержаніемъ около 5,4 ‰. Въ 1821 г. выплавлено 32,873 пуд. мѣди, а въ 1830 г. 20,011 пуд.

Съ 1831 по 1840 г., въ теченіи 9-ти лѣтъ, ежегодное количество выплаваемой мѣди колебалось около 15,029 пуд. Среднее количество проплавленныхъ рудъ колебалось около 467,606 пуд. съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 4,6 ‰. Въ 1836 году плавки не было по случаю перестройки плотины. Въ 1831 г. было выплавлено 20,014 пуд. мѣди, а въ 1840 г. 14,596 пуд. Каждый пудъ выплавленной мѣди обходился сначала, т. е. съ 1791 года, около 2 рублей, а въ 1840 г. стоимость пуда мѣди дошла до 6 рублей.

Съ 1841 по 1850 г. ежегодно выплавалось мѣди около 14,662 пуд., причемъ количество проплавленныхъ рудъ составляло около 457,364 пуд. съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 4,1 ‰. Стоимость одного пуда мѣди колебалась около 7 рублей. Въ 1841 г. выплавлено было 15,068 пуд. мѣди, а въ 1850 г. — 16,543 пуда.

Съ 1851 по 1860 г. ежегодное количество выплавленной мѣди колебалось около 18,255 пуд. Среднее количество проплавленныхъ рудъ колебалось около 578,505 пуд. съ среднимъ содержаніемъ около 4,1  $\%$ . Въ 1851 г. было выплавлено 17,290 пуд. мѣди, съ среднею стоимостью одного пуда въ 5 р. 81 к., а въ 1860 г. было выплавлено 16,030 пудовъ, съ среднею стоимостью одного пуда въ 11 р. 63 к.

Съ 1861 по 1870 г., въ теченіи девяти лѣтъ, такъ какъ въ 1865 году плавки не было, ежегодное количество выплавленной мѣди составляло около 18,697 пуд., а среднее количество проплавленныхъ рудъ—около 643,680 пуд., съ среднимъ содержаніемъ около 3,9 $\frac{1}{2}$  $\%$ . Въ 1861 г. выплавлено было 20,094 пуда мѣди, со стоимостью одного пуда въ 9 р. 59 к.; въ 1870 году было уже выплавлено только 11,359 пуд. мѣди, со стоимостью одного пуда въ 21 р. 75 к.

Съ 1870 г. ежегодная выплавка мѣди прогрессивно уменьшается, такъ что въ 1875 году было выплавлено только 3,791 пудъ мѣди, со стоимостью каждаго пуда въ 12 р. 82 к., не считая заводскихъ накладныхъ расходовъ.

Въ 1875 году Богословскій округъ былъ приобрѣтенъ Статскимъ Совѣтникомъ С. Д. Башмаковымъ, и до 1879 года въ немъ велись весьма энергично, частью въ ручную, частью машинами, при помощи сжатого воздуха, только подготовительныя и развѣдочныя работы въ рудникахъ, которыми положено было весьма прочное основаніе для долговременнаго и непрерывнаго веденія мѣднаго дѣла.

Въ 1879 г. былъ снова пущенъ въ дѣйствіе Богословскій заводъ и выплавлено было въ видѣ опыта 3,366 пуд. мѣди. Въ 1880 году было выплавлено 17,494 пуда мѣди, а въ 1881 году уже полагалось выплавить не менѣе 50,000 пудовъ мѣди и въ дѣйствительности было выплавлено 58,377 пуд. 20 фунт.

Среднее содержаніе проплавляемыхъ въ настоящее время рудъ колеблется около 8,4  $\%$ , а средняя стоимость каждаго пуда мѣди составляетъ около 5 рублей.

Добыча золота изъ росыней, начатая съ 1823 г., ограничивалась до 1828 г. нѣсколькими фунтами. Въ 1828 г. было добыто около 3,5 пуд.; въ 1829 г. количество добытого золота дошло до 31 пуда, а въ 1830 г. было добыто наибольшее количество, именно около 57,5 пуд., причемъ каждый золотникъ обходился около 1 р. 20 к.

Съ 1831 по 1840 г. количество ежегодно добытого золота колебалось между 34 и 53 пудами, причемъ каждый золотникъ обходился около 1 р. 70 к.

Съ 1841 по 1850 г. количество ежегодно добытого золота оставалось между 34 и 44 пудами, причемъ средняя стоимость золотника выходила около 1 р. 35 к.

Съ 1851 по 1860 г. ежегодная добыча золота колебалась въ предѣ-



лахъ между 33 и 47 пудами, причемъ средняя стоимость золотника составляла около 1 р. 31 к.

Съ 1861 по 1870 г. количество ежегодно добытого золота колебалось между 18 и 26 пудами, причемъ средняя стоимость золотника дошла до 3 рублей.

Въ 1871 г. количество добытого золота увеличилось до 29 пуд. Въ 1872 г. было добыто 19 пуд.; со стоимостью каждаго золотника въ 3 р. 41 к. Въ 1873 г. было добыто около 14 пудовъ, со стоимостью золотника въ 3 р. 82 к. Въ 1874 г. было добыто около 15 пудовъ, со стоимостью золотника въ 3 р. 34 к. Наконецъ въ 1875 г., до передачи округа, т. е. въ теченіи 6 мѣсяцевъ, было добыто около 5,5 пудовъ.

Добыча золота продолжалась новымъ владѣльцемъ непрерывно со дня передачи округа. Средняя цифра ежегодно добытого золота съ 1876 по 1879 годъ составляетъ около 37 пудовъ. Итакъ всего подъ вѣдѣніемъ казны было выплавлено мѣди 2.135,920 пуд., а золота добыто 1,633 пуд. 16 фунт. 68 зол. 82 доли.

Положеніе Богословскаго округа, по принятіи его отъ казны, оказалось какъ въ техническомъ, такъ и въ хозяйственномъ отношеніи настолько печальнымъ, что о продолженіи добычи мѣдныхъ рудъ и о проплавкѣ ихъ, хотя бы въ ничтожныхъ размѣрахъ, не могло быть и рѣчи. Въ трехъ мѣдныхъ рудникахъ, находившихся въ дѣйствиіи, рудныя мѣсторожденія были разработаны такимъ образомъ, что не только не осталось подготовленныхъ рудныхъ цѣликовъ, но даже продолженіе развѣдочныхъ и подготовительныхъ выработокъ становилось весьма затруднительнымъ, такъ какъ, съ одной стороны, капитальныя шахты были слишкомъ мало углублены ниже горизонта очистныхъ пространствъ и снабжены весьма слабыми водоотливными машинами, а съ другой—характеръ рудныхъ жилъ оказался въ высшей степени неправильнымъ, вслѣдствіе частыхъ пережимовъ, какъ по паденію, такъ и по простиранію, и вслѣдствіе частаго измѣненія состава рудной массы.

Разсмотримъ вкратцѣ положеніе каждаго рудника въ отдѣльности.

*Богословскій мѣдный рудникъ* представлялъ собою главную опору будущаго мѣднаго производства. Въ немъ велась разработка на двухъ параллельныхъ жилахъ. Обѣ эти жилы были окончательно выработаны до горизонта 20-й сажени и кромѣ того съ этого горизонта, въ мѣстахъ скопленія болѣе богатой рудной массы, была ведена выемка рудъ наклонными гезенгами и промежуточными птреками въ самомъ неправильномъ видѣ. При этой добычѣ рудъ съ каждаго гезенга пришлось отливать воду ручными насосами и доставлять руду снизу вверхъ. Такая нераціональная выемка заслуживаетъ въполнѣ названіе хищнической.

Въ это время съ капитальной шахты, названной Рашетовскою и заложеною въ 70 саженьяхъ отъ выхода жилы въ висячемъ боку ея, вели на горизонтѣ 30-й сажени квершлагъ съ цѣлью пересѣчь обѣ жилы и вести дальнѣйшія подготовительныя работы въ нихъ между горизонтами 20-й и 30-й

сажени. По принятіи округа отъ казны, Рашетовская шахта была углублена на 31,3 сажени, а квершлагъ былъ пройденъ на 4,6 саж. Эта рационально начатая подготовка Богословскаго мѣсторожденія была большимъ утѣшеніемъ и послужила главною опорою для дальнѣйшихъ подготовительныхъ работъ.

На Рашетовской шахтѣ дѣйствовали 40-ка сильная водоотливная машина и 12-ти сильная подъемная. Обѣ эти машины, съ дальнѣйшимъ развитіемъ выработокъ въ глубь, оказались слабыми и должны были быть вскорѣ замѣнены другими, болѣе сильными.

Въ *Фроловскомъ* мѣдномъ рудникѣ разработка велась на весьма неправильной жилѣ прикосновенія. Это мѣсторожденіе было окончательно выработано до горизонта 32-й сажени. Развѣдочные гезенги, углубленные до горизонта 42-й саж., также не дали благопріятныхъ результатовъ.

На капитальной Архангельской шахтѣ, углубленной до горизонта 39,38 сажени, дѣйствовала 40-ка сильная водоотливная машина, которая съ трудомъ осушала рудникъ съ августа до апрѣля; а въ остальные мѣсяцы притокъ воды, благодаря близъ лежащему Архангельскому болоту, былъ на столько значителенъ, что выработки ниже горизонта 30-й сажени оставались затопленными, не смотря на полный ходъ этой машины. Подъемъ рудъ и породъ совершался на этомъ рудникѣ коннымъ воротомъ.

Энергическая развѣдка и подготовка руднаго мѣсторожденія на дальнѣйшей глубинѣ требовала продолжительныхъ, весьма значительныхъ затратъ, помимо немедленнаго расхода на приобрѣтеніе и установъ 120-ти сильной водоотливной машины и 50-ти сильной подъемной. Но такъ какъ вышеупомянутые развѣдочные гезенги не гарантировали успѣшный исходъ дальнѣйшихъ, болѣе основательныхъ развѣдочныхъ и подготовительныхъ работъ и такъ какъ другіе рудники, именно Богословскій и Суходойскій, представляли болѣе прочныя надежды на благопріятные результаты при изслѣдованіи мѣсторожденій на дальнѣйшей глубинѣ, то Фроловскій рудникъ, послѣ небольшихъ двухлѣтнихъ развѣдокъ, былъ закрытъ до болѣе благопріятныхъ обстоятельствъ.

Въ *Васильевскомъ* мѣдномъ рудникѣ разработка велась также на весьма неправильной жилѣ прикосновенія, состоящей изъ системы болѣе или менѣе значительныхъ потокообразныхъ массъ. Въ этомъ рудникѣ рудное мѣсторожденіе выработано окончательно до горизонта 63-й сажени. На дальнѣйшей глубинѣ оно развѣдано нѣсколькими гезенгами, изъ нихъ нѣкоторые шли по довольно удовлетворительной рудной массѣ.

Капитальная Воздвиженская шахта была углублена до 76,6 сажени и встрѣтила на этомъ горизонтѣ рудную жилу съ прекраснымъ составомъ. На этой шахтѣ дѣйствовали 100 сильная водоотливная машина и 25-ти сильная подъемная.

Заложенная еще при Походяшинѣ въ самой рудной охристой массѣ, эта шахта, вслѣдствіе очистной добычи вокругъ нея, постепенно стала измѣнять свое отвѣсное положеніе, и въ бокахъ ея давленіе окружающей полуразрушенной породы стало настолько значительнымъ, что, не смотря на самое силь-



ное крѣпленіе, шахта искривилась. Поэтому правильный установъ насосныхъ ставовъ представлялъ постоянно большія затрудненія. Пришлось поневолѣ мириться съ неправильнымъ ходомъ насосныхъ штангъ. Изъ сказаннаго выходитъ, что Васильевскій мѣдный рудникъ также не представлялъ много угѣбительнаго въ перспективѣ, такъ какъ подготовленныхъ рудныхъ цѣликовъ не существовало, а для веденія новыхъ развѣдочныхъ и подготовительныхъ работъ требовалось много времени и значительныя затраты. Однако, не смотря на это, въ этомъ рудникѣ, при счастливыхъ обстоятельствахъ, скорѣе всего можно было рассчитывать отыскать рудныя штокообразныя скопленія и приготовить необходимые запасы; но случившійся въ 1875 году, вскорѣ послѣ приѣма округа, пожаръ въ зданіи подъемной машины уничтожилъ и эту надежду, такъ какъ огонь распространился на надшахтную башню, а послѣ обрушенія послѣдней, начали горѣть шахтная крѣпъ и штанги въ такой степени, что всѣ принятыя мѣры остановить горѣніе крѣпи остались безуспѣшными. Этому горѣнію сильно способствовалъ дѣятельный притокъ воздуха, вслѣдствіе сообщенія Воздвиженской шахты со многими старыми шахтами. Вопросъ о возстановленіи Воздвиженской шахты хотя и былъ возбужденъ, но рѣшенъ въ отрицательномъ смыслѣ, такъ какъ въ перспективѣ явилась возможность произвести въ Васильевскомъ мѣсторожденіи подготовительныя и выемочныя работы изъ Порозовской шахты смежнаго Суходойскаго рудника, находящейся на разстояніи 150 саж. отъ Воздвиженской, при помощи квершлага на достаточно глубокомъ горизонтѣ.

*Суходойскій рудникъ* находился подъ водою около 30 лѣтъ. Рудное мѣсторожденіе было выработано со времени Походяшина, до горизонта 55-й сажени и затѣмъ, по неизвѣстнымъ достовѣрно причинамъ, брошено.

Въ 1874 году, по инициативѣ г. Померанцева, возлагавшаго большія надежды на богатое продолженіе руднаго мѣсторожденія въ глубь, было приступлено къ возстановленію Суходойскаго рудника. Съ этою цѣлью была установлена для осушенія и возстановленія Порозовской шахты водоотливная машина и вмазаны 3 паровыхъ котла съ кипятилниками. Эта мысль была вполне оцѣнена и возстановленіе и дальнѣйшая углубка Порозовской шахты начались энергически, вскорѣ послѣ приѣма округа, съ цѣлью развѣдать и приготовить къ выемкѣ изъ нея не только Суходойское мѣсторожденіе, но и Васильевское, и кромѣ того промежуточные мало изслѣдованныя мѣсторожденія, которыя были разработаны Николаевскою шахтою и Григорьевскою (См. Горно-Геологическая карта, Таб. I).

Это безотрадное положеніе мѣдныхъ рудниковъ производило такое тяжелое впечатлѣніе на техника, что съ перваго осмотра невольно являлась мысль о невозможности поставить мѣдное дѣло въ удовлетворительное положеніе, даже въ довольно значительный промежутокъ времени и съ большими затратами. Только болѣе тщательное изученіе характера рудныхъ мѣсторожденій, отчасти по рудничнымъ планамъ и отчасти по старымъ, доступнымъ выработкамъ и обнаженнымъ мѣстами руднымъ забоямъ, разъяснило положе-

не дѣла на столько, что можно было съ достаточною увѣренностью на успѣхъ приступить къ энергичному возстановленію мѣдныхъ рудниковъ и къ дальнѣйшему изслѣдованію и подготовкѣ рудныхъ мѣсторожденій къ выемкѣ. Кромѣ того рѣшено было энергически приступить къ развѣдкѣ, съ цѣлью отыскать новыя рудныя мѣсторожденія. Эти развѣдки уже въ 1876 году увѣнчались открытіемъ одного изъ самыхъ богатѣйшихъ мѣдныхъ мѣсторожденій. Основанный на немъ рудникъ названъ Башмаковскимъ въ честь покойнаго Сергѣя Дмитріевича Башмакова.

### Общій геологическій строй рудныхъ областей Богословскаго округа.

Богословскій округъ, въ предѣлахъ своихъ границъ, заключаетъ въ себѣ мѣдныя, желѣзныя и золотыя мѣсторожденія. Кромѣ того русла и долины почти всѣхъ рѣкъ и рѣчекъ и впадающіе въ нихъ лога покрыты золотоносными песками. Рудныя области главнѣйше состоятъ изъ известняка верхне-силурійской формаціи, который пересѣкается весьма мощными жилами и штоками діорита. Какъ известнякъ, такъ и діоритъ пересѣкаются часто болѣе или менѣе тонкими и весьма неправильными жилами венисовой породы. Особенно часто мы встрѣчаемъ жилы венисовой породы вблизи мѣдныхъ мѣсторожденій и рѣже вблизи желѣзныхъ. Въ первыхъ они являются то висячимъ или лежащимъ бокомъ, то въ видѣ жилъ, сѣкущихъ мѣсторожденіе въ крестъ простиранія. Наконецъ рѣже венисовая порода является въ формѣ мощныхъ штоковъ, составляя довольно высокія сопки. Гораздо рѣже мы встрѣчаемъ рудныя области, состоящія изъ хлоритоваго и тальковаго сланцевъ; эти породы переходятъ другъ въ друга и образуютъ мощныя жилы въ діоритовой области. Какъ упомянутыя породы, такъ и залегающія въ нихъ рудныя мѣсторожденія, часто пересѣкаются болѣе или менѣе тонкими жилами діоритоваго афанита и діоритоваго порфира. Эти сѣкущія жилы проявляютъ иногда довольно характерныя сбросы въ рудныхъ мѣсторожденіяхъ.

*Известнякъ* представляетъ различныя видоизмѣненія. Вблизи рудныхъ мѣсторожденій, являясь лежащимъ или висячимъ бокомъ, онъ имѣетъ зернистое мраморовидное сложеніе и обладаетъ снѣжно бѣлымъ цвѣтомъ. Примѣромъ могутъ служить Васильевское, Суходойское и Фроловское мѣдныя мѣсторожденія. Этотъ известнякъ показываетъ полное отсутствіе органическихъ остатковъ.

Вдали же отъ рудныхъ мѣсторожденій известнякъ является большею частью плотнымъ, желтовато-сѣраго цвѣта и заключаетъ въ себѣ обильно органическіе остатки верхне-силурійской эпохи. На южномъ берегу заводскаго пруда въ известнякѣ были найдены слѣдующія окаменѣлости:

*Terebratula reticularis.*

„ *aspera* Schloth.

„ *arimaspus* Eichw.



*Terebratula Munieri* Grünw.  
 „ *nympha*, Barr.  
 „ *prunum* Dalm.  
 „ *septembrionalis*.  
*Pentamerus vogulicus*.  
 „ *galeatus*, Dalm.  
*Spirifer Urale-altaicus*.  
 „ *superbus* Eichw.  
*Leptaena Wagraniensis*.  
*Mytilus*.  
*Bronteus flabelifer*. Goldf.

На правомъ берегу Турьы, въ 1<sup>1/2</sup> верстахъ отъ Богословскаго завода, у Дыроватаго камня, известнякъ является плотнымъ, нѣсколько слоеватымъ и заключаетъ въ себѣ въ изобиліи:

*Terebratula prisca*.  
*Cyathophyllum ceratites*.  
 „ *caespitosum*.  
*Calamopora polymorpha*.

Петропавловскій заводъ лежитъ на плотномъ известнякѣ съ занозистымъ изломомъ.

У заводскаго пруда были найдены въ известнякѣ:

*Stromatopora concentrica* Goldf.  
*Favosites alveolaris* Goldf.  
 „ *polymorpha* Goldf.  
*Cyathophyllum turbinatum* Goldf.  
*Triplasma aequabilis* Lonsd.  
*Cystiphyllum impunctum* Lonsd.  
*Porites pyriformis* Ehrenb.  
*Terebratula Duboisii*,  
 „ *prunum* Dalm.  
*Pentamerus vogulicus*.  
*Leptaena depressa* Sow.  
*Murchisonia cingulata* Hisin.  
*Cerithium Helmersenii*.

Если взглянемъ на приложенную горно-геологическую карту главной рудной области (Таб. I), заключающей преимущественно мѣдныя мѣсторожденія, то мы сразу замѣтимъ весьма малое развитіе известняка, который является незначительными островками на поверхности сравнительно съ діоритомъ; послѣдній, при прорѣзываніи известняка, повидимому свободно изливался и такимъ образомъ покрылъ собою большую часть обнаженной известняковой поверхности. За то въ нѣдрахъ земли мы встрѣчаемъ известнякъ въ значительномъ развитіи, какъ это показываютъ Васильевскій, Суходойскій и Фроловскій рудники.

Въ составѣ рудной массы мы встрѣчаемъ известнякъ почти во всѣхъ мѣдныхъ мѣсторожденіяхъ, но большею частью въ формѣ известковаго шпата. Въ Фроловскомъ мѣсторожденіи онъ составляетъ основную жильную породу и является рѣдко въ мелкозернистомъ видѣ и чаще крупнокристаллическимъ съ ясною ромбоэдрическою спайностью. Въ Суходойскомъ и Васильевскомъ мѣсторожденіяхъ онъ является вообще въ подчипенномъ видѣ, но въ нѣкоторыхъ скопленіяхъ рудной массы часто составляетъ основную жильную породу. Въ Богословскомъ мѣсторожденіи известнякъ является въ крупнокристаллическомъ видѣ и встрѣчается только мѣстами въ видѣ гнѣздъ или прожилковъ болѣе или менѣе оруденѣлыхъ. Наконецъ въ нѣкоторыхъ мѣсторожденіяхъ, какъ напримѣръ въ Башмаковскомъ, известнякъ встрѣчается весьма рѣдко и залегаетъ въ рудной массѣ импрегнаціями, гнѣздами и прослойками въ кристаллическомъ видѣ.

*Діоритъ* вообще значительно развитъ въ Богословскомъ округѣ, но особенное развитіе онъ имѣетъ въ предѣлахъ главной рудной области, какъ это ясно усматривается изъ приложенной горно-геологической карты. Особенно ясно діоритъ обнажается въ Фроловской горѣ, во многихъ мѣстахъ на правомъ берегу р. Туры и наконецъ во всѣхъ почти вершинахъ сопокъ. Кромѣ того его можно наблюдать довольно тщательно въ Богословскомъ и Башмаковскомъ рудникахъ, въ которыхъ мѣдныя мѣсторожденія залегаютъ въ діоритѣ.

Діоритъ большею частью представляетъ темнозеленую или сѣроватозеленую мелкозернистую, или среднезернистую смѣсь кристалловъ плагіоклаза съ роговою обманкою. Онъ часто проникнутъ микроскопически кварцемъ настолько значительно, что его можно охарактеризовать *кварцевымъ діоритомъ*. Очень часто мы замѣчаемъ перемежающіеся переходы въ одномъ и томъ же штوکѣ отъ мелкозернистаго діорита въ *крупнозернистый діоритъ* и *діоритовый порфиръ*. Въ послѣднемъ изъ афанитовой основной массы ясно выдѣляются призматическіе кристаллы темнозеленой или черной роговой обманки съ стекляннмъ блескомъ и рѣже кристаллы клинобластическаго полеваго шпата.

Нерѣдко мы встрѣчаемъ переходы діорита въ *діоритовый афанитъ*. Послѣдній составляетъ многія, довольно тонкія жилы, пересекающія рудныя мѣсторожденія, напр. въ Богословскомъ и Башмаковскомъ рудникахъ. Полное отсутствіе роговой обманки въ кварцевомъ діоритѣ даетъ прекрасные переходы въ *фельзитъ*. Послѣдній составляетъ отдѣльные штоки и тонкія сѣкущія жилы въ діоритѣ. Переходы въ сіенитъ мы встрѣчаемъ рѣже. Изъ постороннихъ примѣсей мы находимъ въ діоритѣ часто сѣрный колчеданъ, гранатъ въ сплошныхъ импрегнаціяхъ и весьма рѣдко магнитный желѣзнякъ. Преобладающее содержаніе граната въ діоритѣ нерѣдко затрудняетъ опредѣленіе такой породы. Діоритъ является главнымъ вмѣстилищемъ мѣдныхъ мѣсторожденій, причемъ въ нѣкоторыхъ изъ нихъ висячій и лежацій бока замѣняются мраморовиднымъ известнякомъ и рѣже венисовою породою. Кромѣ



того діоритъ входитъ въ составъ рудныхъ мѣсторожденій, составляя то основную, то подчиненную жильную породу. Въ нѣкоторыхъ мѣсторожденіяхъ онъ является жильною породою въ разрушенномъ состояніи, образуя глинистую массу, проникнутую охристыми рудами, напр. въ Васильевскомъ и Сухойскомъ.

*Венисовая порода* является чаще всего сплошною и въ формѣ весьма неправильныхъ жилъ, залегающихъ между діоритомъ и известнякомъ или пересѣкающихъ самостоятельно эти породы. Рѣже она образуетъ болѣе значительныя штокообразныя массы, составляющія довольно крупныя возвышенія. Примѣромъ можетъ служить Троицкая гора. Тутъ венисовая порода часто заключаетъ въ себѣ значительныя включенія діорита. Въ болѣе чистомъ видѣ она является вблизи рудныхъ мѣсторожденій, составляя висячій или лежачій бока, какъ напр. въ Фроловскомъ мѣсторожденіи. Кромѣ того вениса составляетъ нерѣдко примѣсь въ діоритахъ, какъ напр. въ висячемъ и лежачемъ бокахъ Башмаковского мѣсторожденія. Далѣе вениса входитъ въ составъ нѣкоторыхъ мѣдныхъ мѣсторожденій въ видѣ гнѣздъ, тонкихъ прожилокъ, а также въ видѣ отдѣльныхъ, совершенно образованныхъ кристалловъ, въ формѣ ромбическихъ додекаэдровъ и чаще лейцитоедровъ.

*Мѣдныя мѣсторожденія*, число которыхъ простирается до 70, извѣстны въ Богословскомъ округѣ въ различныхъ, значительно удаленныхъ другъ отъ друга пунктахъ, именно: въ районѣ Турьинскаго селенія, они залегаютъ въ такъ называемой Турьинской горѣ, на лѣвомъ берегу р. Турьи; въ районѣ Фроловскаго селенія, гдѣ они залегаютъ въ такъ называемой Фроловской горѣ, на правомъ берегу р. Турьи; около Троицкой горы, въ 5 ти верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ; на р. Устеѣ, въ 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> верстахъ отъ Турьинскихъ рудниковъ; около Петропавловскаго завода, въ 50 верстахъ на сѣверъ отъ Турьинскихъ рудниковъ, и въ другихъ мѣстахъ.

Главная разработка издавна ведется въ предѣлахъ той рудной области, которал представлена на приложенной картѣ. Всѣ мѣдныя мѣсторожденія Богословскаго округа носятъ характеръ или *настоящихъ жилъ* или *жилъ прикосновенія*. Первые представляютъ рѣдкое явленіе сравнительно съ послѣдними. Къ первымъ пока можно отнести Богословское мѣсторожденіе и Башмаковское, а къ послѣднимъ—всѣ остальные, до сихъ поръ открытыя мѣсторожденія. Первые имѣютъ довольно правильный жильный характеръ, сравнительно съ послѣдними, которыя, большею частью, представляютъ систему болѣе или менѣе значительныхъ штокообразныхъ массъ, связанныхъ между собою, какъ по простиранію, такъ и по паденію, тонкими, частью рудными, частью безрудными пережимами. Послѣдніе носятъ названіе холостыхъ спаевъ и служатъ въ жилахъ прикосновенія прекраснымъ путеводителемъ для отысканія новыхъ

рудныхъ скопленій. Примѣромъ для жилъ прикосновенія могутъ служить капитально разработанныя мѣсторожденія: Васильевское, Сухойское и Фроловское.

*Настоящія жилы* залегаютъ въ кварцевомъ, болѣе или менѣе плотномъ діоритѣ, образующемъ перѣдко переходы въ діоритовый порфиръ. Частое появленіе послѣдняго въ всячемъ боку Богословскаго мѣсторожденія послужило поводомъ охарактеризовать этотъ бокъ діоритовымъ порфиромъ. Діоритъ, какъ область залеганія настоящихъ жилъ, является безъ включенія или импрегнаціи сплошной или кристаллической венисы, какъ въ Богословскомъ мѣсторожденіи, или обильно проникнуть венисою, какъ въ Башмаковскомъ мѣсторожденіи. Болѣе общемо примѣсю въ діоритѣ является сѣрный колчеданъ.

*Жилы прикосновенія* залегаютъ между известнякомъ и діоритомъ, или между известнякомъ и венисою, причемъ рудная масса часто вливается въ окружающія породы отдѣльными, болѣе или менѣе значительными гнѣздами. Примѣромъ для первыхъ могутъ служить Сухойское и Васильевское мѣсторожденія; а для вторыхъ—Фроловское мѣсторожденіе.

Наконецъ, въ послѣднее время было открыто такъ называемое Устейское мѣсторожденіе, которое, залегая между тальковымъ сланцемъ въ лежащемъ и хлоритовымъ сланцемъ въ всячемъ бокахъ, можетъ быть по своей формѣ также названо жилою прикосновенія; но утверждать это пока нельзя, такъ какъ незначительная глубина развѣдочныхъ работъ не позволяетъ сдѣлать точныхъ опредѣленій. Очень можетъ быть, что эти породы суть переходныя и что всячій и лежацій бока на дальнѣйшей глубинѣ окажутся одинаковыми.

*Основною жильною породою* въ мѣдныхъ мѣсторожденіяхъ является, главнѣйше, болѣе или менѣе плотный діоритъ, переходящій часто въ діоритовый афанитъ; рѣже известнякъ, кварцъ, амфиболитъ, вениса и еще рѣже доломитъ.

Въ верхнихъ горизонтахъ нѣкоторыхъ мѣсторожденій жильная масса является часто въ разрушенномъ состояніи, представляя глинистую массу, проникнутую, большею частью, охристыми рудами. Примѣромъ могутъ служить Сухойское и Васильевское мѣсторожденія. Тутъ глинистую массу слѣдуетъ разсматривать какъ продуктъ разрушенія нормальнаго діорита.

Въ нѣкоторыхъ мѣсторожденіяхъ, кромѣ основной жильной породы, мы встрѣчаемъ подчиненныя породы, которыя иногда вполне замѣняютъ собою основную. Такъ въ Богословскомъ мѣсторожденіи въ богатыхъ рудныхъ скопленіяхъ, діоритъ, какъ основная жильная порода, вполне замѣняется кварцемъ, амфиболитомъ и известнякомъ.

Известковый шпатъ является какъ основная жильная порода, напр. въ Фроловскомъ мѣсторожденіи, и какъ подчиненная; но, большею частью, въ формѣ кристалловъ известковаго шпата, проростающихъ другъ друга въ самомъ неправильномъ видѣ.



Въ нѣкоторыхъ мѣсторожденіяхъ мы встрѣчаемъ въ верхнихъ горизонтахъ кварцевую жильную породу, проникнутую мѣднымъ блескомъ, а въ нижнихъ горизонтахъ рудная масса показываетъ почти полное отсутствіе жильной породы, если не считать изрѣдка появляющіяся, преимущественно въ пережимахъ, гнѣздовыя включенія фельзита, известняка, діорита и венисы. Примѣромъ можетъ служить Башмаковское мѣсторожденіе.

Наконецъ, какъ рѣдкое явленіе, можно привести появленіе доломита, какъ основной жильной породы, причемъ въ болѣе богатыхъ скопленіяхъ колчеданистыхъ рудъ мы находимъ прослойки хлоритоваго сланца. Такъ какъ послѣдній составляетъ окружающую породу мѣсторожденія, то появленіе хлоритоваго сланца въ рудныхъ скопленіяхъ слѣдуетъ приписать импрегнаціямъ окружающей породы. Примѣромъ можетъ служить Устейское мѣсторожденіе.

*Составъ рудныхъ мѣсторожденій* довольно разнообразный. Большею частью, въ верхнихъ горизонтахъ, до извѣстной глубины, рудное мѣсторожденіе является болѣе или менѣе разрушеннымъ и состоитъ преимущественно изъ окисленныхъ или охристыхъ мѣдныхъ рудъ, проникающихъ собою глинистую жильную массу или являющихся въ болѣе или менѣе чистомъ видѣ. Нерѣдко мы встрѣчаемъ въ охристыхъ массахъ запутанныя частицы или небольшія включенія мѣднаго блеска и мѣднаго колчедана. Какъ переходный поясъ, мы встрѣчамъ ниже охристыхъ рудъ такъ называемыя сажистыя руды, состояція обыкновенно изъ землистой массы черновато-сѣраго или темно-синяго цвѣта, въ которой, большею частью, ясно замѣтны блески мѣднаго колчедана и сѣрнаго. Землистая же масса состоитъ, большею частью, изъ жильной глинистой массы, проникнутой въ болыней или меньшей степени мѣдною чернью. Въ нижнихъ горизонтахъ рудная масса принимаетъ постепенно первоначальный коренной характеръ и состоитъ изъ колчеданистыхъ рудъ, являющихся въ чистомъ видѣ значительными массами или въ видѣ импрегнаціи въ какой либо жильной породѣ.

Нѣкоторыя мѣсторожденія являются разрушенными до весьма значительной глубины. Примѣромъ можетъ служить Суходойское мѣсторожденіе, гдѣ еще на глубинѣ 54-й сажени были встрѣчены охристыя руды, состояція изъ печепковой мѣдной руды, проникнутой красною мѣдною рудою, мѣдною зеленою, малахитомъ, самородною мѣдью и мѣднымъ блескомъ. Въ Фроловскомъ мѣсторожденіи охристыя руды были встрѣчаемы до глубины 10-ти сажень, между тѣмъ какъ въ Богословскомъ мѣсторожденіи настоящихъ охристыхъ рудъ вовсе не было встрѣчено. Тутъ рудная масса съ выхода состояла изъ такъ называемыхъ сажистыхъ рудъ съ обильными включеніями мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. Настояція же колчеданистыя руды были встрѣчены съ 14,5 сажени.

Наконецъ весьма характеристичными представляются мѣсторожденія, которыя въ выходахъ состоятъ изъ кварца, проникнутаго мѣднымъ блескомъ. Эта рудная масса требуетъ для добычи порохоострѣльной работы, между тѣмъ

какъ окружающая порода состоитъ изъ мягкой діоритовой глины. На глубинѣ 12-й сажени рудная масса состоитъ изъ нѣсколько разрушенной діоритовой массы, проникнутой самородной мѣдью, а съ горизонта 15-й сажени рудная масса состоитъ исключительно изъ колчеданистыхъ рудъ, именно мѣднаго колчедана, въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ, и магнитнаго. Примѣромъ можетъ служить Башмаковское мѣсторожденіе.

Въ охристыхъ рудныхъ массахъ до сихъ поръ были встрѣчены слѣдующіе минералы:

1. *Самородная мѣдь*. Она встрѣчалась главнѣйше въ Суходойскомъ и Васильевскомъ мѣсторожденіяхъ небольшими гнѣздами, а иногда значительными скопленіями. По увѣренію Палласа, въ Васильевскомъ рудникѣ было найдено огромное гнѣздо сплошной древовидной мѣди, съ небольшою примѣсью бураго пловатаго вещества и мѣднаго колчедана. Изъ этого гнѣзда было добыто нѣсколько сотъ пудовъ мѣди. Вообще она встрѣчается небольшими дендритовидными скопленіями въ діоритовой глинѣ или въ известнякѣ. Рѣже она выполняетъ, въ видѣ пластинокъ или налетовъ, трещины въ полуразрушенномъ діоритѣ и известнякѣ. Въ настоящее время самородная мѣдь была встрѣчена въ Башмаковскомъ мѣсторожденіи, гдѣ она являлась пластинками и дендритами въ полуразрушенномъ діоритѣ. Преобладающею формою въ кристаллахъ мѣди является кубъ, а подчиненными—ромбическій додекаэдръ и октаэдръ. Каждая отдѣльная вѣтвь дендритовидныхъ скопленій самородной мѣди состоитъ изъ двойниковыхъ кристалловъ параллельно гранямъ ромбическаго додекаэдра. Сростаніе недѣлимыхъ въ одномъ направленіи обуславливаетъ собою каждую отдѣльную вѣтвь, длина которой, въ случаѣ неправильности недѣлимыхъ, всегда совпадаетъ съ направленіемъ ихъ удлинненія. Эти вѣтви или отростки пересѣкаются обыкновенно въ одной плоскости по тремъ направленіямъ, подъ углами  $60^\circ$  и  $120^\circ$ , соотвѣтственно гранямъ ромбическаго додекаэдра.

2. *Самородное серебро* было найдено въ сплошномъ (вкрапленномъ) и въ волосистомъ видѣ, въ сопровожденіи бураго желѣзняка, въ Фроловскомъ рудникѣ.

3. *Блѣлая мѣдная руда* или *серебристый фалеризъ* встрѣчалась съ малахитомъ въ видѣ импрегнаціи въ известковомъ шпатѣ и кварцѣ въ довольно большомъ количествѣ, напр. въ Васильевскомъ рудникѣ. Содержаніе серебра въ ней колебалось около  $0,13\%$ , а содержаніе мѣди около  $20\%$ .

4. *Красная мѣдная руда* или *купритъ* встрѣчался рѣдко, и большею частью въ сплошномъ или мелкозернистомъ видѣ и весьма рѣдко въ кристаллахъ. Представляя продуктъ окисленія самородной мѣди, купритъ былъ находимъ нерѣдко съ запутанною въ немъ мѣдью. Обыкновенно онъ покрытъ малахитомъ, мѣдною зеленью и иногда мѣдною синью. Въ послѣднее время въ Башмаковскомъ мѣсторожденіи купритъ встрѣченъ маленькими почками съ оболочкою землистаго малахита въ діоритовой глинѣ, проникнутой мѣдною зеленью и залегающей въ лежащемъ боку мѣсторожденія.



5. *Мѣдная лазурь* встрѣчалась въ Фроловскомъ рудникѣ кристаллическими почками, составлявшими нерѣдко очень красивыя группы. Въ Суходойскомъ рудникѣ она является часто налетами мелкихъ кристалловъ на глинистой рудѣ, проникнутой малахитомъ; иногда появляется мелкими кристаллами на мѣдномъ блескѣ или представляетъ смѣсь съ малахитомъ и мѣднымъ блескомъ. Въ послѣднее время мѣдная лазурь была встрѣчена во вновь развѣданномъ Устейскомъ мѣсторожденіи въ видѣ мелкихъ кристалловъ, покрывающихъ трещины въ богатыхъ скопленіяхъ рудной массы, состоящей преимущественно изъ мѣднаго колчедана.

6. *Малахитъ* встрѣчался довольно рѣдко почкообразными включеніями. Чаще онъ попадался небольшими сплошными кусками, или въ видѣ шаровъ и лучисто-расположенныхъ частичекъ на мѣдномъ блескѣ и на красной мѣдной рудѣ. Кромѣ того малахитъ встрѣчался въ видѣ ложныхъ кристалловъ призматической формы, длиною отъ  $\frac{1}{2}$  до 1 дюйма. Эти кристаллы срослись въ друзы и проросли другъ друга. Относительно происхожденія этихъ ложныхъ кристалловъ не сдѣлано точныхъ опредѣленій. Чаще малахитъ былъ встрѣчаемъ въ Суходойскомъ рудникѣ.

7. *Мѣдная зелень* встрѣчалась въ большомъ количествѣ въ сплошномъ видѣ отдѣльно или вмѣстѣ съ стильпно-сидеритомъ; попадалась также съ бурой глиною, пересекая ее тонкими слоями. Вообще она является всюду въ охристой рудной массѣ, пересекая ее весьма тонкими прослойками и покрывая отдѣльные куски руды въ видѣ примазокъ; чаще встрѣчается въ Суходойскомъ и Васильевскомъ мѣсторожденіяхъ. Въ послѣднее время мѣдная зелень была въ изобиліи встрѣчена въ рудной массѣ Башмаковского мѣсторожденія, на горизонтѣ 6-й сажени, гдѣ она покрывала собою трещины въ мѣдномъ блескѣ, а также проникала окружающую діоритовую глину.

8. *Мѣдная синь* встрѣчалась также часто въ охристыхъ массахъ Суходойскаго и Васильевскаго рудниковъ, въ видѣ примазокъ и тонкихъ слоевъ; въ послѣднее время встрѣчена въ значительномъ количествѣ въ Устейскомъ мѣсторожденіи, гдѣ она покрываетъ, въ видѣ примазокъ, трещины въ богатыхъ скопленіяхъ рудной массы; нерѣдко является въ смѣшеніи съ желѣзною охрою.

9. *Кирпичная мѣдная руда* встрѣчалась часто въ Суходойскомъ рудникѣ.

10. *Печенковая мѣдная руда* встрѣчалась также нерѣдко отдѣльными почками и прожилками въ охристой рудной массѣ; чаще попадалась въ Суходойскомъ мѣсторожденіи.

11. *Шлаковатая мѣдная руда* встрѣчалась рѣдко въ охристой массѣ Суходойскаго мѣсторожденія.

12. *Смолистая мѣдная руда* встрѣчалась нерѣдко въ Фроловскомъ и Суходойскомъ мѣсторожденіяхъ; часто является тутъ проникнутой самородною мѣдью и рѣже мѣднымъ колчеданомъ.

13. *Мѣдный блескъ* встрѣчается небольшими включеніями вообще въ охристыхъ массахъ, но часто является въ значительныхъ гнѣздахъ; въ послѣднихъ онъ является сплошнымъ, болѣе или менѣе, чистымъ или проникну-

тымъ кварцемъ и рѣже известнякомъ. Самое большое распространеніе имѣлъ мѣдный блескъ въ Васильевскомъ рудникѣ, гдѣ, по увѣренію Германа, онъ встрѣчался такими большими скопленіями, что чрезъ него были проводимы штреки въ нѣсколько сажень. Онъ встрѣчался также въ Сухойскомъ рудникѣ. Въ послѣднее время, во вновь открытомъ Башмаковскомъ мѣсторожденіи, съ глубины 4-й сажени былъ открытъ выходъ мѣсторожденія, состоявшій изъ сплошной массы мѣднаго блеска, проникнутаго въ большей или меньшей степени желѣзистымъ кварцемъ. Съ этого выхода было добыто около 30,000 пуд. мѣднаго блеска, съ среднимъ содержаніемъ мѣди въ 34%. Нѣкоторые штуфы показывали ясные переходы въ мѣдную чернь.

14. *Мѣдная чернь* встрѣчалась довольно обильно въ охристыхъ массахъ, проникая собою охристыя руды, иногда являлась въ довольно чистомъ видѣ, большими скопленіями, напр. въ Васильевскомъ и Михайло-Архангельскомъ рудникахъ; наконецъ въ такъ называемыхъ сажистыхъ рудахъ она представляетъ главную составную часть.

15. *Желѣзная охра* встрѣчалась обильно, сопровождая охристыя мѣдныя руды.

Колчеданистыя руды представляютъ болѣе простой составъ и заключають въ себѣ слѣдующіе минералы:

1. *Мѣдный колчеданъ* составляетъ главную составную часть рудной массы во всѣхъ мѣсторожденіяхъ, проникая собою ту или другую жильную породу. Рѣдко онъ встрѣчается совершенно чистымъ. Большею частью онъ является въ сплошномъ или зернистомъ видѣ, представляя тѣсное смѣшеніе съ сѣрнымъ колчеданомъ. Кромѣ того въ нѣкоторыхъ мѣсторожденіяхъ онъ заключаетъ въ себѣ обильныя включенія магнитнаго колчедана.

2. *Сѣрный колчеданъ* встрѣчается, какъ постоянный спутникъ мѣднаго, являясь въ тѣсномъ смѣшеніи съ послѣднимъ. Рѣже онъ является отдѣльными включеніями, въ видѣ кристаллическихъ группъ, или сплошными гнѣздами; послѣднія доходятъ иногда до значительной величины, какъ напр. въ Михайло-Архангельскомъ мѣсторожденіи, гдѣ рудная масса мѣстами переходитъ въ сплошной сѣрный колчеданъ. Нерѣдко въ рудной массѣ сѣрный колчеданъ совершенно замѣщаетъ собою мѣдный, проникая въ видѣ импрегнаціи жильную породу, какъ напр. въ Богословскомъ мѣсторожденіи.

3. *Магнитный колчеданъ* пока встрѣченъ въ Башмаковскомъ и Богословскомъ мѣсторожденіяхъ, гдѣ онъ проникаетъ рудную массу въ видѣ небольшихъ почекъ или довольно значительныхъ гнѣздъ. Часто онъ совершенно замѣщаетъ мѣдный колчеданъ, проникая собою афанитовую жильную породу, въ видѣ гнѣздъ или включеній, какъ напр. въ Богословскомъ мѣсторожденіи, гдѣ появленіе его въ рудной массѣ замѣчено съ горизонта 19-й сажени. Въ Башмаковскомъ мѣсторожденіи магнитный колчеданъ составляетъ постоянный спутникъ мѣднаго, проникая его въ видѣ импрегнаціи или въ видѣ болѣе или менѣе значительныхъ включеній.



4. *Мѣдный блескъ* встрѣчается весьма рѣдко въ чисто колчеданистыхъ горизонтахъ.

5. *Цинковая обманка* встрѣчается весьма рѣдко; въ видѣ мелкихъ пластинчатыхъ кристалловъ она встрѣчена въ Башмаковскомъ мѣсторожденіи.

6. *Свинцовый блескъ* встрѣчался весьма рѣдко въ сопровожденіи мѣднаго колчедана въ Суходойскомъ рудникѣ и Васильевскомъ.

7. *Желѣзный блескъ* попадался небольшими пластинками въ известковомъ шпатѣ въ Турьинскихъ рудникахъ.

Всѣ мѣдные мѣсторожденія, которыя подверглись капитальной разработкѣ или серьезной развѣдкѣ и на которыя слѣдуетъ возлагать прочныя надежды, могутъ быть распредѣлены въ три, болѣе или менѣе изолированныя группы. Эти группы ясно усматриваются изъ приложенной горно-геологической карты рудной области Богословскаго округа.

1. *Группа мѣдныхъ мѣсторожденій, располагающихся около Троицкой горы.* Эта группа находится въ 5 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскаго селенія. Мѣсторожденія этой группы носятъ характеръ настоящихъ жилъ и жилъ прикосновенія; первыя залегаютъ въ кварцевомъ плотномъ діоритѣ или въ діоритѣ, обильно проникнутомъ венисою; вторыя—между діоритомъ и венисою, или между венисою и известнякомъ.

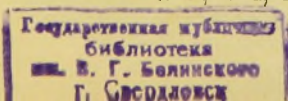
Къ этой группѣ принадлежатъ главнымъ образомъ слѣдующія мѣсторожденія: *Богословское, Башмаковское, Михайло-Архангельское, Заболотное и Троицкое.*

2. *Группа Турьинскихъ мѣдныхъ мѣсторожденій.* Эта группа располагается въ такъ называемой Турьинской горѣ и на склонахъ ея, по лѣвую сторону р. Турьи. Всѣ мѣсторожденія этой группы носятъ характеръ жилъ прикосновенія и залегаютъ между известнякомъ и діоритомъ. Къ этой группѣ главнымъ образомъ принадлежатъ слѣдующія мѣсторожденія: *Суходойское, Григорьевское, Николаевское, Васильевское, Александровское и мѣсторожде- 17.198596*

3. *Группа Фроловскихъ мѣдныхъ мѣсторожденій.* Эта группа располагается въ такъ называемой Фроловской горѣ, на склонахъ ея и на нѣкоторыхъ ближайшихъ сопкахъ, на правомъ берегу р. Турьи, въ 3 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскаго селенія. Мѣсторожденія этой группы носятъ характеръ жилъ прикосновенія и залегаютъ главнымъ образомъ между известнякомъ и венисовою породою и рѣже между діоритомъ и венисовою породою. Къ этой группѣ принадлежатъ слѣдующія мѣсторожденія: *Фроловское, Подгорно-Николаевское, Партейское № 1 и Успенское.*

### Богословскій мѣдный рудникъ.

Богословскій рудникъ находится въ 5 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ и въ 17 верстахъ отъ Богословскаго завода. Въ этомъ рудникѣ ведется въ настоящее время главная добыча мѣдныхъ рудъ.



Окружающая поверхность вблизи рудника довольно ровная, на разстояніи же около  $1\frac{1}{2}$  версты въ восточномъ направленіи явственно возвышается такъ называемая Троицкая гора, состоящая преимущественно изъ венисовой, мѣстами ясно обнажающейся породы, проникнутой отчасти діоритовыми импрегнаціями и прорѣзанной діоритовыми и фельзитовыми жилами.

Какъ въ Троицкой горѣ, такъ и около нея, группируются весьма разнообразныя, по характеру залеганія, мѣдныя и желѣзныя мѣсторожденія, какъ это ясно видно на приложенной горно-геологической картѣ.

*Діоритъ*, составляющій область залеганія Богословскаго мѣсторожденія, состоящаго изъ двухъ параллельныхъ жилъ, обнажается только мѣстами, большею же частью онъ покрытъ дилuviальными отложеніями, которыя заключаютъ въ себѣ золотоносные пески, толщиною отъ 1 до 2 арш. вблизи рудника; въ районѣ же смежнаго, въ 300 саженьхъ располагающагося Башмаковского рудника, толщина ихъ доходитъ до 3 саж. и они служатъ предметомъ выгодной разработки. Золотоносные пески располагаются на плотныхъ желѣзистыхъ глинахъ, составляющихъ продуктъ разрушенія діорита, въ который онъ и переходитъ съ удаленіемъ въ глубь. Такъ напр., при углубкѣ Рашетовской шахты, желѣзистая глина шла до глубины 12 саж., далѣе на 4 саж. шелъ полуразрушенный діоритъ, а съ 16-й сажени былъ встрѣченъ нормальный плотный діоритъ.

Какъ *окружающая порода*, діоритъ является большею частью плотнымъ и рѣже мелкозернистымъ. Преобладающій цвѣтъ его свѣтло-сѣровато-зеленый, переходящій часто въ темнозеленый. Такъ какъ онъ, большею частью, сильно проникнутъ микроскопически кварцемъ, то онъ въ высшей степени сопротивляется стальному буру и долженъ быть правильнѣе охарактеризованъ *кварцевымъ діоритомъ*.

Нерѣдко можно наблюдать переходы плотнаго діорита въ средне-зернистый и наконецъ въ діоритовый порфиръ; послѣдній въ особенномъ развитіи былъ встрѣченъ въ ЮВ-мъ концѣ мѣсторожденія, при углубкѣ шахты № 4. Кромѣ того діоритовый порфиръ былъ нерѣдко наблюдаемъ въ всячемъ боку главной жилы; по это появленіе слѣдуетъ также приписать случайнымъ переходамъ этой породы и отчасти извѣстнаго рода метаморфизаціи ея при образованіи руднаго мѣсторожденія. Во всякомъ случаѣ появленіе порфирита мѣстами въ всячемъ боку не даетъ права охарактеризовать послѣдній діоритовымъ порфиромъ. Вслѣдствіе болѣе или менѣе значительной трещиноватости діорита, мы встрѣчаемъ въ немъ нерѣдко прожилки кварца и какъ бы гнѣздовыя включенія мраморовиднаго известняка. Изъ постороннихъ же минеральныхъ примѣсей пока былъ встрѣченъ въ діоритѣ только сѣрный колчеданъ.

Весьма оригинально то, что мы, въ видѣ исключенія, встрѣчаемъ въ діоритѣ венису въ формѣ кристалловъ <sup>1)</sup>, въ формѣ же импрегнаціи или

<sup>1)</sup> Только однажды были встрѣчены довольно крупныя кристаллы граната въ діоритѣ.



сплошныхъ включеній мы до сихъ поръ ее не встрѣчали; между тѣмъ какъ она является во всѣхъ видахъ обильною примѣсю въ діоритѣ, заключающемъ Башмаковское мѣсторожденіе, находящееся въ 300 саж. отъ Богословскаго Кромѣ главныхъ двухъ жилъ, въ висячемъ боку было встрѣчено нѣсколько мѣдныхъ прожилковъ, толщиною отъ 1 до 5 дюймовъ. Простираніе ихъ согласное съ главною жилою, а паденіе—болѣе крутое.

Наконецъ довольно часто діоритъ, какъ окружающая порода, прорѣзывается, въ крестъ простиранія мѣсторожденія и подъ различными углами, жилами діоритоваго афанита, перѣдко переходящаго въ фельзитъ. Толщина этихъ жилъ колеблется около 1 аршина.

Въ прикосновеніи съ рудной массою діоритъ является часто тонкослоистымъ, нѣсколько разрушеннымъ и, большею частью, оруденѣлымъ сѣрнымъ и мѣднымъ колчеданами. Кромѣ того иногда оруденѣлость является въ видѣ тонкихъ прожилковъ смѣси мѣднаго колчедана съ сѣрнымъ между слоями діорита. Это явленіе имѣетъ мѣсто чаще всего въ висячемъ боку, гдѣ діоритъ (большею частью) рѣзко отдѣляется отъ рудной массы и представляетъ довольно гладкую поверхность, покрытую тонкимъ слоемъ мягкой жирной глины сѣроватозеленаго цвѣта. Лежачій бокъ является также мѣстами оруденѣлымъ, но не представляетъ рѣзкихъ залъбандовъ.

Въ Богословскомъ рудникѣ разработка ведется въ двухъ болѣе или менѣе параллельныхъ жилахъ, залегающихъ въ плотномъ кварцевомъ діоритѣ на разстояніи около 5 сажень другъ отъ друга.

*Главная жила*, на которой былъ заложенъ Богословскій рудникъ, была открыта еще Походяшинымъ посредствомъ *Желтой* шахты, углубленной тогда только на 8 сажень. Подъ вѣдѣніемъ казны эта шахта была продолжена до 25-й сажени. Пересѣвши рудную жилу на горизонтѣ 8-й сажени, она шла въ лежачемъ боку ея. Желтая шахта служила подъемною, водоотливною и путевою. На ней еще недавно была разобрана 18-ти сильная машина системы Уатта, служившая для отлива воды.

*Казенная шахта*, заложенная въ сѣверо-западномъ концѣ жилы, на разстояніи 40 сажень отъ Желтой, встрѣтила рудную жилу уже на глубинѣ 3 сажень, гдѣ она представляла довольно значительную мощность, но не богатый составъ. Пересѣвши жилу на горизонтѣ 5-й сажени, шахта шла въ лежачемъ боку параллельной жилы; къ послѣдней она подошла весьма близко на горизонтѣ 15-й сажени, до котораго была углублена. На горизонтѣ же 14,5 саж., изъ этой шахты были пересѣчены обѣ жилы. Эта шахта служила подъемною, путевою и провѣтривающею.

*Шурфъ № 2* былъ заложенъ въ 55 саженьяхъ на ЮВ отъ Казенной шахты и встрѣтилъ рудную жилу также на горизонтѣ 3 сажень. Этимъ шурфомъ была открыта средняя часть главной жилы, которая до 7-й сажени представляетъ какъ бы изолированный штокъ, длиною около 30 сажень и

толщиною около 6 сажень. Съ горизонта же 8-й сажени этотъ штокъ соединяется съ СЗ-ною частью въ одну общую жилу.

*Шахта № 4* была заложена въ юго-восточномъ концѣ мѣсторожденія, на расстояніи 142 саж. отъ Казенной. Она шла преимущественно по діоритовому порфиру и на 14-ой саж. оказалась между главной и параллельною жилами, которыя и были изъ нея пересѣчены кварцитами. Обѣ жилы были изслѣдованы за предѣлами этой шахты еще на 25 саж. по простиранию.

Разработка Богословскаго мѣсторожденія нѣсколькими шахтами по частямъ оказалась весьма неудобною; поэтому для дальнѣйшей эксплуатаціи рудныхъ жилъ, на болѣе глубокихъ горизонтахъ, была заложена по инициативѣ г. Померанцева капитальная шахта въ всячемъ боку главной жилы, на расстояніи 70 саж. отъ Желтой шахты, приблизительно противъ середины мѣсторожденія. Эта шахта была названа Рашетовскою, въ честь В. К. Рашета. Изъ этой шахты предполагено было вести подготовку мѣсторожденія этажами, на расстояніи 10 саж. другъ отъ друга.

Какъ главная жила, такъ и параллельная, по своей относительно правильной формѣ и по довольно правильному залеганію, какъ по простиранию, такъ и по паденію, могутъ быть охарактеризованы *настоящими жилами*.

Въ самомъ дѣлѣ, главная жила, при средней толщинѣ около 3 саж., изслѣдована на протяженіи около 165 саж., причемъ показываетъ самое незначительное отклоненіе отъ общей линіи простиранія. Прекраснымъ доказательствомъ этому служить планъ выработокъ на горизонтѣ 14,5 саж. (см. фиг. 1, табл. II.). Если мы и встрѣчаемъ по простиранию переходы отъ пережимовъ, почти безрудныхъ, къ довольно мощнымъ раздувамъ, то они довольно рѣдки. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ эти пережимы должны быть приписаны бѣдности рудной массы, заставляющей оставлять часть ея не выработанной. Жильный характеръ также подтверждается отпрысками, идущими отъ главной жилы, какъ въ лежачій бокъ, такъ и въ всячій. Паденіе главной жилы также довольно постоянное, причемъ уголъ паденія колеблется около 30°. По паденію она показываетъ также незначительные переходы отъ пережимовъ къ раздувамъ (см. профили по АВ и ВС. фиг. 2 и 3 табл. II). Но вообще до горизонта 25-й сажени мы не встрѣчаемъ особенно значительныхъ штокообразныхъ скопленій; напротивъ замѣчено, что главная жила, по мѣрѣ удаленія въ глубь, т. е. по паденію, постепенно утолщается. Ниже горизонта 25-ой сажени, при преслѣдованіи главной жилы наклонными гезенгами, она приняла довольно крутое паденіе и рудная масса какъ бы выклинивалась, упираясь въ діоритовую жилу. Это явленіе скорѣ объяснилось весьма характернымъ *сбросомъ* мѣсторожденія. Мѣсторожденіе сброшено почти по отвѣсной линіи съ горизонта 30-й сажени до горизонта 38-й сажени, что ясно подтверждается изслѣдованіемъ жилы съ горизонта 40-й сажени по возстанію. Этотъ сбросъ ясно изображенъ на профили чрезъ гезенгъ № 8-й и Рашетовскую шахту (см. фиг. 2 табл. II). Сбрасывающая трещина, простираясь на NW 10° 15' и падая на SW подъ угломъ 80°, выполнена плотнымъ діори-



томъ темнозеленаго цвѣта, толщина котораго колеблется отъ 15 до 55 дюймовъ. Эта діоритовая жила рѣзко отдѣляется отъ рудной массы, которая, упираясь въ нее, большею частью состоитъ изъ сплошнаго мѣднаго колчедана; отъ діоритоваго висячаго бока она отдѣляется трещиною въ 3—4 дюйма, выполненною мягкою жирною глиною свѣтло-сѣраго цвѣта.

Благодаря этому сбросу, мы встрѣтили впервые въ главной жилѣ весьма оригинальную по составу, богатую штокообразную массу, расположенную по простиранію между гензенгомъ № 8 и главнымъ кварцлагомъ выше горизонта 30-й сажени. Простираніе и паденіе этого штока согласное съ главною жилою; падая, онъ упирается въ отвѣсную, весьма гладкую плоскость сбрасывающей діоритовой жилы, отъ которой рѣзко отдѣляется.

Длина этого штока можетъ быть принята въ 20 сажень; по паденію онъ изслѣдованъ на 8 сажень, а толщина его доходитъ до 6,5 сажень. Считая по 2.000 пудовъ руды съ каждой кубической сажени,<sup>\*)</sup> мы имѣемъ въ этой штокообразной массѣ запасъ руды въ 2,080,000 пудовъ, съ среднимъ содержаніемъ мѣди 10<sup>0</sup>/о<sup>1)</sup>.

Положеніе этого руднаго штока относительно параллельной жилы заставляетъ предполагать соединеніе въ немъ обѣихъ жилъ.

Главная жила пересѣкается довольно часто въ крестъ простиранія жилами діорита, діоритоваго афанита, переходящаго нерѣдко въ фельзитовый сланецъ, съ довольно ясною слоеватостью. Толщина этихъ жилъ колеблется около 1 аршина; онѣ имѣютъ обыкновенно меридіональное простираніе и вертикальное паденіе. По обѣ стороны гензена № 8, на разстояніи 3 саж. и около него, ясно являются такія сѣкущія жилы, причемъ рудная масса, прилегающая къ нимъ съ обѣихъ сторонъ, является, большею частью, съ неодинаковымъ составомъ, но вообще довольно богатымъ.

До сихъ поръ нельзя было отыскать ясныхъ признаковъ сброса или сдвига около этихъ сѣкущихъ афанитовыхъ жилъ. Предполагать нѣкоторое вліяніе ихъ на относительное положеніе рудной жилы можно только по различному составу рудной массы, прилегающей съ той и другой стороны къ сѣкущей жилѣ.

Простираніе главной жилы. . . NW 10<sup>h</sup> 30'

Паденіе. . . . . SW 4<sup>h</sup> 30'

Уголъ паденія около. . . . . 30°

Профиль главной жилы по простиранію показываетъ, что главная жила склоняется весьма полого въ юго-восточномъ направленіи и довольно круто въ сѣверо-западномъ. Показанные во многихъ мѣстахъ рудной массы перерывы должны быть только отчасти отнесены къ безруднымъ пережикамъ. Большинство же изъ оныхъ представляетъ или діоритовую жильную породу, весьма мало оруденѣлую и, слѣдовательно, не заслуживающую выработки, а

<sup>1)</sup> Такой запасъ послѣдующими работами вполне оправдался.

нѣкоторые перерывы представляютъ оставшіеся рудные цѣлики, достойные выработки.

Съ горизонта 20-й сажени, главная жила изслѣдована подробно только между гезенгами № 6 и № 8. На *ЮВ* отъ гезенга № 6 главная жила изслѣдована только незначительно нѣсколькими наклонными гезенгами, а на *СЗ* отъ гезенга № 8 главная жила осталась пока вовсе не изслѣдованною ниже горизонта 20-й сажени.

*Параллельная жила* была открыта около Казенной шахты на горизонтѣ 14,5 саж. Въ предѣлахъ этой шахты она была изслѣдована на протяженіи 30 саж. по простиранию и прослѣжена вверхъ до горизонта 12-й сажени. При такой длинѣ, со среднею толщиною около 1,5 саж., она шла съ довольно постояннымъ паденіемъ и составомъ до горизонта 20-й сажени.

Юго-восточная часть этой жилы была открыта на горизонтѣ 14,5 сажени около шахты № 4, на протяженіи 25 саж.; но тутъ она была прослѣжена только по возстанію до горизонта 13-й сажени. Такимъ образомъ, средняя часть этой жилы, на протяженіи около 100 саж., осталась не изслѣдованною, если не считать двѣ проработки, заложенныя на горизонтѣ 14,5 саж. приблизительно въ срединѣ мѣсторожденія и встрѣтившія незначительно оруденѣлую жильную массу, соответствующую по положенію параллельной жилѣ.

*Параллельная жила* залегаетъ также въ плотномъ кварцевомъ діоритѣ, именно въ лежащемъ боку главной жилы. — Простирание и падение ея согласное съ главной жилой. Средній уголъ паденія колеблется около 30°.

Діоритъ, какъ окружающая порода, является вблизи рудной жилы съ такими-же свойствами, какъ и въ главной жилѣ. Сама жила, какъ по простиранию, такъ и по паденію, представляетъ не особенно рѣзкіе переходы въ мощности и отдаетъ отъ себя короткіе отпрыски въ лежащій и висящій бока, отчего главнымъ образомъ появляются болѣе значительные раздувы, какъ это можно наблюдать между горизонтами 13-й и 15-й сажени въ *СЗ*-й части ея. Тутъ толщина этой жилы доходитъ до 6 саж.; между тѣмъ какъ съ удаленіемъ вглубь она принимаетъ болѣе равномерную толщину, колеблющуюся около 1,2 саж.

Среднее разстояніе между главною и параллельною жилами колеблется около 5 саж.; только выше горизонта 13 саж. замѣчается болѣе значительное удаленіе этихъ жилъ другъ отъ друга.

Въ 1880 году продолженіе параллельной жилы было снова открыто на горизонтѣ 30-й сажени, гдѣ она встрѣчена была проработкою, заложенною изъ основного штрека на разстояніи 12 саж. на *ЮЗ* отъ главнаго кварцлага, пересѣкающаго мѣсторожденіе приблизительно въ срединѣ. Эта проработка встрѣтила на разстояніи 9 саж. весьма богатую рудную массу, состоящую преимущественно изъ сплошныхъ гнѣздъ мѣднаго колчедана съ незначительною примѣсью діоритоваго афанита и амфиболита, какъ жильныхъ породъ. Эта жила изслѣдована въ обѣ стороны по простиранию на 10 саж., причемъ въ *ЮВ*-ю сторону рудная масса представляетъ богатый составъ, а



въ СЗ-ю сторону она обѣднѣла. — Въ богатой рудной массѣ жильною породой является амфиболитъ, а въ бѣдной — діоритовый афанитъ. Средняя толщина этой жилы около 1,3 саж. Всякій бокъ этой жилы состоитъ тутъ изъ полуразрушеннаго тонкослоистаго діорита, проникнутаго вблизи рудной жилы прослойками и импрегнаціями колчеданистыхъ рудъ, а вдали — импрегнаціями окристыхъ рудъ, состоящихъ преимущественно изъ мѣдной черни, рѣже мѣдной зелени. — Толщина оруденѣлаго діорита около 1,2 сажени, затѣмъ онъ переходитъ въ плотный кварцевый діоритъ. Лежачій бокъ этой жилы является на прикосновеніи также слегка разрушеннымъ и оруденѣлымъ, но вскорѣ переходитъ въ плотный діоритъ темнозеленаго цвѣта.

*Составъ руднаго мѣсторожденія.* Рудная масса главной жилы, появляющейся уже на глубинѣ 3 сажень, состояла до 14,5 сажени преимущественно изъ такъ называемыхъ сажистыхъ рудъ, которыя въ верхнихъ горизонтахъ представляли землистую массу чернаго или синевато-чернаго цвѣта, состоящую изъ темнозеленой діоритовой глины, проникнутой въ большей или меньшей степени мѣдною чернью, желѣзною охрою и блестками мѣднаго и сѣрнаго колчедана. Съ удаленіемъ вглубь, въ этой рудной массѣ стали появляться обильно болѣе или менѣе значительныя включенія мѣднаго колчедана въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ. Ниже горизонта 14,5 сажени появленіе сажистыхъ рудъ составляетъ исключеніе. Между прочимъ онѣ были встрѣчены на горизонтѣ 29-й сажени, вблизи лежакаго бока, на СЗ отъ главнаго кварцлага, гдѣ рудная масса состояла изъ полуразрушеннаго діорита, проникнутаго мѣдною чернью, мѣдною синью и включеніями мѣднаго колчедана. Вообще же съ горизонта 14,5 сажени рудная масса является съ нормальнымъ колчеданистымъ составомъ и состоитъ главнѣйше изъ темнозеленаго *плотнаго діорита* или *діоритоваго афанита*, какъ основной жильной породы, проникнутаго мѣднымъ колчеданомъ, въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ, въ видѣ импрегнаціи, въ видѣ болѣе или менѣе значительныхъ включеній или сплошныхъ гнѣздъ. Кромѣ того, въ этой рудной массѣ нерѣдко является магнитный колчеданъ, который проникаетъ жильную діоритовую породу рѣже въ видѣ импрегнаціи и чаще въ видѣ болѣе или менѣе значительныхъ включеній. Мѣстами магнитный колчеданъ почти вытѣсняетъ собою мѣдный, и такія рудныя массы остаются, большею частью, не выработанными. Сѣрный колчеданъ появляется довольно рѣдко самостоятельно въ рудной массѣ сплошнымъ, въ видѣ импрегнаціи, или кристаллами вмѣстѣ съ кристаллическими друзами кварца, нерѣдко выполняющими пустоты въ рудной массѣ.

Вышеприведенный составъ рудной массы представляетъ болѣе общій типъ для главной жилы; необходимо только прибавить, что въ діоритовой жильной массѣ мы встрѣчаемъ нерѣдко значительныя гнѣзда плотнаго кварца, или прожилки известняка, проникнутые, большею частью, довольно чистыми импрегнаціями мѣднаго колчедана. Въ такихъ случаяхъ замѣщенія діоритовой жильной породы кварцемъ или известковымъ шпатомъ всегда замѣчается обогащеніе рудной массы.

Въ богатыхъ штокообразныхъ скопленіяхъ мы замѣчаемъ нѣсколько иной составъ рудной массы. Діоритовая жильная порода почти совершенно замѣщается частью *кварцемъ*, частью *амфиболитомъ*, причемъ послѣдніе, болѣею частью, являются проникнутыми весьма обильно мѣднымъ колчеданомъ въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ, въ видѣ импрегнаціи, почковидныхъ включеній и сплошныхъ гнѣздъ. Нерѣдко въ этихъ штокообразныхъ скопленіяхъ мы встрѣчаемъ прожилки и гнѣзда крупно кристаллическаго известняка, проникнутаго также оруденѣлостью. При такомъ составѣ рудной массы мы получаемъ обыкновенно съ кубической сажени около 1800 пуд. руды, съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 12%; между тѣмъ какъ рудная масса съ діоритовою жильною породою даетъ съ кубической сажени, послѣ предварительной сортировки, около 1000 пуд. руды съ среднимъ содержаніемъ около 7%. Вообще составъ рудной массы въ Богословскомъ мѣсторожденіи весьма измѣнчивый, какъ по простиранію, такъ и по паденію. Поэтому нерѣдко приходится оставлять довольно значительныя массы не выработанными.

Параллельная жила, открытая на глубинѣ 14,5 саж. и изслѣдованная по возстанію до горизонта 11-й сажени, а по паденію—до горизонта 21-й сажени, состояла преимущественно изъ такъ называемыхъ сажистыхъ рудъ съ значительными включеніями мѣднаго колчедана. Открытая въ послѣднее время на горизонтѣ 30-й сажени рудная масса параллельной жилы состоитъ частью изъ діоритоваго афанита, проникнутаго импрегнаціями мѣднаго колчедана, а пройдя 5 или 6 сажень на *IOB*, рудная масса состояла почти изъ сплошнаго мѣднаго колчедана, въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ, проникнутаго амфиболитомъ, частью чистымъ, частью оруденѣлымъ. Среднее содержаніе добываемыхъ рудъ съ этой жилы колеблется около 10%.

Въ силу сказаннаго о составѣ Богословскаго мѣсторожденія можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, его составляющихъ:

- 1) Мѣдный колчеданъ.
- 2) Пестрая мѣдная руда.
- 3) Сѣрный колчеданъ.
- 4) Магнитный колчеданъ.
- 5) Мѣдная чернь.
- 6) Мѣдная синь.
- 7) Желѣзная охра.
- 8) Желѣзный купоросъ.
- 9) Кварцъ.
- 10) Известковый шпатъ.
- 11) Роговая обманка.<sup>1</sup>

*Методъ разработки Богословскаго мѣсторожденія.* Основной принципъ подготовки этого мѣсторожденія состоитъ въ раздѣленіи его по паденію на этажи, высотой въ десять сажень, посредствомъ квершлаговъ, ведущихся изъ капитальной Рашетовской шахты. По пересѣченіи мѣсторожденія квер-



шлагами, изъ пункта пересѣченія ведутся по рудной массѣ основные штреки въ обѣ стороны по простиранію. Изъ основнаго же штрека предположено задавать возстающіе штреки по рудной жилѣ на разстояніи отъ 10 до 20 саж. другъ отъ друга. Тогда изъ послѣднихъ было бы весьма удобно вести выемку подготовленныхъ цѣликовъ отступающими забоями въ одинъ или два яруса въ обѣ стороны по простиранію. Такой способъ подготовки и выемки былъ бы весьма удобенъ, еслибы рудная жила, при болѣе или менѣе правильномъ залеганіи, шла бы съ одинаковымъ составомъ, какъ по паденію, такъ и по простиранію; но такъ какъ рудная жила имѣетъ весьма измѣнчивый составъ и часто образуетъ переходы отъ богатой рудной массы къ такимъ массамъ, которыя не стоятъ выработки, и такъ какъ рудная жила, будучи сброшена діоритовою жилою съ горизонта 30-й сажени до горизонта 38-й сажени, приняла уже съ горизонта 25-й сажени весьма неправильный характеръ относительно залеганія, то вышеупомянутый способъ подготовки остался выполненнымъ только въ главныхъ чертахъ.

Полагая, что съ горизонта 38-й сажени Богословское мѣсторожденіе принимаетъ болѣе правильный характеръ, какъ относительно паденія и простиранія, такъ и относительно состава рудной массы, мы можемъ надѣяться привести въ исполненіе вышеприведенный способъ подготовки только съ горизонта 50-й сажени, или въ рудномъ этажѣ, залегающемъ между горизонтами 50-й и 40-й сажени.

На глубинѣ 30-й сажени былъ заложенъ изъ Рашетовской шахты первый этажный квершлагъ, съ цѣлью подготовить рудный этажъ между горизонтами 30-й и 20-й сажени. Этимъ квершлагомъ встрѣчена главная жила на разстояніи 34,7 сажени отъ шахты и съ весьма богатымъ составомъ. Здѣсь впервые показались признаки сброса, такъ какъ передъ рудною массою была пересѣчена діоритовая сбѣгающая жила, въ 0,5 саж. толщиною, которая рѣзко отдѣлялась отъ висячаго бока трещиною, выполненною мягкою глинистою массою, и въ которую съ другой стороны упиралась богатая рудная масса. Послѣдняя рѣзко отдѣлялась отъ сбѣгающей діоритовой жилы и не шла далѣе по паденію.

Квершлагъ былъ продолженъ далѣе, съ цѣлью пересѣчь параллельную жилу; послѣдняя была встрѣчена на разстояніи 5 саж. отъ главной и изслѣдована на NW по простиранію параллельнымъ штрекомъ на горизонтѣ 29-й сажени. Впослѣдствіи выяснилось, что тутъ образовалась мощная штокообразная масса, въ которой, повидимому, главная и параллельная жилы сливаются между собою. Самостоятельное проявленіе параллельной жилы было снова открыто проработкою изъ основнаго штрека на разстояніи 12 саж. на SO отъ квершлага. Изъ пункта встрѣчи главной жилы квершлагомъ былъ заложенъ по рудной массѣ основной штрекъ въ обѣ стороны по простиранію. Изъ нихъ штрекъ на NW прошелъ по богатой рудной массѣ на протяженіи 17 саж. Проявляясь въ концѣ небольшимъ прожилкомъ въ потолокъ, рудная масса на 17-й сажени вовсе прекратилась. Далѣе основной штрекъ

шелъ по діоритовой окружающей породѣ еще на 27 саж. Возстающій штрекъ образовался на разстояніи 17-й саж. отъ квершлага встрѣчными работами снизу вверхъ и сверху внизъ продолженіемъ существовавшего ранѣе гезенга № 8.

До горизонта 25-й сажени этотъ гезенгъ шелъ, согласно паденію жилы, подъ угломъ  $30^\circ$ , а затѣмъ онъ идетъ по импрегнаціямъ подъ угломъ  $51^\circ$  до основного штрека. Изъ этого возстающаго штрека или наклоннаго гезенга № 8 ведется въ настоящее время выемка рудной массы въ обѣ стороны по простиранію, причемъ онъ служитъ для спуска добытыхъ рудъ на основной штрекъ.

На SO основной штрекъ шелъ по богатой рудной массѣ на протяженіи 10 саж., а затѣмъ онъ шелъ по діоритовой окружающей породѣ, на протяженіи 30 саж. Этотъ штрекъ будетъ продолженъ далѣе на SO, чтобы достигнуть сообщеніе изъ него съ гезенгомъ № 2 старыхъ работъ и имѣть возможность изслѣдовать юго-восточную часть руднаго мѣсторожденія (см. профиль по простиранію фиг. 2, табл. II). Изъ этого штрека, на разстояніи 27 саж. отъ квершлага, достигнуто сообщеніе съ гезенгомъ № 6 прежнихъ работъ. Этотъ наклонный гезенгъ шелъ сначала согласно паденію жилы, а съ горизонта 24-й сажени мѣсторожденіе какъ бы выклинилось, а потому далѣе онъ углубленъ по отвѣсному направленію. Изъ этого гезенга въ настоящее время ведутся также развѣдочныя и въ то-же время выемочныя выработки въ обѣ стороны по простиранію, причемъ онъ служитъ для спуска добытыхъ рудъ на основной штрекъ.

Наконецъ въ послѣднее время достигнуто встрѣчными работами сообщеніе съ гезенгомъ № 7 прежнихъ работъ. Послѣдній располагается на разстояніи 5 саж. на NW отъ квершлага.

На горизонтѣ 40-й сажени изъ Рашетовской шахты пройденъ также квершлагъ до пересѣченія главной жилы (см. профиль фиг. 2 табл. II). Кромѣ того въ рудной жилѣ пройденъ основной штрекъ въ обѣ стороны по простиранію на протяженіи 45 сажень.

Въ концѣ 1881 года шахта была углублена до горизонта 48-й сажени частью ручною работою, частью машиною, посредствомъ перфораторовъ „Beaumont“

Главная добыча рудъ ведется въ богатомъ рудномъ штокѣ, образовавшемся какъ бы отъ сліянія главной и параллельной жилъ и залегающемъ между гезенгомъ № 8 и квершлагомъ. Въ немъ впервые явилась возможность ввести *видоизмѣненную потолоуступную выемку*, частью по простиранію, частью по паденію. При толщинѣ штока около 6,5 саж., въ немъ были заложены снизу вверхъ 5 забоевъ, въ извѣстномъ отступающемъ порядкѣ по простиранію съ побочнаго гезенга, опущеннаго около сѣкущей діоритовой жилы, раздѣляющей штокъ отъ нормальной главной жилы. Ширина этихъ забоевъ около 1,3 саж., а высота около 1,2 саж.

Такъ какъ въ рудникѣ разборка рудъ невозможна, частью вслѣдствіе



значительной крѣпости рудной массы и тѣснаго смѣшенія оруденѣлости съ жильною породой, частью вслѣдствіе незначительнаго содержанія жильной породы въ рудной массѣ, то большую часть очистныхъ выработокъ, вмѣсто закладки пустою породой, крѣпятъ ящичною крѣпью, или обыкновеннымъ подпорнымъ срубомъ. Впослѣдствіи эти срубы иногда заполняются пустою породой, которая получается при проводѣ развѣдочныхъ штрековъ въ весьма бѣдной рудной массѣ.

Въ богатомъ рудномъ штокѣ ведется также видоизмѣненная поперечная выемка, состоящая въ выемкѣ рудной массы въ крестъ простиранія сплошными забоями, слѣдующими другъ за другомъ снизу вверхъ, т. е. съ лежачаго бока до висячаго. При этой выемкѣ сначала устраивались помосты, а когда высота очистного пространства достигаетъ 6 сажень, устанавливаютъ подпорный срубъ съ основаніемъ около 6 квадратныхъ сажень. Высота забоевъ составляетъ около 1,2 саж., а ширина около 2 сажень.

Вообще же, благодаря измѣнчивому составу рудной массы съ діоритовою жильною породой, приходится вести выемочные забои, большею частью, въ сплошной массѣ, преслѣдуя при этомъ, какъ по простиранію, такъ и по возстанію, болѣе богатые скопленія рудной массы. Такъ какъ главная жила, исключая вышеприведеннаго мощнаго штока, является съ среднею толщиной въ 3 сажени, то выемка ея ведется, большею частью, въ два яруса, начиная съ лежачаго бока. Крѣпленіе выемочныхъ штрековъ состоитъ также изъ подпорныхъ срубовъ или дверныхъ окладовъ.

Крѣпленіе квершлаговъ и основныхъ штрековъ состоитъ изъ сплошного ряда дверныхъ окладовъ. Основные штреки, благодаря значительной твердости рудной массы или окружающей породы, часто остаются безъ крѣпи. При этомъ потолку штрековъ придаютъ сводчатую форму.

Выемка рудъ и проводъ подготовительныхъ выработокъ совершаются въ Богословскомъ рудникѣ исключительно посредствомъ порохоострѣльной работы, причемъ главнымъ взрывчатымъ веществомъ служитъ динамитъ. Порохъ употребляется довольно рѣдко при выемкѣ рудной массы.—Благодаря весьма значительной твердости рудной массы и окружающей породы, проводъ шпуровъ ведется очень медленно. Въ теченіи 10 ти часовой смѣны каждый рабочій рѣдко въ состояніи пробурить болѣе 12 вершковъ. Поэтому средняя стоимость выемки кубической сажени колеблется около 80 рублей.

Плата рабочимъ повсюду введена задѣльная, т. е. съ кубической сажени, причемъ артель рабочихъ пріобрѣтаетъ на свой счетъ динамитъ и свѣчи. Буры же оттачиваются на счетъ владѣльца. Каждая артель, смотря по ширинѣ забоя, состоитъ изъ 4 или 8 рабочихъ, распредѣляющихся на двѣ смѣны, дневную и ночную. Расчетъ совершается мѣсячный. Такая система задѣльной платы введена по всѣмъ рудникамъ Богословскаго округа.

Добытая руда спускается со всѣхъ забоевъ по вышеупомянутымъ гезенгамъ или побочнымъ проработкамъ, посредствомъ тачекъ, на основѣ

штрекъ. Устройство бремсберговъ оказалось невозможнымъ вслѣдствіе не-одинаковаго угла паденія наклонныхъ гезенговъ.

На горизонтѣ 30-й и 40-й сажени основной штрекъ и квершлагъ снабжены двумя рельсовыми путями. По этимъ основнымъ выработкамъ нагруженные вагоны, вмѣстимостью въ 35 пудовъ, доставляются къ Рашетовской шахтѣ и накатываются на клѣти, снабженные парашютомъ. Подъемъ клѣтей съ вагонами совершается подъемною машиною съ двумя горизонтальными цилиндрами въ 60 силъ, которая была выполнена на Меркскомъ машиностроительномъ заводѣ въ Вестфалии. Діаметръ цилиндровъ этой машины 0,520 метра, величина хода поршня 0,940 метра. Діаметръ цилиндрическихъ барабановъ 2,500 метра. Распределение пара въ ней совершается помощью четырехъ уравновѣшенныхъ — корпусельскихъ клапановъ.

Въ настоящее время, при недостаточно удовлетворительной доставкѣ нагруженныхъ вагоновъ къ шахтѣ, въ 10-ти часовую смѣну поднимаютъ на дневную поверхность до 160 вагоновъ, слѣдовательно около 5,600 пудовъ руды.

Нагрузка руды въ вагоны, доставка ихъ къ шахтѣ, дальнѣйшая откатка ихъ на дневной поверхности и выгрузка ихъ при помощи опрокидывателей совершаются одною артелью, съ платою по 6 коп. съ вагона.

Добытая руда въ настоящее время подвергается ручной сортировкѣ, причѣмъ въ отваль поступаетъ не болѣе 10%. Для болѣе рациональной сортировки въ теченіи круглаго года устроено рудоразборное отдѣленіе съ двумя дробилками Блека и раздѣлительнымъ грохотомъ.

Сортированная руда поступаетъ въ обжегъ, въ открытыхъ кучахъ, въ количествѣ отъ 10,000 до 15,000 пудовъ въ каждой кучѣ. Послѣ двухъ обжеговъ она отвозится зимнимъ путемъ въ Богословскій заводъ, отстоящій отъ описываемаго рудника на 17 верстѣ. До настоящаго времени доставка мѣдныхъ рудъ на Богословскій заводъ обходится, вмѣстѣ съ нагрузкою и выгрузкою, по 1½ коп. съ пуда.

Такъ какъ на перевозку рудъ въ количествѣ 1.000,000 пудовъ, которое необходимо для полученія 50,000 пудовъ мѣди, будетъ затрачиваться ежегодно 15,000 рублей, а вслѣдствіи, при увеличеніи операций; — и значительно болѣе, то, полагаю, не въ далекомъ будущемъ должна быть построена узкоколейная желѣзная дорога <sup>1)</sup> по кратчайшей линіи между Богословскимъ заводомъ и двумя смежными рудниками, именно Богословскимъ и Башмаковскимъ. Такая линія будетъ длиною не болѣе 12 верстѣ.

*Отливъ воды* совершается посредствомъ подъемнаго насоса съ наружными штангами. Послѣднія приводятся въ движеніе отъ 100 сильной паровой машины съ однимъ цилиндромъ, діаметръ котораго 900 мм., а величина хода

<sup>1)</sup> Въ 1884 г. таковая узкоколейная желѣзная дорога была построена Горнымъ Инженеромъ А. А. Ауэрбахомъ.



поршня 1525 мм., парораспределение съ переменнымъ расширениемъ Мейера. Высота каждого насоснаго става 8,5 саж., диаметръ поршневой трубы 14 дюйм. Средній притокъ воды въ минуту не превышаетъ 20 куб. футовъ.

По приобретёнии Богословскаго округа, въ томъ положеніи, какъ было выше упомянуто, Богословскій рудникъ представлялъ главную опору будущей мѣдной производительности. Поэтому, чтобы возможно быстрее подготовить этотъ рудникъ къ обширной эксплуатаціи необходимо было прибѣгнуть къ болѣе энергическимъ средствамъ. Съ этою цѣлью было примѣнено въ Богословскомъ рудникѣ машинное буреніе шнуровъ сжатымъ воздухомъ съ помощью перфораторовъ Маіора „Beaumont“.

Компрессаторъ, установленный для воспроизведенія сжатого воздуха на Богословскомъ рудникѣ, представляетъ нѣсколько усовершенствованный типъ мокрыхъ насосовъ системы „Sommeiller“.

Диаметръ парового цилиндра 0,500 м., диаметръ воздуховнаго цилиндра 0,450 м., а величина хода поршня 1,200 м.; парораспределение съ переменнымъ расширениемъ системы Мейера. Всасываніе и нагнетаніе воздуха производится посредствомъ резиновыхъ кольцевыхъ клапановъ. При 20 оборотахъ въ минуту, этотъ компрессаторъ даетъ достаточно сжатого до 3-хъ атмосферъ воздуха для 6 перфораторовъ.

Перфораторъ „Beaumont“ показался намъ наиболѣе пригоднымъ для нашей, въ высшей степени твердой, діоритовой окружающей породы и рудной массы съ діоритовою, весьма кварцеватою жильною породою, вслѣдствіе своей прочной и несложной конструкціи и вслѣдствіе небольшой длины. Приложенный чертежъ (фиг. 7 и 8) показываетъ устройство этого перфоратора. Онъ принадлежитъ къ тому типу, въ которомъ поступательное движеніе, по мѣрѣ углубленія шпура, совершается автоматически, но въ тоже время есть возможность регулировать это движеніе посредствомъ микрометрическаго винта, на которомъ пасажена рукоятка.

Въ главныхъ чертахъ перфораторъ „Beaumont“ состоитъ изъ двухъ сообщающихся цилиндровъ, олитыхъ изъ чугуна въ одной части. Въ большомъ цилиндрѣ движется стальной сквозной поршень, въ передней части котораго прикрѣпляется буръ, а задняя тонкая часть проходитъ сквозь заднюю коробку, снабженную механизмомъ, посредствомъ котораго, при каждомъ обратномъ ходѣ поршня, перфораторъ подвигается автоматически на извѣстную величину. Въ маломъ цилиндрѣ помѣщается цилиндрическій золотникъ, который, при извѣстномъ устройствѣ и расположеніи каналовъ, самъ приводится въ движеніе сжатымъ воздухомъ и въ тоже время распределяетъ послѣдній въ большомъ цилиндрѣ. При помощи рукоятки, прикрѣпленной къ золотнику, можно во всякое время регулировать ходъ перфоратора.

Спереди къ чугунному цилиндру прикрѣпляется чугунная-же коробка, въ которой помѣщается механизмъ, состоящій изъ двухъ стальныхъ шестеренокъ, снабженныхъ съ противоположныхъ сторонъ собачками и насаженныхъ на стержень поршня при помощи двухъ вкладышей, свободно скользящихъ

по кривому пазу на стержнѣ. При каждомъ ударѣ поршня, буръ повертывается на извѣстную дугу, а принятію первоначальнаго положенія препятствуютъ собачки.

Весь перфораторъ, при помощи двухъ ножекъ, свободно движется по желѣзной доскѣ взадъ и впередъ посредствомъ микрометрическаго винта. Къ желѣзной доскѣ по срединѣ прикрѣпленъ стальной кругъ, посредствомъ котораго перфораторъ прикрѣпляется къ муфтѣ, свободно движущейся на колоннѣ буровой платформы при помощи микрометрическаго винта (см. фиг. 8, гдѣ ясно представлена буровая платформа съ двумя чугунными колоннами и способъ прикрѣпленія къ нимъ перфораторовъ).

На желѣзномъ составномъ горизонтальномъ брусѣ установлены, при помощи муфтъ, двѣ чугунины колонны, которыя могутъ быть, при ослабленіи винтовъ у муфты, свободно передвигаемы взадъ и впередъ, кромѣ того ихъ можно поворачивать вокругъ ихъ вертикальной оси. Такъ какъ перфораторъ можетъ принять также всякое положеніе, вращаясь около центральной оси, при помощи кольцевого паза въ стальномъ кругѣ, въ который входятъ два винта, то изъ этого ясно видно, что перфораторъ можетъ принять желаемое положеніе относительно забоя, и это условіе оказало намъ весьма важныя услуги при той твердости, которою обладаютъ какъ окружающая порода, такъ и рудная масса Богословскаго мѣсторожденія.

При установѣ буровой платформы передъ забоемъ, желѣзный брусъ съ колоннами и прикрѣпленными къ нимъ перфораторами опускается, при помощи двухъ микрометрическихъ винтовъ и рычага, вращаясь около передней осп, на рельсы и затѣмъ колонны закрѣпляются противъ потолка штрека при помощи деревянныхъ накладокъ четырьмя винтами. По окончаніи буренія этотъ брусъ съ колоннами снова поднимается, и буровая платформа на 6 колесахъ отвозится въ безопасное отъ взрывовъ мѣсто. Приведенная буровая платформа назначалась для 4-хъ перфораторовъ, но мы ограничились двумя, т. е. по одному перфоратору на каждой колоннѣ съ наружной стороны. Закрѣпивъ однажды колонны при требуемомъ положеніи относительно забоя, мы имѣемъ возможность пробурить желаемое число скважинъ по вертикальной линіи, т. е. отъ потолка до почвы штрека, передвигая только перфораторъ и давая ему извѣстный уклонъ къ верху или къ низу.

Машиннымъ буреніемъ былъ пройденъ основной штрекъ на горизонтѣ 30-й и 40-й сажени. При проводѣ штрека на горизонтѣ 30-й сажени намъ рѣдко приходилось дѣлать болѣе 16 шпуровъ въ забой, распределенныхъ въ 4 вертикальныя линіи. Средняя глубина шпуровъ колебалась около 28 дюймовъ. На проводъ такого шпура, при нормальномъ ходѣ буренія и при подковообразной формѣ бура, употреблялось не болѣе 25 минутъ, при 300 ударахъ въ минуту.

Средній суточный проходъ при машинномъ буреніи колебался около 28 дюймовъ. Сравнивая ручную работу съ машинною, мы получили среднее отношеніе скорости прохожденія выработки какъ 1:5; т. е. если при ручной



работѣ въ мѣсяцъ проходятъ выработку на одну сажень длины, то машинною работою, при тѣхъ же условіяхъ, проходятъ 5 сажень. Это отношеніе можно увеличить вдвое, если вмѣсто двухъ перфораторовъ вести буреніе шпуровъ четырьмя перфораторами, или если въ каждую 12-ти часовую смѣну производить буреніе необходимаго числа шпуровъ, взрывъ ихъ и откатку отвалившейся породы, что легко достигается при рациональной организаціи работъ.

Не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности, которыя ясно усматриваются изъ приложенной таблицы ежемѣсячныхъ результатовъ машинной работы сжатимъ воздухомъ посредствомъ перфораторовъ „Maiores Beaumont“, необходимо прибавить, что перфораторы конструированы на столько прочно и несложно, что послѣ трехлѣтнихъ работъ они не подверглись серьезной поломкѣ, не смотря на то, что въ нашемъ распоряженіи ихъ имѣлось всего *шесть*.

Таково было положеніе Богословскаго рудника въ концѣ 1881 года; въ настоящее-же время подготовительныя работы ведутся уже на горизонтѣ 60-й сажени.

### Башмаковскій мѣдный рудникъ.

Башмаковскій рудникъ находится въ 5 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ и въ 300 саженьяхъ отъ Богословскаго рудника. Въ немъ велась въ 1881 году также значительная добыча рудъ, простирающаяся до 350,000 пудовъ въ годъ. Эта руда получалась преимущественно побочно при проводѣ развѣдочныхъ и въ то-же время подготовительныхъ выработокъ по простираціи, по паденію и по возстанію рудного мѣсторожденія.

Башмаковское мѣсторожденіе открыто въ 1876 году, послѣ перехода Богословскаго округа въ собственность покойнаго С. Д. Башмакова, посредствомъ шурфа, заложеннаго приблизительно въ 100 саженьяхъ отъ сѣверо-западныхъ конечныхъ выработокъ брошеннаго стараго Михайло-Архангельскаго рудника. Въ предположеніи дальнѣйшаго продолженія Махайло-Архангельскаго мѣсторожденія на NW, развѣдочный шурфъ <sup>1)</sup> № 2-й былъ заложенъ на продолженной линіи простираціи въ сѣверозападномъ направленіи, какъ это видно изъ общаго плана выработокъ Махайло-Архангельскаго рудника и вновь открытаго Башмаковскаго. (См. фиг. 4, табл. II).

Пройдя на 1,2 саж. наносъ и затѣмъ на 2,5 саж. пластъ золотоноснаго песка, этотъ шурфъ пересѣкъ на глубинѣ 4-хъ сажень ближайшій къ поверхности выходъ мѣдного мѣсторожденія, состоявшій изъ весьма кварцеватой сплошной стекловатой мѣдной руды. Углубивши шурфъ до горизонта

<sup>1)</sup> Этотъ шурфъ былъ заложенъ по настоянію смотрителя И. А. Семенова, которому и должно быть приписано открытіе Башмаковскаго мѣсторожденія.

6 сажень, были заложены два развѣдочныхъ штрека върестъ принятой общей линіи простиранія. Западный штрекъ, на разстояніи 2,4 сажени отъ шурфа, встрѣтилъ рудное мѣсторожденіе въ почвѣ съ толщиной около 3-хъ сажень, а въ потолокъ—около 1,5 саж. Тутъ ясно выразилось паденіе мѣсторожденія на W и рѣзко обозначились какъ всіячій, такъ и лежацій бока. Лежачій бокъ состоялъ изъ діоритовой глины, проникнутой болѣе или менѣе окристыми рудами, т. е. красною мѣдною рудою, мѣдною зеленью и желѣзною охрою. Эту глину слѣдуетъ разсматривать какъ продуктъ разрушенія нормального діорита. Всіячій бокъ состоялъ изъ безрудной діоритовой глины, а рудная масса состояла сплошь изъ мѣднаго блеска, проникнутаго довольно значительно кварцемъ и желѣзною охрою и пересѣченнаго системою трещинъ, выполненныхъ мѣдною зеленью. Вслѣдствіе этихъ трещинъ, руда при добычѣ давалась въ видѣ отдѣльныхъ валуновъ, поверхность которыхъ была, большею частью, покрыта тонкимъ слоемъ мѣдной зелени. Мѣстами въ рудной массѣ былъ встрѣченъ кварцитъ въ видѣ прожилокъ и валуновъ, частью безрудныхъ, частью слегка оруденѣлыхъ.

Изъ пункта встрѣчи съ мѣсторожденіемъ были заложены развѣдочные штреки въ обѣ стороны по простиранію; изъ нихъ сѣверо-западный штрекъ прошелъ по рудной массѣ на протяженіи 4 саж., послѣ чего мѣсторожденіе выклинилось. Толщина рудной массы здѣсь колебалась около 1,5 сажени. Юго-восточный же штрекъ прошелъ по рудной массѣ на протяженіи 2 саж., послѣ чего мѣсторожденіе также выклинилось. И такъ въ этомъ пунктѣ мы случайно попали на сферическій выходъ руднаго мѣсторожденія съ весьма крутымъ паденіемъ въ обѣ стороны по простиранію. Такъ какъ этотъ выходъ не продолжался и по паденію ниже горизонта 6,5 саж., то нужно предполагать, что онъ тутъ отрѣзанъ пережимомъ или какою либо сѣкущею жилою. Этотъ выходъ при очистной добычѣ далъ около 30,000 пудовъ стекловатой мѣдной руды, съ среднимъ содержаніемъ мѣди въ 34%. Онъ подаль намъ серьезную надежду на открытіе солиднаго мѣсторожденія на дальнѣйшей глубинѣ, и надежда эта вполнѣ оправдалась послѣдующими работами.

Чтобы изслѣдовать открытое мѣсторожденіе на болѣе значительной глубинѣ, была заложена развѣдочная шахта въ всіячемъ боку, на разстояніи 13,5 сажень на западъ отъ шурфа № 2. Эта шахта была названа въ честь владѣльца *Баимаковского*, а въ послѣдствіи и самый рудникъ названъ *Баимакскимъ*.

На глубинѣ 12-й сажени изъ этой шахты была заложена развѣдочная выработка, которая встрѣтила полуразрушенный діоритъ, проникнутый самородною мѣдью въ видѣ тонкихъ пластинокъ и красивыхъ дендритовидныхъ скопленій. Такъ какъ признаки оруденѣлости были незначительны, то развѣдка въ этомъ горизонтѣ была скорѣе оставлена.

На глубинѣ 17-й сажени шахтою было пересѣчено рудное мѣсторожденіе толщиной 1 аршинъ, съ яснымъ паденіемъ на SW; оно состояло изъ сплошной массы мѣднаго колчедана съ примѣсью магнитнаго, но съ пол-



РЕЗУЛЬТАТЫ МАШИНОЙ РАБОТЫ  
СЖАТЫМЪ ВОЗДУХОМЪ  
ПРИ ПОМОЩИ ПЕРФОРАТОРА МАІОРА „ВЕАУМОНТ“.

Горн. Журн. 1887 г. Т. II.

Къ стр. 32.

1878 года.	РЕЗУЛЬТАТЫ.										У П О Т Р Е Б Л Е Н И Е.																СТОИМОСТЬ ВЪ РУБЛЯХЪ.										ПРИМѢЧАНІЕ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Пройдено въ мѣсяцъ мет- ровъ.	Число рабочихъ дней.	Суточная проходка въ метрахъ.		Число пробуренныхъ шпуровъ.		Общая длина шпуровъ.		Средняя глубина шпуровъ.	Породы.		Часовъ.			В У Р О В Ъ.								Динамита въ фунтахъ.			Нагнетательная машина пла- штина пла- часовъ.	Рабочая пла- та въ рубляхъ.		Содержаніе машины же- лѣза масла и другихъ.	Динамита и заправки.	Д р о в а.	Исправленіе буровъ.	Разные расходы.	Общая стоимость.	Рабочая плата за смену 10-ти часовую.	Стоимость метра штрека въ рубляхъ.		Сравненія машинной работы съ ручной при одинаковыхъ условіяхъ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			Въ мѣсяцъ.	На метръ забоя.	въ метрахъ.	въ мѣ- сяцъ.	на метръ забоя.	Метровъ.		СВОЙСТВО ПОРОДЫ.	На буреніе шпу- ровъ.	Время и от- кавку.	На кладку рельсовъ и трубовъ.	Въ мѣсяцъ.				На метръ забоя.				На одинъ шпуръ.					Въ мѣсяцъ.	На метръ забоя.										На одинъ шпуръ.	Количество дровъ для нагнетательной машины въ кубич. саженьхъ.	Для буренія.	Для венти- ляцій.	Машиннымъ рабочимъ.	Откатчикамъ.	Машина работа.	Ручная ра- бота.	Машина работа.	Ручная ра- бота.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
														№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
														№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Въ Мартѣ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					



нымъ отсутствіемъ какой либо жильной породы. Пересѣвши это мѣсторожденіе, шахта была углублена далѣе до горизонта 21-й сажени, и, по образованіи зумфа, былъ заложенъ съ лежачаго бока квершлагъ на горизонтъ 20-й сажени для пересѣченія мѣсторожденія. Этотъ квершлагъ уже на разстояніи 1,1 сажени отъ шахты встрѣтилъ богатую рудную массу. Преслѣдуя далѣе рудное мѣсторожденіе развѣдочнымъ и въ то же время подготовительнымъ штрекомъ въ обѣ стороны по простиранію, придерживаясь преимущественно висячаго бока, мы изслѣдовали рудное мѣсторожденіе на этомъ горизонтѣ въ сѣверо-западномъ направленіи на протяженіи 6 сажень отъ квершлага. Тутъ сплошная колчеданистая рудная масса перешла въ діоритъ, проникнутый импрегнаціями венисы, известковаго шпата и мѣднаго колчедана. Въ юго-восточномъ направленіи мѣсторожденіе изслѣдовано на протяженіи 45 сажень. Въ этомъ направленіи развѣдочный штрекъ, который сталъ основнымъ для послѣдующихъ подготовительныхъ работъ, идетъ на соединеніе съ выработками Михайло-Архангельскаго рудника.

По возстанію мѣсторожденіе было изслѣдовано тремя возстающими штреками, изъ нихъ возстающій штрекъ № 1 показываетъ распространеніе мѣсторожденія до горизонта 18-й сажени, гдѣ оно упирается въ венисовую жилу, а возстающій штрекъ № 2 показываетъ распространеніе рудной массы до горизонта 15-й сажени, гдѣ она также пересѣкается венисовою сѣкущею жилою.

По паденію же мѣсторожденіе изслѣдовано четырьмя, болѣе или менѣе глубокими, наклонными гезенгами, изъ коихъ гезенгъ № 2 прошелъ по рудной массѣ согласно паденію подъ угломъ  $45^{\circ}$  на 13 сажень, такъ что самая нижняя точка его соотвѣтствуетъ горизонту 30 сажень. Кромѣ того изъ этого гезенга, на горизонтъ 25-й сажени, пройденъ развѣдочный штрекъ по весьма богатой рудной массѣ на NW по простиранію, на протяженіи около 14 сажень.

Всѣ перечисленныя выработки имѣли главнымъ образомъ развѣдочный и подготовительный характеръ, но такъ какъ онѣ шли все время по довольно богатой сплошной колчеданистой рудной массѣ, лишенной какой либо жильной породы и состоящей изъ смѣси мѣднаго колчедана съ магнитнымъ, то ихъ вели съ болѣе значительными размѣрами, чтобы получить, съ одной стороны, большее количество рудъ, а съ другой, — удешевить стоимость добычи кубической сажени. Къ числу чисто выемочныхъ выработокъ могутъ быть отнесены параллельные штреки на горизонтѣ 18-й и 19-й сажени, которые ведутся изъ возстающихъ штрековъ по простиранію.

Всѣ перечисленныя выработки ясно обозначены на планѣ проэкціи выработокъ Башмаковскаго рудника (см. фиг. 4, табл. II).

Въ 1881 году Башмаковская шахта была углублена до горизонта 31-й сажени, и на горизонтѣ 30-й сажени заложенъ квершлагъ для пересѣченія руднаго мѣсторожденія и для дальнѣйшей подготовки руднаго этажа между



горизонтами 20-й и 30-й сажени <sup>1)</sup>, при помощи основнаго штрека и возстающих штрековъ на разстояніи отъ 10 до 15 сажени другъ отъ друга.

Встрѣчными работами было достигнуто сообщеніе между шурфомъ № 2 и возстающимъ штрекомъ № 2, вслѣдствіе чего получилось весьма удовлетворительное провѣтриваніе во всѣхъ выработкахъ.

Послѣ вышеприведеннаго очерка открытія и дальнѣйшаго изслѣдованія Башмаковского мѣсторожденія, я перейду къ краткому описанію характера этого мѣсторожденія.

Башмаковское мѣсторожденіе хотя и представляетъ собою выполненіе весьма извилистой трещины въ діоритѣ, но, залегая довольно правильно, какъ по простиранію, такъ и по паденію, и представляя болѣе или менѣе одинаковую толщину рудной массы, которая рѣзко отдѣляется какъ отъ лежачаго бока, такъ особенно отъ висячаго, оно можетъ быть отнесено *къ типу правильныхъ жилъ*.

Это опредѣленіе главнымъ образомъ относится къ мѣсторожденію, если его разсматривать съ горизонта 15 сажени вплоть до горизонта 30-й сажени. Тутъ рудная жила, какъ по простиранію, такъ и по паденію, представляетъ довольно равномерную толщину на всемъ изслѣдованномъ протяженіи составляющую около 2,5 сажени. Кромѣ того рудная жила рѣзко отдѣляется отъ лежачаго и висячаго боковъ и сохраняетъ повсюду однородный составъ. За то относительно простиранія и паденія мы замѣчаемъ значительныя измѣненія, какъ это видно изъ плана выработокъ.

До поворота жилы у возстающаго штрека № 2.

Простираніе мѣсторожденія NW <sup>2)</sup> 7<sup>h</sup> 45'

Паденіе ея . . . . . SW 1<sup>h</sup> 45'

Уголъ паденія . . . . . 45°.

Далѣе-же, за поворотомъ въ восточномъ направленіи, рудная жила принимаетъ слѣдующее направленіе относительно странъ свѣта:

Простираніе ея . . . . . SW 5<sup>h</sup> 45'

Паденіе ея . . . . . SO 11<sup>h</sup> 45'

Уголъ паденія . . . . . 45°.

Выше горизонта 15-й сажени рудная жила изслѣдована весьма незначительно; изъ профиля чезъ развѣдочный шурфъ и возстающій штрекъ № 2 (см. фиг. 5 табл. II), мы усматриваемъ, что съ горизонта 4-й сажени залегалъ богатый выходъ мѣсторожденія, состоящій изъ мѣднаго блеска, который выклинился въ разрушенномъ діоритѣ на горизонтѣ 6,5 сажени. Затѣмъ на горизонтѣ 12-й сажени появляются признаки оруденѣлости въ полуразрушенномъ діоритѣ въ видѣ пластинокъ и дендритовидныхъ скопленій самородной мѣди. На горизонтѣ же 15-й сажени появляется нормальная жила, которая

<sup>1)</sup> Въ концѣ 1886 года подготовительныя работы въ этомъ рудникѣ велись уже на горизонтѣ 40-й сажени.

<sup>2)</sup> Эти опредѣленія сдѣланы фрейбергскимъ комнасомъ.

по паденію распространяется довольно правильно относительно залеганія толщины и состава, а выше какъ бы отрѣзается венисовою сѣкущею жилою.

Весьма поучителенъ также поперечный разрѣзъ мѣсторожденія чрезъ Башмаковскую шахту и гезенгъ № 2 (см. фиг. 6 табл. II). Въ этомъ разрѣзѣ рудная жила сначала показываетъ простираніе по направленію паденія, а у устья гезенга № 2 дѣлаетъ поворотъ на SO почти подъ прямымъ угломъ. Гезенгъ же № 2 показываетъ весьма правильное паденіе жилы на SW подъ угломъ  $45^{\circ}$  и довольно одинаковую толщину и однородный составъ до горизонта 30-й сажени.

Кромѣ сѣкущихъ венисовыхъ жилъ, которыя были наблюдаемы въ возстающихъ штрекахъ № 1 и № 2, была встрѣчена сѣкущая жила діоритоваго афаниста темнозеленаго цвѣта, толщиною около 20 дюймовъ; эта жила пересекаетъ мѣсторожденіе приблизительно вкрестъ простиранія и была наблюдаема въ основномъ штрекѣ на горизонтѣ 20-й сажени, въ параллельномъ штрекѣ, въ возстающемъ штрекѣ № 2 и наконецъ въ гезенгѣ № 2 на горизонтѣ 29,5 сажени. Проявленіе сброса около этой сѣкущей жилы не замѣчено, но рудная масса, прилегающая къ ней съ обѣихъ сторонъ, значительно богаче и состоитъ почти изъ чистаго плотнаго мѣднаго колчедана.

Башмаковское мѣсторожденіе залегаетъ въ плотномъ діоритѣ, проникнутомъ въ довольно значительной степени сплошною венисою въ видѣ импрегнаціи и почковидныхъ включеній. Въ всячемъ боку мы встрѣчаемъ венису въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ въ лежащемъ. Нерѣдко въ зальбандѣ всячаго бока мы замѣчаемъ тонкіе прожилки въ 1 дюймъ, состоящіе изъ кристаллической венисы чернаго цвѣта. Кромѣ венисы въ окружающей діоритовой породѣ можно наблюдать прожилки и гнѣзда кристаллическаго известняка.

Съ поверхности діоритъ, какъ область залеганія руднаго мѣсторожденія, является весьма разрушеннымъ и представляетъ трещиноватую, буроватаго цвѣта, глинистую массу, проникнутую охристыми рудами, именно почками красной мѣдной руды съ оболочкою мѣдной зелени и довольно обильно мѣдною зеленью, выполняющею трещины. Примѣромъ можетъ служить лежащій бокомъ богатаго выхода, встрѣченнаго между горизонтами 4 и 6,5 сажени. Всякій же бокъ состоитъ тутъ также изъ діоритовой глины, но лишень орудепѣлости. Съ удаленіемъ вглубь мы замѣчаемъ постепенный переходъ діоритовой глины въ полуразрушенный діоритъ и наконецъ въ нормальный плотный, болѣе или менѣ кварцеватый діоритъ. Первый можно наблюдать ясно на горизонтѣ 12-й сажени, а второй—съ горизонта 14-й сажени.

*Составъ Башмаковскаго мѣсторожденія.* Встрѣченный съ горизонта 4-й сажени богатый изолированный выходъ рудной жилы, какъ я уже упоминалъ, состоялъ исключительно изъ мѣднаго блеска, проникнутаго болѣе или менѣ значительно кварцемъ и желѣзною охрою. Кварцъ необходимо разсматривать тутъ какъ жильную породу; онъ нерѣдко попадался въ рудной массѣ отдѣльными прожилками, въ видѣ болѣе или менѣ желѣзистаго



кварца или оруденѣлаго слегка мѣднымъ блескомъ, на прикосновеніи съ богатою рудною массою. Переходы мѣднаго блеска въ мѣдную чернь наблюдались довольно часто. Кромѣ того вся рудная масса тутъ была проникнута системою трещинъ, выполненныхъ тонкими прослойками мѣдной зелени. Весьма рѣдко мы встрѣчали въ этихъ трещинахъ лучистый малахитъ. Содержаніе мѣди въ нѣкоторыхъ мѣстахъ этого выхода доходило до 55%. Среднее-же содержаніе добытыхъ рудъ колебалось около 34%.

Далѣе вглубь рудная жила какъ бы прекращалась и дальнѣйшая связь съ продолженіемъ ея въ нижнихъ горизонтахъ осталась неизвѣстною, вслѣдствіе отсутствія детальныхъ развѣдочныхъ работъ.

На горизонтѣ 12-й сажени были встрѣчены признаки оруденѣлости въ видѣ самородной мѣди, а появленіе настоящихъ колчеданистыхъ рудъ слѣдуетъ считать съ горизонта 15-й сажени, какъ это можно наблюдать въ возстающемъ штрекѣ № 2. Колчеданистыя руды являются почти на всемъ изслѣдованномъ протяженіи рудной жилы, по просгиранію и по паденію, съ болѣе или менѣе одинаковымъ составомъ. Онѣ состоятъ главнымъ образомъ изъ *мѣднаго колчедана* въ аморфномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ, проникнутаго импрегнаціями, почками и болѣе или менѣе значительными включеніями *магнитнаго колчедана*. Въ видѣ случайныхъ гнѣздъ, въ этой рудной массѣ была встрѣчена блеклая мѣдная руда. Цинковая же обманка встрѣчена пока однажды въ видѣ тонкихъ пластинокъ чернаго цвѣта. Жильная порода почти совершенно отсутствуетъ, если не считать отдѣльныхъ случаевъ появленія въ рудной массѣ прожилковъ известняка и рѣже діорита. Послѣдній является преобладающею массою въ пережимахъ, гдѣ онъ является проникнутымъ прожилками известняка, а колчеданистыя руды являются въ немъ въ видѣ импрегнацій, тонкихъ прожилковъ и гнѣздъ. Такой пережимъ мы проходили въ основномъ подготовительномъ штрекѣ на горизонтѣ 20-й сажени, идущемъ на встрѣчу къ Михайло-Архангельскому мѣсторожденію. Въ видѣ посторонней минеральной примѣси мы довольно часто встрѣчали, въ колчеданистой рудной массѣ, болѣе или менѣе значительныя скопленія кристалловъ венисы, преимущественно въ формѣ лейцитоэдровъ.

Мѣстами примѣсь магнитнаго колчедана незначительна и тогда среднее содержаніе мѣди въ рудной массѣ доходитъ до 12%. Мѣстами же магнитный колчеданъ преобладаетъ надъ мѣднымъ и значительно разубоживаетъ содержаніе рудъ. Наконецъ онъ является значительными гнѣздами въ чистомъ видѣ. Тогда его легко отдѣлять при помощи сортировки на дневной поверхности. Вообще среднее содержаніе мѣди въ рудахъ, добываемыхъ въ Башмаковскомъ рудникѣ, безъ сортировки, колеблется около 7%.

Въ силу сказаннаго о составѣ Башмаковского мѣсторожденія можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, его составляющихъ:

1. Самородная мѣдь.
2. Красная мѣдная руда.
3. Мѣдная зелень.

4. Малахитъ.
5. Желѣзная охра.
6. Мѣдная чернь.
7. Мѣдный блескъ.
8. Мѣдный колчеданъ.
10. Блѣлая мѣдная руда.
11. Цинковая обманка.
12. Кварцъ.
13. Известковый шпатъ.
14. Гранатъ.

Рудное мѣсторожденіе Михайло-Архангельскаго рудника, при жильномъ характерѣ, имѣетъ согласное простираніе и паденіе съ только что описаннымъ, какъ это ясно усматривается изъ общаго плана (фиг. 4 табл. II).

Если мы и видимъ уклоненіе Башмаковской рудной жилы отъ общей нормальной линіи простиранія, начиная отъ устья возстающаго штрека № 2, на горизонтѣ 20-й сажени, то это явленіе частное и должно быть приписано извилистому характеру жильной трещины. Поворотъ трещины къ нормальному направленію простиранія, по всей вѣроятности, скоро наступить. Поэтому, если къ сказанному прибавить, что діоритъ, проникнутый венисомъ, составляетъ область залеганія какъ Башмаковской жилы, такъ и Михайло-Архангельской, и что составъ рудной массы въ общихъ чертахъ въ обѣихъ жилахъ болѣе или менѣе одинаковый, то не оставалось никакого сомнѣнія, что Башмаковская жила и Михайло-Архангельская суть части одного и того же рудного мѣсторожденія, что дальнѣйшими работами и подтвердилось вполне.

Башмаковское мѣсторожденіе изслѣдовано по простиранію на 50 сажень, а по паденію на 22 саж.; поэтому если принять среднюю толщину жилы въ 2,5 сажени, то мы можемъ безошибочно принять настоящій запасъ, до горизонта 30-й сажени, въ 2,750 куб. сажень. Считая же въ каждой куб. сажени 2,000 пудовъ руды, мы имѣемъ запасъ въ 5,5000,000 пудовъ, съ среднимъ содержаніемъ въ 7% мѣди. Этотъ запасъ увеличивается съ каждымъ мѣсяцемъ, по мѣрѣ ухода впередъ по простиранію. Съ другой стороны, считая обѣ вышеупомянутыя жилы за части одного и того же мѣсторожденія и принявъ, слѣдовательно, непрерывную связь <sup>1)</sup> между ними, можно сдѣлать слѣдующій, нѣсколько гипотетическій расчетъ относительно запаса до горизонта 30-й сажени. При длинѣ мѣсторожденія въ 200 сажень, протяженіи по паденію на 20 саж. и при средней толщинѣ въ 2,5 сажени, мы можемъ рассчитывать на приблизительный запасъ руды въ 20,000,000 пудовъ, если считать въ кубической сажени 2,000 пудовъ руды.

<sup>1)</sup> Эта связь въ настоящее время, съ приближеніемъ основнаго штрека на горизонтѣ 30-й сажени къ Михайло-Архангельскому мѣсторожденію, стала несомнѣнною.



Въ Башмаковскомъ рудникѣ, какъ мы уже сообщали, добыча рудъ велась до 1881 года, главнымъ образомъ, побочно при проводѣ развѣдочныхъ и въ то же время подготовительныхъ выработокъ съ большими размѣрами. Подъемъ рудъ совершался сначала копнымъ воротомъ, а затѣмъ 12 сильною подъемною машиною; съ 1886 года подъемъ производится изъ капитальной, вновь заложеной шахты.

Отливъ воды совершался подъемнымъ насосомъ съ двумя наружными штангами, приводимыми въ движеніе отъ 12-ти сильнаго локобиля. Высота каждаго насоснаго става 8 сажень. Такимъ образомъ Башмаковская развѣдочная шахта играетъ въ настоящее время роль капитальной шахты <sup>1)</sup>. При длинѣ въ 2,33 сажени и ширинѣ 1,33 саж., она заключаетъ въ себѣ два подъемныхъ отдѣленія и одно насосное, которое въ то же время служитъ путевымъ.

Добытая руда, безъ сортировки, поступаетъ въ обжогъ въ открытыхъ кучахъ и послѣ трехъ обжоговъ отправляется въ Богословскій заводъ для проплавки.

### Михайло-Архангельскій мѣдный рудникъ.

Этотъ рудникъ находится въ 305 саженьхъ на NO отъ Богословскаго рудника. Онъ былъ подготовленъ и разработанъ изъ Пестеревской капитальной шахты, которая была углублена до 24-й сажени. Этотъ рудникъ былъ брошенъ, <sup>2)</sup> вслѣдствіе слабости водоотливной машины, около 1865 года.

Мѣсторожденіе этого рудника заключаетъ въ себѣ двѣ жилы, падающія въ противоположныя стороны.

*Главная жила* была открыта непосредственно подъ золотоноснымъ пластомъ, гдѣ она залегала въ діоритовой глинѣ, которая только на 15-й сажени рѣзко перешла въ нормальный плотный діоритъ, слегка проникнутый вкрапленостями вепсы.

Простираніе главной жилы . . . . . NW 10<sup>n</sup>

Паденіе ея. . . . . SW 4<sup>n</sup>

Уголъ паденія колеблется около . . . . . 75°

Эта жила изслѣдована по простиранію на протяженіи до 60 сажень. Средняя толщина ея можетъ быть принята въ 2,5 сажени. Въ раздувахъ, какъ на примѣръ около Пестеревской шахты, толщина рудной массы доходитъ до 5 сажень, а въ оконечностяхъ выработокъ встрѣчались пережимы въ нѣсколько вершковъ. По паденію мы также не замѣчаемъ особенно рѣзкихъ переходовъ относительно толщины жилы <sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Въ настоящее время отливка воды перенесена на капитальную шахту, заложенную Горнымъ Инженеромъ А. А. Ауэрбахомъ.

<sup>2)</sup> Въ 1886 году этотъ рудникъ снова возстановленъ.

<sup>3)</sup> См. Горн. Журн. 1868. III, табл. V--профиль № V. Статья Г. Д. Романовскаго.

*Составъ рудной массы* главной жилы, начиная съ выхода, по всему протяженію носитъ характеръ такъ называемыхъ сажистыхъ рудъ. Главнымъ образомъ рудная масса состояла изъ черной землистой массы, проникнутой преимущественно мѣдною чернью и вкрапленностями сѣрнаго колчедана, и отчасти мѣднаго. Мѣстами въ этой землистой рудной массѣ были встрѣчены довольно значительныя гнѣзда чистаго сплошнаго сѣрнаго колчедана, величина которыхъ доходила до 4 сажень по паденію и отъ 2 до 4 сажень по простиранию. Кромѣ того рудная масса заключала въ себѣ обильно кварцъ въ видѣ зеренъ и болѣе или менѣе значительныхъ валуновъ. Съ такимъ составомъ рудная масса шла до горизонта 12-й сажени, причемъ среднее содержаніе добываемой тутъ сажистой руды колебалось около 7%.

Въ юго-восточной части главной жилы, приблизительно въ 25 саженьхъ отъ Пестеревской шахты, была встрѣчена болѣе богатая рудная масса, состоявшая также изъ землистой массы, проникнутой обильно мѣдною чернью и включеніями мѣднаго и сѣрнаго колчедана; въ залъбандахъ же лежачаго и висячаго боковъ былъ встрѣченъ слой охристой руды, состоявшій изъ глинистой массы, обильно проникнутой красною мѣдною рудою, мѣдною зеленью и мѣдною синью. Среднее содержаніе мѣди въ добытыхъ въ этой части жилы рудахъ колебалось около 15%.

Съ горизонта 12-й сажени была встрѣчена въ главной жилѣ нормальная колчеданистая рудная масса, состоявшая преимущественно изъ сплошнаго сѣрнаго колчедана, проникнутаго въ незначительной степени мѣднымъ. Среднее содержаніе колчеданистыхъ рудъ не превышало 1,5%, и онѣ не удостоились выработки въ главной жилѣ. Жильная порода въ колчеданистой рудной массѣ, болѣею частью отсутствовала, она встрѣчалась только въ пережимахъ и состояла изъ діорита, обильно проникнутаго венисою. Такая колчеданистая бѣдная рудная масса прослѣжена въ главной жилѣ до горизонта 20-й сажени. Къ сожалѣнію дальнѣйшихъ развѣдочныхъ работъ по паденію не послѣдовало и потому объ измѣненіи состава рудной массы на дальнѣйшей глубинѣ приходится только предполагать. Сравнивая Башмаковское мѣсторожденіе съ Михайло-Архангельскимъ относительно состава, мы замѣчаемъ въ первомъ постоянное присутствіе магнитнаго колчедана въ рудной массѣ, а во второмъ—полное отсутствіе магнитнаго колчедана. Такое явленіе отчасти показываетъ различіе условій отложенія рудной массы изъ минеральнаго раствора, но нисколько не опровергаетъ предположенную геологическую связь между Башмаковскимъ и Михайло-Архангельскимъ мѣсторожденіями.

*Побочная или вторая жила* открыта въ Михайло-Архангельскомъ рудникѣ на горизонтѣ 17-й сажени, гдѣ она была пересѣчена Пестеревскою шахтою. Эта жила была изслѣдована, съ одной стороны, вверхъ до горизонта 14-й сажени, а по паденію—до горизонта 20-й сажени, посредствомъ выработокъ, которыя пройдены по простиранию на 20 сажень.



Простираніе этой жилы. . . . .	NW 10 <sup>h</sup>
Паденіе ея . . . . .	NO 4 <sup>h</sup>
Уголъ паденія колеблется около. . . . .	85°.

Вслѣдствіе почти отвѣснаго паденія побочной жилы, Пестеревская шахта, встрѣтивъ ее на горизонтѣ 17-й сажени, шла по ней до горизонта 24-й сажени, гдѣ она остановлена на рудной массѣ очень хорошаго качества, состоящей преимущественно изъ мѣдвѣаго колчедана и пестрой мѣдной руды. Висячимъ бокомъ этой жилы является плотный діоритъ съ незначительною примѣсью венисы, лежацій-же бокъ составляетъ діоритъ, обильно проникнутый венисою. Средняя толщина этой жилы колеблется около 2 аршинъ. Въ сѣверо-западномъ направленіи эта жила пересѣчена діоритовою сѣкущею жилою, далѣе которой она не была изслѣдована.

*Составъ рудной массы* въ побочной жилѣ, изслѣдованной только съ 14-й сажени,—колчеданистый. Сначала до 15-й сажени рудная масса состоитъ изъ діорита проникнутаго мѣднымъ колчеданомъ въ видѣ импрегнаціи и гнѣздъ, съ вкрапленностями венисы, какъ жильной породы. Среднее содержаніе мѣди въ добытыхъ тутъ рудахъ колебалось около 2,5%. Ниже 15-й сажени оруденѣлость настолько увеличилась, что среднее содержаніе мѣди въ рудной массѣ до горизонта 20-й сажени составляло около 8%.

Въ силу сказаннаго о составѣ Михайло-Архангельскаго мѣсторожденія. можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, его составляющихъ:

1. Мѣдная чернь.
2. Красная мѣдная руда.
3. Мѣдная зелень.
4. Мѣдная синь.
5. Мѣдный колчеданъ.
6. Пестрая мѣдная руда.
7. Сѣрый колчеданъ.
8. Кварцъ.
9. Вениса.

### Суходойскій мѣдный рудникъ.

Суходойскій рудникъ принадлежитъ къ группѣ Турьинскихъ рудниковъ и располагается въ 165 саженьяхъ на NO отъ Васильевского рудника.

Къ Суходойскому руднику должны быть отнесены главнымъ образомъ слѣдующія мѣсторожденія, составляющія части одного общаго руднаго мѣсторожденія, а именно: 1) рудное мѣсторожденіе, залегающее въ сѣверо-западномъ концѣ и разработанное главнѣйше изъ Порозовской шахты и отчасти изъ новой Подлѣсной и 2) рудное мѣсторожденіе, залегающее въ юго-восточной части и разработанное главнѣйше изъ Першинской шахты и затѣмъ, удаляясь на NW,—изъ Перехожей шахты, Ивановской и наконецъ изъ Коло-

кольной. Всѣ перечисленныя шахты и приблизительная геологическая связь, существующая между отдѣльными частями мѣсторожденія, ясно усматриваются изъ приложеннаго плана выработокъ Суходойскаго мѣсторожденія (см. фиг. 9, табл. III).

На этомъ же планѣ представлены еще два, какъ бы изолированныя параллельныя мѣсторожденія, которыя, вслѣдствіе параллельности съ Суходойскимъ мѣсторожденіемъ и вслѣдствіе близкаго залеганія къ нему, должны быть отнесены также къ Суходойскому руднику. Ближайшее изъ нихъ разработано изъ Григорьевской шахты и потому назовемъ его *Григорьевскимъ мѣсторожденіемъ*, а второе разработано главнѣйше изъ Николаевской шахты, а потому назовемъ его *Николаевскимъ мѣсторожденіемъ*.

Суходойское рудное мѣсторожденіе на всемъ изслѣдованномъ протяженіи представляетъ неправильную и въ высшей степени извилистую *жилу прикосновенія*, состоящую, какъ по простиранію, такъ и по паденію, изъ системы болѣе или менѣе значительныхъ штокообразныхъ массъ, связанныхъ между собою, болѣею частью, рудными и рѣже безрудными пережимами или спаями. Последнее названіе имѣетъ специальное значеніе для безрудныхъ или весьма тонкихъ пережимовъ, въ которыхъ сталкиваются между собою различныя породы, составляющія висячій и лежачій бока мѣсторожденія.

*Сѣверо-западная часть Суходойскаго мѣсторожденія*, разработанная въ районѣ Порозовской шахты и новой Подлѣсной, выполняетъ собою какъ бы двѣ смежныя трещины прикосновенія, раздѣленныя между собою весьма неправильною діоритовою жилою и образовавшіяся вслѣдъ за пересѣченіемъ известняка этою послѣднею. Вслѣдствіе этого мы имѣемъ какъ-бы двѣ жилы, залегающія между известнякомъ и діоритомъ. Въ одной изъ нихъ известнякъ является лежачимъ бокомъ, а діоритъ висячимъ, а въ другой на оборотъ. Поясненный характеръ залеганія описываемой жилы ясно усматривается изъ плана выработокъ на горизонтахъ 20-й и 25,5-й сажени и изъ профили вкрестъ простиранія чрезъ линію АВ (см. фиг. 10 таб. III). Эти двѣ смежныя жилы нерѣдко сливаются между собою при помощи поперечныхъ трещинъ, проходящихъ въ діоритовой жилѣ, и образуютъ болѣе или менѣе значительные раздувы. Кромѣ того онѣ пускаютъ отъ себя какъ въ висячій бокъ, такъ и въ лежачій, отпрыски въ видѣ тонкихъ жилъ и болѣе или менѣе значительныхъ мѣшкообразныхъ скопленій. Вотъ почему въ такихъ мѣсторожденіяхъ приходится слѣдить развѣдочными выработками за каждымъ руднымъ или безруднымъ спаемъ. Болѣею частью такіе спай, въ какомъ бы направленіи они ни шли отъ главной жилы, приводятъ къ болѣе или менѣе значительнымъ руднымъ скопленіямъ. Подобныя рудныя скопленія, въ видѣ мѣшковъ или штокообразныхъ массъ, мы встрѣчаемъ какъ въ діоритѣ, такъ и въ известнякѣ. Въ известнякѣ они могли образоваться во многихъ случаяхъ во время образованія руднаго мѣсторожденія, такъ какъ рудный растворъ могъ дѣйствовать растворяющимъ образомъ на известнякъ



и вслѣдъ затѣмъ выполнять рудною массою образовавшіяся пещеры. Для этихъ рудныхъ гнѣздъ весьма характерно названіе *рудныхъ заливовъ*.

Средняя толщина этой жилы по всему протяженію, какъ по простиранію, такъ и по паденію, принята въ 1 аршинъ; но она уменьшается въ пережимахъ до вершка и съ другой стороны увеличивается часто до 3 сажень и болѣе. Въ штокообразныхъ массахъ, какъ напримѣръ въ сѣверо-западномъ концѣ описываемой жилы, средняя толщина колеблется между 5 и 8 саженьми, причемъ среднее протяженіе этого штока по простиранію около 25 сажень, а по паденію около 30 сажень. Считая въ каждой кубической сажени рудной массы 1,800 пудовъ, такой штокъ могъ дать не менѣе 9.000,000 пудовъ руды. При этомъ среднее содержаніе мѣди въ рудахъ колебалось около 7‰.

Сѣверо-западная часть Суходойской жилы обнаружилась съ горизонта 2-й сажени и уже на горизонтѣ 3-й сажени она была выработана по простиранію на протяженіи 70 сажень.

На горизонтѣ 36-й сажени описываемая жила имѣетъ протяженіе около 110 сажень. Кромѣ того тутъ ясно обнаружена на SW отъ Порозовской шахты въ 10 саженьхъ параллельная жила, которая, по всей вѣроятности, составляетъ продолженіе Григорьевской жилы на SO. Она залегаетъ тутъ между діоритомъ въ висячемъ и известнякомъ въ лежащемъ боку и является съ среднею толщиной въ 1 сажень. Отъ Суходойской жилы она раздѣляется тутъ слоемъ известняка толщиной въ 20 сажень.

По паденію описываемая жила изслѣдована довольно значительными выработками до горизонта 51 сажени. Ниже этого горизонта она изслѣдована весьма незначительно нѣсколькими гезенгами и короткими проработками, а потому съ этого горизонта мы можемъ считать эту часть Суходойскаго мѣсторожденія не тронутою.

Изъ профили чрезъ АВ (фиг. 10 табл. III.) <sup>1)</sup> намъ ясно представляется характеръ залеганія ея по паденію, частое измѣненіе толщины, переходы изъ безрудныхъ снаевъ къ довольно мощнымъ раздувамъ, въ которыхъ мѣстами наблюдается сліяніе двухъ смежныхъ жилъ, залегающихъ по обѣимъ сторонамъ весьма неправильной діоритовой жилы, и наконецъ проявленіе мѣникообразныхъ или гнѣздовыхъ скопленій рудной массы, какъ въ діоритѣ, такъ и въ известнякѣ.

Профиль эта показываетъ, что рудная жила въ разсматриваемой части также располагается по обѣимъ сторонамъ діоритовой жилы и, сохраняя общее паденіе, весьма рѣзко измѣняетъ его въ частныхъ случаяхъ. Кромѣ того въ этой части рудная жила является съ болѣе значительною мощностью и показываетъ частое появленіе штокообразныхъ скопленій, изъ конхъ осо-

<sup>1)</sup> А также изъ профили, представленной въ статьѣ Г. Д. Романовскаго; см. Гор. Жур. 1868 III. Таб. IV № III.

беннаго вниманія заслуживаетъ штокообразная масса, протягивающаяся почти непрерывно между горизонтами 22-й и 35-й сажени и въ которой сливаются смежныя жилы.

Среднее простирание СЗ-й части Суходойскаго мѣсторожденія . NW 10<sup>h</sup>  
 Паденіе ея . . . . . NO 4<sup>h</sup>  
 Уголъ паденія около . . . . . 70°.

Отъ этой линіи простиранія уклоняются весьма значительно только отпрыски, которые идутъ въ лежачій и висячій бока подъ самыми различными углами отъ основной жилы.

*Юго-восточная часть Суходойскаго мѣсторожденія* въ районѣ Першинской шахты и Перехожей нѣсколько отличается по формѣ и по характеру залеганія отъ сѣверо-западной. Тутъ рудная жила представляетъ выполнение весьма неправильной и сложной системы трещинъ. Между ними какъ бы отдѣляется основная жила, которая, сохраняя общее простираніе на NW 10<sup>h</sup> и паденіе на NO, залегаетъ между известнякомъ въ висячемъ боку и діоритомъ, обильно проникнутымъ мѣстами венисою <sup>1)</sup>,—въ лежачемъ. Она пускаетъ отъ себя отпрыски въ обѣ стороны подъ самыми различными углами относительно линіи простиранія, въ видѣ тонкихъ жилъ, которыя большею частью оканчиваются довольно мощными штокообразными рудными скопленіями. Послѣднія залегаютъ преимущественно въ діоритѣ и рѣже въ известнякѣ, и часто пересѣкаются тонкими жилами діорита, или венисовой породы въ различномъ направленіи.

Съ удаленіемъ на NW отъ Перехожей шахты рудная жила, залегающая между діоритомъ и известнякомъ, сохраняетъ на значительномъ протяженіи небольшую толщину и пускаетъ отъ себя незначительное число отпрысковъ.

Особенное вниманіе заслуживаетъ въ районѣ Першинской шахты штокообразная рудная масса, которая окружаетъ шахту, начиная съ 15-й до 54-й сажени.

Этотъ штокъ является тутъ какъ бы вытянутымъ въ обѣ стороны отъ шахты вкрестъ общей линіи простиранія, на протяженіи около 35 сажень, причемъ средняя толщина его колеблется около 8 сажень. Мѣстами онъ пересѣченъ діоритовыми жилами въ различномъ направленіи и заключаетъ въ себѣ массивныя включенія діорита. Съ горизонта 10-й сажени до горизонта 44-й сажени этотъ штокъ сохраняетъ болѣе или менѣе вышеприведенные размѣры, а далѣе по паденію онъ постепенно уменьшается относительно протяженія и толщины. При приблизительномъ вычисленіи этотъ штокъ далѣе не менѣе 18,000,000 пудовъ руды.

Юго-восточную часть Суходойскаго мѣсторожденія можно считать выработанною до горизонта 53-й сажени.

<sup>1)</sup> Этотъ діоритъ, проникнутый венисою, принято на планѣ называть венисовой породой.



И такъ Суходойское мѣсторожденіе можно считать не тронутымъ съ горизонта 54-й сажени на всемъ протяженіи по простиранію, которое можно считать не менѣе 220 саженей.

Если приять среднюю толщину рудной жилы на всемъ протяженіи въ 2 аршина, а вѣсъ кубической сажени рудной массы въ 1,800 пудовъ; то до горизонта 100-й сажени мы можемъ разсчитывать на запасъ около 12,000,000 пудовъ съ одного Суходойскаго мѣсторожденія.

Среднее содержаніе мѣди въ рудахъ этого мѣсторожденія постоянно колебалось около 7°/о.

Кромѣ того, нужно прибавить, что руды въ этомъ рудникѣ болѣе или менѣе разрушенныя и слѣдовательно добыча ихъ обойдется дешево.

*Григорьевское мѣсторожденіе* представляетъ неправильную жилу прикосновенія, состоящую изъ системы незначительныхъ штокообразныхъ массъ, связанныхъ между собою какъ по паденію, такъ и по простиранію, частью рудными, частью безрудными пережимами. Безрудные пережимы принято называть холостыми спаями.

Въ верхнихъ горизонтахъ мы замѣчаемъ въ этомъ мѣсторожденіи также двѣ смежныя жилы, располагающіяся по обѣимъ сторонамъ діоритовой жилы (см. фиг. 9, табл. III); вслѣдствіе этого и тутъ каждая изъ этихъ жилъ залегаетъ между діоритомъ и известнякомъ. Мѣстами эти жилы сливаются между собою въ раздувы и кромѣ того пускаютъ отъ себя отпрыски, оканчивающіеся штокообразными гнѣздами.

Простираніе этой жилы. . . . . NW 10h 30m

Паденіе ея. . . . . NO 4h 30m

Уголъ паденія около. . . . . 70°.

Григорьевское мѣсторожденіе, залегая въ лежачемъ боку Суходойскаго, на разстояніи около 25 сажень, изслѣдовано развѣдочными и выемочными выработками по простиранію на протяженіи около 60 сажень, а по паденію до горизонта 24-й сажени довольно значительными выработками, а съ 24-й до 41-й сажени оно изслѣдовано небольшими выработками, пройденными изъ основныхъ работъ Суходойскаго мѣсторожденія. Средняя толщина этой жилы можетъ быть принята въ 1,5 аршина.

*Николаевское мѣсторожденіе* располагается болѣе или менѣе параллельно Суходойскому на разстояніи 60 сажень на SW и имѣетъ почти отвѣсное паденіе. Это мѣсторожденіе отличается пѣкоторою правильностью. Оно заключаетъ въ себѣ двѣ болѣе или менѣе параллельныя жилы прикосновенія, залегающія между діоритомъ и известнякомъ и выполняющія двѣ трещины, образовавшіяся послѣ пересѣченія известняка діоритовою жилою. Средняя толщина этихъ жилъ колеблется около 1 аршина, а средняя толщина раздѣляющей діоритовой жилы—около 8 сажень. Эти жилы на изслѣдованномъ протяженіи по простиранію и по паденію почти нигдѣ не сливаются между собою, не представляютъ рѣзкихъ колебаній или переходовъ относительно толщины и рѣдко пускаютъ отъ себя незначительныя отпрыски. Изъ представ-

ленного плана выработокъ въ этомъ мѣсторожденіи на горизонтѣ 19-й сажени (см. фиг. 9, табл. III) ясно усматривается характеръ описываемой жилы. По простиранію она изслѣдована на протяженіи около 100 сажень, а по паденію—до горизонта 31-й сажени.

*Составъ рудной массы* во всѣхъ перечисленныхъ мѣсторожденіяхъ, отнесенныхъ къ Суходойскому руднику, болѣе или менѣе однообразный. Начиная съ поверхности, до весьма значительной глубины, рудная масса состоитъ преимущественно изъ такъ называемыхъ окристыхъ или окисленныхъ рудъ, проникнутыхъ болѣе или менѣе включеніями колчеданистыхъ рудъ въ видѣ импрегнаціи, и болѣе или менѣе значительныхъ гнѣздъ.

Діоритъ въ чистомъ видѣ или проникнутый обильно генисою, составляющій висячій или лежачій бока рудныхъ жилъ, является также разрушеннымъ съ поверхности до глубины 30 и иногда 40 сажень. Въ верхнихъ горизонтахъ онъ является въ видѣ болѣе или менѣ плотной бурой глинистой массы, а въ нижнихъ горизонтахъ онъ постепенно переходитъ въ нормальное состояніе; такъ на горизонтѣ 51-й сажени онъ является уже совершенно нормальнымъ, въ видѣ мелкозернистаго діорита, темнозеленаго цвѣта. Известнякъ сохраняетъ съ поверхности свой нормальный мраморовидный видъ и отличается своею твердостью.

Окристая рудная масса въ верхнихъ горизонтахъ состояла преимущественно изъ діоритовой глинистой массы, проникнутой вообще желѣзною охрою, кирпичною мѣдною рудою, мѣдною чернью, печенковою мѣдною рудою, смолистою мѣдною рудою, мѣдною зеленью, мѣдною синью и рѣже шлаковатою мѣдною рудою, красною мѣдною рудою, малахитомъ, налетами кристалловъ мѣдной лазури и самородною мѣдью въ видѣ пластинокъ и дендритовидныхъ скопленій. Въ этой окристой массѣ, въ нижнихъ горизонтахъ, являются включенія мѣднаго блеска и мѣднаго колчедана въ видѣ импрегнаціи тонкихъ прожилковъ и болѣе или менѣе значительныхъ гнѣздъ. Съ удаленіемъ вглубь, включенія колчеданистыхъ рудъ становятся чаще и обильнѣе. Нерѣдко мы встрѣчаемъ въ окристой рудной массѣ обломки известняка и болѣе или менѣе значительныя включенія плотнаго и развѣденнаго кварца.

Въ верхнихъ горизонтахъ окристая рудная масса добывалась преимущественно кайловою работою, а начиная съ горизонта 40-й сажени приходится, большею частью, прибѣгать къ порохоострѣльной работѣ.

Въ послѣднее время небольшими развѣдочными работами открыта была незначительная часть одной изъ рудныхъ жилъ въ районѣ Порозовской шахты, на горизонтѣ 51-й сажени, между старыми выработками. Тутъ рудная масса и окружающія породы потребовали исключительно порохоострѣльной работы; между тѣмъ какъ рудная масса состояла преимущественно изъ сплошной, весьма плотной печенковой мѣдной руды, проникнутой тонкими прожилками шлаковатой мѣдной руды и малахита и незначительными включеніями красной мѣдной руды съ самородною мѣдью и мѣднаго блеска. Эта рудная масса проникнута была системою трещинъ, выполненныхъ бурюю глиною, желѣз-



пою охроу, кирпичною мѣдною рудою и мѣдною зеленою. Вслѣдствіе этихъ трещинъ рудная масса добывалась какъ бы отдѣльными валунами. Среднее содержаніе добытыхъ рудъ составляло около 14%. Вообще же среднее содержаніе рудъ, добытыхъ съ Сухойдойскаго рудника, колебалось около 7%.

Въ силу сказаннаго о составѣ Сухойдойскаго мѣсторожденія и побочныхъ двухъ жилъ можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, ихъ составляющихъ:

1. Самородная мѣдь.
2. Печенковая мѣдная руда.
3. Смолистая мѣдная руда.
4. Кирпичная мѣдная руда.
5. Красная мѣдная руда.
6. Мѣдная зелень.
7. Мѣдная синь.
8. Мѣдная лазурь.
9. Малахитъ.
10. Шлаковатая мѣдная руда.
11. Желѣзная охра.
12. Мѣдная чернь.
13. Мѣдный блескъ.
14. Мѣдный колчеданъ.
15. Кварцъ.
16. Известковый шпатъ.

На основаніи вышеприведенныхъ данныхъ о Сухойдойскомъ мѣсторожденіи, на него было обращено весьма серьезное вниманіе. Для возстановленія Сухойдойскаго рудника, находившагося почти 30 лѣтъ подъ водою, была избрана *Порозовская шахта*. Вопросъ о возстановленіи этой шахты былъ возбужденъ еще казною, такъ что намъ пришлось только осуществить эту идею въ болѣе обширномъ смыслѣ. Въ самомъ дѣлѣ, изъ Порозовской шахты предположено развѣдать и подготовить къ разработкѣ не только Сухойдойское, Григорьевское и Николаевское мѣсторожденія, но также и Васильевское мѣсторожденіе, отстоящее отъ Сухойдойскаго на разстояніи 165 сажень, такъ какъ на этомъ мѣсторожденіи пожаръ уничтожилъ въ 1875 году капитальную Воздвиженскую шахту.

Вскорѣ послѣ пріобрѣтенія округа было приступлено къ осушенію Порозовской шахты. Съ этою цѣлью мы воспользовались Бельгійскою паровою машиною съ однимъ цилиндромъ, которая была установлена для этой цѣли на деревянномъ рязѣ еще подъ вѣдѣніемъ казны. Отъ нея, при помощи полевой штанги, длиною въ 28 сажень, и полукрестовицъ, были приведены въ движеніе двѣ наружныя штанги подъемнаго насоса. Въ этой машинѣ діаметръ парового цилиндра равенъ 0,610 м., а величина хода поршня 1,370 м. Парораспределеніе переменнаго системы Мейера. Высота насосныхъ ставовъ принята въ 12 сажень, а діаметръ поршневой трубы равенъ 14,5 дюйм-

мамъ. Такъ какъ при 7—8 оборотахъ въ минуту эта машина оказалась вскорѣ весьма слабою, то для усиленія она была снабжена системою передачи при помощи шестерни, діаметромъ въ 6 футовъ, изубчатого колеса діаметромъ въ 18 футовъ. При снабженіи машины этою передачею, мы нашли удобнымъ установить ее съизнова на каменномъ фундаментѣ. Въ настоящее время номинальное число паровыхъ силъ этой машины, при 24 оборотахъ и упругости пара въ 3 атмосферы, равно 96. Въ общемъ каменномъ зданіи, въ особомъ отдѣленіи помѣщаются вмѣстѣ съ водоотливною машиною три паровыхъ котла съ кипятилниками.

По осушеніи шахты оказалось, что почти вся крѣнь сохранилась на столько, что ее не пришлось замѣнять. Это прекрасное свойство листовенничной крѣни сохраняться подъ водою цѣлое столѣтіе подтвердилось уже нѣсколькими примѣрами.

Углубка Порозовской шахты послѣ осушенія продолжалась непрерывно, причемъ подъемъ пустой породы совершался коннымъ воротомъ. Медленный подъемъ представляетъ главную причину медленной углубки. Не смотря на это, шахта углублена въ настоящее время до горизонта 80-й сажени.

Кромѣ того, вблизи шахты, въ общемъ зданіи, установлены *подъемная машина* въ 80 силъ, которая была передѣлана изъ двухъ старыхъ машинъ въ механической Богословскаго округа, и *компрессаторъ* новѣйшаго типа съ двумя паровыми и воздуходушными цилиндрами, въ которомъ внутреннее охлажденіе достигается вспрыскиваніемъ извѣстнаго количества воды во внутрь цилиндра при каждомъ ходѣ поршня.

Въ подъемной машинѣ съ двумя цилиндрами діаметръ цилиндровъ 0,610 метра, а величина хода поршня 0,915 м. Парораспредѣленіе совершается посредствомъ четырехъ уравнивающихъ корнуэльскихъ клапановъ.

Въ компрессаторѣ діаметръ паровыхъ цилиндровъ 0,400 м., діаметръ воздуходушныхъ цилиндровъ 0,360 м., величина хода поршня 0,500 м. Парораспредѣленіе съ переменнымъ расширеніемъ, системы Мейера. Разсчитанная на 35 номинальныхъ паровыхъ силъ, при 45 оборотахъ въ минуту, она можетъ дать при этомъ достаточное количество воздуха, сжатого до 3-хъ атмосферъ, для 6 перфораторовъ системы „Beaumont“.

Для развѣдки и подготовки къ выемкѣ перваго руднаго этажа въ Суходойскомъ мѣсторожденіи, между горизонтами 70-й и 54-й сажени, заложенъ квершлагъ на NO изъ Порозовской шахты на глубинѣ 70 сажень. Этотъ квершлагъ долженъ пересѣчь сначала Григорьевское мѣсторожденіе, а затѣмъ уже, на разстояніи около 35 сажень,—и Суходойское. Какъ квершлагъ, такъ и всѣ основныя развѣдочныя и въ тоже время подготовительныя штреки по простиранію пройдены машиннымъ буреніемъ сжатымъ воздухомъ при помощи перфораторовъ системы Maïora „Beaumont“.

Машинная работа въ этомъ рудникѣ оказала неоцѣнимыя услуги, вслѣдствіе относительно меньшей крѣпости известняковъ и нѣскольکو разрушеннаго діорита, а также и рудной массы. При двухъ смѣнахъ въ сутки и ра-



ціональной организаціи машинной работы, можно пройти ежемѣсячно не менѣе 15 сажень. Въ каждую смѣну можно 6 часовъ употреблять на буреніе шпуровъ, а остальные 6 часовъ на взрывъ шпуровъ и откатку добытыхъ породъ. Между тѣмъ ручною работою, при самыхъ выгодныхъ условіяхъ, проходили въ этихъ породахъ не болѣе 2 сажень въ мѣсяцъ.

Дальнѣйшая подготовка руднаго этажа вверхъ будетъ зависѣть совершенно отъ распредѣленія рудной массы въ этомъ этажѣ, какъ по простиранію, такъ и по паденію. Во всякомъ случаѣ придется, въ видахъ удобства детальной развѣдки, доставки добытыхъ рудъ и породъ и для провѣтриванія, раздѣлить рудный этажъ возрастающими проработками на нѣсколько частей.

На горизонтѣ 85-й сажени предполагено заложить второй квершлагъ съ цѣлью подготовить къ выемкѣ рудный этажъ между горизонтами 85-й и 70-й сажени <sup>1)</sup>.

Наконецъ, на горизонтѣ 100-й сажени предполагено, кромѣ подготовки руднаго этажа въ Суходойскомъ мѣсторожденіи, провести квершлагъ на SW, на протяженіи 165 сажень для пересѣченія Васильевскаго мѣсторожденія и для дальнѣйшей подготовки его къ выемкѣ изъ этого квершлага. На пути этотъ квершлагъ долженъ пересѣчь Николаевское мѣсторожденіе (см. Горно-геологическая карта рудной области Богословскаго округа, Таб. I).

### Васильевскій мѣдный рудникъ.

Васильевскій рудникъ принадлежитъ къ группѣ Турьинскихъ рудниковъ и располагается въ 165 саженьяхъ на SW отъ Суходойскаго рудника. Этотъ рудникъ разрабатывался непрерывно до 1875 года посредствомъ капитальной Воздвиженской шахты, которая была углублена до 77-й сажени, и представлялъ также главную опору будущаго мѣднаго производства. Воздвиженская шахта была снабжена 100 сильною водоотливною машиною, которая была въ послѣдствіи установлена на Богословскомъ рудникѣ, и 25-ти сильною подъемною. Послѣдняя была уничтожена пожаромъ, отъ котораго огонь распространился сначала на надшахтную башню, а затѣмъ на шахтную крѣпь и штанги. Горѣніе крѣпи поддерживалось весьма дѣятельно вслѣдствіе сообщенія Воздвиженской шахты со многими старыми шахтами, а потому остановить огонь не было никакой возможности. Вскорѣ шахта обрушилась. Такъ какъ возстановленіе этой шахты или проводъ новой на этомъ мѣсторожденіи стоили бы громаднхъ затратъ, то, какъ выше упомянуто, рѣшено было подойти къ Васильевскому мѣсторожденію *квершлагомъ* изъ Порозовской шахты Суходойскаго рудника на горизонтѣ 100 сажени и изъ

<sup>1)</sup> Такъ какъ развѣдочныя работы, заложенныя въ нижнихъ горизонтахъ, не встрѣтили благонадежныхъ рудныхъ скопленій, то этотъ рудникъ къ сожалѣнію слишкомъ поздно былъ брошенъ.

этаго квершлага вести развѣдку, подготовку и выемку описываемаго мѣсторожденія.

Васильевское мѣсторожденіе представляетъ *неправильную жилу прикосновенія*, состоящую изъ системы какъ бы разбросанныхъ болѣе или менѣе мощныхъ рудныхъ штоковъ, связанныхъ между собою, какъ по простиранию, такъ и по паденію, тонкими, короткими рудными пережимами и рѣже безрудными спаями. Послѣдніе являются чаще, начиная съ горизонта 60-й сажени.

Лежащимъ бокомъ этой жилы является болѣе или менѣе постоянно мраморовидный известнякъ, а висячимъ бокомъ—діоритъ, образующій весьма мощную сѣкущую жилу въ известнякѣ. Описываемая рудная жила залегаетъ по одну сторону этой діоритовой жилы, поэтому слѣдовало бы пересѣчь эту послѣднюю и изслѣдовать плоскость прикосновенія ея съ известнякомъ по другую сторону. Суходойское и Николаевское мѣсторожденія, какъ извѣстно, представляютъ двѣ смежныя рудныя жилы, залегающія по обѣ стороны діоритовой сѣкущей жилы.

Основная жила, кромѣ системы штоковъ прикосновенія, залегающихъ между известнякомъ и діоритомъ, пускаетъ отъ себя отпрыски въ видѣ тонкихъ жилъ, преимущественно въ діоритовый висячій бокъ и рѣже въ известнякъ. Эти отпрыски, большею частью, переходятъ въ неправильныя штокообразныя массы.

Въ верхнихъ горизонтахъ штокообразныя массы не отличаются особенно значительными размѣрами. Съ горизонта же 35-й сажени мы наблюдаемъ штокообразныя массы весьма крупныхъ размѣровъ, которые они сохраняютъ болѣе или менѣе до горизонта 47-й сажени. Съ удаленіемъ же вглубь мы снова замѣчаемъ уменьшеніе размѣровъ этихъ штокообразныхъ массъ. Среднее протяженіе этихъ штоковъ по простиранию около 20 сажень, а вкрестъ простирания около 10 сажень.

Характеръ Васильевского мѣсторожденія обрисовывается весьма ясно изъ плана выработокъ на горизонтѣ 47-й сажени, и изъ профили представленныхъ въ статьѣ Г. Д. Романовскаго, Гор. Жур. 1868. III. табл. IV. № II.

Простираніе жилы . . . . . NW 10<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>.

Паденіе ея . . . . . SW 4<sup>h</sup> 45<sup>m</sup>.

Уголъ паденія колеблется около . . . 65°.

До горизонта 35 й сажени Васильевское мѣсторожденіе было изслѣдовано преимущественно на сѣверъ отъ Воздвиженской шахты, на протяженіи около 65 сажень, а съ этого горизонта было открыто продолженіе жилы на югъ отъ Воздвиженской шахты, такъ что наибольшее протяженіе по простиранию слѣдуетъ считать въ 135 сажень. По всей вѣроятности и выше горизонта 35-й сажени можно разсчитывать на существованіе продолженія жилы на югъ отъ Воздвиженской шахты, но эта часть осталась совершенно неизслѣдованною.



По паденію Васильевское мѣсторожденіе показываетъ непрерывное протяженіе рудной массы; кромѣ того мы замѣчаемъ постепенное увеличеніе средней мощности жилы до горизонта 47-й сажени. Ниже этого горизонта средняя мощность жилы постепенно уменьшается, но незначительно. Васильевская жила выработана до горизонта 63-й сажени; ниже этого горизонта она изслѣдована только нѣсколькими гезенгами, а Воздвиженская шахта была углублена до 76,5 сажень, гдѣ она остановлена на весьма богатой рудной массѣ.

Принимая непрерывное протяженіе рудной массы по простиранию и по паденію, можно довольно точно приять среднюю толщину рудной жилы въ 2 аршина. На самомъ же дѣлѣ толщина жилы отъ нѣсколькихъ вершковъ доходить до 3 сажень, а въ мощныхъ штокообразныхъ массахъ она достигаетъ 10 сажень.

Въ юго-восточномъ направленіи, на продолженной линіи простирания Васильевского мѣсторожденія, на разстояніи 160 сажень отъ Воздвиженской шахты и 110 сажень отъ юго-восточныхъ конечныхъ выработокъ, открыто было рудное мѣсторожденіе, разработанное Ольговскимъ рудникомъ, главнымъ образомъ изъ Ольговской шахты, наибольшая глубина которой 14 сажень.

*Ольговское мѣсторожденіе* представляетъ относительно довольно правильную жилу прикосновенія, залегающую между діоритомъ и известнякомъ. Простирание этой жилы и паденіе согласное съ Васильевскимъ мѣсторожденіемъ.

Средняя толщина рудной жилы колеблется около 1 аршина. Добывавшіяся въ этой жилѣ руды представляли аналогичный составъ съ рудами Васильевской жилы, причемъ среднее содержаніе въ нихъ мѣди колебалось около 6%.

Въ силу сказаннаго не остается никакого сомнѣнія, что Ольговское мѣсторожденіе есть юго-восточное продолженіе Васильевского мѣсторожденія, и что, слѣдовательно, при капитальной разработкѣ послѣдняго, необходимо изслѣдовать его по всему протяженію вплоть до Ольговской шахты. Предполагая а priori болѣе или менѣе непрерывную связь между Васильевскимъ и Ольговскимъ мѣсторожденіями, мы можемъ разсчитывать на протяженіе общаго мѣсторожденія по простиранию около 300 сажень.

*Составъ Васильевского мѣсторожденія* въ верхнихъ горизонтахъ напоминаетъ нѣсколько составъ Сухойдойскаго; но отличается значительнымъ преобладаніемъ мѣдной черни и колчеданистыхъ включеній. Большею частью, въ верхнихъ горизонтахъ рудная масса состоитъ изъ діоритовой глинистой массы, какъ жильной породы, проникнутой обломками известняка и окисленными или охристыми рудами, состоящими изъ мѣдной черни, красной мѣдной руды, кирпичной мѣдной руды, самородной мѣди, мѣдной зелени, мѣдной сини, малахита и рѣже изъ печенковой мѣдной руды. Въ этой охристой массѣ мы встрѣчаемъ почти постоянно включенія мѣднаго колчедана, мѣднаго блеска и сѣрнаго колчедана въ видѣ болѣе или менѣе значительныхъ потековъ, прожилковъ и гнѣздъ. Съ удаленіемъ вглубь включенія колчеданистыхъ рудъ

постепенно увеличиваются, такъ что въ нижнихъ горизонтахъ нѣкоторыя штокообразныя массы, какъ въ діоритѣ, такъ и въ известнякѣ, состояли сплошь изъ мѣднаго колчедана или изъ мѣднаго блеска съ болѣе или менѣе значительною примѣсью жильной породы, состоящей изъ известняка, діорита и рѣже кварца.

Нигдѣ мѣдный блескъ не встрѣчался такъ обильно и такими большими штокообразными скопленіями, какъ въ Васильевскомъ мѣсторожденіи, гдѣ, по увѣренію Германа, не рѣдко по сплошному мѣдному блеску были проходимы штреки въ нѣсколько сажень.

Самородная мѣдь попадалась въ охристой рудной массѣ также болѣе или менѣе значительными гнѣздами. Такъ, по увѣренію Палласа, въ Васильевскомъ рудникѣ было найдено огромное гнѣздо дендритовидной мѣди съ небольшою примѣсью бураго пловатаго вещества и мѣднаго колчедана, изъ котораго добыто нѣсколько сотъ пудовъ мѣди.

Въ верхнихъ горизонтахъ въ рудной массѣ попадался не рѣдко серебристый фалэрцъ, въ видѣ импрегнаціи въ известковомъ шпатѣ и рѣже въ кварцѣ. Среднее содержаніе серебра въ немъ колебалось около 0,13%.

Чтобы показать насколько въ этомъ мѣсторожденіи распространилось дѣйствіе атмосферныхъ дѣятелей, достаточно указать, съ одной стороны, на значительную штокообразную массу, состоявшую почти сплошь изъ мѣдной черни и встрѣченную на горизонтѣ 52-й сажени; а съ другой—на рудную массу, которая была пересѣчена Воздвиженскою шахтою на горизонтѣ 76,5 саж. и состояла изъ сильно разрушеннаго діорита, проникнутаго известнякомъ и прожилками мѣднаго колчедана и мѣднаго блеска, переходящаго мѣстами въ мѣдную чернь.

Въ силу сказаннаго о составѣ Васильевскаго мѣсторожденія можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, его составляющихъ:

1. Самородная мѣдь.
2. Красная мѣдная руда.
3. Киричная мѣдная руда.
4. Печенковая мѣдная руда.
5. Мѣдная зелень.
6. Мѣдная сѣнь.
7. Малахитъ.
8. Мѣдная чернь.
9. Серебристый фалэрцъ.
10. Мѣдный блескъ.
11. Мѣдный колчеданъ.
12. Сѣрный колчеданъ.
13. Известковый шпатъ.
14. Кварцъ.



### Александровскій мѣдный рудникъ.

Александровскій рудникъ принадлежитъ также къ группѣ Турьинскихъ рудниковъ и располагается въ 250 саженьхъ на *SW* отъ Васильевского рудника (см. Горно-геологическая карта, Таб. I). Мѣсторожденіе этого рудника было разработано главнымъ образомъ изъ Александровской шахты и изслѣдовано по простиранию на протяженіи 60 сажень и по паденію до горизонта 37-й сажени, а затѣмъ оставлено въ 1810 году вслѣдствіе сильнаго притока воды.

Александровское мѣсторожденіе представляетъ весьма *извилистую жилу прикосновенія*, которая залегаетъ между діоритомъ въ лежащемъ боку и известнякомъ въ висячемъ. Какъ по паденію, такъ и по простиранию, эта жила не представляетъ особенно рѣзкихъ переходовъ относительно толщины, хотя безрудные пережимы составляютъ довольно обыкновенное явленіе; только между горизонтами 27-й и 31-й сажени мы замѣчаемъ появленіе нѣсколькихъ раздувовъ рудной массы.

Составъ рудной массы болѣе или менѣе аналогичный съ составомъ Васильевского мѣсторожденія, причемъ среднее содержаніе мѣди въ рудахъ колебалось около 6%.

Простираніе этой жилы. N03<sub>д</sub>.

Паденіе ея. . . . . S09<sub>в</sub>.

Уголъ паденія около. . . 45<sup>о</sup>.

Между Васильевскимъ мѣсторожденіемъ и Александровскимъ, на разстояніи 60 сажень отъ послѣдняго, было разработано Подлѣсною шахтою и Введенскою еще одно мѣдное мѣсторожденіе, залегающее параллельно Александровскому и имѣющее почти отвѣсное паденіе. Это мѣсторожденіе представляетъ также неправильную и тонкую *жилу прикосновенія*, залегающую между діоритомъ и известнякомъ. Она не представляетъ рѣзкихъ переходовъ относительно толщины, какъ по простиранию, такъ и по паденію, но въ ней являются часто безрудные пережимы. Средняя толщина этой жилы можетъ быть принята въ 1 аршинъ. Эта жила изслѣдована по простиранию на 40 сажень, а по паденію—до горизонта 39-й сажени. Составъ рудной массы аналогичный съ составомъ Васильевского мѣсторожденія. Какъ Александровское, такъ и только что описанное мѣсторожденія заслуживаютъ вполне быть изслѣдованными съизнова.

### Фроловскій мѣдный рудникъ.

Фроловскій рудникъ находится въ 3 верстахъ на *ЮВ* отъ Турьинскихъ рудниковъ и залегаетъ въ Фроловской горѣ.

Этотъ рудникъ соединяетъ нѣсколько какъ бы изолированныхъ рудныхъ участковъ, которые были постепенно открываемы и разработаны совершенно самостоятельно нѣсколькими капитальными шахтами и множествомъ побочныхъ шахтъ и шурфовъ. Эти рудные участки, составляющіе, какъ увидимъ ниже, части одного общаго руднаго мѣсторожденія, были разработаны слѣдующими капитальными шахтами, начиная съ юго-восточнаго конца мѣсторожденія: 1) Архангельскою шахтою, которая была углублена до 42,81 сажени. Въ районѣ этой шахты велась самая обширная разработка и продолжалась до 1876 года. 2) Кисовою шахтою, которая была углублена до 29-й сажени. Въ районѣ этой шахты велась также разработка довольно мощной части мѣсторожденія. 3) Шахтою Надежда, которая была углублена до 28-й сажени. 4) Красною шахтою, глубина которой 20 сажень. 5) Малиновскою шахтою, глубина которой 28 сажень. Въ районѣ двухъ послѣднихъ шахтъ велась также значительная разработка средней, довольно мощной части Фроловскаго мѣсторожденія. 6) Бренкинскою шахтою, глубина которой 25 сажень. Въ районѣ этой шахты велась незначительная разработка какъ бы отпрыска отъ основного мѣсторожденія. 7) Большою Журавлинскою шахтою, которая углублена до 24-й сажени. Въ районѣ этой шахты велась значительная разработка сѣверо-западнаго конца Фроловскаго мѣсторожденія. Общее расположеніе этихъ рудныхъ частей или участковъ показано на прилагаемой Горно-Геологической картѣ (Таб. I).

Всѣ перечисленные рудные участки залегаютъ другъ отъ друга въ весьма близкомъ разстояніи и располагаются съ незначительными уклоненіями по одной линіи, простираніе которой болѣе или менѣе совпадаетъ съ частнымъ простираніемъ каждаго изъ этихъ рудныхъ участковъ. Характеръ залеганія относительно окружающихъ породъ и составъ рудной массы во всѣхъ этихъ участкахъ также болѣе или менѣе аналогичный. Если къ сказанному прибавимъ, что между нѣкоторыми изъ этихъ рудныхъ участковъ, на извѣстныхъ горизонтахъ, открыта полная геологическая связь, то не останется никакого сомнѣнія, что эти рудные участки составляютъ части одного общаго руднаго мѣсторожденія.

Принимая непрерывную связь между отдѣльными частями Фроловскаго мѣсторожденія, общее протяженіе его по простиранію доходитъ до 300 сажень. Если же отбросить мало изслѣдованные промежутки между частями, то съ достаточною точностью можно принять протяженіе мѣсторожденія въ 200 сажень, причемъ средняя толщина колеблется около 1 саж. По паденію Фроловское мѣсторожденіе можно считать почти нетронутымъ, начиная съ горизонта 30-й сажени.

Фроловское мѣсторожденіе представляетъ неправильную и весьма извилистую *жилу прикосновенія*, состоящую изъ системы болѣе или менѣе значительныхъ штокообразныхъ массъ, связанныхъ между собою, какъ по простиранію, такъ и по паденію, тонкими рудными или безрудными пережимами. Эта жила пускаетъ отъ себя отпрыски подъ самыми различными углами, ко-



торые или скоро выклиниваются, или оканчиваются довольно мощными рудными заливами, залегающими болѣе или менѣе изолированно въ лежащемъ или въ висячемъ боку.

Фроловская жила залегаетъ главнымъ образомъ между *известнякомъ* въ лежащемъ боку и *венисовой породой* въ висячемъ, чѣмъ рѣзко отличается отъ группы Турьинскихъ мѣдныхъ мѣсторожденій. Въ послѣднихъ рудныя жилы залегаютъ постоянно между известнякомъ и діоритомъ. Залеганіе же между известнякомъ и діоритомъ, проникнутымъ обильно венисою, составляетъ исключеніе и является въ районѣ Першинской шахты.

Какъ раздувы или штоки прикосновенія, такъ и изолированныя штокообразныя массы, залегающія въ окружающихъ породахъ, достигаютъ мѣстами значительныхъ размѣровъ.

Нерѣдко они имѣютъ протяженіе по простиранію въ 20 сажень и по паденію отъ 5 до 10 сажень, при средней толщинѣ отъ 4 до 8 сажень.

Гораздо рѣже мы встрѣчаемъ залеганіе нѣкоторыхъ частей основной жилы между діоритомъ и венисовой породой, какъ это можно наблюдать между горизонтами 3-й и 8-й сажени, и еще рѣже залеганіе отпрысковъ между діоритомъ и известнякомъ.

Въ Фроловскомъ мѣсторожденіи ясно усматривается, что известнякъ былъ сначала пересѣченъ жилами діорита; затѣмъ венисовая порода выполнила, въ видѣ весьма неправильныхъ жилъ съ отпрысками, частью трещины прикосновенія, образовавшіяся между діоритомъ и известнякомъ, и частью самостоятельныя трещины въ той и другой породѣ. Совокупность этихъ породъ могла дать впослѣдствіи весьма сложную систему трещинъ, которыя и были выполнены рудными мѣсторожденіями. Изъ характера же описываемаго мѣсторожденія выходитъ, что главная, болѣе значительная трещина образовалась въ плоскости прикосновенія венисовой жилы съ известнякомъ, причемъ первая является преимущественно висячимъ бокомъ, а известнякъ лежащимъ. Для отпрысковъ же и нѣкоторыхъ выходовъ основной жилы въ верхнихъ горизонтахъ послужили побочныя трещины между діоритомъ и венисовой породой и между діоритомъ и известнякомъ. Послѣднія трещины имѣютъ весьма незначительное распространеніе.

Среднее простираніе Фроловскаго мѣсто-  
рожденія . . . . . NW 9<sup>h</sup>  
Паденіе . . . . . SW 3<sup>h</sup>  
Уголъ паденія колеблется около . . . 70°.

*Юго-восточная часть* Фроловскаго мѣсторожденія разрабатывалась непрерывно до послѣдняго времени подъ вѣдѣніемъ казны и отчасти была подвергнута двухлѣтней незначительной развѣдкѣ во время владѣнія С. Д. Башмакова. Но такъ какъ, съ одной стороны, развѣдочныя работы не привели тотчасъ къ существеннымъ результатамъ, а съ другой, для продолженія

серьезныхъ развѣдочныхъ и подготовительныхъ работъ на дальнѣйшей глубинѣ, необходимо было сначала установить новую 120-ти сильную водоотливную машину, взамѣнъ старой 40 сильной, и подъемную машину въ 50 силъ взамѣнъ коннаго ворота, то рѣшено было совершенно оставить этотъ рудникъ до болѣе благопріятныхъ обстоятельствъ и обратить исключительное вниманіе на Богословскій и Суходойскій рудники и на поиски новыхъ мѣдныхъ мѣсторожденій.

Разсмотримъ нѣсколько подробнѣ юго-восточную часть Фроловскаго мѣсторожденія, разработанную главнѣйше капитальною Архангельскою шахтою, при помощи Богоявленской шахты, Архангельскаго шурфа и луфглоха, заложенаго на самомъ юго-восточномъ концѣ этой жилы.

Общій характеръ этой части мѣсторожденія подходитъ совершенно къ вышеприведенной характеристикѣ общаго Фроловскаго мѣсторожденія и ясно усматривается изъ плана выработокъ на горизонтѣ 26-й сажени, и изъ профили по линіи CD<sup>1)</sup> (см. фиг. 11 и 12, табл. III).

Эта часть мѣсторожденія представляетъ также весьма неправильную и извилистую жилу прикосновенія, состоящую, какъ по простиранию такъ и по паденію, изъ нѣсколькихъ штокообразныхъ массъ, залегающихъ между известнякомъ и венисовою породою и связанныхъ между собою или тонкими жилами, или безрудными спаями. Кромѣ того, эта жила пускаетъ отъ себя отпрыски въ окружающія породы, которыя оканчиваются нерѣдко болѣе или менѣе значительными мѣшкообразными скопленіями или же быстро выклиниваются. Последнее явленіе особенно характерно усматривается изъ плана выработокъ на горизонтѣ 26-й сажени (фиг. 11).

Тутъ рудная жила дѣлаетъ весьма крутые повороты подъ прямымъ угломъ относительно общей линіи простиранія или раздѣляется на двѣ части, располагающіяся по бокамъ венисовой жилы, пересѣкающей известнякъ въ видѣ отпрыска. Большею частью такія двѣ сложныя жилы вскорѣ выклиниваются.

Описываемая жила была открыта уже на горизонтѣ 3-й сажени и до горизонта 10-й сажени залегаетъ между діоритомъ и венисовою породою, представляя извилистую жилу или систему незначительныхъ раздувовъ. Съ горизонта же 10-й сажени рудная жила принимаетъ весьма извилистый характеръ и залегаетъ довольно постоянно между известнякомъ въ лежачемъ боку и венисовою породою въ висячемъ.

Вслѣдствіе извилистости, часть рудной жилы на западъ отъ Архангельскаго шурфа принимаетъ почти меридіональное простираніе, направляясь съ юга на сѣверъ, которое она сохраняетъ почти до горизонта 37-й сажени. Эта часть, являясь сначала тонкою жилою, переходитъ на горизонтѣ 12-й

<sup>1)</sup> Очень характерная профиль представлена въ Горн. Жур. 1868. III. таб. V, № IV въ статьѣ Г. Д. Романовскаго.



сажени въ штокообразную массу или образуетъ нѣсколько значительныхъ раздувовъ, которые сохраняютъ свою мощность по паденію до горизонта 26-й сажени. По простиранію же они имѣютъ среднее протяженіе отъ 15 до 25 сажень, при средней толщинѣ отъ 4 до 8 сажень. Съ горизонта 26-й сажени эти раздувы сжимаются въ тонкую жилу, сохраняющую свою форму и характеръ залеганія до горизонта 37-й сажени.

Другая часть жилы между Архангельскимъ шурфомъ и луфтлохомъ образуетъ также довольно мощныя штокообразныя массы, связанныя между собою тонкими рудными пережимами или, мѣстами, безрудными спаями. По протяженіе этихъ штоковъ незначительное по паденію. Наиболѣе мощный штокъ, чрезъ который отчасти сдѣланъ профиль вкрестъ простиранія, при протяженіи на 25 саж. по простиранію и на 10 саж. по паденію и при средней толщинѣ въ 7 сажень, могъ дать не менѣе 3,500,000 пудовъ руды.

Изъ профили по простиранію и изъ этажныхъ плановъ усматривается, что рудная жила главнымъ образомъ изслѣдована и разработана по обѣ стороны Архангельской шахты, на протяженіи около 80 сажень, принимая во вниманіе извилины ея.

Только между горизонтами 21-й и 29-й сажени рудная жила была изслѣдована на протяженіи 150 сажень по простиранію, причемъ луфтлохъ, заложенный на юго-восточной оконечности мѣсторожденія, встрѣтилъ довольно мощную и богатую штокообразную массу.

Среднюю толщину жилы можно принять не болѣе 2 аршинъ на всемъ протяженіи по простиранію и по паденію.

По паденію рудная жила, какъ видно изъ приложенной профили (фиг. 12, табл. III) показываетъ довольно рѣзкіе переходы относительно толщины, представляя рядъ болѣе или менѣе значительныхъ штокообразныхъ массъ, связанныхъ рудными и безрудными пережимами. Сохраняя общее паденіе на SW, въ частности рудная жила показываетъ значительныя колебанія. Такъ юго-западное паденіе подъ угломъ 65° переходитъ въ нижнихъ горизонтахъ въ вертикальное и затѣмъ рудная жила принимаетъ противоположное, довольно крутое паденіе. При этомъ она пускаетъ отъ себя отпрыски на довольно значительное разстояніе въ видѣ изолированныхъ штокообразныхъ рудныхъ скопленій, выполняющихъ частью трещины прикосновенія, частью залегающихъ въ известнякѣ или венисовой породѣ.

Среднее простираніе описываемой части

Фроловскаго мѣсторожденія . . . NW 8h

Паденіе ея . . . . . SW 2h

Уголъ паденія колеблется около . . . 65°.

По паденію эту часть жилы можно считать выработанной только до горизонта 31-й сажени. Ниже этого горизонта она была развѣдана только гезенгами и небольшими штреками, между когорыми заслуживаетъ вниманія штрекъ на горизонтѣ 37-й сажени, который былъ заложенъ изъ пункта встрѣчи рудной жилы квершлагомъ изъ Архангельской шахты.

Квершлагъ пройденъ по известняку на 12 сажень, а развѣдочный штрекъ пройденъ по топкой жилѣ, залегающей между известнякомъ въ лежащемъ боку и венисовой породой въ висячемъ, на протяженіи 40 сажень, не встрѣтивъ никакого раздува.

*Составъ Фроловскаго мѣсторожденія.* Съ поверхности до горизонта 10-й сажени рудная масса состояла преимущественно изъ такъ называемыхъ охристыхъ рудъ, которыя ниже этого горизонта довольно рѣзко переходятъ въ нормальныя колчеданистыя руды.

Охристыя или окисленные руды въ Фроловскомъ мѣсторожденіи состояли, большею частью, изъ буроватой глинистой массы съ обломками известняка, проникнутой желѣзною охрою, бурымъ желѣзнякомъ, мѣдною черною и обильно мѣдною зеленью. Въ этой рудной массѣ, съ приближеніемъ къ 10-й сажени, все чаще попадались включенія мѣднаго и сѣрнаго колчедана. Глинистая масса представляетъ продуктъ разрушенія діорита и венисовой породы. Въ охристой рудной массѣ въ прежнее время было встрѣчено самородное серебро въ сплошномъ и волосистомъ видѣ, въ сопровожденіи бурога желѣзняка, и самородная мѣдь въ пластинкахъ и дендритахъ довольно значительными скопленіями.

Колчеданистая рудная масса представляетъ довольно простой составъ, который варьируетъ только вслѣдствіе измѣненія жильной породы. Основною жильною породой является діоритъ, который постоянно проникнутъ венисомъ и известковымъ шпатомъ въ большей или меньшей степени. Нерѣдко въ нѣкоторыхъ штокообразныхъ массахъ известковый шпатъ преобладаетъ надъ діоритомъ, а иногда и совершенно его вытѣсняетъ. Вотъ почему Фроловскія руды носили названіе известняковыхъ рудъ и шли въ плавку постоянно какъ флюсующія руды.

Эти жильныя породы почти всюду проникнуты чистымъ мѣднымъ колчеданомъ или въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ колчеданомъ. Эта оруденѣлость является въ видѣ импрегнаціи, прожилковъ и наконецъ въ видѣ болѣе или менѣе значительныхъ гнѣздъ. Среднее содержаніе мѣди въ колчеданистыхъ рудахъ составляло около 7%.

Въ силу сказаннаго о составѣ Фроловскаго мѣсторожденія можно привести слѣдующій рядъ минераловъ, его составляющихъ:

1. Самородная мѣдь.
2. Самородное серебро.
3. Мѣдная чернь.
4. Мѣдная зелень.
5. Желѣзная охра.
6. Бурый желѣзнякъ.
7. Мѣдный колчеданъ.
8. Сѣрный колчеданъ.
9. Известковый шпатъ.



Фроловское мѣсторожденіе, по своей обширности и довольно богатой рудоносности, распределенной значительными штокообразными массами, заслуживаетъ серьезнаго вниманія и должно быть подвергнуто капитальному изслѣдованію при первой возможности.

*Подгорно - Николаевское мѣсторожденіе* залегаетъ въ 200 саженьяхъ на западъ отъ руднаго участка, разработаннаго Большою Журавлинскою шахтою.

Это мѣсторожденіе представляетъ относительно довольно правильную тонкую жилу, залегающую въ венисовой породѣ, причемъ оруденѣлость является преимущественно въ видѣ импрегнаціи въ венисовой жильной породѣ. Какъ по простиранію, такъ и по паденію мы не встрѣчаемъ особенно рѣзкихъ и частыхъ переходовъ отъ тонкихъ пережимовъ къ раздувамъ. Последніе составляютъ довольно рѣдкое явленіе и были встрѣчены на горизонтѣ 3-й сажени, съ протяженіемъ по простиранію на 5 сажень и съ толщиною въ 3 сажени. Эта жила наиболѣе изслѣдована по простиранію на горизонтѣ 10-й сажени, именно на 90 сажень. По всему простиранію она представляетъ импрегнаціи мѣднаго и сѣрнаго колчедана въ венисовой жильной породѣ и только въ южномъ концѣ жила частью выклинивается въ діоритѣ, частью даетъ тонкіе отпрыски, залегающіе въ діоритѣ. Ниже этого горизонта рудная жила была пересѣчена только Подгорно-Николаевскою шахтою до горизонта 16-й сажени. Эта шахта проходила все время по венисовой породѣ, проникнутой импрегнаціями мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ.

Рудная масса этого мѣсторожденія въ верхнихъ горизонтахъ состояла изъ слегка разрушенной венисы, проникнутой бурымъ желѣзнякомъ, примазками мѣдной зелени и включеніями мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. Съ горизонта же 5-й сажени, съ удаленіемъ вглубь до горизонта 10-й сажени, вениса, какъ жильная порода, является почти нормальною и проникнута только импрегнаціями мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. Среднее содержаніе мѣди въ рудахъ колебалось около 2,5 %.

Простираніе этой жилы . . . . NO 1<sup>h</sup> 30'

Паденіе ея . . . . . SO 7<sup>h</sup> 30'

Уголъ паденія около . . . . . 80°.

Это мѣсторожденіе представляетъ интересъ чисто въ геогностическомъ отношеніи.

### Устейскій мѣдный пріискъ.

Устейскій пріискъ находится въ 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> верстахъ на СЗ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Устейское мѣдное мѣсторожденіе открыто въ 1879 году серією развѣдочныхъ шурфовъ, заложенныхъ по такъ называемому Феодоровскому ложку, на основаніи нѣсколькихъ кусковъ мѣднаго колчедана, найденныхъ тутъ при промывкѣ въ золотоносныхъ пескахъ и отчасти на основаніи развѣдочныхъ работъ прежнихъ лѣтъ.

Однимъ изъ шурфовъ былъ открытъ на глубинѣ 2,5 сажень тонкій прожилокъ въ 10 дюймовъ, залегающій въ доломитовой породѣ и состоящій изъ мѣднаго колчедана съ примазками мѣдной сини и мѣдной зелени. На глубинѣ 5-й сажени этотъ прожилокъ былъ снова пересѣченъ квершлагомъ изъ шурфа, на разстояніи 3 сажень; затѣмъ по немъ былъ углубленъ резенгъ до горизонта 7-й сажени. На всемъ протяженіи, по паденію, этотъ прожилокъ, при перемежающейся толщинѣ отъ 4 до 10 дюймовъ, состоялъ изъ доломитовой, весьма кварцеватой породы съ импрегнаціями и сплошными прожилками мѣднаго колчедана. Затѣмъ этотъ прожилокъ былъ встрѣченъ еще на горизонтѣ 11-й сажени изъ развѣдочной шахты, заложеной въ висячемъ боку описаннаго прожилка.

Простираніе этого прожилка . . . . NW 10<sup>h</sup>

Паденіе . . . . . NO 4<sup>h</sup>

Уголъ паденія около . . . . . 45°.

На основаніи данныхъ, полученныхъ проводомъ только что приведеннаго шурфа, была заложена развѣдочная шахта для пересѣченія открытаго прожилка на горизонтѣ 11 или 12 сажень и для изслѣдованія его по простиранію. Но уже на глубинѣ 3 сажень этою шахтою былъ пересѣченъ выходъ другой жилы, толщиной въ 6 дюймовъ, состоявшей тутъ изъ мѣдной сини и желѣзной охры. По этой жилѣ развѣдочная шахта шла до горизонта 6-й сажени, причемъ толщина ея постепенно увеличилась до 3,5 футовъ и рудная масса состояла тутъ частью изъ чистаго мѣднаго колчедана, проникнутаго системою трещинъ, выполненныхъ мѣдною зеленою, мѣдною сини и налетомъ мелкихъ кристалловъ мѣдной лазури, частью изъ хлоритоваго сланца, обильно проникнутаго прослойками и гнѣздами мѣднаго колчедана съ примѣсью только что приведенныхъ минераловъ. Среднее содержаніе мѣди въ этихъ рудахъ колеблется около 15%.

Затѣмъ шахта была углублена до горизонта 11-й сажени, и квершлагомъ на NO была снова пересѣчена рудная жила на разстояніи 3 сажень. Затѣмъ жила была изслѣдована по простиранію развѣдочнымъ пнтрекомъ въ обѣ стороны на протяженіи 4 сажень. Тутъ рудная жила, при средней толщинѣ въ 21 дюйм., залегала между хлоритовымъ сланцемъ въ висячемъ боку и тальковымъ сланцемъ въ лежачемъ и состояла преимущественно изъ кварцеватой доломитовой породы, проникнутой прожилками, гнѣздами и импрегнаціями мѣднаго колчедана. Кромѣ того, хлоритовый сланецъ висячаго бока былъ проникнутъ довольно обильно прожилками мѣднаго колчедана, между тѣмъ какъ тальковый сланецъ въ лежачемъ совершенно лишень оруденѣлости. Изъ сказаннаго выходитъ, что Устейское мѣсторожденіе представляетъ двѣ жилы, изъ коихъ первая, по всей вѣроятности, окажется отпрыскомъ второй, болѣе мощной жилы, заслуживающей по всемъ даннымъ весьма серьезнаго изслѣдованія. Дальнѣйшая развѣдка этого мѣсторожденія прекращена до установка парового отлива воды.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Въ настоящее время развѣдки въ глубь обнаружили богатое и благонадежное продолженіе Устейскаго мѣсторожденія.



### Желѣзныя рудныя мѣсторожденія.

Мѣсторожденія желѣзныхъ рудъ имѣютъ весьма обширное распространѣніе въ Богословскомъ округѣ и были открыты въ довольно значительномъ числѣ, начиная съ 1754 года, при Походяшинѣ, которой построилъ Петропавловскій и Богословскій заводы, рассчитывая главнымъ образомъ на желѣзное производство. Но открытіе весьма богатыхъ мѣдныхъ мѣсторожденій, именно Васильевскаго, Сухойскаго, Чершинскаго и Фроловскаго, около 1765 и 1766 года, побудило Походяшина постепенно уменьшить желѣзное производство, такъ что въ концѣ концовъ мѣдное производство совершенно вытѣснило желѣзное.

Подъ вѣдѣніемъ казны продолжалась нѣкоторое время развѣдка и добыча желѣзныхъ рудъ для Николае-Павдинскаго завода.

Желѣзныя мѣсторожденія были открыты и болѣе или менѣе подверглись разработкѣ въ слѣдующихъ пунктахъ Богословскаго округа:

1) Около Петропавловскаго завода, въ 7 и 12 верстахъ на СЗ отъ этого завода. Здѣсь насчитываютъ около 12 отдѣльныхъ штокообразныхъ мѣсторожденій, залегающихъ преимущественно въ діоритовыхъ породахъ; изъ нихъ заслуживаетъ особеннаго вниманія *Покровское* мѣсторожденіе, залегающее въ формѣ довольно значительнаго штока въ діоритѣ и состоящее изъ магнитнаго желѣзняка.

Съ глубины 4-й сажени въ желѣзныхъ рудахъ этого мѣсторожденія являются признаки мѣдныхъ рудъ въ видѣ мѣдной зелени и импрегнаціи мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. *Колониское* желѣзное мѣсторожденіе представляетъ обширный штокообразный выходъ, длиною около 100 саж. и шириною около 50 сажень. Оно залегаетъ въ діоритѣ и состоитъ также изъ магнитно-желѣзняковыхъ рудъ. Это мѣсторожденіе замѣчательно тѣмъ, что въ немъ не замѣчено примѣси мѣдныхъ рудъ. Наконецъ *Баяновское* мѣсторожденіе считается также довольно обширнымъ.

2) На рѣчкѣ Колѣ, въ 5 верстахъ отъ Филькинскаго зимовья.

3) На рѣчкѣ Замарайкѣ, въ 15 верст. ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ, были также открыты довольно удовлетворительныя мѣсторожденія желѣзныхъ рудъ.

4) Наконецъ въ 9½ верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ располагается обширный, такъ называемый Ольховскій, желѣзный рудникъ.

*Ольховское* желѣзное мѣсторожденіе представляетъ довольно обширный штокообразный выходъ или систему гнѣздъ, залегающихъ въ діоритовой глинѣ, пересѣченной частью венисовыми, частью афанитовыми жилами.

Рудная масса состоитъ преимущественно изъ плотнаго желѣзнаго блеска, залегающаго валунами или гнѣздами въ буровой глинѣ, болѣе или менѣе проникнутой желѣзной охрой. Среднее содержаніе этихъ рудъ колеблется около 55% Fe.

Такъ какъ развѣдка шурфами, произведенная около большого разрѣза, показала протяженіе чистыхъ желѣзныхъ рудъ только до глубины 3-хъ и мѣстами до 4-хъ сажень, а начиная съ этого горизонта желѣзный блескъ сталъ являться съ импрегнаціями мѣдныхъ рудъ, хотя только въ видѣ признаковъ, то для дальнѣйшаго изслѣдованія руднаго мѣсторожденія вглубь былъ углубленъ такъ называемый Никитинскій шурфъ, около 1810 года. Съ 3-й до 4-й сажени этотъ шурфъ прошелъ около разрушенной венисовой жилы по плотному желѣзному блеску съ примазками мѣдной зелени и незначительною вкрапленностью мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. На этомъ горизонтѣ было пройдено два развѣдочныхъ штрека, которые прошли также по желѣзному блеску съ примазками мѣдныхъ рудъ. Затѣмъ развѣдка была остановлена вслѣдствіе значительнаго притока воды. Въ 1819 году снова приступили къ углубкѣ Никитинскаго шурфа, съ цѣлью узнать не перейдетъ ли это мѣсторожденіе въ настоящую мѣдную жилу. До горизонта 10 сажени этотъ шурфъ шелъ преимущественно по желѣзному блеску съ признаками мѣдной зелени, вкрапленностями мѣднаго колчедана и сѣрнаго и съ налетами самородной мѣди, красной мѣдной руды и мѣдной черни. На горизонтѣ 10 сажени были заложены развѣдочные штреки на NW и на NO. Пройди по 10 сажень каждымъ штрекомъ, не было замѣчено особеннаго измѣненія въ рудной массѣ, которое бы указывало на переходъ въ мѣдное мѣсторожденіе. Чрезъ нѣкоторое время этотъ шурфъ былъ снова углубленъ, причемъ на глубинѣ 12 сажень былъ встрѣченъ рудный прожилокъ между известнякомъ и венисовою породой, состоявшій изъ діоритовой жильной породы, проникнутой венисомъ и импрегнаціями мѣднаго и сѣрнаго колчедановъ. До горизонта 15-й сажени этотъ прожилокъ шелъ съ толщиной отъ 6 до 15 дюймовъ. И такъ эта развѣдка выяснила, что желѣзные мѣсторожденія, съ удаленіемъ вглубь, переходятъ въ мѣдные.

Въ 1822 году была произведена специальная развѣдка шурфами для опредѣленія распространенія желѣзнаго мѣсторожденія въ районѣ существовавшаго разрѣза, на пространствѣ одной квадратной версты, и для болѣе точнаго опредѣленія запаса желѣзныхъ рудъ. Для этой цѣли было заложено около 45 шурфовъ. Большинство изъ нихъ вблизи разрѣза прошли по удовлетворительной рудной массѣ до глубины 2, 3 и 4-хъ сажень, состоявшей изъ желѣзнаго блеска, который былъ встрѣченъ частью гнѣздами, частью валунами въ буровато-красной глинистой массѣ, сильно проникнутой желѣзною охрою. Всѣ эти шурфы были остановлены въ бурой желѣзистой глипѣ, причемъ незамѣчено было примѣси мѣдныхъ рудъ въ желѣзныхъ рудахъ, добытыхъ этими шурфами.

Открытая этими шурфами площадь желѣзныхъ рудъ была точно измѣрена и оказалось въ 10,211 квадратныхъ сажень. Средняя толщина рудной массы была принята въ 2,5 сажени, а количество рудъ въ каждой кубической сажени въ 500 пудовъ. На основаніи этихъ данныхъ запасъ рудъ въ этой площади былъ вычисленъ въ 12.763,750 пудовъ. Къ этому запасу нужно



прибавить около 551,000 пудовъ желѣзныхъ рудъ прежней добычи, лежащихъ въ отвалѣ. Среднее содержаніе рудъ Ольховскаго мѣсторожденія можетъ быть принято отъ 50 до 55% <sup>1)</sup>).

### Золото.

Золото было открыто въ Богословскомъ округѣ сначала въ коренномъ мѣсторожденіи, въ 1813 году. Это мѣсторожденіе было развѣдано и отчасти разработано такъ называемымъ Воскресенскимъ рудникомъ и располагается почти у сѣверной грани Богословскаго округа, въ 30 верстахъ на сѣверъ отъ Петропавловскаго завода. *Золотоносныя кварцевыя жилы*, открытыя тутъ въ числѣ десяти, залегаютъ непосредственно въ діоритѣ, который въ верхнихъ горизонтахъ является разрушеннымъ и пересѣкается значительными штоками переходный известнякъ. Нѣкоторыя изъ жилъ простираются съ запада на востокъ, а остальные съ *СЗ* на *ЮВ*. Паденіе ихъ преимущественно на *СВ* подъ угломъ около 80°. Изъ всѣхъ жилъ наиболѣе была изслѣдована первая посредствомъ наклонной шахты № 1, которая была углублена до глубины 23,5 сажень и все время шла по кварцевой золотоносной жилѣ, толщина которой колебалась около 6 вершковъ. Кромѣ того эта жила была изслѣдована по простиранію въ обѣ стороны штреками, которые закладывались на разстояніи 4 сажень другъ отъ друга. Штрекъ на глубинѣ 4 сажень показывалъ признаки мѣдныхъ рудъ, а остальные шли по кварцевой жилѣ на протяженіи отъ 5 до 10 сажень и, болѣею частью, остановлены въ кварцевой жилѣ толщиною отъ 2 до 4 вершковъ. Остальныя жилы были изслѣдованы поверхностными разрѣзами, исключая жилы № 2, по которой былъ углубленъ шурфъ до горизонта 8 сажень. Изъ этого шурфа кваршлагомъ были пересѣчены еще 3 слѣдующія жилы. Такимъ образомъ, на протяженіи около 50 сажень, были открыты десять жилъ, съ среднею толщиною около 5 вершковъ. Добывавшійся тутъ кварцъ привозился въ Богословскій заводъ и тутъ подвергался протолчкѣ и промывкѣ, но объ настоящемъ содержаніи золота со 100 пудовъ кварца не осталось никакихъ свѣдѣній. Воскресенскій рудникъ былъ скорѣ брошенъ, а послѣ этого до сихъ поръ не было приступлено къ вторичному, болѣе серьезному изслѣдованію этого мѣсторожденія.

Въ 1823 году было открыто первое золото въ золотыхъ россыпяхъ, которыми Богословскій округъ оказался очень богатъ, какъ это усматривается изъ далѣе приведенныхъ примѣровъ прежнихъ приисковъ и изъ среднихъ результатовъ ежегодной добычи по десятилѣтіямъ и средней стоимости золота по добычѣ, приведенныхъ въ историческомъ очеркѣ.

Почти всѣ долины рѣкъ и рѣчекъ и впадающихъ въ нихъ притоковъ,

<sup>1)</sup> Въ послѣднее время были произведены обширныя развѣдки на жильныя мѣсторожденія, которыя обнаружили большіе запасы желѣзныхъ рудъ.

а также большинство прилегающих безводных логовъ, въ Богословскомъ округѣ заключаютъ въ себѣ золотоносные пески. Золотыя россыпи тутъ представляютъ значительныя колебанія относительно длины или протяженія россыпи, ширины ея, толщины золотоносныхъ пластовъ, а также относительно состава песковъ и распредѣленія въ нихъ золота.

Длина россыпей колеблется въ весьма различныхъ предѣлахъ. Не говоря о короткихъ россыпяхъ, которыя преобладаютъ и протягиваются отъ 100 до 600 сажень, мы имѣемъ примѣры россыпей, которыя протягивались непрерывно отъ 4 до 6 и даже до 10 верстъ. Примѣромъ могутъ служить Ларьковская россыпь и Песчанская, первая по р. Ларьковкѣ, а вторая по р. Песчанѣ.

Ширина россыпи подвергается весьма значительному колебанію. Она измѣняется довольно рѣзко въ одной и той же россыпи въ предѣлахъ отъ 5 до 20 сажень, или въ предѣлахъ отъ 15 до 30 и мѣстами доходить до 70 сажень.

Вообще въ Богословскомъ округѣ не было примѣровъ весьма широкихъ россыпей. Средняя ширина россыпей по всей длинѣ колеблется въ узкихъ россыпяхъ около 12 сажень и въ самыхъ широкихъ около 30 сажень.

Толщина золотоноснаго пласта или песковъ колеблется между 1 аршиномъ и 3 аршинами и находится болѣе или менѣе въ зависимости отъ содержанія золота. Такъ въ богатыхъ россыпяхъ, въ которыхъ среднее содержаніе золота со 100 пудовъ около 1 золотника, толщина песковъ рѣдко болѣе 1 аршина; между тѣмъ какъ въ бѣдныхъ россыпяхъ, какъ Больше-Волчанская, гдѣ среднее содержаніе песковъ около 30 долей, толщина ихъ колеблется около 3 аршинъ.

По составу, въ Богословскомъ округѣ преобладаютъ такъ называемые разрушистые пески и рѣже мы встрѣчаемъ пески весьма глинистаго состава или такъ называемые мясниковатые. Золотоносный пластъ обыкновенно состоитъ изъ глины, смѣшанной въ большемъ или меньшемъ количествѣ съ пескомъ, въ которой запутаны гальки и обломки различныхъ породъ, именно кварца, діорита и известняка. Эти породы нерѣдко преобладаютъ другъ надъ другомъ до полного замѣщенія.

Плотикомъ россыпей является, болѣею частью, діоритъ, въ нормальномъ или полуразрушенномъ состояніи, рѣже известнякъ, который нерѣдко является сильно разтѣденнымъ и представляетъ весьма бугорчатую гребневидную поверхность, какъ напримѣръ въ Мало-Мостовской россыпи, и еще рѣже плотикомъ является краснобурый глинистый конгломератъ, какъ напримѣръ въ Макарьевской россыпи.

Толщина торфовъ или наносовъ, покрывающихъ золотоносный пластъ, колеблется около 1 сажени. Въ нѣкоторыхъ россыпяхъ толщина уменьшается до 1½ аршинъ, а въ другихъ она доходитъ до 2 сажень, а мѣстами до 3 сажень.

Золото хотя распредѣляется во всѣхъ россыпяхъ, болѣею частью, гнѣздами, но содержаніе это колеблется между близкими предѣлами. Такъ содержаніе золота въ 100 пудахъ песковъ въ знаменитой, по величинѣ, Песчан-



ской розсыпи колебалось между 40 долями и 1 золотникомъ 75 долями. Въ Магдалининской розсыпи содержаніе золота въ пескахъ колебалось между 18 долями и 5 золотниками. Весьма рѣдко случается, чтобы розсыпь на значительномъ протяженіи была одинаково золотоносна. Не смотря однако на такое колебаніе, среднее содержаніе нѣсколькихъ частей розсыпи, значительно удаленныхъ другъ отъ друга, показываетъ не большое колебаніе.

Въ прежнее время подвергались разработкѣ, большею частью, довольно богатая розсыпи, среднее содержаніе которыхъ колебалось между 60 долями и 1 зол. 50 долями; въ настоящее время мы находимъ выгодными для разработки даже розсыпи съ среднимъ содержаніемъ въ 30 долей. Но въ то же время идетъ разработка розсыпей и съ содержаніемъ отъ 48 до 60 долей, которыя составляютъ довольно обыкновенное явленіе.

Въ послѣднее время въ Богословскомъ округѣ велись самыя незначительныя развѣдки на новыхъ мѣстахъ. Поэтому нѣтъ сомнѣнія, что болѣе обширныя и настоятельныя развѣдки въ нетронутыхъ мѣстахъ приведутъ снова къ открытію значительныхъ и относительно болѣе богатыхъ розсыпей. Число же нетронутыхъ долинъ, рѣкъ и рѣчекъ и впадающихъ въ нихъ притоковъ и логовъ можно считать въ Богословскомъ округѣ весьма значительнымъ.

Изъ золотыхъ розсыпей прежнихъ лѣтъ, открытыхъ и разработанныхъ подъ вѣдѣніемъ казны, заслуживаютъ особеннаго вниманія по своей величинѣ слѣдующія:

1) Петропавловскій пріискъ по р. Песчанкѣ, впадающей, съ правой стороны, въ р. Каменку, въ 8,5 верстахъ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Эта розсыпь открыта въ 1829 году и разработана на протяженіи 12 верстъ, при средней ширинѣ въ 32 сажени. Толщина золотоноснаго пласта колебалась между  $\frac{1}{2}$  арш. и 2 аршинами. Содержаніе золота со 100 пудовъ песковъ выходило отъ 40 долей до 1 зол. 75 долей. Съ 1829 по 1859 годъ промыто было съ этой розсыпи 95,003,041 пудовъ золотоносныхъ песковъ и получено 309 пуд. 35 фунтовъ золота, среднее содержаніе песковъ по промывкѣ вышло въ 1 зол. 24 доли.

2) Мариинскій пріискъ по р. Малой Каменкѣ, впадающей съ правой стороны въ р. Большую Каменку, въ 4,5 верстахъ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Длина этой розсыпи 1265 саж., а ширина отъ 20 до 40 саж. Толщина песковъ колеблется отъ 1 до  $1\frac{1}{2}$  аршинъ. Среднее содержаніе золота въ пескахъ выходило отъ 28 долей до 5 золотниковъ. Изъ 5,406,345 пудовъ промытыхъ песковъ получено 9 пудовъ 12 фунтовъ золота. Среднее содержаніе песковъ по промывкѣ вышло въ 63 доли.

3) Масловскій пріискъ въ 7,5 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Длина этой розсыпи около 2 верстъ, средняя ширина около 15 сажень. Толщина песковъ измѣнялась отъ  $\frac{3}{4}$  до 2 аршинъ, а содержаніе золота въ пескахъ—отъ 12 долей до 1 золотника. Изъ этой розсыпи промыто песковъ 17,185,070 пудовъ и получено золота 44 пуда 35 фунтовъ. Среднее содержаніе песковъ по промывкѣ вышло въ 1 золотникъ.

4) Царскій пріискъ по р. Степановкѣ, впадающей съ правой стороны къ р. Каменку, въ 11 верстахъ отъ Турьинскихъ рудниковъ на ЮВ. Длина этой розсыпи 3 версты, а средняя ширина около 30 сажень; средняя толщина песковъ около 2 аршинъ, а содержаніе въ нихъ золота выходило отъ 68 долей до 20 золотниковъ. Изъ 14,409,528 пудовъ промытыхъ песковъ получено было  $46\frac{1}{2}$  пудовъ золота. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 1 золотникъ 23 доли.

6) Чернорѣченскій пріискъ по р. Черной, впадающей съ правой стороны въ р. Волчанку, въ 18 верстахъ на СЗ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Длина этой розсыпи 7 верстъ, а ширина отъ 10 до 30 сажень; средняя толщина песковъ около 1 аршина, а содержаніе золота выходило отъ 59 до 90 долей. Съ 1839 по 1859 годъ изъ этой розсыпи промыто было 55,463,768 пудовъ песковъ и получено 126 пудовъ 2 фунта 71 золотникъ золота. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 83 доли.

6) Магдалиненскій пріискъ по р. Магдалинѣ, впадающей съ лѣвой стороны въ р. Черную, въ 25 верстахъ на СВ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Протяженіе этой розсыпи около 3 верстъ, ширина ея отъ 10 до 20 сажень, толщина песковъ отъ 1 до  $1\frac{3}{4}$  арш., содержаніе золота выходило отъ 68 долей до 2 золотниковъ, а въ болотѣ, на протяженіи 45 сажень, содержаніе золота выходило въ 6 золотниковъ 16 долей. Съ 1839 по 1859 годъ было промыто 14,589,887 пудовъ песковъ и получено золота 42 пуда 20 фунтовъ. Среднее содержаніе золота со 100 пудовъ песковъ вышло въ 1 золотникъ 11 долей.

7) Кедровскій пріискъ по р. Кедровой, впадающей съ правой стороны въ р. Вознесенскую, въ 16 верстахъ на ЮВ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Длина этой розсыпи 4 версты, а ширина отъ 10 до 28 сажень, толщина песковъ около 1 аршина, а содержаніе золота выходило отъ 63 долей до 4 зол. 70 долей. Съ 1839 по 1859 годъ промыто было 17,496,383 пуда песковъ и получено золота 47 пудовъ 27 фунтовъ. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 1 золотникъ 4 доли.

8) Ларьковскій пріискъ по р. Ларьковкѣ, впадающей съ лѣвой стороны въ р. Огню, въ 16 верстахъ на СВ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Длина этой розсыпи около 6,5 верстъ, а ширина отъ 7 до 10 сажень, толщина песковъ колеблется между  $\frac{3}{4}$  и  $1\frac{1}{2}$  арш., а содержаніе золота выходило отъ 18 долей до 4 золотниковъ 84 долей. Съ 1840 по 1859 годъ съ этой розсыпи промыто 15,576,397 пудовъ песковъ и получено золота 34 пуда 13 фунтовъ. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 80 долей.

9) Чапинскій пріискъ по р. Чапѣ, впадающей въ р. Большой Атюсъ, въ 15 верстахъ отъ Магдалиненскаго пріиска. Длина этой розсыпи около 3 верстъ, а ширина отъ 10 до 15 сажень, толщина песковъ колеблется между 1 и  $1\frac{1}{2}$  арш., а содержаніе золота выходило отъ 55 до 84 долей. Съ 1850 по 1859 годъ съ этой розсыпи было промыто 16,226,885 пудовъ



песковъ и получено золота 35 пудовъ 30 фунтовъ. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 81 долю.

10) Больше-Мостовской приискъ по р. Мостовой, впадающей въ р. Сосьву, въ 7 верстахъ отъ Воскресенскаго рудника на югъ. Длина этой розсыпи 5,5 верстъ, а ширина около 13 сажень, средняя толщина песковъ около  $1\frac{1}{2}$  аршина, а содержаніе золота выходило отъ 46 до 80 долей. Съ 1836 по 1859 годъ было промыто съ этой розсыпи 9,743,655 пудовъ песковъ и получено золота 21 пудъ 1 фунтъ. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 69 долей.

11) Логовой приискъ по р. Логовой, впадающей въ р. Малую Пую, въ 40 верстахъ отъ Петропавловскаго завода на сѣверъ. Длина этой розсыпи 4 версты, а ширина отъ 8 до 25 сажень; толщина песковъ около 1 арш., а содержаніе золота выходило отъ 48 долей до 1 золотника 10 долей. Съ 1827 по 1859 годъ съ этой розсыпи было промыто 10,423,124 пуда песковъ и получено золота 27 пудовъ 35 фунтовъ. Среднее содержаніе по промывкѣ вышло въ 97 долей.

Изъ приведенныхъ примѣровъ усматривается, что Богословскій округъ заключаетъ въ себѣ розсыпи, хотя не очень богатые по содержанію, но зато весьма значительныя по протяженію и съ довольно равномернымъ распредѣленіемъ золота. Кромѣ того толщина пластовъ также довольно равномерная и пески залегаютъ вообще не глубоко подъ наносами.

Послѣ передачи округа въ частныя руки добыча золота ведется до настоящаго времени частью старательскими, частью собственными большими работами. Старательскія работы ведутся круглый годъ во всемъ округѣ, который раздѣленъ на пять дистанцій или областей съ самостоятельною администраціею въ каждой дистанціи. Старатели ведутъ работу небольшими артелями и ограничиваются промывкою золотоносныхъ песковъ, оставшихся въ бортахъ старыхъ разрѣзовъ, и эфельныхъ отваловъ прежнихъ лѣтъ. Золотоносные пески они добываютъ частью штольнами, частью шурфами, частью небольшими разрѣзами послѣ предварительной вскрыши торфовъ. Старатели получаютъ за каждый золотникъ добытого золота установленную плату въ 2 р. 30 к. Ежегодная добыча золота старательскими работами колеблется отъ 22 до 31 пудовъ.

Собственными работами добыча золота началась съ 1876 года и производилась на Мало-Мостовскомъ, Больше-Волчанскомъ и Макарьевскомъ приискахъ.

*Мало-Мостовская розсыпь* по р. Малой Мостовой, впадающей въ Большую Мостовую, была разработана сначала казною, на протяженіи 200 сажень, и затѣмъ разработка ея продолжалась въ частныхъ рукахъ съ 1876 по 1880 годъ. Эта розсыпь, при протяженіи около 1200 саж., имѣетъ ширину отъ 12 до 40 саж.; средняя толщина торфовъ колеблется около  $2\frac{1}{2}$  арш., но мѣстами она доходитъ до 2 сажень, а потому эта часть золотоноснаго пласта была выработана зимою посредствомъ штоленъ. Средняя толщина песковъ колеблется около  $1\frac{1}{2}$  аршина, а среднее содержаніе по лѣт-

нимъ операціямъ выходило отъ 30 до 48 долей. Содержаніе песковъ, добытыхъ подземными работами, доходило до 70 долей. Съ удаленіемъ вверхъ розсыпь постепенно суживалась и содержаніе въ ней золота уменьшилось. Плотикъ этой розсыпи былъ сначала діоритовый, а затѣмъ перешелъ въ известняковый, который представлялъ весьма бугорчатую поверхность, покрытую значительнымъ количествомъ известняковыхъ валуновъ, запутанныхъ въ пескахъ.

Промывка песковъ въ этомъ приискѣ, вслѣдствіе нѣскольکو глинистаго состава ихъ, производилась въ измѣненной чашѣ Комарницкаго, діаметромъ въ 4 аршина. Число оборотовъ главнаго вала съ пестами около 27 въ минуту. Вода изъ проведенной къ машинѣ канавы поступала по ларю въ зумфъ и поднималась тремя насосами въ верхній резервуаръ и отсюда распредѣлялась по надобности. Расходъ воды ограничивался 80 куб. фут. въ минуту.

Проходящіе сквозь чашу эфеля и шлихи съ золотомъ движутся по наклонному шлюзу, состоящему изъ головки и хвоста. Головка выстилается сплошь рѣшетками, а хвостъ на протяженіи 3 аршинъ выстланъ рѣшетками и плинтусами, а остальные 8 аршинъ выстилаются сукномъ, которое прикрѣпляется кусками посредствомъ поперечныхъ брусковъ. Эфеля послѣ сноса съ шлюзовъ поднимаются элеваторомъ въ люкъ съ двумя отдѣленіями, изъ которыхъ они постоянно выгружаются въ колышки и отвозятся въ отвалъ. Сносъ золота въ эфеляхъ не превышалъ 3 долей со 100 пудовъ промытыхъ песковъ. Галька ранѣе состояла изъ смѣси обломковъ діорита известняка и кварца, а при известняковомъ плотикѣ она состояла преимущественно изъ обломковъ известняка. Для дѣйствія чаши, трехъ насосовъ и элеватора служилъ 25-ти сильный локомобиль съ двумя цилиндрами. Въ смѣну, т. е. въ 12 часовъ, промывалось около 18,000 пудовъ песковъ. Изъ нихъ получалось со шлюза въ концѣ смѣны около 100 пудовъ шлиховъ. Эти шлихи промываются сначала на ручномъ станкѣ или вашгердтѣ, съ діаметромъ отверстій въ грохотѣ въ  $\frac{1}{4}$  дюйма. На немъ получается почти все золото. Сносъ съ этого станка промывается на второмъ вашгердтѣ, гдѣ, при общей смывкѣ около фунта золота, получается не болѣе 4 золотниковъ. Наконецъ, скопленные шлихи со второго станка промываются еще разъ на американскомъ шлюзѣ. Съ 200,000 пудовъ промытыхъ песковъ получается около 600 пудовъ шлиховъ со второго вашгердта, изъ которыхъ на американскомъ шлюзѣ промывается около 20 золотниковъ золота. На эту операцію побочно затрачиваются 4 поденщины.

При добычѣ и промывкѣ 18,000 пудовъ песковъ въ смѣну задолжается: 52 рабочихъ и 23 лошади при подвозкѣ песковъ, 3 завальщика, 1 кочегаръ, 1 машинистъ, 10 рабочихъ и 7 лошадей при выпускѣ и отвозкѣ эфелей и гальки.

Съ 1876 по 1880 годъ, въ пять лѣтнихъ операцій промыто всего песковъ 12,241,300 пудовъ и получено золота 12 пуд. 30 фунт. 71 зол. 48 дол.



Среднее содержаніе вышло по всѣмъ операціямъ въ 39,2 долей. Снято торфовъ 17,786,5 куб. сажень. Среднее задолженіе рабочихъ поденщинъ на 1,000 пудовъ промытыхъ песковъ приходится 3,4, а лошадей 1,6.

*Больше-Волчанскій приискъ* по р. Волчанкѣ находится въ 20 верстахъ на сѣверъ отъ Турьинскихъ рудниковъ. Часть этой розсыпи на протяженіи 300 саж. была разработана казною, а въ частныхъ рукахъ эта розсыпь разрабатывается съ 1877 года по настоящее время и заключаетъ въ себѣ еще значительную развѣданную площадь на будущее время. Эта розсыпь изслѣдована на протяженіи 7,5 верстъ, причемъ средняя ширина колеблется между 30 и 40 саженьями. Средняя толщина торфовъ можетъ быть принята въ 1 сажень, а содержаніе золота колеблется между 15 и 40 долями, мѣстами же развѣдочные шурфы показали содержаніе въ 1 золотникъ 52 доли. Пески весьма разрушистые, зеленоватаго цвѣта и располагаются на довольно ровномъ діоритовомъ плотикѣ.

Въ 1880 году развѣданы два побочныхъ ложка, впадающихъ въ Больше-Волчанскую розсыпь съ лѣвой стороны. Розсыпь ложка № 1, при длинѣ въ 400 сажень, ширинѣ въ 8 сажень и при толщинѣ торфовъ въ 2,5 аршина, заключаетъ въ себѣ золотиносный пластъ толщиной въ 1,5 аршина и съ среднимъ содержаніемъ въ 40 долей. Тоже можно сказать и о розсыпи второго ложка.

Промывка песковъ на этой розсыпи ведется посредствомъ промывочнаго конического барабана съ отверстиями, или на такъ называемой бутарѣ. Въ дѣло были употреблены бутары двухъ величинъ, изъ нихъ большая при длинѣ 12', и діаметрѣ приѣмнаго отверстия въ 5', промывала въ сутки при двухъ смѣнахъ около 95,000 пудовъ песковъ. Шлюзъ подъ бутарою устроенъ также, какъ вышеописанный. Сносъ золота въ эфеляхъ не превышаетъ 2 долей. Бутара и элеваторы приводятся въ движеніе отъ заднебойнаго водяного колеса.

Съ 1877 по по 1880 годъ, въ 4 лѣтнія операціи, разработана была полоса розсыпи въ 1,241 саж., при средней ширинѣ въ 30 саж. и толщинѣ золотиноснаго пласта 2 арш. Промыто всего 29,781,700 пудовъ песковъ и получено золота 23 п. 30 ф. 78 зол. Среднее содержаніе золота по промывкѣ вышло въ 29,2 долей.

Среднее задолженіе рабочихъ поденщинъ на промывку 1,000 пудовъ песковъ приходится 3,56, а лошадей 1,70. Для сокращенія рабочихъ и лошадей на этомъ приискѣ впервые примѣнена система подвижнаго и постояннаго рельсовыхъ путей, для подвозки песковъ къ машинѣ въ вагонахъ, вмѣстимостью въ 60 пудовъ, и для отвозки эфелей и гальки.

*Макарьевскій приискъ* находится въ 5 верстахъ на СЗ отъ Волчанскаго зимовья. Разрабатываемая здѣсь розсыпь была открыта въ 1877 году и развѣдана на протяженіи около 800 саж. При средней ширинѣ отъ 12 до 16 сажень и при толщинѣ торфовъ около 3,5 аршинъ, эта розсыпь заключаетъ въ себѣ золотиносный пластъ толщиной въ 1¼ аршина, который распола-

гается на глинистомъ конгломератовидномъ плотикѣ. Содержаніе золота колебалось при шурфовкѣ отъ 30 долей до 2 золотниковъ. Среднее же содержаніе по промывкѣ вышло въ 53 доли со 100 пудовъ песковъ.

Въ 1878 году промывка совершалась въ небольшой бутарѣ; но вслѣдствіе значительнаго сноса въ галькѣ, въ которую выбрасывалось много глинистыхъ комковъ, была установлена въ 1879 году упрощенная чаша Комарницкаго. При этомъ сносъ въ галькахъ былъ сокращенъ до 2 долей, но зато увеличился значительно сносъ въ эфеляхъ. Поэтому въ 1880 году была установлена впервые видоизмѣненная бутара съ внутренними желѣзными лопатами, расположенными по спиралн. Если этотъ аппаратъ дѣйствуетъ при избыткѣ воды и при среднихъ глинистыхъ пескахъ, то онъ даетъ прекрасные результаты; въ противномъ случаѣ лучше примѣнять, при весьма глинистыхъ пескахъ, чашу Комарницкаго.

Въ 12-ти часовую смѣну промывалось 15,000 пудовъ песковъ и задолжалось 60 рабочимъ и 22 лошади. Среднее задолженіе рабочихъ поденщинъ на 1,000 пудовъ промытыхъ песковъ приходилось 3,66, а лошадей 1,66.

Съ 1878 по 1880 годъ, въ три лѣтнихъ операціи, на этой розсыпи, при длинѣ въ 528 саж., ширинѣ около 14 саж., средней толщинѣ торфовъ 1,2 и средней толщинѣ золотоноснаго пласта  $1\frac{1}{4}$  арш., было промыто 3,698,500 пудовъ песковъ и получено золота 5 п. 3 ф. 19 зол. Среднее содержаніе песковъ по промывкѣ вышло въ 53 доли.

Изъ вновь развѣданныхъ и подготовленныхъ къ разработкѣ розсыпей можно указать на слѣдующія:

1) Въ 3-хъ верстахъ отъ Макарьевского пріиска развѣдана розсыпь длиною около 2,5 верстъ, съ среднею шириною въ 20 сажень; толщина песковъ около 1,5 арш. при толщинѣ торфовъ въ 3,5 аршина. Среднее содержаніе золота отъ 100 пудовъ выходитъ въ 35 долей.

2) Въ 1877 году въ районѣ Макарьевского пріиска, въ 2 верстахъ, открыта розсыпь по ложу, впадающему въ р. Заболотную. Эта розсыпь, при длинѣ въ 1,290 саж., средней ширинѣ въ 8 саж. и средней толщинѣ торфовъ въ  $1\frac{1}{2}$  аршина, заключаетъ въ себѣ золотоносный пластъ толщиной въ  $1\frac{1}{2}$  аршина и съ среднимъ содержаніемъ въ 48 долей.

3) Наконецъ въ 1880 году приступлено было къ развѣдкѣ продолженія извѣстной Чернорѣченской розсыпи, по р. Черной, въ двухъ верстахъ отъ устья. Этими развѣдками открыта розсыпь длиною 1,120 саж., при средней ширинѣ въ 30 саж. Толщина торфовъ колеблется около 4 арш., а толщина золотоноснаго пласта—около  $1\frac{1}{2}$  арш. Содержаніе золота колеблется между 20 долями и 1 зол. 12 долей. Среднее же содержаніе можетъ быть принято по всей длинѣ въ 48 долей отъ 100 пудовъ песковъ.

Всего добыто золота казною съ 1823 года по 1875 годъ 1,633 пуда 16 фунт. 68 зол.; а послѣ передачи округа въ частныя руки въ 1875 году добыто своими и старательскими работами 11 пуд. 5 ф. 24 зол.; въ 1876 году 36 п. 16 ф. 85 зол.; въ 1877 году 37 п. 25 ф. 15 зол.; въ 1878 году 37 п.



4 ф. 84 зол.; въ 1879 году 36 п. 34 ф. 57 зол. и въ 1880 году 30 п. 2 ф. 74 зол.

Золото сопровождается платиною въ незначительномъ количествѣ. Съ 1875 по 1880 годъ на 189 пудовъ золота добыто платины 2 пуд. 38 фунт. 29 зол.

### Богословская мѣдная плавка.

Богословскій заводъ находится въ 12 верстахъ отъ Турьинскихъ рудниковъ и въ 17 верстахъ отъ Богословскаго и Башмаковского рудниковъ и располагается на довольно значительной визменной площади на лѣвой сторонѣ р. Турьи, примыкая къ плотинѣ заводскаго пруда. Послѣдній занимаетъ площадь въ 10 квадратныхъ верстѣ.

Богословская мѣдная плавка, въ томъ видѣ какъ она велась до 1883-го года, представляла типъ смѣшанной плавки и отличалась тѣмъ, что плавка рудъ на купферштейнѣ производилась въ шахтныхъ печахъ, а плавка купферштейна на черную мѣдь, переплавка черной мѣди и наконецъ полученіе ковкой или штыковой мѣди производилась въ отражательныхъ печахъ.

Богословскій заводъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ каменныхъ зданій. Въ первомъ ведется плавка рудъ на купферштейнѣ; въ немъ находятся 8 шахтныхъ четырехъ-фурменныхъ печей, двѣ воздуходувные машины, одна толчея и дробильная мельница Ренетта. Во второмъ зданіи ведется остальная операція до полученія ковкой или штыковой мѣди; въ немъ находятся 8 отражательныхъ или такъ называемыхъ шплейзофенныхъ печей, штыковой горнъ, воздуходувная машина и толчея.

Всѣ шахтныя печи сложены съизнова послѣ перехода округа въ частныя руки.

Изъ двухъ воздуходувныхъ машинъ, въ отдѣленіи шахтныхъ печей, одна, переданная казною, состоитъ изъ шести вертикальныхъ деревянныхъ однодувныхъ цилиндровъ; діаметръ ихъ 4' 10", а величина хода поршня 4' 7". Поршни приводятся въ движеніе отъ деревяннаго верхнебойнаго колеса посредствомъ кривошиповъ, насаженныхъ на концы оси колеса, двухъ вертикальныхъ шатуновъ и горизонтальнаго колѣнчатого вала. Діаметръ колеса 14 футовъ, ширина обода 7 фут., число перьевъ 32.

Эта воздуходувная машина, при шести оборотахъ въ минуту, даетъ около 1,200 куб. футовъ воздуха съ давленіемъ въ 5" по ртутному манометру.

Вторая горизонтальная воздуходувная машина была выполнена за границею и установлена въ 1880 году на каменномъ фундаментѣ и помещается въ отдѣльномъ каменномъ корпусѣ. Она состоитъ изъ двухъ чугунныхъ двудувныхъ цилиндровъ, діаметромъ въ 3,5 фута и величиною хода поршня въ 4 фута. Поршни пружинные, съ кожанною одеждою, приводятся въ движеніе отъ желѣзнаго верхнебойнаго колеса съ помощью ускоряющаго зубчатого привода. Діаметръ колеса 13,5 футовъ, а ширина обода 7,3 фута.

Число перьевъ 32. Это колесо рассчитано на 24 лощ. силы. При отношеніи зубчатаго привода какъ 1:2,5, эта воздухоудная машина, при 30 двойныхъ ходахъ поршня въ минуту, даетъ 3,462 куб. фут. воздуха съ давленіемъ въ 7"<sup>'''</sup> по ртутному манометру.

Третья, тоже горизонтальная, воздухоудная машина состоитъ также изъ двухъ двудувныхъ чугуныхъ цилиндровъ, діаметромъ въ 2' 11" и величиною хода поршня въ 32,5 дюйма. Поршни приводятся въ движеніе отъ верхнебойнаго деревяннаго колеса такой же конструкціи и величины, какъ въ первой машинѣ, съ помощью ускоряющаго зубчатаго привода.

Эти три воздухоудныя машины, при относительно неполномъ числѣ оборотовъ въ минуту, даютъ достаточно дутья для всѣхъ имѣющихся печей въ заводѣ, причемъ воздухоудныя трубы отъ всѣхъ машинъ находятся между собою въ сообщеніи.

Толчеи, въ числѣ двухъ, имѣютъ одинаковую конструкцію и состоятъ изъ трехъ ставовъ, по три песта въ каждомъ. Чугунныя кольца съ двумя кулаками для каждаго песта насаживаются на продолженную ось деревяннаго верхнебойнаго колеса. Обѣ толчеи предназначены для сухого толченія; одна для приготовленія легкаго муссора, а другая для толченія кварца и приготовленія тяжелаго муссора. Дробильная мельница Ренетта устанавлена также для приготовленія тяжелаго муссора.

Всѣ гидравлическіе движители въ Богословскомъ заводѣ получаютъ воду изъ общей главной водопроводной трубы и расходуютъ сообща около 70 кубическихъ футовъ въ секунду, при среднемъ напорѣ въ 18 футовъ; между тѣмъ заводскій прудъ можетъ дать круглый годъ не менѣе 150 куб. футовъ въ секунду.

Въ настоящее время въ плавку поступають только руды, добываемыя въ Богословскомъ и Башмаковскомъ рудникахъ. Руды *Богословскаго* рудника состоятъ преимущественно изъ діорита, кварца, амфиболита и рѣже известковаго шпата, какъ жильныхъ породъ, проникнутыхъ мѣднымъ колчеданомъ въ тѣсномъ смѣшеніи съ сѣрнымъ и отчасти магнитнымъ колчеданомъ. Среднее содержаніе мѣди въ этихъ рудахъ около 8,5%. Руды же *Башмаковскаго* рудника состоятъ вообще изъ смѣшенія мѣднаго колчедана съ сѣрнымъ, съ постоянною примѣсью магнитнаго колчедана въ видѣ импрегнаціи, почекъ и гнѣздъ. Жильная же порода въ этихъ рудахъ почти вполне отсутствуетъ. Среднее содержаніе мѣди въ этихъ рудахъ колеблется около 7%.

Въ операцію 1879 года вошли въ плавку также известняковыя руды Фроловскаго рудника и стекловатая мѣдная руда Башмаковскаго рудника съ среднимъ содержаніемъ мѣди въ 34%.

Руды Богословскаго рудника, послѣ предварительной сортировки, обжигаются въ открытыхъ кучахъ, въ количествѣ отъ 10,000 до 15,000 пудовъ, обыкновенно не болѣе двухъ разъ. На первомъ огнѣ такая рудная куча горитъ около 16 дней, а на второмъ около 8 дней.

Руды Башмаковскаго рудника подвергались обжиганію, безъ всякой сор-



тировки, въ количествѣ около 8,000 пудовъ. При первомъ обжиганіи такая рудная куча горѣла около 5 недѣль, затѣмъ она опрокидывалась на второй пожоги и горѣла еще около 3-хъ недѣль. Но такъ какъ, послѣ такого пожога, руды заключали въ себѣ еще слишкомъ много неразложившихся сѣрнистыхъ металловъ, вслѣдствіе чего содержаніе мѣди въ купферштейнѣ выходило относительно меньше, то рѣшено было руды Вашмаковского рудника пожигать три раза. На третьемъ огнѣ рудная куча въ 8,000 пудовъ горитъ около 2-хъ недѣль.

Послѣ обжиганія поименованныя руды перевозятся въ Богословскій заводъ и поступаютъ, въ извѣстной пропорціи, съ постоянною примѣсью шпелейзофенныхъ шлаковъ въ рудную плавку.

Богословская мѣдная плавка состояла въ 1881-мъ году изъ слѣдующихъ операций:

- a) *Плавка рудъ на купферштейнѣ.*
- b) *Обжиганіе купферштейна.*
- c) *Плавка обожженного купферштейна на черную мѣдь.*
- d) *Переплавка черной мѣди на шпелейзофенную.*
- e) *Перецистка шпелейзофенной мѣди на ковкую или штыковую.*

a) *Плавка рудъ на купферштейнѣ.* Эта плавка производилась въ четырехъ-фурменныхъ шахтныхъ печахъ. Конструкція такой шахтной печи представлена детально на приложенномъ чертежѣ (см. фиг. 13, 14 и 15, табл. III). Обыкновенно двѣ печи сложены въ одномъ общемъ корпусѣ. А—представляетъ наружный корпусъ печи изъ краснаго кирпича, сложенный на обыкновенной глинѣ и связанный довольно сложною системою желѣзныхъ связей. Толщина наружныхъ стѣнъ принята въ 3,5 фута. В—представляетъ футеровку или набойку шахтной печи, которая готовится изъ одной части огнеупорной или бѣлой глины и двухъ частей по вѣсу толченаго кварца. Этою смѣсью, въ сыромъ видѣ, печь набивается колотушками, слоями въ 2 вершка, послѣ предварительной выкладки лещади изъ огнестойкаго кирпича. Съ передней стороны набойка удерживается двумя чугунными досками. Передняя стѣна или грудь печи надъ темпелемъ t (фиг. 14) выкладывается изъ огнестойкаго кирпича, который также готовится изъ смѣси двухъ частей толченаго кварца и одной части огнеупорной глины. Толщина груди печи постепенно увеличивается къ колошниковому окну и придаетъ извѣстную форму шахтѣ печи (см. фиг. 14). Средняя толщина футеровки около 2,5 футовъ. Горнъ въ горизонтальномъ разрѣзѣ представляетъ трапецидальную форму (фиг. 15), причемъ ширина его у фурмъ 3,5 фута, а подъ темпелемъ 2,3 фута; разстояніе же отъ фурмъ до темпеля 4,5 фута; С—представляетъ полукруглый шестокъ. Низъ шестка до лещади набивается кварцевымъ пескомъ; затѣмъ онъ набивается сначала тяжелымъ, а затѣмъ легкимъ муссоромъ, въ которомъ уже вырѣзывается гнѣздо g. Шестокъ набивается немного выше горизонта темпеля. Лещади имѣетъ наклонъ отъ фурмъ къ шестку на 6 дюймовъ, а глубина гнѣзда подъ темпелемъ 12 дюймовъ. Внизу шестка съ одной стороны имѣется

шпуровой каналъ, который передъ каждымъ выпускомъ набивается также легкимъ муссоромъ, а сверху съ другой стороны имѣется вырѣзка для желобка, по которому во все время плавки течетъ непрерывно шлакъ. Чугунныя фурмы *f* расположены въ числѣ четырехъ такъ, чтобы продолженныя центральныя линіи ихъ встрѣтились бы въ срединѣ гнѣзда *g*. Наклонъ среднихъ двухъ фурмъ  $10^{\circ}$ , а крайнихъ  $8^{\circ}$ . Фурмы помѣщены другъ отъ друга на разстояніи 13,5 дюймовъ; высота ихъ отъ лещади 21 дюймъ. Въ эти фурмы вставляются желѣзные сопла, съ діаметромъ отверстій въ  $1\frac{1}{2}$  дюйма. D—представляетъ колошниковое окно, которое лежитъ на 13,5 футовъ выше гнѣзда. Лещади печи набивается, изъ смѣси 4 частей тяжелаго муссора и 3 частей по вѣсу толченаго кварца, послѣ набивки стѣнъ.

Передъ задувкой печь просушиваютъ около 6 дней дровами; затѣмъ прогреваютъ лещади раскаленнымъ углемъ около 3-хъ дней. Послѣ прогрева лещади наполняютъ печь углемъ до колошника, заложивъ и замазавъ фурмы и темпельное окно. Этотъ періодъ задувки называется томленіемъ печи и продолжается не болѣе  $1\frac{1}{2}$  сутокъ. При этомъ, по мѣрѣ осѣданія угля, примѣрно черезъ каждые четыре часа, прибавляютъ по  $\frac{1}{4}$  короба угля. Когда печь достаточно прогреется, то открываютъ темпельное окно и фурмы и пускаютъ слабое дутье. Затѣмъ пропускаютъ 5 или 6 холостыхъ колошъ изъ отвального шлака для ошлакованія стѣнъ и для образованія носа или нароста. Шлакъ при этомъ закидывается къ фурменной сторонѣ и по бокамъ. При этомъ постепенно образуется наростъ въ 3 вершка. Послѣ этого пускаютъ нормальное дутье съ давленіемъ въ  $6'''$  по ртути и приступаютъ къ засыпкѣ колошъ изъ рудной шихты, закидывая руду постоянно къ фурменной сторонѣ и распредѣляя ее равномерно на всѣ четыре фурмы. Обыкновенно колоша состоитъ изъ 6 рѣшетъ угля и 14 корытцъ рудной шихты, по  $1\frac{1}{2}$  пуда въ корытцѣ. Рѣшетки довольно большія и ихъ въ коробѣ заключается всего 14. Вѣсъ короба угля 17 пудовъ.

Послѣ нѣсколькихъ колошъ, которыя засыпаются приблизительно черезъ каждыя три-четверти часа, образуется нормальный наростъ въ 6 вершковъ длиною. По длинѣ нароста регулируется правильный ходъ печи. Получаемый въ шестиковомъ гнѣздѣ шлакъ течетъ непрерывно по желобку въ желѣзныя чаши на двухколесномъ ходѣ. Когда такая чаша наполнится, то подкатываютъ слѣдующую. Изъ этихъ чашъ шлакъ опорожняется въ видѣ ковригъ передъ заводомъ и отсюда увозится на отвалъ.

По истеченіи 12 часовой смѣны, когда пропущено обыкновенно около 17 колошъ, дутье останавливаютъ, очищаютъ лещади и бока отъ грязи и настылей, затѣмъ постепенно спускаютъ шлаки при помощи лопаты по желобку и очищаютъ по возможности купферштейнъ. Послѣдніе шлаки передъ вскрытіемъ купферштейна носятъ названіе грязныхъ шлаковъ и заключаютъ въ себѣ залутанныя частицы купферштейна. Они поступаютъ снова въ рудную шихту. Послѣ счистки шлаковъ пробиваютъ шпуръ и выпускаютъ купферштейнъ въ рядъ чугунныхъ изложницъ. Когда изъ шпура течетъ шлакъ, то его притыкаютъ глиняной затычкой, очищаютъ лещади и гнѣздо; затѣмъ



набиваютъ сначала шпуровой каналъ, а послѣ того шестокъ, нѣсколько сырмъ легкимъ муссоромъ и приступаютъ снова къ засыпкѣ колошъ послѣ предварительной просушки шесткового гнѣзда.

Полученный въ четырехугольныхъ изложницахъ купферштейнъ, по мѣрѣ застыванія, приподымаютъ съ двухъ сторонъ ломами, затѣмъ пробиваютъ снизу образовавшуюся корку, причемъ незастывшій купферштейнъ выливается въ изложницу. Такимъ образомъ получаютъ пустотѣлые бруски купферштейна, которые разбиваются въ куски не болѣе кулака и, послѣ предварительнаго взвѣшиванія, тачками отвозятся на деревянную постель для обжиганія.

Рудная шихта представляла много различныхъ комбинацій, когда имѣлось въ распоряженіи много сортовъ рудъ. Но въ настоящее время, когда имѣются постоянно въ распоряженіи только обожженные руды Богословскаго и Башмаковскаго рудниковъ и такъ называемые убогіе шплейзофенные шлаки, получающіеся при плавкѣ купферштейна на черную мѣдь въ отражательныхъ печахъ съ дутьемъ, то установилась болѣе или менѣе нормальная рудная шихта состоящая изъ:

1,200 пудовъ рудъ Богословскаго рудника.

900 пудовъ рудъ Башмаковскаго рудника.

300 пудовъ шплейзофенныхъ шлаковъ.

100 пудовъ грязныхъ шлаковъ <sup>1)</sup>).

Эта рудная шихта измѣняется по временамъ, соображаясь съ ходомъ плавки и отчасти съ количествомъ имѣющихся въ распоряженіи убогихъ шплейзофенныхъ шлаковъ. При введеніи послѣднихъ въ рудную шихту въ большемъ количествѣ, содержаніе мѣди въ получаемомъ купферштейнѣ быстро повышается. Такъ, при шихтѣ, которая продолжалась около мѣсяца и состояла изъ 1,050 пудовъ Богословскихъ рудъ, 350 пудовъ Башмаковскихъ рудъ и 500 пудовъ шплейзофенныхъ шлаковъ, получался купферштейнъ съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 47%.

Замѣчательно, что какъ при первой, такъ и при послѣдней шихтѣ, не получалось на лещади никакой настыли.

Среднее содержаніе купферштейна при нормальной, вышеприведенной шихтѣ колеблется около 40%. Сп. Шлаки, получаемые при этой шихтѣ, весьма жидкіе, выдѣляютъ брызги при вытеканіи, быстро застываютъ и отличаются значительною хрупкостью и плотнымъ сложеніемъ. Они принадлежатъ къ разряду основныхъ или весьма острыхъ шлаковъ. Среднее содержаніе мѣди въ отвалныхъ шлакахъ колеблется около 0,3%.

Средній суточный проходъ въ каждой четырехъ-фурменной печи колеблется около 750 пудовъ, причемъ однимъ коробомъ угля проплавляется отъ 50 до 55 пудовъ рудной шихты. Суточный проходъ не рѣдко при весьма легкоплавкой шихтѣ доходилъ до 1.100 пудовъ.

Чтобы судить точнѣе о ходѣ рудной плавки, приведемъ таблицу мѣсячныхъ результатовъ настоящей операціи:

<sup>1)</sup> Грязные шлаки получаютъ при счисткѣ шлаковъ съ купферштейна передъ выпускомъ и идутъ снова въ оборотъ.

П л а в к а р у д ѣ н а к у и ф е р ш т е й н ѣ .

Мѣсяцъ.	ПРОПЛАВЛЕНО РУДЪ И ШЛАКОВЪ.										ПОЛУЧЕНО.				УПОТРЕБЛЕНО УГЛЯ.		Число печей въ дѣйстви.	пуд.	Естественный прохотъ каждой печи.		
	Руды Богословскаго		Среднее содержаніе.		Руды Вашмаковска-го рудника.		Среднее содержаніе.		Шлаковъ шихты.		Итого шихты.		Среднее содержаніе.		Шлаковъ.					Среднее содержаніе.	пудовъ.
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.					
Въ Октябрѣ 1880 г.	51,185	7,8 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	25,162	7,7 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	23,234	9,6 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	4,994	104,572	7,8 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	17,390	45,3 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	87,185	0,28 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	2,084	50 <sup>1</sup> / <sub>5</sub>	5	720				
Въ Ноябрь.	69,161	8,8 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	26,894	7,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	27,892	11 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	5,239	129,276	8,56 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	23,258	46,4 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	106,018	0,23 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	2,320	55,7	6	747				
Въ Декабрѣ.	75,702	8,44 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	53,024	6,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	17,537	14 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	6,044	152,307	8,17 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	31,022	37,9 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	121,285	0,27 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	2,754	55 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7	807				
Въ Январѣ 1881 г.	65,547	8 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	50,012	6,1 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	17,915	15 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	5,544	139,018	8,36 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	26,247	40,97	112,771	0,24 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	2,808	50	7	747				



Футеровка шахтных печей выдерживаетъ обыкновенно кампанію въ 3 мѣсяца; затѣмъ она на столько разбѣдается въ поясѣ фурмъ, что дальнѣйшая плавка становится невозможною. Такъ какъ зимою нельзя футеровать печь съизнова, то пришлось бы имѣть весьма значительное число шахтных печей для большой операціи; вслѣдствіе этого, въ видѣ опыта, нѣкоторыя печи, послѣ выдувки, были подвергнуты исправленію огнестойкимъ кирпичемъ и набойкою, когда печь еще не успѣла совершенно охладиться. Такъ какъ опытъ такого исправленія далъ прекрасные результаты, то съ тѣхъ поръ этотъ способъ исправленія получилъ всеобщее примѣненіе и мы имѣемъ возможность, повторяя это исправленіе до трехъ разъ въ каждой печи, ограничиться небольшимъ числомъ печей при большой операціи. Въ настоящее время для выплавки въ 50,000 пудовъ мѣди мы имѣемъ въ распоряженіи только 7 шахтныхъ четырехъ-фурменныхъ печей.

б) *Обжиганіе купферштейна*. Полученный купферштейнъ разбивается въ куски величиною въ кулакъ и обжигается въ открытыхъ кучахъ, въ количествѣ отъ 4,000 до 8,000 пудовъ. Такая куча горитъ обыкновенно около недѣли, послѣ чего верхніе неспекшіеся куски обзараются съ нѣсколькихъ бучъ и подвергаются вторичному обжиганію, между тѣмъ какъ спекшаяся масса купферштейна разбивается и поступаетъ въ плавку на черную мѣдь. Этимъ обжиганіемъ достигается выдѣленіе нѣкотораго количества сѣры и окисленіе части желѣза.

На обжиганіе 10,000 пудовъ купферштейна употребляется обыкновенно около  $1\frac{1}{2}$  куренныхъ сажень дровъ.

с) *Плавка обожженного купферштейна на черную мѣдь*. Эта плавка производится въ отражательныхъ печахъ, приспособленныхъ для дутья, и носить характеръ исключительно окислительнаго процесса, такъ какъ во все время плавки вдувается въ расплавленную массу, при помощи трехъ фурмъ, струя воздуха съ давленіемъ отъ 3" до 4" по ртутному манометру. Эти печи носятъ названіе шпейзофенныхъ печей.

Конструкція шпейзофенной печи детально представлена на приложенной таблицѣ III (фиг. 16, 17 и 18). Обыкновенно двѣ печи складываются въ одномъ общемъ корпусѣ. Наружный корпусъ печи сложенъ изъ краснаго кирпича на обыкновенной глинѣ и связанъ прочною системою желѣзныхъ связей. Куполъ же надъ горномъ или гнѣздомъ и надъ топкою выложенъ изъ огнестойкаго кирпича и выдерживаетъ обыкновенно трехлѣтнюю плавку.

*a*—Представляетъ топку, въ которой колосники выложены изъ краснаго кирпича, *b*—зольникъ, *c*—порогъ изъ огнестойкаго кирпича, *d*—рабочее пространство, *e*—набивной подъ или набойка печи, въ которомъ образуется гнѣздо; *f*—рабочее окно съ шесткомъ, которое служитъ для присадки купферштейна съ примѣсями и для сниманія шлаковъ, *g*—фурменное окно, въ которое вставляются три полукруглыя желѣзныя фурмы съ наклономъ въ  $3^{\circ}$ , снабженная  $1\frac{1}{2}$  дюймовыми соплами; *h*—шпуровой каналъ, снабженный желѣзнымъ желобкомъ съ набивкою; *i*—разливательный подвижной желобъ, смазы-

ваемый такъ называемымъ дѣланнымъ муссоромъ или набойкою печей; *к*—ловушки или камеры для улавливанія мѣдной или такъ называемой шплейзофенной сажи; *л*—дымопроводы и наконецъ *т*—пространство для просушки глины.

Гнѣздо имѣетъ видъ нѣсколько продолговатаго углубленія съ общою покатою къ шнуровому отверстию. Въ основаніи гнѣзда, т. е. на лещади, насыпается сначала слой такъ называемаго фроловскаго песка, толщиною въ 8 дюймовъ, а на этотъ слой уже набивается огнестоящая смѣсь изъ такъ называемаго дѣланнаго муссора, который состоитъ изъ смѣси одной части тяжелаго муссора и одной части по вѣсу толченаго кварца <sup>1)</sup>). Тяжелый же муссоръ готовится сухимъ толченіемъ смѣси изъ одного короба угля, 90 пудовъ песчанской огнеупорной просушенной глины и 90 пудовъ фроловскаго песка. Уколачиваніе набойки производится послойно деревянными колотушками. Толщина набойки въ срединѣ около 10 дюймовъ, а къ стѣнамъ горна увеличивается до 1,5 фута. Гнѣздо нѣсколько продолговатое, длиною между плечами или берегами въ 7,5 фут., а шириною въ 8 футовъ, глубина же гнѣзда въ срединѣ 11 дюймовъ. Въ этомъ гнѣздѣ за разъ можетъ помѣститься около 150 пудовъ купферштейна и до 280 пудовъ мѣди.

Въ плавку на черную мѣдь въ шплейзофенныхъ печахъ входятъ слѣдующіе продукты: купферштейнъ съ среднимъ содержаніемъ мѣди отъ 30% до 40% и сѣры около 13%; сѣра главнымъ образомъ служитъ въ этомъ процессѣ для возстановленія мѣди; шплейзофенная сажа съ содержаніемъ мѣди около 50%, которая осаждается въ ловушкахъ или камерахъ шплейзофенныхъ печей слоями и снимается послѣ каждой полугодовой операціи; богатые шплейзофенные шлаки съ содержаніемъ мѣди около 70%, получаемые при переплавкѣ черной мѣди на шплейзофенную; штыковые шлаки съ среднимъ содержаніемъ около 52%, получаемые при перелисткѣ шплейзофенной мѣди на ковкую или штыковую; наконецъ набойка шплейзофенныхъ печей, которая выламывается послѣ трехъ плавовъ черной мѣди на шплейзофенную и 4 плавовъ купферштейна на черную мѣдь. Эта набойка протиснута равномерно купферштейномъ и иногда довольно значительными прослойками мѣди и поступаетъ въ плавку, какъ постоянная примѣсь, при каждой присадкѣ купферштейна, въ количествѣ 5 пудовъ на присадку купферштейна въ 35 пудовъ.

Ходъ процесса плавки купферштейна на черную мѣдь весьма характеристиченъ и является единственнымъ въ своемъ родѣ. Главнымъ образомъ онъ представляетъ два различныхъ періода; въ первомъ купферштейнъ, подвергаясь сильному окислительному процессу, постепенно очищается и обогащается; этотъ періодъ сопровождается присадкою новаго количества купфер-

<sup>1)</sup> При болѣе жирной глинѣ набойка состояла изъ 2 частей тяжелаго муссора и одной части кварца.



штейна чрезъ каждые шесть часовъ; во второмъ періодѣ присадка купферштейна прекращается и происходитъ окончательное очищеніе или образование черной мѣди. Операція этой плавки начинается съ присаживанія однажды обожженного купферштейна въ просушенное и прогрѣтое гнѣздо, въ количествѣ около 150 пудовъ. Печь въ это время должна быть по возможности охлаждена, причемъ присадка совершается равномерно на оба плеча гнѣзда, именно къ топочной и выпускной сторонамъ. По окончаніи присадки жаръ усиливаютъ, но дутье не пускаютъ. При этомъ купферштейнъ постепенно расплавляется и стекаетъ на середину гнѣзда. Расплавление продолжается около 8 часовъ, послѣ чего пускаютъ полное дутье посредствомъ трехъ фурмъ съ давленіемъ отъ 5''' до 6''' по руги. Этотъ чисто окислительный процессъ продолжается около 4 часовъ при постоянномъ поддержаніи сильного жара, причемъ очищеніе и обогащеніе штейна совершается вслѣдствіе взаимодействія окисловъ мѣди на сѣрнистыя соединенія мѣди и желѣза. При этомъ происходитъ постоянное образованіе шлаковъ на счетъ окисловъ желѣза и другихъ металловъ и кремнезема набойки.

Чтобы ускорить выдѣленіе шлаковъ, массу по временамъ промѣшиваютъ дразнилкой. Когда образуется достаточно шлаковъ или соковъ, то приступаютъ къ снятію ихъ. При этомъ горнъ сначала слегка охлаждаютъ, чтобы шлаки нѣсколько сгустились, и затѣмъ осторожно счищаютъ ихъ чрезъ рабочее окно деревянной колодкой или такъ называемымъ чебакомъ, насаженнымъ на желѣзный крюкъ. Послѣ одной наметки дровъ, примѣрно чрезъ часъ, еще разъ счищаютъ окончательно шлаки и приступаютъ къ присадкѣ новаго количества купферштейна, въ количествѣ 35 пудовъ, съ примѣсью старой набойки, въ количествѣ 5 пудовъ, такъ какъ въ гнѣздѣ послѣ двухъ снятій шлаковъ образуется достаточно мѣста для этой присадки. Для этого печь слегка подстуживаютъ, не подкладывая дровъ, и купферштейнъ располагаютъ опять на оба плеча гнѣзда. Присаженный купферштейнъ при новомъ усиленіи жара и при постоянномъ дутьѣ постепенно расплавляется и вступаетъ въ реакцію съ окислами мѣди, причемъ происходитъ постоянное образованіе  $\text{Cu}^2\text{S}$  и ошлакованіе желѣза и другихъ примѣсей. Часа черезъ три накаплиются шлаки въ такомъ количествѣ, что ихъ счищаютъ тѣмъ же путемъ, т. е. предварительно остудивъ слегка печь. Затѣмъ, чрезъ 6 часовъ послѣ присадки, купферштейнъ весь расплавляется, снимаютъ вторые шлаки и затѣмъ снова дѣлаютъ присадку купферштейна въ количествѣ 35 пудовъ съ примѣсью 5 пудовъ старой набойки. Такимъ образомъ въ сутки дѣлаютъ четыре присадки купферштейна и 8 разъ снимаютъ шлаки. Присадки продолжаютъ около 4 сутокъ послѣ первыхъ двухъ снятій шлаковъ, а именно до тѣхъ поръ, пока въ печи окажется садка въ 700 пудовъ купферштейна съ примѣсями, при среднемъ содержаніи купферштейна въ 40%, или въ 800 пудовъ, когда содержаніе его около 30%. По присадкѣ 400 пудовъ купферштейна, вмѣстѣ съ штейномъ присаживаютъ богатые шпайзофенные шлаки или штыковые, а иногда тѣ и другіе, въ количествѣ около 5 пудовъ

на каждую присадку. Такъ какъ эти шлаки заключаютъ въ себѣ закисъ мѣди, то они прекрасно реагируютъ на полусѣрнистую мѣдь, причемъ возникаетъ мѣдь и выдѣляется сѣрнистая кислота. Шпильзофенную же сажу присаживаютъ обыкновенно въ началѣ плавки вмѣстѣ съ первою садкою купферштейна.

И такъ чрезъ 4,5 сутокъ, т. е. когда садка окажется въ 700 нудовъ, дальнѣйшая присадка прекращается и наступаетъ второй періодъ, именно очищеніе богатаго штейна и наконецъ вскрытіе мѣди. Этотъ періодъ называется *копченіемъ купферштейна* и состоитъ въ томъ, что черезъ каждые три часа печь, при непрерывномъ дутьѣ, подстуживаютъ до того, что обогащенный штейнъ начинаетъ густѣть, принимаетъ темнокрасный цвѣтъ, а сверху плаваютъ застывшая корка шлаковъ. По снятіи сока послѣ каждого подстуживанія поверхность массы сильно кипитъ съ отдѣленіемъ сѣрнистой кислоты, отъ выдѣленія которой съ поверхности массы летятъ мелкія брызги. При этомъ мѣдь угараетъ въ весьма значительномъ количествѣ и частью только осаждается въ ловительныхъ камерахъ надъ куполомъ. По этому методъ подстуживанія или копченія въ послѣднее время продолжается сравнительно короткое время, съ цѣлью дать остыть шлакамъ. Но по снятіи шлаковъ жаръ тотчасъ усиливаютъ. Кратковременное копченіе происходитъ отчасти и въ первомъ періодѣ, когда масса уже значительно обогатилась. Въ началѣ второго періода шлаки образуются медленно и ихъ снимаютъ въ теченіи 12 часовъ отъ 2 до 3 разъ. Эти шлаки темнаго цвѣта съ синеватымъ оттѣнкомъ, плотнаго сложенія, заключаютъ въ себѣ значительное содержаніе сѣры и мѣди и носятъ названіе сѣрнистыхъ шлаковъ, въ отличіе отъ шлаковъ перваго періода, которые бѣднѣе содержаніемъ мѣди и носятъ названіе острыхъ шлаковъ. Въ послѣдующіе 12 часовъ уже образуются такъ называемые мягкіе или пѣнистые шлаки, указывающіе на близкое *вскрытіе мѣди*. Эти шлаки имѣютъ поздраватый видъ, пузыристое сложеніе и слегка красноватаго цвѣта. Они напѣвуютъ весьма медленно и ихъ снимаютъ до вскрытія мѣди отъ 2 до 3 разъ, причемъ каждый разъ для очистки шлаковъ печь слегка подстуживаютъ.

Вскрытіемъ на мѣдь называется [послѣднее выдѣленіе постороннихъ примѣсей при этой операціи. Вскрытіе на мѣдь проявляется обнаруживаніемъ у фурмъ блестящей свѣтлоглубой поверхности, рѣзко отличающейся отъ остальной тусклой поверхности. Съ этого момента наступаетъ настоящій періодъ копченія, состоящій въ томъ, что печь подстуживаютъ, не подкладывая дровъ, около часа; при этомъ вся масса приходитъ въ сильное кипѣніе или клокотаніе, начинающееся отъ фурмъ и распространяющееся по всей поверхности. При этомъ происходитъ весьма значительное выдѣленіе сѣрнистой кислоты вслѣдствіе взаимодѣйствія  $\text{Cu}^2\text{O}$  на  $\text{Cu}^2\text{S}$ . Послѣ этого, при дальнѣйшемъ подстуживаніи, образуется богатый шлакъ, который, въ количествѣ около 1,5 пуда, выпускается вмѣстѣ съ мѣдью. Подстуживаніе продолжается до тѣхъ поръ, пока образуется у фурмъ корка чернаго цвѣта или пока „не



забѣгаютъ мураши“, какъ выражаются мѣстные плавильщики. Тогда печь снова прожариваютъ почти до совершеннаго разжиженія корки и берутъ пробу. Если брусокъ мѣди легко отстаетъ отъ пробника и получаетъ по срединѣ углубленіе въ видѣ желобка, то приступаютъ къ выпуску. Передъ самымъ выпускомъ жаръ усиливаютъ, дутье отнимаютъ, пробиваютъ шпуръ желѣзнымъ протыкальникомъ и мѣдь выпускаютъ въ прѣмки или въ ряды полукруглыхъ углубленій въ пескѣ при помощи разливательнаго желоба, движущагося на вороткѣ. Отсюда мѣдь получается въ видѣ ковригъ вѣсомъ отъ 2 до 3-хъ пудовъ.

По выпускѣ всей мѣди и шлака шпуръ заколачиваютъ деревяннымъ коломъ, а когда послѣдній прогоритъ, то шпуръ съ наружной стороны набиваютъ дѣланымъ муссоромъ. Внутри же печи шпуровое отверстіе закидываютъ мягкими шлаками, чтобы его не затянуло мѣдью. Затѣмъ, если оказываются трещины въ бокахъ гнѣзда и порогъ разѣденъ, то обыкновенно ихъ задѣлываютъ кварцемъ, забрасывая его и затѣмъ разравнивая и уплотняя. Послѣ этого приступаютъ къ новой садкѣ купферштейна.

Вся операція одной плавки продолжается около 6 сутокъ, причемъ средняя садка колеблется около 700 пудовъ купферштейна, съ среднимъ содержаніемъ въ 40% съ примѣсями. Изъ этой садки получается около 205 пудовъ черной мѣди, съ содержаніемъ около 96%, и около 460 пудовъ шлаковъ съ содержаніемъ отъ 5% до 29,5%; въ эти шлаки всего переходитъ около 65 пудовъ мѣди, въ угарѣ же оказывается обыкновенно отъ 10 до 12% всей мѣди, содержавшейся въ садкѣ. На проплавку такой садки обыкновенно употребляется около 5 куренныхъ сажень дровъ.

Средній процентъ паденія или полученія черной мѣди находится въ прямой зависимости отъ содержанія мѣди въ проплавляемомъ купферштейнѣ. Такъ, при плавкѣ купферштейна въ 30% паденіе черной мѣди колеблется около 22%, а при плавкѣ купферштейна въ 41,5% паденіе черной мѣди доходитъ до 30%. Слѣдственно въ первомъ случаѣ мы получимъ изъ 100,000 пуд. купферштейна всего 22,000 пуд. черной мѣди, а во второмъ случаѣ 30,000 пуд. Количество мѣди, переводимое въ такъ называемые шплейзофенные шлаки въ первомъ случаѣ составляетъ 21% всей мѣди, содержащейся въ садкѣ, а во второмъ случаѣ оно доходитъ до 23%. Если прибавимъ, что въ обоихъ случаяхъ угаръ мѣди болѣе или менѣе одинаковъ и колеблется около 12%, то всякому становится ясно на сколько выгоднѣе плавить болѣе богатый купферштейнъ. Опытъ показалъ, что плавка купферштейна съ содержаніемъ около 40% даетъ наиболѣе выгодные и относительно нормальные результаты.

Въ первый періодъ этой плавки получаютъ весьма основные или такъ называемые *острые шлаки*; они имѣютъ синеваато-черный цвѣтъ, плотное сложеніе и содержаніе ихъ съ каждою новою присадкою увеличивается отъ 3% до 14%, при плавкѣ купферштейна съ содержаніемъ мѣди въ 30%, и отъ 5% до 20% при плавкѣ купферштейна съ содержаніемъ въ 40%. Послѣ прекращенія присадокъ, т. е. во второй періодъ плавки получаютъ сначала

такъ называемые *спрнистые шлаки*. Эти шлаки имѣютъ также темный цвѣтъ съ синеватымъ отливомъ и плотное сложеніе. Они богаты содержаніемъ мѣди и сѣры. Ихъ обыкновенно получается отъ 50 до 70 пудовъ. Содержаніе мѣди въ нихъ колеблется около 18%, при обработкѣ купферштейна въ 30% и и около 26% при обработкѣ купферштейна въ 40%. Передъ вскрытіемъ мѣди получаютъ такъ называемые *мякіе* или *тѣнстые шлаки*. Они имѣютъ черныи цвѣтъ съ красноватымъ оттѣнкомъ, поздраваты и заключаютъ въ себѣ обильно зерна металлической мѣди и богатаго штейна. Среднее содержаніе ихъ колеблется около 29%. Ихъ получается обыкновенно отъ 20 до 30 пудовъ. Наконецъ вмѣстѣ съ мѣдью выпускаютъ незначительное количество, отъ 1 до 2-хъ пудовъ, такъ называемыхъ *богатыхъ шлаковъ*. Они имѣютъ темно-красный цвѣтъ, плотное сложеніе и содержаніе мѣди въ нихъ колеблется около 50%. Они поступаютъ обратно въ эту же плавку при слѣдующей садкѣ. Что касается до первыхъ трехъ шлаковъ, то они поступаютъ въ рудную плавку подъ названіемъ убогихъ шплейзофенныхъ шлаковъ, причемъ среднее ихъ содержаніе колеблется около 10% при плавкѣ купферштейна въ 30% и около 14% при плавкѣ купферштейна въ 40%.

Кромѣ этихъ продуктовъ, въ ловушкахъ шплейзофенныхъ печей скопляется послойно, въ видѣ сланцевъ, сѣровато-чернаго цвѣта мѣдистая или такъ называемая *шплейзофенная сажа*, съ среднимъ содержаніемъ около 50% мѣди. Количество получаемой сажи можетъ быть опредѣлено тѣмъ, что послѣ выплавки 17,000 пудовъ штыковой мѣди было снято съ камеръ 1,000 пудовъ сажи. Принимая въ расчетъ содержаніе мѣди въ сажѣ, общій угаръ этой плавки нѣсколько сократится.

Главное преимущество этой плавки заключается въ томъ, что при ней достигается болѣе полное и совершенное очищеніе мѣди отъ вредныхъ примѣсей, сравнительно съ операціею плавки нѣсколько разъ обожженного купферштейна въ шахтныхъ печахъ.

На вновь приготовленной набойкѣ шплейзофенныхъ печей сначала перепускаютъ три плавки черной мѣди на шплейзофенную и затѣмъ уже приступаютъ къ плавкѣ обожженного купферштейна на черную мѣдь въ числѣ 4 садокъ. Затѣмъ кампанія этой печи считается оконченной и печь еще въ горячемъ состояніи заливаютъ водою, чтобы набойка потрескалась и далась бы легче на выломку. Часть этой набойки является сильно проникнутою купферштейномъ и прослойками мѣди. Она складывается тутъ же у печи и поступаетъ въ оборотъ, какъ постоянная примѣсь при каждой присадкѣ купферштейна.

Чтобы показать нагляднѣе результаты плавки купферштейна на черную мѣдь, я приведу нижеслѣдующую таблицу, въ которой показаны результаты плавки различныхъ сортовъ купферштейна по содержанію мѣди.

а) *Переплавка черной мѣди на шплейзофенную*. Эта плавка служитъ для дальнѣйшаго окончательнаго очищенія черной мѣди отъ оставшихся въ ней постороннихъ примѣсей.



## ПЛАВКА КУПФЕРШТЕЙНА

Въ плавку употреблено.

Число печей.	Купферштейна. пуд.	Среднее содержаніе.	Сажи шлейзо- фенной. пуд.	Среднее содержаніе.	Богатыхъ шлей- зофенныхъ шла- ковъ. пудовъ.	Среднее содержаніе.	Штыковыхъ шлаковъ. пудовъ.	Среднее содержаніе.	Всего.	Содержится мѣди. пуд.
1	645	30%	—	—	47	71,1%	35	61%	727	248,3
1	780	35%	—	—	20	69,5%	—	—	800	286,9
1	683	39,3%	—	—	38	69,4%	3	60%	724	296,6
1	667	44,38%	—	—	34	70,29%	—	—	701	319,9

## НА ЧЕРНУЮ МѢДЬ.

Получено.

Черной мѣди. пуд.	Убогихъ шлейзо- фенныхъ шлаковъ.	Процентное содержаніе.	Содержится мѣди.	Количество мѣди въ угарѣ. пуд.	Процентъ угара.	Садка продолжа- лась. сутокъ.	Употреблено дровъ. кур. с.	Примѣчанія.
168	—	96%	161,3	25,1	10,6%	5 с. 18 ч.	5 1/4	Количество шлаковъ показано посуточно.
	120	5,5	6,6					
	139	9,7	13,5					
	130	10	13					
	100	18	18					
	30	21,5	6,4					
	13	32,7	4,2					
	532	—	223					
202	—	96%	193,9	33,2	11,57%	6 с. 4 ч.	5 1/4	
	100	3,25	3,25					
	100	5,5	5,5					
	105	7,25	8,3					
	110	9,25	10,2					
	90	12	10,8					
	70	19,2	13,5					
	30	27,5	8,25					
202	605	—	353,7					
218	—	96%	209,3	19	6,4%	5 с. 14 ч.	4 7/8	
	113	6	8					
	117	9,75	11,4					
	109	14,5	15,8					
	132	21	27,7					
	19	29,5	5,6					
218	510	—	277,8					
232	—	96%	222,7	25,5	7,96%	5 с. 15 ч.	4 7/8	
	110	7,25	8					
	126	11	13,6					
	95	15	14,2					
	88	20,75	18,2					
	63	27,75	17,5					
232	482	—	294,2					



Переплавка черной мѣди производится также въ шлейзофенныхъ печахъ, а перечищенная черная мѣдь носитъ названіе шлейзофенной мѣди. Черную мѣдь переплавляютъ всегда на вновь приготовленной набойкѣ, въ количествѣ трехъ садокъ, по 250 пудовъ въ каждой садкѣ; а затѣмъ уже на этой набойкѣ совершаютъ 4 плавки купферштейна съ примѣсами на черную мѣдь.

Въ просушенное и прогрѣтое гнѣздо присаживаютъ, преимущественно на плечи его, 250 пудовъ черной мѣди и затѣмъ усиливаютъ жаръ. Расплавление черной мѣди совершается безъ дутья и продолжается, при первой садкѣ, около 18 часовъ, такъ какъ печь еще недостаточно прогрѣлась. Во вторую же садку расплавление продолжается не болѣе 8 часовъ. Когда мѣдь совершенно расплавится, то счищаютъ сначала грязные шлаки; затѣмъ усиливаютъ жаръ и пускаютъ полное дутье тремя фурмами съ давленіемъ 6''' по ртутному манометру. По мѣрѣ окисленія нечистотъ и части мѣди образуются постепенно шлаки. Когда шлаки накопились въ достаточномъ количествѣ, а именно часа черезъ четыре, то печь слегка подстуживаютъ, чтобы шлаки нѣсколько сгустились, и затѣмъ счищаютъ ихъ черезъ рабочее окно деревянной колодкой, насаженной на желѣзный крюкъ. Послѣ счистки шлаковъ тотчасъ берутъ пробу. Если проба въ изломѣ показываетъ ровное кристаллическое сложеніе съ матовымъ красноватымъ цвѣтомъ, то операцію считаютъ оконченною и, усиливши жаръ, мѣдь выпускаютъ въ пріямки въ песокъ подобно черной мѣди. Если же проба оказываетъ неровное сложеніе и хотя бы самую незначительную пузыристость въ изломѣ, то операцію окисленія продолжаютъ еще около часа при сильномъ жарѣ; затѣмъ снимаютъ вторые шлаки, послѣ чего почти всегда удается получить удовлетворительную пробу. Шлейзофенная мѣдь, получаемая при этой переплавкѣ, можетъ быть приравнена къ розетной мѣди и содержитъ въ себѣ 99% мѣди. Но такъ какъ она дляковки негодна вслѣдствіе значительнаго содержанія заиси мѣди, то подвергается дальнѣйшей перечисткѣ для полученіяковки или штыковой мѣди.

Изъ 250 пудовъ черной мѣди получается обыкновенно 210 пудовъ шлейзофенной мѣди и около 45 пудовъ такъ называемыхъ богатыхъ шлейзофенныхъ шлаковъ темно-краснаго цвѣта и плотно-лучистаго сложенія съ среднимъ содержаніемъ мѣди около 70%. Угаръ при этой плавкѣ весьма незначительный и колеблется около 0,5 %.

Первая садка на вновь приготовленномъ гнѣздѣ продолжается около 24 часовъ, а остальные садки не болѣе 14 часовъ. На переплавку 250 пудовъ черной мѣди расходуется дровъ не болѣе  $\frac{5}{8}$  куренныхъ сажень.

е) *Перечистка шлейзофенной мѣди наковку или штыковую.* Эта плавка производится въ отражательной печи безъ дутья, носящей названіе *штыковаго горна*. Устройство штыковаго горна детально представлено на приложенномъ чертежѣ (табл. III, фиг. 19, 20 и 21). Наружный корпусъ сложенъ изъ краснаго кирпича и связанъ прочною системою желѣзныхъ связей. Куполь же надъ топкою и рабочимъ пространствомъ и порогъ сложены изъ



огнепостояннаго кирпича; а—представляетъ топку; b—зольникъ; с—порогъ, противъ котораго устроено рабочее окно d; e—шестокъ изъ чугунной доски и напыльника f; gg—два выпускныхъ шпуровыхъ отверстія, снабженныя желѣзными желобками h для выпуска мѣди; i—рабочее пространство; k—набивной подъ съ гнѣздомъ; l—дымовой пролетъ и n—труба съ ловушками для задержанія мѣдной сажи.

Горнъ сначала набивается пескомъ или старою набойкою въ 2,5 фут. толщиною, а на этотъ слой набивается огнепостоянная смѣсь, состоящая, при употребленіи жирной такъ называемой сосвинской глины, изъ одной части тяжелаго муссора и одной части толченаго кварца. При набивкѣ вырѣзываютъ гнѣздо длиною отъ рабочаго отверстія къ порогу 10,5 футовъ, шириною въ 9 футовъ и глубиною въ серединѣ гнѣзда въ 8 дюймовъ. Это гнѣздо имѣетъ общую покатость къ выпускнымъ или шпуровымъ отверстиямъ. Новое гнѣздо постепенно просушивается около 3 сутокъ; затѣмъ на дно его равномерно располагаютъ  $\frac{3}{4}$  корба угля и присаживаютъ шпелейзофенную мѣдь преимущественно къ боковымъ стѣнамъ, въ количествѣ 250 пудовъ. По присадкѣ мѣди, жаръ постепенно усиливаютъ и мѣдь мало по малу расплавляется въ продолженіи 8 часовъ. Въ этотъ періодъ расплавленія мѣдь, приходя въ соприкосновеніи съ углемъ, частью восстанавливается, а нечистоты мѣди частью окисляются и переходятъ въ шлакъ. Когда мѣдь окончательно расплавится, то прежде всего счищаютъ грязные шлаки и затѣмъ печь постепенно подстуживаютъ, не подкладывая дровъ. Въ это время расплавленная масса подвергается непрерывному дразненію около  $\frac{3}{4}$  часа. Затѣмъ усиливаютъ жаръ и чрезъ 2 часа снимаютъ образовавшіеся шлаки при помощи сырой угольной паты, которую забрасываютъ на поверхность мѣди съ цѣлью охладить нѣсколько и сгустить корку шлаковъ. Счистивъ шлаки, берутъ первую пробу, которая показываетъ степень спѣлости мѣди. Обыкновенно послѣ первой пробы, которая показываетъ нѣсколько неровный и слишкомъ красноватый изломъ, съ ноздреватостію по краямъ, жаръ усиливаютъ еще одною наметкою дровъ, а когда она пройдетъ, то берутъ вторую пробу. Если она показываетъ металлическій блескъ и ровный, хотя не крючковатый изломъ, въ которомъ нѣтъ ноздреватостей, то мѣдь считается очищенной отъ примѣсей, кромѣ кислорода. Тогда забрасываютъ на поверхность расплавленной массы одну или двѣ рѣшетки угля и еще разъ подвергаютъ массу легкому дразненію. Послѣ этого снова берутъ пробу и такимъ образомъ продолжаютъ этотъ чисто восстановительный процессъ, до тѣхъ поръ, пока не получится требуемая проба, которая должна обладать мелкозернистымъ сложеніемъ съ шелковистымъ блескомъ, блѣдно-розовымъ цвѣтомъ и крючковатымъ изломомъ. По полученіи надлежащей пробы, печь еще сильнѣе разжариваютъ, закидываютъ одну рѣшетку угля на поверхность мѣди пробиваютъ сначала одинъ шпуръ, а чрезъ полчаса другой. Мѣдь разливается въ чугунные изложницы при помощи разливательныхъ желобовъ, смазанныхъ огнепостоянною смѣсью и покрытыхъ большими кус-

ками угля во время теченія мѣди. Штыки мѣди въ горячемъ состояніи бросаются въ воду, смѣшанную съ древесною кислотою, отчего они получаютъ свѣтло-красный цвѣтъ.

При этой операци, кромѣ грязныхъ шлаковъ, имѣющихъ плотное струйчатое сложеніе и темновисневый цвѣтъ, снимаютъ шлаки еще отъ двухъ до трехъ разъ. Послѣдніе шлаки поздраваты, пѣнисты, красновато-желтаго цвѣта и съ маслянымъ блескомъ. Среднее содержаніе этихъ шлаковъ колеблется отъ 50 до 60%.

Вся операція переливки шпайзофенной мѣди до штыковой продолжается 12 часовъ. Изъ 250 пудовъ шпайзофенной мѣди получается 225 пудовъ штыковой мѣди и около 25 пудовъ шлаковъ. Въ угаръ переходитъ не болѣе 3% мѣди. Приведемъ для наглядности мѣсячный результатъ этой плавки.

Изъ 10,788 пудовъ шпайзофенной мѣди, получено 10,049 пуд. штыковой мѣди и 720 пудовъ штыковыхъ шлаковъ съ среднимъ содержаніемъ мѣди въ 60%. Въ угарѣ оказалось 307 пудовъ мѣди, что составляетъ 2,84% всей переплавленной мѣди. На переливку этого количества шпайзофенной мѣди употреблено 55 коробовъ угля и 29<sup>7</sup>/<sub>8</sub> куренныхъ сажень дровъ<sup>1)</sup>.

Чтобы судить о качествѣ штыковой мѣди, получаемой въ Богословскомъ заводѣ, приведемъ результаты анализа чегыремъ образцамъ, произведеннаго въ лабораторіи Министерства Финансовъ въ Петербургѣ.

Образцы штыковой мѣди.	№ 1.	№ 2.	№ 3.	№ 4.
Мѣди . . . .	99,4780	99,4774	99,5605	99,4891
Серебра . . . .	0,0490	0,0406	0,0450	0,0450
Никкеля . . . .	0,1150	0,1590	0,1410	0,1280
Желѣза . . . .	0,0250	0,0230	0,0300	0,0220
Сурьмы . . . .	0,0088	0,0166	0,0030	0,0057
Мышьяка . . . .	0,0106	0,0057	0,0043	0,0044
Золота . . . .	слѣды	слѣды	слѣды	слѣды
Свинца . . . .	слѣды	слѣды	слѣды	слѣды
Кислорода . . . .	0,3136	0,2677	0,2162	0,3058

Въ настоящее время Богословская плавка нѣсколько видоизмѣнена и состоитъ изъ слѣдующихъ операцій:

1) Плавка обожженныхъ рудъ на купферштейнѣ. При этомъ руды Богословскаго рудника обжигаются одинъ разъ, а руда Башмаковскаго рудника три раза.

2) Плавка купферштейна, послѣ двухъ огней, на черную мѣдь въ шпайзофенныхъ печахъ.

3) Плавка того же купферштейна, на черную мѣдь послѣ шести огней, въ шахтныхъ печахъ.

4) Плавка сыраго купферштейна на бѣлый штейнъ съ содержаніемъ мѣди въ 60—70% въ бессемеровскихъ ретортахъ.

5) Плавка бѣлаго штейна въ тѣхъ же ретортахъ на черную мѣдь съ содержаніемъ мѣди до 98%.

6) Рафинированіе черной мѣди въ Тагильскихъ горнахъ.

<sup>1)</sup> Куренная сажень дровъ равна 1<sup>5</sup>/<sub>8</sub> куб. саженьямъ.



# ХИМИЯ, ФИЗИКА И МИНЕРАЛОГИЯ.

## ЭТЮДЫ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИИ.

Горн. Инж. Е. Федорова.

### ЭТЮДЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

*Система кристаллографическихъ вычисленийъ, основанная на проэктивныхъ свойствахъ кристалловъ.*

Въ этомъ этюдѣ, заканчивающемъ собою серію этюдовъ, имѣвшихъ задачею обстоятельное изученіе свойствъ кристаллографической проэктивности, я предлагаю попытку примѣнить изложенную теорію къ кристаллографическимъ вычисленіямъ, съ цѣлью упростить ихъ до возможной степени. Само собою разумѣется, что здѣсь я имѣлъ возможность сдѣлать это лишь въ общихъ чертахъ, не только оставляя въ сторонѣ несущественныя, съ теоретической точки зрѣнія, но весьма важныя при дѣйствительномъ выполненіи длиннаго ряда вычисленій частности, но даже совершенно нетронутыми нѣкоторые вопросы и игнорируя особенными частными случаями, которые въ изобиліи встрѣчаются при этихъ вычисленіяхъ. Пополненіемъ этого должны были бы служить довольно многочисленныя спеціальныя руководства. Къ сожалѣнію, въ большинствѣ изъ этихъ руководствъ, въ томъ числѣ и новѣйшаго изъ извѣстныхъ мнѣ (*Lehrbuch der Krystallberechnung* F. Henrich's 1886), много мѣста отводится излишнимъ частностямъ, а самое существенное—выводъ вѣроятнѣйшихъ чиселъ изъ наблюденій, вычисленіе погрѣшностей, практическій ходъ вычисленія—почти совершенно игнорируется. Въ этомъ отношеніи существеннымъ пополненіемъ пробѣла въ этой области служить сочиненіе А. Brezina „*Krystallographische Untersuchungen*“ I Theil, 1884.

Въ виду чисто практической цѣли этого этюда и желанія сдѣлать его доступнымъ для лицъ, которымъ приходится производить кристаллографическія вычисленія, но которыя не имѣютъ времени обстоятельно познакомиться съ теоріею, лежащею въ основаніи предлагаемаго способа и изложенною въ трехъ первыхъ этюдахъ, я принялъ здѣсь за правило не ссылаться на формулы этихъ этюдовъ какъ на извѣстныя, но, когда это нужно для приложеній, приводить ихъ со всѣми необходимыми для лица незнакомаго съ ними поясненіями.

Въ этомъ этюдѣ, какъ и въ предшествовавшихъ, я пользуюсь т. наз. Miller'овскими символами и притомъ безразлично для всѣхъ кристаллографич. журн. т. II № 4, 1887 г.

фических системъ. Это я дѣлаю не потому, что мнѣ такъ кажется удобнѣе, но потому, что это единственные символы, основанные на вполне рациональныхъ началахъ: только лицу, незнакому съ успѣхами аналитической кристаллографіи, можетъ казаться безразличнымъ, употреблять ту или другую систему символовъ. На дѣлѣ, при вычисленіяхъ по новѣйшимъ способамъ, всякіе символы нужно сначала преобразовывать въ Miller'овскіе, чтобы пользоваться выведенными формулами. Это настолько очевидно, что уже теперь для всѣхъ системъ, кромѣ гексагональной, Miller'овскіе символы вытѣсняють всѣ другіе. Но по непонятному предразсудку они почти вовсе не примѣняются для гексагональной системы, тогда какъ и здѣсь они представляютъ тѣ-же свойственныя имъ преимущества, которыя не могутъ быть достигнуты никакими искусственными системами символовъ. Я называю всякія другія системы символовъ, кромѣ Miller'овскихъ, искусственными, такъ какъ только одни послѣдніе естественно выводятся сами собою <sup>1)</sup> при переходѣ отъ координатъ (см. напр. второй этюдъ § 6) Для того, чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно задать себѣ вопросъ, какое именно ребро нужно разумѣть подъ символомъ  $[m\ n\ r\ s]$ ?—На вопросъ отвѣта или вовсе не найдется, или отвѣтъ будетъ неопредѣленный, зависящій отъ того, какія двѣ изъ трехъ осей (къ которымъ относятся индексы  $m\ n\ r$ ) будутъ приняты за оси координатъ, предполагая, что  $s$  относится къ третьей, главной, оси. А между тѣмъ вопросъ этотъ весьма существенъ, и то или иное разрѣшеніе его бросаетъ свое особенное освѣщеніе на характеръ гексагональныхъ формъ, такъ какъ ребро  $[m\ n\ r\ s]$  есть именно то, которое соответствуетъ грани  $(m\ n\ r\ s)$ . При символахъ же Miller'а затрудненія въ отвѣтѣ никакого не является, такъ какъ существуетъ совершенно опредѣленное построеніе ребра, соответствующаго данной грани,—построеніе, общее для всѣхъ системъ. Напр. въ главномъ (вертикальномъ) поясѣ, Miller'овскій символъ котораго есть  $[111]$ , ребро, соответствующее данной грани, будетъ къ ней перпендикулярно (какъ это имѣетъ мѣсто для правильной системы и для вертикальнаго пояса тетрагональной системы <sup>2)</sup>). Единственное неудобство этихъ символовъ (очевидно и служащее причиною ихъ неупотребленія) состоитъ въ томъ, что для тѣхъ подраздѣленій гексагональной системы, главная ось которыхъ есть ось симметріи въ  $60^\circ$ , полная совокупность граней одной и той же простой формы выражается символами двоякаго вида. Однако и это неудобство въ приложеніи къ описанію формъ (но не вычисленіямъ) можетъ быть устранено приѣмомъ, изложеннымъ мною въ замѣткѣ „Попытка выразить краткимъ знакомъ символы всѣхъ равныхъ направлений“. (Зап. Мин. Общ. Ч. XXIII стр. 109 и сл.).

Если излагаемый здѣсь методъ будетъ признанъ сокращающимъ кристал-

<sup>1)</sup> Этимъ, конечно, объясняется то обстоятельство, что именно къ этимъ символамъ пришли независимо другъ отъ друга разные ученые (Grassman, Frankenheim) даже раньше самого Miller'a.

<sup>2)</sup> Въ этомъ легко убѣдиться напр. изъ форм. 24) введенія и форм. 9) § 4.



лографическія вычисленія, то въ этомъ я буду видѣть торжество идеи, заставившей меня, для достиженія отдаленной цѣли, идти по опредѣленному пути и показавшей какъ достичь эту цѣль лишь тогда, когда весь путь былъ уже пройденъ.

## ВВЕДЕНІЕ.

### А. Основанія численныхъ рѣшеній.

Въ первомъ этюдѣ была выяснена сущность проэктивныхъ отношеній, существующихъ между *соотвѣтственными* фигурами всѣхъ системъ, и опредѣленъ видъ уравненій, выражающихъ эту проэктивность, названную „кристаллографическою“.

Въ третьемъ этюдѣ подробное изслѣдованіе уравненій, выражающихъ кристаллографическую проэктивность, наглядно ознакомило съ ея существенными свойствами.

Теперь посмотримъ, какимъ образомъ проэктивныя свойства кристаллическихъ фигуръ позволяютъ упростить относящіяся къ нимъ вычисленія.

Уравненія проэктивности даютъ возможность по координатамъ точекъ одной изъ системъ вычислить координаты соотвѣстныхъ точекъ всякой другой; если отъ координатъ перейти къ символамъ, то мы вмѣсто данныхъ символовъ кристалла какой-нибудь системы, получимъ идеальные символы того-же образа (грапи или ребра) кристалла, какъ будто онъ принадлежитъ другой системѣ, по отношенію къ которой были выведены самыя уравненія проэктивности. Само собою разумѣется, что для практическихъ цѣлей вычисленія, уравненія проэктивности должны выражать связь кристаллической системы граней и реберъ всякаго даннаго кристалла съ формами той кристаллографической системы, для которой процессъ вычисленія совершается простѣйшимъ путемъ. Нечего и говорить, что за такую систему слѣдуетъ избрать именно правильную (кубооктаэдрическую), такъ какъ именно въ предѣлахъ этой системы формулы вычисленія наиболѣе простыя. Приспособивъ такимъ образомъ уравненія проэктивности, мы найдемъ, что вычисляемые по нимъ идеальные символы, которые я буду впредь называть *проэктивными*, будутъ символами выражаемаго ими образа, какъ будто бы онъ принадлежитъ правильной системѣ, и, слѣдовательно, вычисленія, относящіяся къ какой угодно системѣ, теперь будутъ производиться по формуламъ правильной системы съ соблюденіемъ лишь того условія, чтобы истинные символы всякаго даннаго образа были замѣнены ихъ проэктивными символами.

Теперь рассмотримъ, какъ отъ выведенныхъ въ предшествовавшихъ этюдахъ уравненій проэктивности, выраженныхъ въ координатахъ точекъ, перейти къ уравненіямъ, связующимъ настоящіе символы съ проэктивными.





Подставляя въ эту формулу значенія  $r'$  и  $s'$  изъ форм. 5), находимъ:

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{\begin{vmatrix} A_{21}r_1 + A_{22}r_2 + A_{23}r_3 & A_{31}r_1 + A_{32}r_2 + A_{33}r_3 \\ A_{21}s_1 + A_{22}s_2 + A_{23}s_3 & A_{31}s_1 + A_{32}s_2 + A_{33}s_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_{31}r_1 + A_{32}r_2 + A_{33}r_3 & A_{11}r_1 + A_{12}r_2 + A_{13}r_3 \\ A_{31}s_1 + A_{32}s_2 + A_{33}s_3 & A_{11}s_1 + A_{12}s_2 + A_{13}s_3 \end{vmatrix}} =$$

$$\frac{p_2'}{p_3'} = \frac{\begin{vmatrix} A_{11}r_1 + A_{12}r_2 + A_{13}r_3 & A_{21}r_1 + A_{22}r_2 + A_{23}r_3 \\ A_{11}s_1 + A_{12}s_2 + A_{13}s_3 & A_{21}s_1 + A_{22}s_2 + A_{23}s_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_{21}r_1 + A_{22}r_2 + A_{23}r_3 & A_{31}r_1 + A_{32}r_2 + A_{33}r_3 \\ A_{21}s_1 + A_{22}s_2 + A_{23}s_3 & A_{31}s_1 + A_{32}s_2 + A_{33}s_3 \end{vmatrix}} =$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} A_{22} & A_{23} \\ A_{32} & A_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_2 & r_3 \\ s_2 & s_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{23} & A_{21} \\ A_{33} & A_{31} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_3 & r_1 \\ s_3 & s_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{21} & A_{22} \\ A_{31} & A_{32} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_1 & r_2 \\ s_1 & s_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_{32} & A_{33} \\ A_{12} & A_{13} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_2 & r_3 \\ s_2 & s_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{33} & A_{31} \\ A_{13} & A_{11} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_3 & r_1 \\ s_3 & s_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{31} & A_{32} \\ A_{11} & A_{12} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_1 & r_2 \\ s_1 & s_2 \end{vmatrix}} \cdot \cdot \cdot 6)$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} A_{12} & A_{13} \\ A_{22} & A_{23} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_2 & r_3 \\ s_2 & s_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{13} & A_{11} \\ A_{23} & A_{21} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_3 & r_1 \\ s_3 & s_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_1 & r_2 \\ s_1 & s_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_{22} & A_{23} \\ A_{32} & A_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_2 & r_3 \\ s_2 & s_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{23} & A_{21} \\ A_{33} & A_{31} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_3 & r_1 \\ s_3 & s_1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{21} & A_{22} \\ A_{31} & A_{32} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} r_1 & r_2 \\ s_1 & s_2 \end{vmatrix}}$$

Если, ради краткости, означимъ субдетерминанты, дополнительные члену  $A_{k1}$ , въ детерминантѣ

$$\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{vmatrix}$$

чрезъ  $\alpha_{k1}$ , то формула 6) приметъ болѣе простой видъ:

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{\alpha_{11}p_1 + \alpha_{12}p_2 + \alpha_{13}p_3}{\alpha_{21}p_1 + \alpha_{22}p_2 + \alpha_{23}p_3} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot 6a)$$

$$\frac{p_2'}{p_3'} = \frac{\alpha_{31}p_1 + \alpha_{32}p_2 + \alpha_{33}p_3}{\alpha_{31}p_1 + \alpha_{32}p_2 + \alpha_{33}p_3}$$

Такъ просто и изящно выражается искомая связь.

Въ третьемъ этюдѣ было показано, что уравненія проеэтивности 1) выражаютъ не только собственно проеэтивную связь, но и предполагаютъ еще произвольное положеніе осей координатъ и, значить, одна и та-же проеэтивная связь можетъ быть выражена безконечно разнообразно, смотря потому, что мы примемъ за оси координатъ. Этою произвольностью мы можемъ воспользоваться для упрощенія вида этихъ уравненій, напр. приравненія нулю нѣкоторыхъ коэффициентовъ. Такъ какъ положеніе (прямоугольныхъ) осей опредѣляется тремя данными, то значить, выбирая ихъ приличнымъ образомъ, мы можемъ сдѣлать равными нулю три коэффициента даже для самаго общаго случая (триклиноэдрической системы); притомъ, такъ какъ всего въ уравненіяхъ имѣется 8 коэффициентовъ (въ силу пропорціональности одинъ изъ коэффициентовъ всегда имѣетъ произвольную величину и можетъ быть сдѣланъ равнымъ 1-цѣ), то въ самомъ общемъ случаѣ, при приличномъ выборѣ осей, остается всего 5 коэффициентовъ, что какъ разъ соотвѣтствуетъ 5-ти параметрамъ триклиноэдрической системы.

Само собою разумѣется, что для другихъ системъ, опредѣляемыхъ меньшимъ числомъ параметровъ, можно получить еще болѣе простыя уравненія.

Къ выводу этихъ уравненій для различныхъ системъ, мы теперь и переходимъ.

*Триклиноэдрическая система.*

Въ нижеслѣдующемъ, согласно принятому обычаю, я подъ осью  $x_1$  подразумеваю ось, относящуюся къ первому индексу символа и идущую отъ начала въ сторону наблюдателя; подъ осью  $x_2$  — относящуюся ко второму индексу символа и идущую мимо наблюдателя; отъ начала вправо, и подъ осью  $x_3$  — относящуюся къ третьему индексу символа и идущую мимо наблюдателя снизу вверхъ (вертикально) <sup>1)</sup>.

Нетрудно убѣдиться, что въ уравненіяхъ проэективности три изъ коэффициентовъ станутъ равными нулю, если за плоскость двухъ (прямоугольныхъ) осей примемъ одинъ изъ пинакоидовъ и притомъ за одну изъ осей координатъ — одну изъ кристаллографическихъ осей, находящихся въ принятомъ пинакоидѣ. Шестъ возможныхъ комбинацій даютъ шесть типовъ упрощенныхъ уравненій проэективности, въ которыхъ три изъ коэффициентовъ равны нулю. Хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ для упрощенія требующихся вычисленій полезно имѣть уравненія разныхъ типовъ, но я, ради однообразія, во всемъ этомъ этюдѣ пользуюсь лишь однимъ типомъ, а именно за плоскость осей  $x_2x_3$  избираю плоскость (100) (макропинакоидъ для триклиноэдрической и ромбической системы, ортопинакоидъ для моноклиноэдрической системы, и т. п.) и за ось  $x_3$  — ось вертикальную.

Если, также въ согласіи съ принятымъ обычаемъ, символы реберъ будемъ отличать отъ символовъ граней посредствомъ прямолинейныхъ скобокъ, то изъ только что выраженного условія (подчеркнутого) вытекаетъ, что

грани (100) соотвѣтствуетъ проэективный символъ (100)  
 ребру [001]                   "                   "                   " [001]

Но по уравненію 6а)

грани (100) соотвѣтствуетъ проэективный символъ  $(\alpha_{11} \alpha_{21} \alpha_{31})$ , а по уравненію 5)

ребру [001] соотвѣтствуетъ проэективный символъ  $[A_{13} A_{23} A_{33}]$ .

Такимъ образомъ, для принятого типа уравненій проэективности  $A_{13}=0$ ,  $A_{23}=0$ ,  $\alpha_{21}=0$  и  $\alpha_{31}=0$ ; но

$$\alpha_{21}=A_{22} A_{13}-A_{33} A_{12} \text{ и } \alpha_{31}=A_{12} A_{23}-A_{13} A_{22}.$$

Второе изъ этихъ послѣднихъ равенствъ есть слѣдствіе первыхъ двухъ; что же касается перваго, то оно удовлетворяется лишь въ случаяхъ  $A_{33}=0$  или  $A_{12}=0$ . Первое допущеніе невозможно, такъ какъ оно въ совокупности съ условіями  $A_{13}=0$  и  $A_{23}=0$  сдѣлаетъ равнымъ нулю и самый детерминантъ уравненій проэективности, а невозможность этого доказана въ третьемъ этюдѣ (§ 21), и потому остается лишь условіе  $A_{12}=0$ ; кромѣ того, изъ равенствъ  $A_{13}=A_{23}=0$  выводимъ  $\alpha_{32}=A_{13}A_{21}-A_{11}A_{23}=0$ , и слѣдова-

<sup>1)</sup> Исключеніе представляетъ гексагональная система, какъ это будетъ видно изъ самаго изложенія.



тельно выведенныя уравненія 6а) и 5) при принятомъ здѣсь типѣ упрощенія примутъ видъ:

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3}{a_4 p_2 + a_5 p_3} \quad \text{и} \quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{b_1 r_1 + b_2 r_2} \quad \frac{r_1'}{r_3'} = \frac{r_1}{b_3 r_1 + b_4 r_2 + b_5 r_3}.$$

Здѣсь коэффициенты  $a$  и  $b$  введены для простоты, но между ними существуетъ связь, выражающаяся въ форм. 6а). Чтобы вполне выразить эту связь, я напишу окончательно эти же уравненія въ видѣ:

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3}{a_4 p_2 + a_5 p_3} = \frac{b_2 b_3 p_1 - b_1 b_5 p_2 + (b_1 b_4 - b_2 b_3) p_3}{b_5 p_2 - b_4 p_3} \quad . . . . . 7)$$

$$\text{и} \quad \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{b_1 r_1 + b_2 r_2} = \frac{a_4 r_1}{-a_2 r_1 + a_1 r_2} \quad \frac{r_1'}{r_3'} = \frac{r_1}{b_3 r_1 + b_4 r_2 + b_5 r_3} = \frac{(a_2 a_5 - a_3 a_4) r_1 - a_1 a_5 r_2 + a_1 a_4 r_3}{. . . . . 8)}$$

Изъ этихъ уравненій весьма легко выводятся уравненія обратныя, которыя могутъ служить для вычисленія истинныхъ символовъ по даннымъ про-ективнымъ, а именно:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{a_4 p_1' - a_2 p_2' + (a_2 a_5 - a_3 a_4) p_3'}{a_1 p_2' - a_1 a_5 p_3'} = \frac{p_1' + b_1 p_2' + b_3 p_3'}{b_2 p_2' + b_4 p_3'} \quad . . . . . 7')$$

$$\text{и} \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{b_2 b_5 r_1'}{-b_1 b_5 r_1' + b_5 r_2'} = \frac{a_1 r_1'}{a_2 r_1' + a_4 r_2'} \quad \frac{r_1}{r_3} = \frac{(b_1 b_4 - b_2 b_3) r_1' - b_4 r_2' + b_2 r_3'}{a_3 r_1' + a_5 r_2' + r_3'} = \frac{. . . . . 8')}$$

Чтобы сейчасъ-же придать коэффициентамъ этихъ уравненій реальность и, такъ сказать, жизнь, я выведу связь, существующую между ними и тѣмъ, что въ настоящее время принимается за элементы кристалла разсматриваемой системы, т. е. отношеніями величинъ кристаллографическихъ осей (основные параметры), плоскими углами между кристаллографическими осями и двугранными углами между основными плоскостями (пинакоидами).

Означу теперь отношенія основныхъ параметровъ чрезъ

$$c_1 : c_2 : c_3$$

Плоскій уголъ между осями  $x_2'$  и  $x_3'$  означу чрезъ  $(X_1')$

” ” ” ”  $x_3'$  и  $x_1'$  ” ”  $(X_2')$

” ” ” ”  $x_1'$  и  $x_2'$  ” ”  $(X_3')$

Двугранный уголъ <sup>1)</sup> между плоскостями  $X_2'$  и  $X_3'$  означу чрезъ  $(x_1')$

” ” ” ”  $X_3'$  и  $X_1'$  ” ”  $(x_2')$

” ” ” ”  $X_1'$  и  $X_2'$  ” ”  $(x_3')$

<sup>1)</sup> Во всемъ этомъ этюдѣ я, согласно съ все болѣе распространяющимся обычаемъ, за мѣру двугранныхъ угловъ между плоскостями принимаю не такъ наз. внутренний уголъ, а уголъ между перпендикулярами къ плоскостямъ, равный вѣншему двугранному углу. Основанія этого приѣма высечены въ главѣ IV § 16.





Такимъ образомъ, зная элементы триклиноэдрическаго кристалла, мы можемъ по форм. 9) и 10) непосредственно вычислить коэффициенты  $a$  и  $b$  и вмѣстѣ съ тѣмъ получить уравненія проэективности принятаго здѣсь типа. Зная-же уравненія проэективности, мы можемъ при вычисленіяхъ обращаться съ этимъ кристалломъ какъ съ кристалломъ правильной системы, подставляя вмѣсто настоящихъ его символовъ символы проэективные, непосредственно вычисляемые по уравненіямъ проэективности.

### Моноклиноэдрическая система.

Эта система, по сравненію съ системою триклиноэдрическою, представляетъ тотъ частный случай, когда  $X_1' = \frac{\pi}{2}$  и  $x_3' = \frac{\pi}{2}$ , а потому въ случаѣ этой системы становятся равными нулю и коэффициенты,  $b_1$  и  $b_4$ ,  $a_2$  и  $a_5$ , и, значить, для этой системы уравненія проэективности имѣютъ видъ:

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_1 p_1 + a_3 p_3}{a_4 p_2} = \frac{b_2 b_5 p_1 - b_2 b_3 p_3}{b_5 p_2} \quad . \quad . \quad . \quad 11).$$

и 
$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{b_2 r_2} = \frac{a_4 r_1}{a_1 r_2} \quad . \quad . \quad . \quad 12).$$

и притомъ

$$b_2 = \frac{c_2}{c_1 \operatorname{sn}(X_2')} \\ b_3 = \operatorname{ctg}(X_2') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13).$$

$$b_5 = \frac{c_3}{c_1 \operatorname{sn}(X_2')}$$

и

$$a_1 = b_5 = \frac{c_3}{c_1 \operatorname{sn}(X_2')} \\ a_3 = -b_3 = -\operatorname{ctg}(X_2') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14).$$

$$a_4 = \frac{c_3}{c_2}$$

Уравненія, обратныя уравненіямъ проэективности и служащія для вычисленія настоящихъ символовъ по символамъ проэективнымъ, будутъ:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{a_4 p_1' - a_3 a_4 p_3'}{a_1 p_2'} = \frac{p_1' + b_3 p_3'}{b_2 p_2'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 15).$$

и

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{b_2 b_5 r_1'}{b_5 r_2'} = \frac{a_1 r_1'}{a_4 r_2'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16).$$

*Ромбическая система.*

Эта система, по сравненію съ системою моноклиноэдрическою, представляет тотъ частный случай, когда  $X_2' = \frac{\pi}{2}$ , а потому въ случаѣ этой системы становятся равными нулю коэффиціенты  $a_3$  и  $b_3$ , и уравненія проэктивности теперь принимаютъ видъ:

$$p_1' : p_2' : p_3' = \frac{p_1}{c_1} : \frac{p_2}{c_2} : \frac{p_3}{c_3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 17).$$

и

$$r_1' : r_2' : r_3' = c_1 r_1 : c_2 r_2 : c_3 r_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 18).$$

*Тетрагональная система.*

Эта система отличается отъ предъидущей только тѣмъ, что  $c_1 = c_2 = 1$ , а потому въ случаѣ этой системы имѣемъ

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 : p_2 : \frac{p_3}{c_3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 19).$$

и

$$r_1' : r_2' : r_3' = r_1 : r_2 : c_3 r_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 20).$$

Наконецъ, въ случаѣ правильной системы и параметръ  $c_3 = 1$  и значить проэктивные символы пропорціональны настоящимъ, какъ это и слѣдуетъ изъ самаго опредѣленія проэктивныхъ символовъ. Само собою разумѣется, что, въ случаѣ правильной системы, мы прямо пользуемся выведенными для нея формулами, и нѣтъ надобности для цѣлей вычисленія замѣнять настоящіе символы какими-нибудь другими.

*Гексагональная система.*

Эта система, по сравненію съ триклиноэдрическою системою, представляет тотъ частный случай, когда  $c_1 = c_2 = c_3 = 1$  и углы  $(X_1') = (X_2') = (X_3')$  а также  $(x_1') = (x_2') = (x_3')$ .

Сообразно съ этими свойствами можно было бы вывести уравненія проэктивности общаго принятого здѣсь типа. Однако спеціально по отношенію къ этой системѣ въ такой совокупности уравненій крылись бы важныя неудобства: въ уравненіяхъ была бы недостаточно ясна симметрія этой системы и заключалась бы нѣкоторая произвольность, проистекающая оттого, что за единичную, вертикальную ось принималась бы одна изъ трехъ равноправныхъ осей.

Въ виду этого я считаю удобнѣе принять для этой системы особый типъ уравненій, въ которомъ бы нагляднѣе выражались характерныя свойства системы. Выводъ типа я основываю на сущности проэктивной связи фигуръ этой системы съ правильною, которая можетъ быть выражена какъ



растяжение (положительное или отрицательное) по тригональной оси. Этот случай былъ разобранъ въ § 39 третьяго этюда, и тутъ были выведены слѣдующія уравненія проэктивности ( $m$ —коэффициентъ растяженія):

[illegible]

а также слѣдующая связь между коэффициентомъ растяженія и двугранными углами  $(x_1') = (x_2') = (x_3')$  между плоскостями, проходящими чрезъ оси (гранями главнаго ромбоэдра)

[illegible]

Въ данномъ случаѣ переходъ отъ уравненій, выраженныхъ въ координатахъ аналитической геометріи, къ настоящимъ уравненіямъ проэективности особенно простъ, такъ что, зная величину двуграннаго угла ( $x'$ ), мы легко вычисляемъ величину  $m$ , и вмѣстѣ съ тѣмъ устанавливаемъ слѣдующія уравненія проэективности:

для реберъ

[illegible]

и для граней

[illegible]

## В. ОСНОВАЦІЯ ГРАФИЧЕСКИХЪ РЕШЕНІЙ.

Параллельно кристаллографическимъ вычисленіямъ полезно производить и графическое рѣшеніе тѣхъ-же вопросовъ; графическое рѣшеніе должно предшествовать рѣшенію путемъ вычисленія, такъ какъ рѣшеніе графическимъ путемъ въ большинствѣ случаевъ весьма просто и наглядно, и хотя даетъ грубый результатъ, но этимъ самымъ оберегаетъ отъ крупной ошибки при процессахъ вычисленія, указывая на эту ошибку въ тѣхъ случаяхъ, когда

она выходитъ изъ предѣловъ ошибки графическаго рѣшенія, напр. превосходить  $5^\circ$ , хотя при старательномъ выполненіи чертежа можно и графическимъ путемъ получить болѣе точный результатъ, отличающійся отъ истиннаго напр. на  $2^\circ$ — $1^\circ$  и даже менѣе.

Указавъ въ первой части введенія на возможность значительнаго упрощенія численныхъ вычисленій, я постараюсь здѣсь указать основанія возможно простыхъ рѣшеній и путемъ графическимъ, но съ этою цѣлью мнѣ приходится уклониться отъ пріемовъ, предложенныхъ разными авторами.

Одни авторы предпочитаютъ одну, а другіе—другую проэкцію (напр. Liebisch—линейную, Mallard—гномоническую). Напередъ можно предвидѣть, что это происходитъ оттого, что одна проэкція представляетъ преимущества въ одномъ отношеніи, а другая—въ другомъ. И дѣйствительно, простѣйшія рѣшенія являются при соединеніи всѣхъ видовъ проэкцій, когда одновременно можно пользоваться преимуществами каждой изъ нихъ.

*Стереографическая* проэкція представляетъ громадное преимущество предъ другими въ томъ отношеніи, что изъ нея легко получаютъ углы какъ плоскіе (между ребрами), такъ и двугранные (между нормальми къ гранямъ) и притомъ тѣ изъ нихъ, которыя относятся къ образамъ, выражаемымъ въ ней дугами круга, получаютъ въ этой проэкціи непосредственно, а тѣ, которые относятся къ образамъ, выраженнымъ въ ней точками (полюсами), получаютъ изъ нея простымъ построеніемъ. Громадное неудобство ея—невозможность непосредственно видѣть, какой символъ имѣютъ изображаемые ею грани или ребра.

Проэкціи *линейная* и *гномоническая*, какъ разъ наоборотъ, даютъ возможность непосредственно опредѣлять символы изображаемыхъ ими образовъ, или находить эти символы сравнительно простымъ построеніемъ, но зато вообще не даютъ непосредственно угловъ между изображаемыми ими образами, а иногда опредѣлять этотъ уголъ при помощи этихъ проэкцій довольно сложно. Гномоническая проэкція представляетъ тѣ-же преимущества при изображеніи граней, что линейная—при изображеніи реберъ.

Въ стереографической проэкціи я отличаю два вида: *а)* гномостереографическую, обыкновенно употребляемую, въ которой грани выражаются точками (полюсами), и *б)* граммастереографическую проэкцію, въ которой точки выражаютъ ребра и вообще прямыя линіи; эта проэкція употреблялась до настоящаго времени для специальныхъ цѣлей, напр. для изображенія осей оптической упругости и т. п. Первый видъ этой проэкціи относится ко второму какъ гномоническая проэкція къ линейной.

Подобно тому, какъ центры дугъ круга обыкновенной, гномостереографической, проэкціи представляютъ линейную проэкцію соотвѣтственныхъ реберъ (или осей поясовъ), такъ центры круговъ граммастереографической проэкціи представляютъ гномоническую проэкцію соотвѣтственныхъ граней.

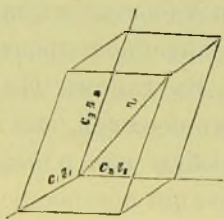
Такимъ образомъ, обыкновенная, гномостереографическая проэкція на-



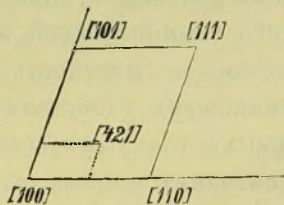
ходится въ особенно простой связи съ проэктіей линейной, а граммастереографическая—съ проэктіей гномонической.

Во второмъ этюдѣ (глава II форм. 3) показано, что координаты реберъ пропорціональны координатамъ точекъ этихъ реберъ; другими словами, ребра представляютъ діагонали параллелопипедовъ, стороны которыхъ—кристаллографическія оси и по величинѣ равны даннымъ координатамъ. Но между координатами и символами реберъ связь весьма простая: принимая для координатъ за единицы мѣры величины основныхъ параметровъ по соотвѣтственнымъ осямъ, мы получаемъ символы. Такимъ образомъ, если даны три кристаллографическія оси съ отложенными на нихъ величинами основныхъ параметровъ, то вопросъ построения ребра, имѣющаго какой-угодно символъ, сводится къ построению діагонали параллелопипеда со сторонами, пропорціональными этимъ символамъ.

Если означимъ величины основныхъ параметровъ чрезъ ( $c_1, c_2, c_3$ ), то для построения ребра ( $r_1, r_2, r_3$ ) нужно отложить на кристаллографическихъ осяхъ величины  $c_1 r_1, c_2 r_2$  и  $c_3 r_3$  и построить параллелопипедъ (фиг. 2); діагональ этого параллелопипеда и будетъ ребро ( $r_1, r_2, r_3$ ).



Фиг. 2.



Фиг. 3.

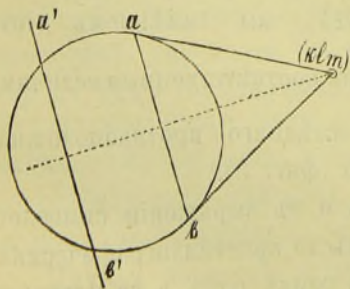
Если примемъ за плоскость линейной проэктіи одну изъ плоскостей, параллельныхъ двумъ осямъ напр. осямъ  $x_2$  и  $x_3$  и притомъ въ разстояніи отъ этихъ осей по направленію оси  $x_1$  равномъ  $c_1$ , и кромѣ того за символъ примемъ ( $1, r_2', r_3'$ ), то отношеніе  $c_1 : c_2 r_2' : c_3 r_3'$  будетъ имѣть постоянный первый членъ, а потому построение ребра въ линейной проэктіи сведется къ построению діагонали параллелограмма. Напр., если въ линейной проэктіи даны точки, соотвѣтствующія ребрамъ  $[100]$ ,  $[110]$  и  $[101]$ , то для того, чтобы найти точку, соотвѣтствующую ребру  $[421]$ , мы замѣняемъ этотъ символъ сначала символомъ  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ & 2 & 4 \end{bmatrix}$  и, отложивъ соотвѣтственныя величины на осяхъ строимъ, параллелограммъ; вершина послѣдняго, противоположная вершинѣ  $[100]$  и будетъ выражать искомое ребро (фиг. 3).

Полиѣйшую аналогію съ этимъ мы имѣемъ и въ выраженіи символовъ граней въ гномонической проэктіи. Только здѣсь вмѣсто кристаллографическихъ осей нужно принимать нормали къ плоскостямъ этихъ осей, а за плоскость гномонической проэктіи—плоскость, параллельную двумъ изъ этихъ норма-

лей, или, что все равно, плоскость перпендикулярную къ ребру (кристаллографической оси) пересѣченія соответственныхъ плоскостей. Такъ если въ только что разсмотрѣнной фигурѣ (100), (110) и (101) выражаютъ не ребра, а нормали къ соответственнымъ гранямъ, и притомъ плоскость проеэкціи перпендикулярна къ оси [100], то только что приведенное построеніе дастъ не линейную проеэкцію ребра (421), а гномоническую проеэкцію грани, имѣющей этотъ-же символъ.

Если принять во вниманіе, что стоитъ только поставить ножку циркуля въ точку, выражающую гномоническую проеэкцію грани или линейную проеэкцію ребра и провести дугу круга, выражающую граммастереографическую проеэкцію той-же грани или гномостереографическую проеэкцію того же ребра, и не терять изъ виду, что углы между дугами стереографической проеэкціи равны угламъ между выражаемыми ими гранями или ребрами, станетъ понятно, какъ упрощается графическое рѣшеніе вопросовъ при соединеніи всѣхъ видовъ проеэкцій на одномъ чертежѣ.

Неудобство соединенія разныхъ проеэкцій состоитъ въ томъ, что, какъ только что было сказано, для простаго построенія образовъ въ проеэкціи гномонической или линейной по даннымъ символамъ, нужно за плоскость проеэкціи брать различныя плоскости. Однако и это неудобство въ значительной мѣрѣ устраняется весьма простымъ построеніемъ линейной проеэкціи образа по данной его гномонической проеэкціи и обратно. Въ самомъ дѣлѣ, для правильной системы за плоскость проеэкціи какъ гномонической, такъ и линейной, съ одинаковымъ удобствомъ можно принять любую изъ плоскостей, перпендикулярныхъ главнымъ осямъ, и для этихъ проеэкцій построеніе точекъ по даннымъ символамъ производится по изложенному выше простому способу; но вѣдь на проеэктивные символы и нужно смотрѣть какъ на символы правильной системы, а потому и построеніе точекъ именно по этимъ символамъ такъ-же просто, какъ и рѣшеніе соответствующей задачи для правильной системы; точнѣе, рѣшеніе это въ обоихъ случаяхъ совершенно одинаково. Для правильной системы линейная проеэкція грани есть поляръ гномонической проеэкціи той-же грани, и обратно—линейная проеэкція ребра есть полюсъ гномонической проеэкціи того-же ребра, и притомъ кривая проеэктивности—мнимый кругъ (этудь первый, § 13). Слѣдовательно, то-же самое мы имѣемъ и для всѣхъ системъ, когда разсмотримъ относящіяся къ нимъ фигуры, какъ фигуры правильной системы.

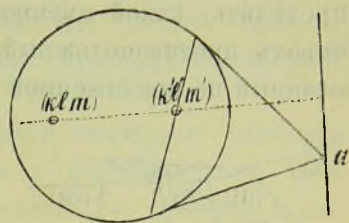


Фиг. 4.

Такимъ образомъ, если точка (klm) (фиг. 4) есть линейная (или гномоническая) проеэкція и по ней требуется найти гномоническую (или линейную) проеэкцію того-же образа, мы проводимъ изъ нея двѣ касательныя къ мнимому кругу проеэктивности (онъ-же есть кругъ, ограничивающій стереографическую проеэкцію), со-



единяемъ точки касанія  $a$  и  $b$  прямою и проводимъ параллельную ей прямую  $a' b'$  на томъ-же разстояніи отъ центра, но съ другой стороны. Прямая  $a' b'$  и есть искомая поляръ <sup>1)</sup>. Если бы точка находилась на самомъ мнимомъ кругѣ, то ея поляръ была бы касательная къ противоположной точкѣ. Наконецъ, если точка  $(klm)$  находится внутри круга, то (фиг. 5) отмѣчаемъ сначала противоположную ей точку  $(k'l'm')$ , проводимъ чрезъ послѣднюю произвольную хорду, а изъ концевъ хорды—касательныя къ кругу до пересѣченія въ точкѣ  $a$ ; перпендикуляръ чрезъ точку  $a$  къ діаметру, проходящему чрезъ точки  $(klm)$   $(k'l'm')$ , и есть искомая поляръ.



Фиг. 5.

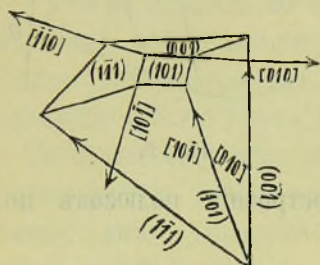
Изъ сказаннаго ясенъ способъ и обратнаго построенія полюсовъ по даннымъ полярамъ.

Для того, чтобы привести въ соотвѣтствіе съ принятымъ здѣсь типомъ формулъ проэктивности и графическія изображенія, и воспользоваться простѣйшимъ способомъ опредѣленія на чертежѣ настоящихъ символовъ, за плоскость проэкции нужно избрать или плоскость, параллельную осямъ  $x_2$  и  $x_3$  или плоскость перпендикулярную къ оси  $x_3$ . Въ прилагаемыхъ таблицахъ я употребляю послѣдній пріемъ въ виду того, что онъ даетъ простѣйшее средство для опредѣленія настоящихъ символовъ граней, и практическому кристаллографу приходится имѣть дѣло съ гранями по преимуществу.

Для того, чтобы чертежъ не заключалъ въ себѣ никакого двусмыслія, необходимо ясно отличать на немъ противоположныя направленія или стороны реберъ и граней т. е. отличать образы, имѣющіе символъ  $(klm)$  отъ образовъ имѣющихъ символъ  $(\bar{k} \bar{l} \bar{m})$ . Какъ извѣстно, съ этою цѣлью были предложены (Mauguin) искусственные пріемы, и то для частныхъ случаевъ,—означенія граней въ линейной проэкции. Я нахожу эти искусственные пріемы совершенно излишними и даже вредными, какъ пріемы, затемняющіе чертежъ. Этого въ самомъ общемъ видѣ можно достигнуть слѣдующимъ, болѣе естественнымъ, пріемомъ, послѣдовательно проведеннымъ на всѣхъ приложенныхъ таблицахъ, а именно: если данный образъ въ проэкции изображается точкою (пересѣченія пѣкоторой прямой съ плоскостью проэкции), всегда при этой точкѣ ставить символъ, соотвѣтствующій естественному направленію даннаго образа, предполагая его исходящимъ изъ центра проэкции, находящагося ниже плоскости чертежа. Если-бы хотѣли выразить, что въ данномъ кристаллѣ присутствуетъ только образъ, имѣющій направленіе, прямо противоположное этому, то ставимъ предъ символомъ знакъ —, и этотъ знакъ выразить одновременно, что нужно измѣнить знаки всѣхъ индексовъ символа

<sup>1)</sup> Приведенный здѣсь способъ построенія и выражаетъ, что кривая проэктивности—кругъ мнимый, какъ это было показано въ § 13 перваго этюда.

и принять направлѣніе, идущее отъ точки въ плоскости проэкціи къ центру проэкціи, т. е. книзу. Если данный образъ выражается въ проэкціи прямою, то приходится на этой прямой различать двѣ противоположныя стороны (аналогично направлѣніямъ), имѣющія противоположные символы. Чтобы опредѣлить, какой именно сторонѣ принадлежитъ одинъ символъ и какой—символъ противоположный, рассмотримъ слѣдующій примѣръ, ясно иллюстрированный на приложенной фигурѣ 6.



Фиг. 6.

Пусть въ проэкціи мы имѣемъ двѣ точки, которымъ принадлежатъ символы  $(101)$   $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ . Для того, чтобы составить символъ образа, выражаемаго прямою, проходящею чрезъ эти точки, поступаемъ какъ обыкновенно:

$$\begin{array}{ccccccccccc} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & . & . & . & . & . & . & a) \\ & \times & \times & \times & & & & & & & & \\ 1 & \bar{1} & \bar{1} & \bar{1} & \bar{1} & . & . & . & . & . & . & b) \end{array}$$

и получаемъ символъ  $(10\bar{1})$ . Назову символъ  $a)$  верхнимъ и символъ  $b)$  нижнимъ. Будемъ всегда представлять себя въ такомъ положеніи, чтобы ноги находились въ центрѣ проэкціи, а лицо было обращено къ той плоскости, которая выражается въ проэкціи прямою, символъ которой требуется опредѣлить: въ такомъ случаѣ прямая, къ которой относится верхній символъ, будетъ находиться вправо, а прямая, къ которой относится нижній символъ, будетъ находиться влѣво. Итакъ, въ данномъ случаѣ символъ  $(10\bar{1})$  принадлежитъ въ проэкціи той сторонѣ прямой, расположившись на которой по указанному правилу мы увидимъ точку  $(101)$  вправо, а точку  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  влѣво. Противоположной сторонѣ будетъ принадлежать и противоположный символъ т. е. символъ  $(\bar{1}01)$ . Если нужно было показать на чертежѣ, что въ данномъ кристаллѣ мы наблюдаемъ только образъ  $(10\bar{1})$ , то мы ставимъ только этотъ символъ и притомъ всегда съ принадлежащей ему стороны; для того-же, чтобы выразить присутствіе противоположныхъ образовъ одновременно, нужно поставить на подлежащихъ сторонахъ оба противоположные символа. Когда-же въ этомъ нѣтъ надобности, какъ напр. при графическомъ рѣшеніи вопросовъ, то достаточно ограничиться лишь символомъ съ одной стороны (но непременно со стороны надлежащей, чтобы не получить невѣрнаго результата) или даже вовсе не выставлять символа, такъ какъ символы, поставленные у точекъ, вполне опредѣляютъ и символы, которые надлежитъ поставить у прямыхъ.

Также просто опредѣлить въ проэкціи надлежащій символъ точки, если въ ней выставлены на надлежащихъ сторонахъ символы прямыхъ, проходящихъ чрезъ эту точку.

Для того, чтобы отчетливо различать на чертежѣ, въ какой проэкціи выраженъ данный образъ, я принялъ на прилагаемыхъ чертежахъ слѣдующія условія (таб. IV.)



*Гномоническую* проеэкцію изображаю *красною* краскою, а близко связанную съ нею *граммостереографическую* проеэкцію—также *красною* краскою, но *пунктирными* линіями; *линейную* проеэкцію я изображаю *зеленою* краскою, а тѣсно связанную съ нею *гномостереографическую* проеэкцію—также зеленою краскою, но *пунктирными* линіями. Наконецъ, самые символы проеэкцій гномонической и линейной я пишу жирными буквами, а проеэкцій стереографическихъ—тонкими буквами.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда одинъ и тотъ-же образъ относится одновременно и къ гномонической и къ линейной проеэкціи, я изображаю его *черною* краскою и при немъ должны одновременно находиться красная и зеленая надписи.

Сопоставивъ все вышесказанное, приходимъ къ слѣдующему построению проеэкцій (см. таблица IV):

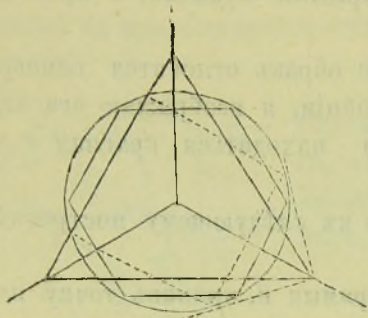
Проводимъ двѣ взаимноперпендикулярныя прямыя и, принявъ точку ихъ пересѣченія за центръ, проводимъ кругъ произвольнаго радіуса (на таблицахъ 30 mm.). Не забудемъ, что концы этихъ радіусовъ на положительныхъ частяхъ этихъ осей соотвѣтствуютъ *проективнымъ* символамъ (011) и (101). Затѣмъ по формуламъ проективности находимъ величины проективныхъ символовъ для граней (001), (011) и (101). Красныя линіи, проходящія черезъ точки (001) и (011) и чрезъ точки (001) и (101) и будутъ осями гномонической проеэкціи, при помощи которыхъ, по изложеннымъ выше правиламъ, легко пайти гномоническую проеэкцію грани съ какимъ угодно символомъ; для большей наглядности, я на всѣхъ чертежахъ строю параллелограмъ по точкамъ (001), (011) и (101), и полученная четвертая точка параллелограма будетъ выражать грань (111). Граммостереографическая проеэкція точки (001) легко получается, поставивъ ножку циркуля въ эту точку и проведя соотвѣтствующую дугу; та-же проеэкція точекъ (010) и (100) выразится діаметрами, перпендикулярными къ осямъ гномонической проеэкціи. Сами оси гномонической проеэкціи выражаютъ ребра (оси поясовъ)—[100] и [010]; построивъ по нимъ, какъ по полярамъ, соотвѣтствующіе полюсы, принявъ проведенный кругъ за мнимый кругъ проективности, найдемъ линейныя проеэкціи тѣхъ-же реберъ, а изъ нихъ легко переходимъ къ гномостереографической ихъ проеэкціи; ребро [001] (вертикальная ось) согласно принятому типу займетъ центръ круга и слѣдовательно окружность этого круга будетъ гномостереографическою проеэкціею того-же ребра.

Такимъ образомъ получаемъ на чертежѣ всѣ данныя для рѣшенія графическимъ путемъ разныхъ задачъ, относящихся къ данному кристаллу.

Для построения гномонической проеэкціи какого нибудь ребра  $[r, r, 1]$  ищемъ грани пересѣченія этого ребра съ осями проеэкціи, т. е. ребрами [100]

и [010] и находимъ  $[0, -\frac{1}{r_2} \cdot 1]$  и  $[-\frac{1}{r_1} \cdot 0, 1]$ . Проведя прямую черезъ точки, выражающія эти грани, мы получаемъ искомую проеэкцію ребра.

Для гексагональной системы построение проекции производится совершенно иначе (см. на таблицах кварцъ и известковый шпатъ). Для этой системы за плоскость проекции я также принимаю плоскость, перпендикулярную къ вертикальной оси, но теперь эта ось (такъ-же, какъ и сама плоскость проекции) имѣетъ символъ [111].



Фиг. 7.

Сначала я строю проекцію въ предположеніи, что имѣю дѣло съ правильной системой, а именно (фиг. 7): провожу кругъ, вписываю въ него правильный шестиугольникъ, строю квадратъ, вписанный въ кругъ такъ, чтобы двѣ его стороны были параллельны двумъ сторонамъ правильного шестиугольника. Изъ двухъ сосѣднихъ вершинъ этого квадрата провожу прямая, касательная къ кругу; точка ихъ пересѣченія и будетъ одною изъ проекцій кристаллографическихъ

осей правильной системы; но этой одной точкѣ безъ труда находятся обѣ другія проекціи тѣхъ-же осей; соединяя-же эти точки, получаемъ правильный треугольникъ, стороны котораго въ линейной проекціи выразятъ плоскости куба, а въ гномонической—ребра того-же куба или главныя оси.

Зная величину коэффициента растяженія по тригональной оси (величина эта получается попутно при вычисленіи коэффициентовъ уравненій проэктивности) для даннаго кристалла, переходимъ къ построению линейной и гномонической проекцій даннаго кристалла съ помощью столь простаго построения, что едва ли нужно здѣсь описывать его, или же, какъ для другихъ системъ, проекціи осей могутъ быть получены съ помощью уравненій проэктивности.

Построение проекціи по даннымъ символамъ для этой системы такъ-же какъ и для правильной, если за плоскость проекціи для послѣдней также примемъ плоскость (111), уже производится не посредствомъ параллелограмовъ, а посредствомъ параллелопипедовъ, строящихся въ самой проекціи. За 1-цу для построения формъ правильной системы нужно принимать разстоянія отъ центра до линейной проекціи кристаллографической оси; понятно, что то-же относится и къ проэктивнымъ символамъ всякихъ кристалловъ вообще; за 1-цу для построения точекъ гномонической проекціи, въ случаѣ гексагональной системы, нужно принимать разстоянія отъ центра до гномоническихъ проекцій плоскостей (100), (010) и (001) (вершины красныхъ трехугольниковъ), а за 1-цу для построения точекъ линейной проекціи той-же системы нужно принимать разстояніе отъ центра до линейныхъ проекцій реберъ [100], [010] и [001] (вершины зеленыхъ трехугольниковъ). Такимъ образомъ, если нужно построить проекціи образа ( $k \ l \ m$ ), мы откладываемъ на соответственныхъ осяхъ величины  $\frac{k}{k+l+m}$ ,  $\frac{l}{k+l+m}$  и  $\frac{m}{k+l+m}$  и строимъ параллелопипедъ въ проэк-



ціи; вершина этого параллелоипеда, противоположная центру, и будетъ выражать искомую проэкцію (гномоническую пр. грани или линейную пр. ребра). Въ случаѣ  $k+l+m=0$  точки, выражающія проэкцію, находятся на бесконечности и притомъ для этого случая проэктивные символы совпадаютъ съ настоящими, какъ это прямо видно и изъ уравненій проэктивности, и выражаютъ призмы или ребра, находящіяся въ базопинакоидѣ (111).

## ГЛАВА I.

### Задачи, рѣшаемыя съ помощью однихъ символовъ.

§ 1. Сюда я отношу тѣ задачи, въ которыхъ данными являются исключительно символы граней или реберъ. Я различаю здѣсь слѣдующіе случаи: А) тѣ, въ которыхъ рѣшенія зависятъ отъ соотношенія между символами граней и реберъ, В) задачи по преобразованію координатъ, С) особыя задачи, относящіяся къ сдвигамъ кристалловъ по нѣкоторымъ плоскостямъ, и наконецъ Д) сюда-же можно отнести задачи по опредѣленію угловъ въ кристаллахъ правильной (кубооктаэдрической) системы по даннымъ символамъ. Последнія задачи, казалось бы, естественнѣе было бы отнести къ общей рубрикѣ задачъ по опредѣленію угловъ по даннымъ символамъ, но я дѣлаю это въ виду того, что характеръ разрѣшенія этихъ задачъ по отношенію къ правильной системѣ существенно отличается отъ разрѣшенія тѣхъ-же задачъ для другихъ системъ, именно полною независимостью отъ какихъ бы то ни было иныхъ величинъ, кромѣ данныхъ символовъ. Это существенное различіе будетъ отгѣнено всего рѣзче отнесеніемъ задачъ этого рода къ рубрикѣ, о которой теперь будетъ рѣчь.

#### А. Задачи, рѣшаемыя на основаніи соотношеній между символами граней и реберъ.

*Задача 1. Даны символы двухъ граней; найти символъ ребра ихъ пересѣченія, или, что все равно, символъ пояса этихъ граней?*

Задача эта непосредственно разрѣшается по форм. 2а) главы II второго этюда.

Пусть напр. двѣ данныя грани имѣютъ символы  $(p_1 p_2 p_3)$  и  $(q_1 q_2 q_3)$ . Въ такомъ случаѣ искомый символъ  $(r_1 r_2 r_3)$  ихъ пересѣченія найдется изъ отношенія:

$$r_1:r_2:r_3 = p_2q_3 - p_3q_2:p_3q_1 - p_1q_3:p_1q_2 - p_2q_1 \quad 1)$$

$$\text{или } r_1:r_2:r_3 = q_2p_3 - q_3p_2:q_3p_1 - q_1p_3:q_1p_2 - q_2p_1$$

Такимъ образомъ рѣшеніе отличается двойственностью, а именно оба рѣшенія получаются съ противоположными знаками. Двойственность эта вызы-

вается самою сущностью задачи и может быть избѣгнута лишь въ томъ случаѣ, когда дано напередъ условіе, опредѣляющее направленіе ребра пересѣченія,

*1-ый численный примѣръ.* Опредѣлить символы реберъ, составляющихъ въ тетартоэдрѣ (421) стороны плоскаго угла, вершина котораго находится въ положительномъ октантѣ на тригональной оси, принявъ эти ребра направляющимися отъ вершины угла?

Въ этой задачѣ уже нѣтъ мѣста двойственности. Напротивъ того, сообразуясь съ правиломъ, объясненнымъ въ введеніи, за верхній, символъ нужно принять тотъ, который относится къ лѣвой грани, если мы представимъ себя расположившимися вдоль ребра тетартоэдра, ногами къ тригональной оси, а лицомъ къ ребру пересѣченія его граней. Такимъ образомъ получаемъ:

$$\begin{array}{ccc} 4 & 2 & 1 & 4 & 2 & & 2 & 1 & 4 & 2 & 1 & & 1 & 4 & 2 & 1 & 4 \\ & \times & \times & \times & & & & \times & \times & \times & & & & \times & \times & \times \\ 2 & 1 & 4 & 2 & 1 & & 1 & 4 & 2 & 1 & 4 & & 4 & 2 & 1 & 4 & 2 \end{array}$$

т. е.

$$[1\bar{2}0]$$

$$[\bar{2}01]$$

$$[01\bar{2}]$$

*Примѣчаніе.* Если бы при опредѣленіи символа ребра мы не давали себѣ отчета въ его направленіи, то при вычисленіи плоскаго угла между двумя ребрами, вмѣсто истиннаго угла, мы могли бы получить его дополненіе до  $180^\circ$ .

*Задача 2.* Даны символы двухъ реберъ; найти символъ проходящей чрезъ нихъ грани?

Рѣшеніе этой задачи, обратной по отношенію къ предыдущей, въ сущности, тождественно съ рѣшеніемъ предыдущей и также приводитъ къ двойственности, если не будетъ дано условія, устраняющаго эту двойственность.

*2-й численный примѣръ.* Опредѣлить символъ граней тетартоэдра, пересѣкающихся въ ребрѣ  $[01\bar{2}]$ , принимая, что обѣ грани находятся въ октантѣ съ положительными направленіями главныхъ осей? <sup>1)</sup>

Послѣднее условіе устраняетъ двойственность и, понятно, приводитъ къ рѣшенію (421) и (142).

## В. ЗАДАЧИ ПО ПРЕОБРАЗОВАНІЮ КООРДИНАТЪ.

§ 2. Въ самомъ общемъ видѣ относящаяся сюда задача состоитъ въ томъ, что 4 какіе нибудь образа, въ составъ которыхъ входятъ и грани и ребра, приравниваются нѣкоторымъ другимъ 4 образамъ, причемъ, конечно, грани приравниваются гранямъ и ребра—ребрамъ, имѣющимъ отличные символы и требуется вывести уравненія, которыя удовлетворялись бы этими 4-мя условіями и по которымъ бы находился новый символъ какого угодно

<sup>1)</sup> Заданіе въ такомъ видѣ можетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ заключать въ себѣ противорѣчіе; противорѣчіе станетъ невозможнымъ и избѣгнется двойственность, если напередъ будетъ извѣстенъ знакъ одного изъ индексовъ символа, лишь бы онъ не оказался равнымъ нулю.



образа, выраженного въ старыхъ символахъ. Но эту задачу легко свести на простѣйшую. Пусть напр. дана параллелизація трехъ паръ граней и одной пары реберъ. Такъ какъ старые символы всѣхъ этихъ образовъ извѣстны, то легко опредѣлить символъ ребра пересѣченія какой-нибудь пары граней, а затѣмъ символъ грани, проходящей чрезъ это ребро и данное. Сдѣлавъ то-же съ новыми символами, найдемъ параллелизацію въ новой парѣ граней, и такимъ образомъ вопросъ сведется къ простѣйшему, когда дана параллелизація четырехъ паръ однородныхъ образовъ, въ данномъ случаѣ граней.

Нужно замѣтить, что въ вопросахъ этого рода теряетъ всякое значеніе то обстоятельство, дана ли параллелизація 4-хъ паръ граней или 4-хъ паръ реберъ, и значитъ именно въ задачахъ по преобразованію координатъ выраженіе дуализма между гранями и ребрами достигаетъ своего апогея.

Рѣшенію задачи въ общемъ видѣ я предпосылаю рѣшеніе слѣдующихъ двухъ болѣе частныхъ задачъ:

*Задача 3. Образы  $(p_{11} p_{12} p_{13}) (p_{21} p_{22} p_{23}) (p_{31} p_{32} p_{33})$  и  $(p_{41} p_{42} p_{43})$  приняты за образы (100) (010) (001) и (111); опредѣлить символъ  $(p'_1 p'_2 p'_3)$  образа, имѣвшаго при первоначальныхъ координатахъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?*

Задача эта была уже рѣшена въ концѣ перваго этюда и составляетъ второй примѣръ, а именно:

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = \frac{\begin{vmatrix} p_1 & p_2 & p_3 \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} p_{41} & p_{42} & p_{43} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_1 & p_2 & p_3 \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_1 & p_2 & p_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} \end{vmatrix}} : \dots \dots \dots 2).$$

Если означимъ субдетерминантъ, дополнительный члену  $p_{ik}$  въ детерминантѣ  $\Delta = \begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}$  чрезъ  $\pi_{ik}$ , то это же отношеніе мы можемъ выразить такъ:

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = \frac{p_1 \pi_{11} + p_2 \pi_{12} + p_3 \pi_{13}}{p_{41} \pi_{11} + p_{42} \pi_{12} + p_{43} \pi_{13}} : \frac{p_1 \pi_{21} + p_2 \pi_{22} + p_3 \pi_{23}}{p_{41} \pi_{21} + p_{42} \pi_{22} + p_{43} \pi_{23}} : \frac{p_1 \pi_{31} + p_2 \pi_{32} + p_3 \pi_{33}}{p_{41} \pi_{31} + p_{42} \pi_{32} + p_{43} \pi_{33}}$$

3-й численный примѣръ. Грани (110) (021) (001) и (110) приняты за грани (100), (010), (001) и (111). Найти при новыхъ координатахъ символъ  $(p'_1 p'_2 p'_3)$  грани, имѣвшей при первоначальныхъ координатахъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Непосредственно выводимъ:

$$p'_1 : p'_2 : p'_3 = \frac{\begin{vmatrix} p_1 & p_2 & p_3 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} 1 & \bar{1} & 0 \\ p_1 & p_2 & p_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \bar{1} & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} 1 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ p_1 & p_2 & p_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{2p_1}{2} : \frac{p_1 + p_2}{2} : \frac{-p_1 - p_2 + 2p_3}{-2} =$$

$$= 2p_1 : p_1 + p_2 : p_1 + p_2 - 2p_3.$$

*Повѣрка.* При рѣшеніи этой задачи повѣрку можно считать необходимою; къ тому-же она чрезвычайно проста.

По выведенной формулѣ грани  $(1\bar{1}0)$  соотвѣтствуетъ грань  $(100)$   
 „  $(021)$  „ „  $(010)$   
 „  $(001)$  „ „  $(00\bar{1})$   
 „  $(110)$  „ „  $(111)$

*Примѣчаніе.* Несовпаденіе въ этомъ случаѣ символа  $(001)$  показываетъ, что грань  $(110)$  такъ расположена относительно трехъ другихъ граней, что ее можно принять за грань  $(111)$  лишь въ томъ случаѣ, если грань  $(001)$  примемъ за  $(00\bar{1})$ ; дѣйствительно, въ этомъ не трудно убѣдиться изъ зональных отношеній данныхъ граней.

По выведенной формулѣ преобразованія координатъ находимъ, напри-  
мѣръ, что

грани или ребру  $(100)$  соотвѣтствуетъ грань или ребро  $(211)$   
 „ „  $(010)$  „ „ „  $(011)$   
 „ „  $(001)$  „ „ „  $(00\bar{1})$   
 „ „  $(111)$  „ „ „  $(110)$  и т. д.

*Задача 4.* Образы  $(100)$ ,  $(010)$ ,  $(001)$  и  $(111)$  приняты за образы  $(p_{11} p_{12} p_{13})$ ,  $(p_{21} p_{22} p_{23})$ ,  $(p_{31} p_{32} p_{33})$ ,  $(p_{41} p_{42} p_{43})$ . Определить символъ  $(p_1' p_2' p_3')$  образа, имѣвшаго при первоначальной системѣ координатъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Согласно предъидущему имѣемъ:

$$p_1 : p_2 : p_3 = \frac{p_1' \pi_{11} + p_2' \pi_{12} + p_3' \pi_{13}}{p_{41} \pi_{11} + p_{42} \pi_{12} + p_{43} \pi_{13}} : \frac{p_1' \pi_{21} + p_2' \pi_{22} + p_3' \pi_{23}}{p_{41} \pi_{21} + p_{42} \pi_{22} + p_{43} \pi_{23}} : \frac{p_1' \pi_{31} + p_2' \pi_{32} + p_3' \pi_{33}}{p_{41} \pi_{31} + p_{42} \pi_{32} + p_{43} \pi_{33}}.$$

Означимъ знаменатели этихъ дробей чрезъ  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  и  $\Delta_3$ . Въ такомъ случаѣ можемъ составить пропорціональныя уравненія:

$$\frac{p_1 \Delta_1}{p_2 \Delta_2} = \frac{p_1' \pi_{11} + p_2' \pi_{12} + p_3' \pi_{13}}{p_1' \pi_{21} + p_2' \pi_{22} + p_3' \pi_{23}},$$

$$\frac{p_2 \Delta_2}{p_3 \Delta_3} = \frac{p_1' \pi_{21} + p_2' \pi_{22} + p_3' \pi_{23}}{p_1' \pi_{31} + p_2' \pi_{32} + p_3' \pi_{33}},$$

изъ которыхъ выводимъ:

$$p_1' : p_2' : p_3' = \left| \frac{p_1 \Delta_1 \pi_{12} \pi_{13}}{p_2 \Delta_2 \pi_{22} \pi_{23}} : \frac{\pi_{11} p_1 \Delta_1 \pi_{13}}{\pi_{21} p_2 \Delta_2 \pi_{23}} : \frac{\pi_{11} \pi_{12} p_1 \Delta_1}{\pi_{21} \pi_{22} p_2 \Delta_2} \right| = p_1 \Delta_1 p_{11} +$$

$$+ p_2 \Delta_2 p_{21} + p_3 \Delta_3 p_{31} : p_1 \Delta_1 p_{12} + p_2 \Delta_2 p_{22} + p_3 \Delta_3 p_{32} :$$

$$: p_1 \Delta_1 p_{13} + p_2 \Delta_2 p_{23} + p_3 \Delta_3 p_{33} . . . . . 3).$$



Здѣсь сокращенъ общій множитель  $\Delta$ . Поэтому, если этотъ детерминантъ имѣетъ отрицательную величину, необходимо измѣнить знаки на противоположные.

4-ый численный примѣръ. Ребра  $[100]$ ,  $[010]$ ,  $[001]$  и  $[111]$  приняты за ребра  $[211]$ ,  $[011]$ ,  $[00\bar{1}]$  и  $[110]$ ; опредѣлить при новыхъ координатахъ символъ  $(p_1' p_2' p_3')$  грани, имѣвшей при первоначальныхъ координатахъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Для этого случая

$$\Delta_1 : \Delta_2 : \Delta_3 = \begin{vmatrix} 110 \\ 011 \\ 00\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 211 \\ 110 \\ 00\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 211 \\ 011 \\ 110 \end{vmatrix} = -1 : -1 : -2.$$

Кромѣ того для даннаго случая  $\Delta = -2$  и значить знаки въ общей формулѣ нужно перемѣнить, а потому

$$p_1' : p_2' : p_3' = 2p_1 : p_1 + p_2 : p_1 + p_2 - 2p_3.$$

Здѣсь мы получили тѣ-же формулы преобразованія координатъ, что и въ предыдущемъ случаѣ, и понятно почему: причина этого та, что заданіе этого случая какъ разъ обратно заданію предыдущаго; тождественность-же формулъ исключаетъ необходимость ихъ повѣрки для даннаго случая.

5-ый численный примѣръ. Грани  $(100)$ ,  $(010)$ ,  $(001)$  и  $(111)$  приняты за грани  $(1\bar{1}0)$ ,  $(021)$ ,  $(00\bar{1})$  и  $(110)$ ; опредѣлить при новыхъ координатахъ символъ  $(p_1' p_2' p_3')$  грани, имѣвшей при первоначальныхъ координатахъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Для этого случая

$$\Delta_1 : \Delta_2 : \Delta_3 = \begin{vmatrix} 110 \\ 021 \\ 00\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 1\bar{1}0 \\ 110 \\ 00\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 1\bar{1}0 \\ 021 \\ 110 \end{vmatrix} = -1 : -1 : -1.$$

Кромѣ того, въ этомъ случаѣ  $\Delta = -1$  и значить знаки въ общей формулѣ нужно перемѣнить, а потому

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 : -p_1 + 2p_2 : p_2 - p_3.$$

Повѣрка. Грани  $(100)$  соотвѣтствуетъ грань  $(1\bar{1}0)$

„  $(010)$  „ „  $(021)$

„  $(001)$  „ „  $(00\bar{1})$

„  $(111)$  „ „  $(110)$

Задача 5. Образы  $(p_{11} p_{12} p_{13})$ ,  $(p_{21} p_{22} p_{23})$ ,  $(p_{31} p_{32} p_{33})$  и  $(p_{41} p_{42} p_{43})$  приняты за образы  $(p_{11}' p_{12}' p_{13}')$ ,  $(p_{21}' p_{22}' p_{23}')$ ,  $(p_{31}' p_{32}' p_{33}')$  и  $(p_{41}' p_{42}' p_{43}')$ . Опредѣлить символъ  $(p_1' p_2' p_3')$  образа, имѣвшаго при первоначальныхъ координатахъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Эта, самая общая, задача по преобразованію координатъ рѣшается въ два приѣма, соотвѣтствующіе рѣшенію двухъ предыдущихъ задачъ, а именно: сначала находимъ формулы преобразованія въ предположеніи, что  $(p_{11} p_{12} p_{13})$ ,  $(p_{21} p_{22} p_{23})$ ,  $(p_{31} p_{32} p_{33})$  и  $(p_{41} p_{42} p_{43})$  приняты за (100), (010), (001) и (111), что возможно, если заданные образы не находятся по три въ одномъ поясѣ, а затѣмъ принимаемъ (100), (010), (001) и (111) за  $(p_{11}' p_{12}' p_{13}')$ ,  $(p_{21}' p_{22}' p_{23}')$ ,  $(p_{31}' p_{32}' p_{33}')$  и  $(p_{41}' p_{42}' p_{43}')$ .

Такого заданія нельзя сдѣлать, чтобы хоть три изъ заданныхъ четырехъ образовъ находились въ одномъ поясѣ, такъ какъ въ задачѣ крылась бы неопредѣленность, ибо не было бы видно, какіе 4 образа принимаются за основные, опредѣляющіе систему координатъ и систему символовъ.

6-й численный примѣръ. Грани (110),  $(\bar{1}\bar{1}0)$ , (111) и  $(1\bar{1}1)$  приняты за грани  $(\bar{1}\bar{1}0)$ , (201),  $(\bar{4}0\bar{1})$  и  $(\bar{1}\bar{1}0)$ . Найти символъ  $(p_1' p_2' p_3')$  грани, имѣвшей при первоначальныхъ осяхъ символъ  $(p_1 p_2 p_3)$ ?

Принявъ первыя 4 грани за (100), (010), (001) и (111) получаемъ:

$$p_1'' : p_2'' : p_3'' = \frac{\begin{vmatrix} p_1 p_2 p_3 \\ \bar{1}\bar{1}0 \\ 111 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \bar{1}\bar{1}1 \\ \bar{1}\bar{1}0 \\ 111 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} 110 \\ p_1 p_2 p_3 \\ 111 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 110 \\ \bar{1}\bar{1}1 \\ 111 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} 110 \\ \bar{1}\bar{1}0 \\ p_1 p_2 p_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 110 \\ \bar{1}\bar{1}0 \\ \bar{1}\bar{1}1 \end{vmatrix}} = -p_1 - p_2 + 2p_3 : p_1 - p_2 : 2p_3.$$

Повѣрка. Грани (110) соотвѣтствуетъ грань  $(\bar{1}\bar{1}0)$

„  $(\bar{1}\bar{1}0)$  „ „  $(010)$

„ (111) „ „ (001)

„  $(1\bar{1}1)$  „ „ (111)

Теперь примемъ грани  $(\bar{1}\bar{1}0)$ , (010), (001) и (111) за грани  $(\bar{1}\bar{1}0)$ , (201),  $(\bar{4}0\bar{1})$  и  $(\bar{1}\bar{1}0)$ .

Для этого случая

$$\Delta_1 : \Delta_2 : \Delta_3 = \frac{\begin{vmatrix} \bar{1} & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \\ \bar{4} & 0 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \bar{1} & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ \bar{4} & 0 & 1 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} \bar{1} & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \bar{1} & 1 & 0 \\ \bar{4} & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}} = -3 : 1 : 1$$

кромѣ того величина  $\Delta = +6$  и значитъ

$$p_1' : p_2' : p_3' = 3p_1'' - 2p_2'' - 4p_3'' : 3p_1'' : p_2'' - p_3'' = -5p_1 - p_2 - 2p_3 : -3p_1 - 3p_2 + 6p_3 : p_1 - p_2 - 2p_3$$

Повѣрка. Грани (110) соотвѣтствуетъ грань  $(\bar{6}\bar{6}0) = (\bar{1}\bar{1}0)$

„  $(\bar{1}\bar{1}0)$  „ „  $(\bar{4}02) = (\bar{2}01)$

„ (111) „ „  $(802) = (\bar{4}0\bar{1})$

„  $(1\bar{1}1)$  „ „  $(\bar{6}\bar{6}0) = (\bar{1}\bar{1}0)$



Мы предложимъ себѣ еще численный примѣръ, рѣшеніе котораго сводить вопросы, относящіеся къ двойникамъ правильной системы, на вопросы относящіеся къ простымъ кристалламъ.

7-ой численный примѣръ. Опредѣлить символы граней двойниковаго кристалла правильной системы, отнесенныхъ къ осямъ первоначальнаго кристалла?

Не трудно опредѣлить, что грани (100), (010) и (001) двойниковаго кристалла, отнесенныя къ системѣ осей первоначальнаго кристалла, примутъ символы (122), ( $\bar{2}\bar{1}2$ ) и ( $22\bar{1}$ ). Вопросъ состоитъ въ томъ, какой символъ получить грань ( $p_1 p_2 p_3$ ) двойниковаго кристалла, если ее отнести къ осямъ перваго?

Этотъ численный примѣръ относится къ задачѣ 4, такъ какъ въ этомъ случаѣ грани (100), (010), (001) и (111) принимаются за грани ( $\bar{1}22$ ), ( $\bar{2}\bar{1}2$ ), ( $22\bar{1}$ ) и (111).

Въ данномъ случаѣ

$$\Delta_1 : \Delta_2 : \Delta_3 = \begin{vmatrix} 111 \\ 2\bar{1}2 \\ 22\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} \bar{1}22 \\ 111 \\ 22\bar{1} \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 122 \\ 2\bar{1}2 \\ 111 \end{vmatrix} = 1:1:1 \text{ и кромѣ того } \Delta = +27, \text{ а потому}$$

$$p_1' : p_2' : p_3' = -p_1 + 2p_2 + 2p_3 : 2p_1 - p_2 + 2p_3 : 2p_1 + 2p_2 - p_3 \quad . . . 4)$$

Это та самая формула, которая связываетъ символы равныхъ направленій голоэдрическаго отдѣленія гексагональной системы (при употребленіи здѣсь символовъ Miller'а). Такимъ образомъ фигуры этого отдѣленія въ смыслѣ проективной связи приходится параллелизовать обыкновеннымъ двойникамъ правильной системы.

### С. Задачи, относящіяся къ сдвигамъ кристалловъ.

§ 3. Здѣсь имѣется въ виду собственно одна задача, по сущности совпадающая съ преобразованиемъ координатъ. Сдвигъ <sup>1)</sup> кристалловъ происходитъ при слѣдующихъ условіяхъ: въ кристаллѣ, подвергающемся сдвигу, можно различать три „основныя плоскости“, совокупность которыхъ образуетъ нѣкоторый параллелопипедъ. Одна изъ плоскостей этого параллелопипеда и есть плоскость сдвига; самый сдвигъ, вызываемый разными агентами, напр. нагрѣваніемъ, но въ особенности механическимъ давленіемъ, имѣетъ такое направленіе и такую величину, что часть основного параллелопипеда, подвергшаяся сдвигу, превращается въ другой параллелопипедъ, симметричный основному, и притомъ плоскость сдвига является плоскостью симметріи.

<sup>1)</sup> Явленіе, на которое обращено въ послѣднее время большое вниманіе минералоговъ, не получило до сихъ поръ строгаго термина; въ Россіи называютъ его напр. скольженіемъ; но такъ какъ оно вполне соответствуетъ тому понятію, которое играетъ большую роль въ третьемъ этюдѣ и которому присвоенъ механическій терминъ „сдвигъ“, то примѣняя его сюда, я не ввожу ничего новаго и притомъ избѣгаю очевидно неправильныхъ терминовъ.

Если бы основныя плоскости имѣли символы (100), (010) и (001) и притомъ плоскость (010) была бы плоскостью сдвига, то грани сдвинутого кристалла измѣнили бы свои символы, а именно измѣнился бы знакъ средняго индекса символа, т. е. какая нибудь грань ( $p_1 p_2 p_3$ ) получила бы символъ ( $p_1 p_2 \bar{p}_3$ ).

Запасшись этимъ предварительнымъ соображеніемъ, не трудно рѣшить задачу въ самомъ общемъ видѣ, т. е.

*Задача 6. Основныя плоскости кристалла, подвергающаяся сдвигу, имѣютъ символы ( $p_{11} p_{12} p_{13}$ ), ( $p_{21} p_{22} p_{23}$ ) и ( $p_{31} p_{32} p_{33}$ ) и притомъ средняя изъ нихъ есть плоскость сдвига. Определить, какой символъ ( $p_1' p_2' p_3'$ ) будетъ имѣть грань, имѣвшая до сдвига символъ ( $p_1 p_2 p_3$ )?*

Примемъ основныя плоскости за плоскости (100), (010), (001), оставляя за плоскостью (111) принадлежащей ей символъ; найдемъ

$$p_1'' : p_2'' : p_3'' = \begin{vmatrix} p_1 p_2 p_3 \\ p_{21} p_{22} p_{23} \\ p_{31} p_{32} p_{33} \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} p_{11} p_{12} p_{13} \\ p_1 p_2 p_3 \\ p_{31} p_{32} p_{33} \\ p_{11} p_{12} p_{13} \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} p_{11} p_{12} p_{13} \\ p_{21} p_{22} p_{23} \\ p_1 p_2 p_3 \\ p_{11} p_{12} p_{13} \\ p_{21} p_{22} p_{23} \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Въ кристаллѣ, подвергшемся сдвигу, грань, имѣвшая символъ ( $p_1'' p_2'' p_3''$ ), приобретаетъ послѣ сдвига символъ ( $p_1' p_2' p_3'$ ), и потому, если означимъ символъ этой грани чрезъ ( $P_1 P_2 P_3$ ), то получимъ

$$P_1 : P_2 : P_3 = \frac{p_1 \pi_{11} + p_2 \pi_{12} + p_3 \pi_{13}}{\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13}} : - \frac{p_1 \pi_{21} + p_2 \pi_{22} + p_3 \pi_{23}}{\pi_{21} + \pi_{22} + \pi_{23}} : \frac{p_1 \pi_{31} + p_2 \pi_{32} + p_3 \pi_{33}}{\pi_{31} + \pi_{32} + \pi_{33}}$$

Теперь произведемъ обратное преобразование координатъ, принявъ (100), (010), (001) за ( $p_{11} p_{12} p_{13}$ ), ( $p_{21} p_{22} p_{23}$ ) и ( $p_{31} p_{32} p_{33}$ ), и найдемъ, какой символъ соответствуетъ плоскости ( $P_1 P_2 P_3$ )?

Въ данномъ случаѣ

$$\Delta_1 : \Delta_2 : \Delta_3 = \pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13} : \pi_{21} + \pi_{22} + \pi_{23} : \pi_{31} + \pi_{32} + \pi_{33}$$

и значитъ

$$\begin{aligned} p_1' : p_2' : p_3' &= P_1 (\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13}) p_{11} + P_2 (\pi_{21} + \pi_{22} + \pi_{23}) p_{21} + \\ &\quad + P_3 (\pi_{31} + \pi_{32} + \pi_{33}) p_{31} : \\ &\quad : P_1 (\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13}) p_{12} + P_2 (\pi_{21} + \pi_{22} + \pi_{23}) p_{22} + \\ &\quad + P_3 (\pi_{31} + \pi_{32} + \pi_{33}) p_{32} : \\ &\quad : P_1 (\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{13}) p_{13} + P_2 (\pi_{21} + \pi_{22} + \pi_{23}) p_{23} + \\ &\quad + P_3 (\pi_{31} + \pi_{32} + \pi_{33}) p_{33} = \\ &= (p_1 \pi_{11} + p_2 \pi_{12} + p_3 \pi_{13}) p_{11} - (p_1 \pi_{21} + p_2 \pi_{22} + p_3 \pi_{23}) p_{21} + \\ &\quad + (p_1 \pi_{31} + p_2 \pi_{32} + p_3 \pi_{33}) p_{31} : \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &: (p_1\pi_{11} + p_2\pi_{12} + p_3\pi_{13})p_{12} - (p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23})p_{22} + \\
 &\quad + (p_1\pi_{31} + p_2\pi_{32} + p_3\pi_{33})p_{32} : \\
 &: (p_1\pi_{11} + p_2\pi_{12} + p_3\pi_{13})p_{13} - (p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23})p_{23} + \\
 &\quad + (p_1\pi_{31} + p_2\pi_{32} + p_3\pi_{33})p_{33} = \\
 &= p_1(\Delta - 2p_{21}\pi_{21}) - 2p_2\pi_{22}p_{21} - 2p_3\pi_{23}p_{21} : p_2(\Delta - 2\pi_{22}p_{22}) - \\
 &\quad - 2p_3\pi_{23}p_{22} - 2p_1\pi_{21}p_{22} : \\
 &: p_3(\Delta - 2\pi_{23}p_{23}) - 2p_1\pi_{21}p_{23} - 2p_2\pi_{22}p_{23}
 \end{aligned}$$

окончательно

$$p_1' : p_2' : p_3' = p_1 \Delta - 2p_{21}(p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23}) : p_2 \Delta - 2p_{22}(p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23}) : p_3 \Delta - 2p_{23}(p_1\pi_{21} + p_2\pi_{22} + p_3\pi_{23}). \quad . . . 5)$$

гдѣ  $\Delta$  означаетъ детерминантъ

$$\begin{vmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{vmatrix}$$

8-й численный примѣръ. Для рутила (по Mügge)  $(p_{11} \ p_{12} \ p_{13}) = (100)$ ,  $(p_{21} \ p_{22} \ p_{23}) = (011)$ ,  $(p_{31} \ p_{32} \ p_{33}) = (0\bar{3}1)$

Отсюда <sup>1)</sup>  $\Delta = 4$ ;  $\pi_{21} = 0$ ,  $\pi_{22} = 1$  и  $\pi_{23} = 3$ , и значить

$$p_1' : p_2' : p_3' = 4p_1 : 4p_2 - 2(p_2 + 3p_3) : 4p_3 - 2(p_2 + 3p_3) = 2p_1 : p_2 - 3p_3 : -p_2 - p_3$$

Такимъ образомъ послѣ сдвига

базопинакоидъ  $(001)$  становится плоск. пирамиды 2-го рода  $(0\bar{3}1)$

грань главн. пирамиды  $(111)$  „ гранью той же пирамиды  $(1\bar{1}\bar{1})$  и т. д.

9-й численный примѣръ. Для известкового шпата  $(p_{11} \ p_{12} \ p_{13}) = (110)$ ,

$$(p_{21} \ p_{22} \ p_{23}) = (101) \text{ и } (p_{31} \ p_{32} \ p_{33}) = (011).$$

Отсюда  $\Delta = -2$ ,  $\pi_{21} = -1$ ,  $\pi_{22} = 1$ ,  $\pi_{23} = -1$ , и значить

$$p_1' : p_2' : p_3' = 2p_1 + 2(-p_1 + p_2 - p_3) : 2p_2 : 2p_3 + 2(-p_1 + p_2 - p_3) = p_2 - p_3 : p_2 : -p_1 + p_2.$$

Такимъ образомъ послѣ сдвига

базопинакоидъ  $(111)$  становится гранью ромбоэдра  $(010)$

грань главнаго ромб.  $(100)$  „ „ „  $(001)$

„ „ „  $(010)$  „ „ базопинакоида  $(111)$

„ „ „  $(001)$  „ „ ромбоэдра  $(\bar{1}00)$  и т. д.

## D. Вычисленіе угловъ по символамъ въ кристаллахъ правильной системы.

§ 4. Вычисленіе можетъ быть произведено съ помощью давно извѣстныхъ формулъ, выведенныхъ какъ частный случай болѣе общихъ формулъ во второмъ этюдѣ въ концѣ § 10, а именно, если  $p$  и  $p'$  двѣ плоскости  $r$  и  $r'$ —два ребра и  $P$  перпендикуляръ къ плоскости, то

<sup>1)</sup> Такъ какъ величина  $\Delta$  получается отрицательная, то по общему правилу измѣнены знаки и всѣхъ остальныхъ величинъ ( $\pi_{22}$  и  $\pi_{23}$ ),

$$cs (pp') = \frac{p_1 p_1' + p_2 p_2' + p_3 p_3'}{\sqrt{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2} \sqrt{p_1'^2 + p_2'^2 + p_3'^2}} \dots \dots \dots 6)$$

$$cs (rr') = \frac{r_1 r_1' + r_2 r_2' + r_3 r_3'}{\sqrt{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2} \sqrt{r_1'^2 + r_2'^2 + r_3'^2}} \dots \dots \dots 7)$$

$$cs (rP) = \frac{p_1 r_1 + p_2 r_2 + p_3 r_3}{\sqrt{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2} \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2}} \dots \dots \dots 8)$$

Такимъ образомъ, вычисленіе косинусовъ угловъ по даннымъ символамъ производится въ правильной системѣ по одной и той-же формулѣ, независимо отъ того, относятся ли символы къ гранямъ или къ ребрамъ. Слѣдовательно, что бы ни выражали два образа  $a$  или  $b$ , косинусъ между ними всегда получается по формулѣ

$$cs (ab) = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}} \dots \dots \dots 9)$$

Изъ выраженія косинуса легко перейдемъ къ выраженію для синуса, а именно:

$$\begin{aligned} sn (ab) &= \sqrt{1 - \frac{|a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3|^2}{(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)}} = \\ &= \sqrt{\frac{(a_2 b_3 - a_3 b_2)^2 + (a_3 b_1 - a_1 b_3)^2 + (a_1 b_2 - a_2 b_1)^2}{(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)}} = \\ &= \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2}{(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)}} \dots \dots \dots 10) \end{aligned}$$

Здѣсь величины  $(z_1 z_2 z_3)$  въ случаѣ, если оба образа грани, пропорціональны индексамъ символа ихъ ребра пересѣченія или оси пояса, въ случаѣ, если оба образа—ребра, они пропорціональны индексамъ символа грани (ребрового пояса), проходящей чрезъ эти ребро; наконецъ, въ случаѣ, если одинъ образъ—грань, а другой—ребро, величины  $(z_1 z_2 z_3)$  не имѣютъ простаго геометрическаго смысла, и я условно назову ихъ индексами сложнаго пояса.

При вычисленіи по формулѣ 10) нужно однако имѣть въ виду, что величины  $(z_1 z_2 z_3)$  только пропорціональны индексамъ символа пояса, по не равны имъ, такъ какъ за индексы принимаются числа, не имѣющія общихъ дѣлителей, а въ числахъ  $(z_1 z_2 z_3)$  такой общій дѣлитель можетъ находиться.



Назвавъ его поясовымъ коэффициентомъ <sup>1)</sup>, означивъ его черкъ  $k$ , и принявъ впредь за символъ пояса  $(Z_1 Z_2 Z_3)$ , найдемъ, что

$$\sin(ab) = k \sqrt{\frac{Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2}{(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2)(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2)}} \quad . \quad . \quad . \quad 10a)$$

*Примѣчаніе.* Коэффициентъ  $k$  легко находится непосредственнымъ опредѣленіемъ одного изъ индексовъ символа пояса. Напр. въ 1-мъ численномъ примѣрѣ мы нашли, что двѣ грани  $(421)$  и  $(214)$  пересѣкаются въ ребрѣ  $(1\bar{2}0)$ ; непосредственное вычисленіе перваго индекса даетъ  $2 \cdot 4 - 1 \cdot 1 = 7$  и, значитъ, въ этомъ случаѣ  $k=7$ .

Раздѣливъ 10a) на 9), непосредственно получаемъ:

$$\tan(ab) = \frac{k \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2}}{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3} \quad . \quad . \quad . \quad 11)$$

Вообще, эту формулу слѣдуетъ предпочесть предъидущимъ; помимо простоты она представляетъ и то преимущество, что по ней вычисленіе угловъ производится съ большею точностью, такъ какъ величины тангенсовъ варьируютъ въ болѣе широкихъ размѣрахъ, чѣмъ величины синусовъ или косинусовъ.

Во всѣхъ приведенныхъ формулахъ предъ корнемъ подразумѣвается знакъ  $+$ ; только при этомъ условіи вычисленіе приведетъ къ истинному углу, а не къ его дополненію до  $180^\circ$ . Также и величина  $k$  можетъ входить въ эти формулы только со знакомъ  $+$ .

§ 5. 10-й численный примѣръ. Вычислить плоскій уголъ тетартоэдра въ грани  $(421)$ , вершина котораго на тригональной оси?

Символъ грани  $(421)$  есть символъ реброваго пояса двухъ реберъ  $(1\bar{2}0)$  и  $(01\bar{2})$ . Коэффициентъ пояса  $k=1$ , а потому

$$\tan(ab) = \frac{\sqrt{16+4+1}}{1.0+1.(-2)+(-2).0} = - \frac{\sqrt{21}}{2}$$

$$\log \sqrt{21} = 1,322219$$

$$\log \sqrt{21} = 0,661110$$

$$- \log 2 = 1,698970$$

$$\lg \tan(180^\circ - ab) = 0,360080 = \lg \tan 66^\circ 25' 19''$$

Слѣдовательно, искомый уголъ =  **$113^\circ 34' 41''$** .

*Графическое рѣшеніе* въ проэкціи на плоскость  $(001)$  см. табл. IV фиг. I, *графическое рѣшеніе* въ проэкціи на плоскость  $(111)$  см. фиг. II.

11-й численный примѣръ. Вычислить двугранный уголъ того-же тетартоэдра  $(421)$  при ребрѣ  $(01\bar{2})$  ?

<sup>1)</sup> Junghann называетъ этотъ коэффициентъ „Polfactor“.

Двѣ грани, пересѣкающіяся въ этомъ ребрѣ, имѣютъ символы (142) и (421). Коэффициентъ  $k=7$ , а потому

$$\lg(ab) = \frac{7 \sqrt{1+4}}{1.4+4.2+2.1} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\lg 5 = 0,698970$$

$$\lg \sqrt{5} = 0,349485$$

$$- \lg 2 = 1,698970$$

$$\lg \lg(ab) = 0,048455 = \lg \lg 48^{\circ}11'23''$$

Слѣдовательно искомый (внѣшній) уголъ =  $48^{\circ}11'23''$ .

*Графическія рѣшенія на тѣхъ-же фигурахъ.*

12-й численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранью (421) и ребромъ (201) въ томъ-же тетраэдрѣ?

Символь сложнаго пояса  $(0.1+1.2-1.4-2.1 \ 2.2-0.4)=2^{\circ} (1\bar{3}2)$

$$\text{Отсюда } \lg(ab) = \frac{2 \sqrt{1+9+4}}{8-1} = \frac{2 \sqrt{14}}{7} = \sqrt{\frac{8}{7}}$$

$$\lg \frac{8}{7} = 0,057992$$

$$\lg \lg(ab) = \lg \sqrt{\frac{8}{7}} = 0,028993 = \lg \lg 46^{\circ}54'41''.$$

*Примѣчаніе.* Не забудемъ, что вычисленный уголъ есть уголъ между ребромъ взятаго направленія и нормалью къ данной плоскости; уголъ между ребромъ и самою гранью будетъ  $43^{\circ}5'19''$ .

*Графическія рѣшенія на тѣхъ же фигурахъ.*

## ГЛАВА II.

### Зональныя вычисленія.

§ 6. Основанія этихъ вычисленій, установленныхъ Miller'омъ, были изложены во второмъ этюдѣ въ главѣ III. Вычисленія эти имѣютъ мѣсто въ тѣхъ случаяхъ, когда всѣ данныя относятся къ одному и тому-же поясу, а случаи эти очень часты, почему и вычисленія этого рода имѣютъ большую важность.

Полный дуализмъ между гранями и ребрами имѣетъ своимъ результатомъ то, что и здѣсь ходъ вычисленія не зависитъ отъ того, имѣемъ ли мы дѣло съ первыми или вторыми, почему и относящіяся сюда задачи можно свести къ двумъ слѣдующимъ.

*Задача 1.* Даны углы между четырьмя образами  $p, p', p''$  и  $p'''$  одного пояса и известны символы образовъ  $p, p'$  и  $p''$ ; опредѣлить символъ образа  $p'''$ ?



Задача эта рѣшается на основаніи форм. 6) главы Ш второго этюда, а именно:

$$\frac{(p p')_i}{(p' p'')_i} : \frac{(p p'')_i}{(p' p''')_i} = \frac{\text{sn}(p p')}{\text{sn}(p' p'')} : \frac{\text{sn}(p p'')}{\text{sn}(p' p''')} = \mathfrak{A}$$

Здѣсь каждое изъ выраженій  $(p p'')_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) означаетъ опредѣленный детерминантъ, составленный изъ символовъ, напр.

$$(p p')_1 = \begin{vmatrix} p_2 p_2'' \\ p_3 p_3'' \end{vmatrix}, (p p')_2 = \begin{vmatrix} p_3 p_3'' \\ p_1 p_1'' \end{vmatrix}, (p p')_3 = \begin{vmatrix} p_1 p_1'' \\ p_2 p_2'' \end{vmatrix}, (p' p'')_1 = \begin{vmatrix} p_2' p_2'' \\ p_3' p_3'' \end{vmatrix} \text{ и т. д.}$$

Такъ какъ углы между всѣми образами извѣстны, то легко опредѣлить величину ангармонического отношенія  $\mathfrak{A}$  и вмѣстѣ съ тѣмъ, отношеніе нѣкоторыхъ двухъ индексовъ символа образа  $p'''$ ; кромѣ того намъ извѣстенъ символъ самого пояса, и если означимъ его чрезъ  $(r_1 r_2 r_3)$ , то на основаніи форм. 1а) главы II второго этюда имѣемъ еще соотношеніе  $p_1''' r_1 + p_2''' r_2 + p_3''' r_3 = 0$ ; этихъ двухъ данныхъ достаточно для полнаго опредѣленія искомого символа.

13-ый численный примѣръ. Даны три грани одного пояса:  $p = (0\bar{2}1)$ ,  $p' = (2\bar{4}1)$  и  $p'' = (1\bar{1}0)$  и углы  $(p p') = 31^\circ 46'$ ,  $(p' p'') = 21^\circ 28'$  и  $(p'' p''') = 19^\circ 22'$ . Требуется найти символъ грани  $p'''$ ?

Символь данного пояса  $[112]$ .

Кромѣ того, углы  $(p p'') = 53^\circ 14'$ ,  $(p' p''') = 40^\circ 50'$ ,  $(p p''') = 72^\circ 36'$ .

$$\text{Отсюда} = \frac{\text{sn } 53^\circ 14' \cdot \text{sn } 40^\circ 50'}{\text{sn } 21^\circ 28' \cdot \text{sn } 72^\circ 36'}$$

$$\log \text{sn } 53^\circ 14' = 1,903676$$

$$\log \text{sn } 40^\circ 50' = 1,815485$$

$$- \log \text{sn } 21^\circ 28' = 0,436567$$

$$- \log \text{sn } 72^\circ 36' = 0,020342$$

$$\text{ld } OI = 0,176070 = \log 1,4999$$

Такимъ образомъ, съ достаточною точностью можно принять  $\mathfrak{A} = 1,5$   
Отсюда

$$1,5 = \frac{|p p''|_2}{|p' p''|_2} : \frac{|p p'''|_2}{|p' p'''|_2} = \frac{\begin{vmatrix} 10 \\ 01 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 10 \\ 21 \end{vmatrix}} : \frac{\begin{vmatrix} 1 & p_3''' \\ 0 & p_1''' \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & p_3''' \\ 2 & p_1''' \end{vmatrix}} = \frac{p_1''' - 2p_3'''}{p_1'''}.$$

т. е.  $0,5 p_1''' = -2 p_3'''$  или  $p_1''' : p_3''' = -2 : 0,5 = -4 : 1$ .

Кромѣ того, вслѣдствіе принадлежности грани  $p'''$  поясу  $[112]$  имѣемъ еще  $p_1''' + p_2''' + 2p_3''' = 0$  или  $-4 + p_2''' + 2 = 0$ , откуда  $p_2''' = 2$ , и потому символъ искомой грани  $(\bar{4}21)$  или  $(4\bar{2}1)$ .

Эта двойственность въ рѣшеніи является слабою стороною способа, такъ какъ во всякомъ данномъ случаѣ вѣрнымъ является лишь одно изъ рѣшеній. Вообще, по положенію плоскости возможно непосредственно видѣть,

какое изъ нихъ вѣрное. Но въ случаѣ, если бы оставалось сомнѣніе, можно примѣнить слѣдующій приемъ <sup>1)</sup>: искома плоскость образуетъ съ плоскостью  $p''$  уголъ  $19^{\circ}22'$  меньшій чѣмъ  $180^{\circ}$  и слѣдовательно находится внутри иф-котораго пояса, проходящаго чрезъ  $p'' = (1\bar{1}0)$  и напр. чрезъ грань  $(100)$ ; согласно съ правиломъ, объясненнымъ во введеніи, для полученія символа этого пояса верхнимъ составляющимъ символомъ нужно принять символъ  $(100)$ , а потому символъ самого пояса будетъ  $(001)$ ; если бы для искомой грани приняли символъ  $(421)$ , то получили бы  $4.0 + 2.0 + 1.\bar{1} = -1$ , т. е. будто грань находится внѣ этого символа, а не внутри; слѣдовательно, искомый символъ  $(4\bar{2}\bar{1})$ .

*Графическое рѣшеніе.* Вообще, въ тѣхъ случаяхъ, когда по угламъ нужно опредѣлить символъ, на графическое рѣшеніе можно смотрѣть какъ на окончательное, которымъ можно ограничиться. Только тогда, когда въ полученномъ символѣ является сомнѣніе, особенно необходимо подвергнуть полученный результатъ повѣркѣ (вообще всегда сопровождающей всякія вычисленія) при помощи вычисленія. Въ данномъ случаѣ графическое рѣшеніе представляетъ еще то преимущество, что даетъ сразу вѣрное рѣшеніе, конечно, лишь при условіи соблюденія всѣхъ правилъ, объясненныхъ въ введеніи.

Рѣшенія зональных вопросовъ представляютъ ту особенность, что они независимы отъ элементовъ кристалла, которые могутъ оставаться неизвѣстными; поэтому при рѣшеніи этихъ вопросовъ графическимъ путемъ непосредственно пользуемся правилами Новой Геометріи.

Переходя къ рѣшенію даннаго вопроса мы ради простоты отмѣчаемъ на чертежѣ (табл. IV фиг. III) точки  $p$ ,  $p'$  и  $p''$  такъ, какъ будто они были гномоническими проэкціями правильной системы (въ случаѣ реберъ можно было бы смотрѣть на тѣже точки, какъ на линейныя проэціи). Затѣмъ изъ центра проэкціи  $O$  проводимъ прямую  $Op$  и прямыя  $Op_1'$ ,  $Op_1''$  и  $Op_1'''$  подъ заданными углами; изъ точки  $p$  проводимъ произвольную прямую, которая пересѣкаетъ только что проведенныя прямыя въ точкахъ  $p_1'$ ,  $p_1''$  и  $p_1'''$ ; соединяемъ прямыми точки  $p'$  съ  $p_1'$  и  $p''$  съ  $p_1''$  (такъ какъ въ данномъ случаѣ точка  $p''$  находится въ безконечности, то прямая, соединяющая эту точку съ точкою  $p_1''$  параллельна прямой  $pp''$ , выражающей поясъ данныхъ граней) и продолжаемъ ихъ до пересѣченія въ точкѣ  $O'$ , и наконецъ соединяемъ точку  $p_1'''$  съ точкою  $O'$  и продолжаемъ прямую до пересѣченія съ прямою  $pp''$  въ точкѣ  $p'''$ , которая и будетъ гномоническою проэкціею искомой 4-ой грани пояса. Координаты этой точки  $(-4, +2)$ , по такъ какъ со-

---

<sup>1)</sup> Приемъ этотъ былъ употребленъ мною въ замѣткѣ: „Попытка выразить краткимъ знакомъ символы всѣхъ равныхъ направленій“. Зап. Мин. Общ. Ч. XXIII. Здѣсь было объяснено, что подъ выраженіемъ „грань находится внутри пояса“ нужно подразумѣвать, что ся полюсъ въ той половинѣ сферы, куда идетъ принятое направленіе осс этого пояса.



гласно углу между прямыми  $Op_1''$  и  $Op_1'''$  и прямая  $O'p'''$  имѣть направле-  
ніе не къ точкѣ  $p'''$ , а обратное, то значить за координаты искомой точки  
нужно принять  $(+4, -2, -1)$ , а не  $(-4, +2, +1)$ .

Теперь перейдемъ къ рѣшенію обратной задачи.

§ 7. *Задача 2.* Даны символы четырехъ образовъ  $p$   $p'$   $p''$  и  $p'''$  од-  
ного пояса и угловыя отношенія между образами  $p$   $p'$  и  $p''$ ; опредѣлить  
угловыя отношенія  $p'''$  къ даннымъ образамъ пояса?

Способъ рѣшенія этой задачи съ достаточною полнотою изложенъ въ  
§ 14 второго этюда, а потому прямо перейдемъ къ численному примѣру.

14-ый численный примѣръ. Даны символы четырехъ плоскостей  $p =$   
 $= (0\bar{2}1)$ ,  $p' = (24\bar{1})$ ,  $p'' = (1\bar{1}0)$  и  $p''' = (4\bar{2}1)$  одного пояса и углы  $(pp'') =$   
 $= 53^\circ 14'$ ,  $(p'p'') = 21^\circ 28'$  и требуется вычислить уголъ  $(p''p''')$ ?

$$\text{Имѣемъ } \kappa = \frac{\left| \begin{smallmatrix} p & p'' \\ p' & p'' \end{smallmatrix} \right|_2}{\left| \begin{smallmatrix} p & p''' \\ p' & p''' \end{smallmatrix} \right|_2} = \frac{\left| \begin{smallmatrix} 10 \\ 01 \end{smallmatrix} \right|}{\left| \begin{smallmatrix} 10 \\ 21 \end{smallmatrix} \right|} \cdot \frac{\left| \begin{smallmatrix} 11 \\ 04 \end{smallmatrix} \right|}{\left| \begin{smallmatrix} 11 \\ 24 \end{smallmatrix} \right|} = \frac{6}{4} = 1,5.$$

Итакъ  $1,5 = \frac{\text{sn}(pp'') \cdot \text{sn}(p'p''')}{\text{sn}(p'p'') \cdot \text{sn}(pp''')}$ . Вычисляемъ вспомогательный уголъ по

$$\text{формулы } \kappa \frac{\text{sn}(p'p''')}{\text{sn}(pp'')} = \text{tg} a'$$

$$\log 1,5 = 0,176091$$

$$\log \text{sn } 21^\circ 28' = \bar{1},563493$$

$$- \log \text{sn } 53^\circ 14' = 0,096324$$

$$\log \text{tg } a' = \bar{1},835848 = \log \text{tg } 34^\circ 25'.$$

Такимъ образомъ формула  $\text{tg} \left\{ (pp''') - \frac{1}{2} (pp') \right\} = \text{tg} \left( \frac{\pi}{4} + a' \right) \text{tg} \frac{1}{2} (pp')$   
принимаетъ для даннаго случая видъ

$$\text{tg} \{ (pp''') - 15^\circ 53' \} = \text{tg } 79^\circ 25' \text{tg } 15^\circ 53'$$

$$\log \text{tg } 79^\circ 25' = 0,728521$$

$$\log \text{tg } 15^\circ 53' = \bar{1},454148$$

$$\log \text{tg} \{ (pp''') - 15^\circ 53' \} = 0,182669 = \log \text{tg } 56^\circ 43'.$$

Слѣдовательно  $(pp''') = 56^\circ 43' + 15^\circ 53' = 72^\circ 36'$  и значить  $(p''p''') =$   
 $= 72^\circ 36' - 53^\circ 14' = 19^\circ 22'.$

*Графическое рѣшеніе.* Все различіе сравнительно съ предъидущимъ  
состоитъ въ томъ, что, получивъ точку  $O'$ , соединяемъ ее не съ  $p_1'''$  (неиз-  
вѣстной), а съ  $p'''$  (данною) и, получивъ точку  $p_1'''$ , соединяемъ ее съ цент-  
ромъ; уголъ между  $Op_1''$  и  $Op_1'''$  и будетъ искомый.

Въ такихъ случаяхъ, когда ангармоническое отношеніе равно—1 (такъ  
называемое гармоническое отношеніе), вычисленіе можетъ быть произведено  
по простой формулѣ  $2\text{ctg}(12) = \text{ctg}(13) + \text{ctg}(14)$  (см. второй этюдъ, глава II,  
форм. 8).

Сюда относятся случаи, когда известны, например, угловые отношенія двухъ пинакоидовъ вертикальнаго пояса и одной изъ граней главной призмы (например, правой) и требуется опредѣлить угловые отношенія другой грани призмы, или когда известны угловые отношенія базопинакоида и, например, макропинакоида и одной изъ плоскостей главной макродомы и требуется опредѣлить угловые отношенія другой плоскости макродомы и т. п.

**15-й численный примѣръ.** Известны угловые отношенія  $1 = (010)$ ,  $3 = (110)$  и  $4 = (1\bar{1}0)$ , а именно  $(13) = 58^\circ 4'$  и  $(34) = 59^\circ 29'$ ; опредѣлить угловые отношенія грани  $2 = (100)$ ?

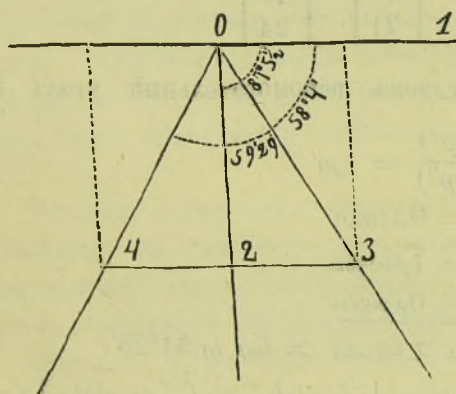
Въ данномъ случаѣ  $(13) = 58^\circ 4'$ ,  $(14) = 117^\circ 33'$ .

$$\log \operatorname{ctg} 58^\circ 4' = \bar{1},794664 = \log 0,62325.$$

$$\log \operatorname{ctg} 62^\circ 27' = \bar{1},717401 = \log 0,52168.$$

Отсюда  $2 \operatorname{ctg} (12) = 0,62325 - 0,52168 = 0,10157$  или  $\operatorname{ctg} (12) = 0,05079$

$$\log \operatorname{ctg} (12) = \log 0,05079 = \bar{2},705778 = \log \operatorname{ctg} 87^\circ 51'/_2.$$



Фиг. 8.

примѣръ, прямая 1, 2, 3 и т. п.

**Графическое рѣшеніе** (Фиг. 8).

Упрощеніе графическаго рѣшенія идетъ параллельно упрощенію путемъ вычисленія: проводимъ подѣ данными углами прямая 1, 3 и 4; затѣмъ проводимъ прямую 34 параллельно прямой 01; дѣлимъ 34 пополамъ и полученную середину соединяемъ съ точкою 0 прямою, которая и будетъ искомая прямая 2. Изъ этого-же чертежа непосредственно видно, какъ нужно поступать, когда даны, на-

### ГЛАВА III.

#### Опредѣленіе угловъ по даннымъ символамъ.

§ 8. Въ введеніи было объяснено, что вычисленіе угловъ по даннымъ символамъ можетъ быть произведено по формуламъ, выведеннымъ для правильной системы, т. е. форм. 9), 10a), и 11), главы I, если вмѣсто настоящихъ символовъ въ эти формулы внесемъ значенія символовъ проэктивныхъ, и значить для такихъ вычисленій необходимо имѣть предѣ собою готовые уравненія проэктивности, относящіяся къ тому кристаллу, углы котораго составляютъ задачу вычисленія.

Вслѣдствіе различнаго вида этихъ уравненій для разныхъ системъ, я изложу ходъ вычисленій по системамъ.



## Триклинноэдрическая система.

16-й численный примѣръ. Определить уравненія проэективности для апортита?

Беру данныя изъ вычислений Liebisch'a (въ его Geometrische Krystallographie) на основаніи измѣреній Klein'a, а именно:

$$c_1 : c_2 : c_3 = 0,634743 : 1 : 0,550159$$

$$X_1' = 93^\circ 13' 7''_{1/2}, \quad X_2' = 115^\circ 56' 1'' \text{ и } x_3' = 87^\circ 5' 33''.$$

Для вычислений составляемъ таблицу:

$$\log \operatorname{sn} X_1' = \bar{1},999315$$

$$\log c_1 = \bar{1},802598.$$

$$\log \operatorname{cs}(\pi - X_1') = \bar{2},749336$$

$$c_2 = 1$$

$$\log \operatorname{ctg}(\pi - X_1') = \bar{2},750021 = \log 0,056234$$

$$\log c_3 = \bar{1},740488$$

$$\log \operatorname{sn} X_2' = \bar{1},953905$$

$$\log \operatorname{ctg}(\pi - X_2') = \bar{1},686903$$

$$\log \operatorname{sn} x_3' = \bar{1},999440$$

$$\log \operatorname{ctg} x_3' = \bar{2},705770 = \log 0,050789$$

Изъ этой таблицы прямо находимъ  $b_1 = -\operatorname{ctg} x_3' = -0,050789$

$$a_5 = -\operatorname{ctg} X_1' = 0,056234$$

Далѣе  $\log \operatorname{sn} X_1' = \bar{1},999315$

$$\log \operatorname{ctg}(\pi - X_2') = \bar{1},686903$$

$$-\log c_1 = 0,197402$$

$$-\log \operatorname{sn} x_3' = 0,000560$$

$$-\log \operatorname{sn} X_2' = 0,046095$$

$$-\log \operatorname{sn} x_3' = 0,000560$$

---


$$\log (-b_3) = \bar{1},687463 = \log 0,486926$$

$$\log b_2 = 0,243372 = \log 1,751344$$

$$\log \operatorname{cs}(\pi - X_1') = \bar{2},749336$$

$$\log c_3 = \bar{1},740488$$

$$-\log c_1 = 0,197402$$

$$-\log c_1 = 0,197402$$

$$-\log \operatorname{sn} X_2' = 0,046095$$

$$-\log \operatorname{sn} X_2' = 0,046095$$

$$-\log \operatorname{sn} x_3' = 0,000560$$

$$-\log \operatorname{sn} x_3' = 0,000560$$

---


$$\log (-b_4) = \bar{2},993393 = \log 0,098490$$

$$\log b_5 = \bar{1},984545 = \log 0,965040$$

$$\log a_1 = \log b_5 = \bar{1},984545 = \log 0,965040$$

$$\log (-b_1) = \bar{2},705770$$

$$\log (-b_1) = \bar{2},705770$$

$$\log b_5 = \bar{1},984545$$

$$\log (-b_4) = \bar{2},993393$$

$$-\log b_2 = \bar{1},756628$$

$$-\log b_2 = \bar{1},756628$$

---


$$-\log a_2 = \bar{2},446943 = \log 0,027990$$

$$\bar{3},455791 = \log 0,002856$$

$$+ 0,486926$$

---


$$a_3 = 0,489782$$

$$\log b_5 = \bar{1},984545$$

$$-\log b_2 = \bar{1},756628$$

$$\log a_4 = \bar{1},741173 = \log 0,551028.$$

Итакъ уравненія проэктивности анортита для реберъ

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{b_1 r_1 + b_2 r_2} = \frac{r_1}{-0,050789 r_1 + 1,751344 r_2}$$

$$\frac{r_1'}{r_3'} = \frac{r_1}{b_3 r_1 + b_4 r_2 + b_5 r_3} = \frac{r_1}{-0,486926 r_1 - 0,098490 r_2 + 0,965040 r_3}$$

для граней

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{a_1 p_1 + a_2 p_2 + a_3 p_3}{a_4 p_2 + a_5 p_3} = \frac{0,965040 p_1 + 0,027990 p_2 + 0,489782 p_3}{0,551028 p_2 + 0,056234 p_3}$$

$$\frac{p_1'}{p_3'} = \frac{p_1}{p_3}$$

*Графическое изображение* см. фиг. IV.

Опредѣливъ уравненія проэктивности, необходимо произвести ихъ повѣрку. Полная повѣрка будетъ состоять въ вычисленіи по нимъ всѣхъ тѣхъ чиселъ, которыя послужили исходнымъ пунктомъ для ихъ опредѣленія. Слѣдующіе 4 численные примѣра, служащіе повѣркою самихъ уравненій, въ то же время представляютъ самые разнообразныя примѣры вычисленія угловъ по символамъ съ помощью уравненій проэктивности.

17-й численный примѣръ. Вычислить плоскій уголъ между ребрами [010] и [001]?

Символь [010] нужно замѣнить символомъ [0.1,751344.—0,098490]

” [001] ” ” ” [001]

Символь пояса (100) этихъ реберъ будетъ 1,751344 (100)

$$\text{Поэтому } tg X_1' = \frac{1,751344}{-0,098490}$$

$$\log 1,751344 = 0,243372$$

$$-\log 0,098490 = 1,006607$$

$$\log tg (\pi - X_1') = 1,249979 = \lg tg 86^\circ 46' 52'' \text{ т. е. } X_1' = 93^\circ 13' 8''.$$

*Графическое рѣшеніе* см. фиг. IV.

18-й численный примѣръ. Вычислить плоскій уголъ между ребрами [001] и [100]?

Символь [001] нужно замѣнить символомъ [001]

” [100] ” ” ” [1.—0,050789.—0,486926].

Символь пояса (010) этихъ реберъ будетъ (0,050789.1.0)

$$\text{Поэтому } tg X_2' = \frac{\sqrt{(0,050789)^2 + 1}}{-0,486926}$$

$$\log 0,050789 = \bar{2},705770$$

$$\log (0,050789)^2 = \bar{3},411540 = \log 0,0025795$$

$$+ 1$$

$$1,0025795$$

$$\log 1,0025795 = 0,001118$$

$$\log \sqrt{1,0025795} = 0,000559$$

$$-\log 0,486926 = 0,312537$$

$$\log tg (\pi - X_2') = 0,313096 = \log tg 64^\circ 3' 59''$$



Отсюда  $X_2' = 115^\circ 36' 1''$ .

*Графическое решение* см. табл. IV фиг. IV.

19-й численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранями (100) и (010)?

Символь (100) нужно замѣнить символомъ (100)

" (010) " " " (0,027990 . 0,551028 . 0)

Символь пояса [001] этихъ двухъ граней 0,551028 [001].

$$\text{Поэтому } tg x_3' = \frac{0,551028}{0,027990}$$

$$\log 0,551028 = 1,741174$$

$$-\log 0,027990 = 1,553059$$

$$\log tg x_3' = 1,294233 = \log tg 87^\circ 5' 33''.$$

*Графическое решение* см. фиг. IV.

20-ый численный примѣръ. Определить основные параметры анортита?

На основаніи форм. 6) главы II, второго этюда

$$\frac{1}{c_1} : \frac{1}{c_2} : \frac{1}{c_3} = cs \{ (111) [100] \} : cs \{ (111) [010] \} : cs \{ (111) [001] \}$$

и слѣдовательно этотъ вопросъ также сводится къ опредѣленію косинусовъ угловъ по даннымъ символамъ.

Символь (111) нужно замѣнить символомъ (1,482812 . 0,607262 . 1)

" [100] " " " [1.—0,050789.—0,486926]

" [010] " " " [0 . 1,751344.—0,098490]

" [001] " " " [0 . 0 . 1]

$$\text{Поэтому } cs \{ (111) [100] \} = \frac{1,482812 - 0,607262 \cdot 0,050789 - 0,486926}{\sqrt{(1,482812)^2 + (0,607262)^2 + 1} \sqrt{1 + (0,050789)^2 + (0,486926)^2}}$$

$$cs \{ (111) [010] \} = \frac{0,607262 \cdot 1,751344 - 0,098490}{\sqrt{(1,482812)^2 + (0,607262)^2 + 1} \sqrt{(1,751344)^2 + (0,098490)^2}}$$

$$cs \{ (111) [001] \} = \frac{1}{\sqrt{(1,482812)^2 + (0,607262)^2 + 1}}$$

Отсюда  $c_1 : c_2 : c_3 =$

$$= \frac{\sqrt{1 + (0,050789)^2 + (0,486926)^2}}{1,482812 - 0,607262 \cdot 0,050789 - 0,486926} : \frac{\sqrt{(1,751344)^2 + (0,098490)^2}}{0,607262 \cdot 1,751344 - 0,098490} : 1$$

$$\log (0,050789)^2 = 3,411534 = \log 0,0025795 \quad \log (1,751344)^2 = 0,486742 = \log 3,067199$$

$$\log (0,486926)^2 = 1,374926 = \log 0,2370967 \quad \log (0,098490)^2 = 3,986780 = \log 0,009700$$

$$\begin{array}{r} 0,239676 \\ +1 \\ \hline 1,239676 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3,076899 \end{array}$$

$$\log 0,607262 = \bar{1},783377$$

$$\log 0,050789 = \bar{2},705770$$

$$\log 0,607262 = \bar{1},783377$$

$$\log 1,751344 = 0,243371$$

$$\bar{2},489147 = \log 0,030842$$

$$0,026748 = \log 1,063527$$

$$\log 1,239676 = 0,093309$$

$$\log 3,076898 = 0,488113$$

$$\log V 1,239676 = 0,046655$$

$$\log V 3,076899 = 0,244057$$

$$-\log 0,965044 = 0,015455$$

$$-\log 0,965041 = 0,015455$$

$$0,062110$$

$$0,259512$$

$$\text{Итакъ } \log c_1 : \log c_2 : \log c_3 = 0,062110 : 0,259512 : 0 \\ = \bar{1},802598 : 0 : \bar{1},740488$$

$$\text{и значить } c_1 : c_2 : c_3 = 0,634743 : 1 : 0,550159.$$

Разсмотрѣнные 4 численные примѣра не только служатъ достаточною повѣркою уравненій проэективности анортита, но и характеризуютъ ту точность, которую даютъ вычисления по излагаемой здѣсь системѣ.

§ 9. 21-ый численный примѣръ. Опредѣлить уравненія проэективности для альбита?

Принявъ для этого минерала числа, полученные Liebisch'емъ на основаніи измѣреній Des-Cloiseaux, а именно:

$$c_1 : c_2 : c_3 = 0,6334 : 1 : 0,5577$$

$$X_1' = 94^\circ 3', X_2' = 116^\circ 29' \text{ и } x_3' = 90^\circ 3' / 2'$$

найдемъ такимъ-же образомъ, какъ въ 16-мъ численномъ примѣрѣ, для ребрь:

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{0,00101 r_2 + 1,75947 r_3}$$

$$\frac{r_1'}{r_3'} = \frac{r_1}{-0,49822 r_1 - 0,12458 r_2 + 0,98371 r_3}$$

для граней

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0,98371 p_1 - 0,00056 p_2 + 0,49815 p_3}{0,55910 p_2 + 0,07080 p_3}$$

$$\frac{p_1'}{p_3'} = \frac{p_1}{p_3}$$

Графическое изображеніе см. табл. IV фиг. V.

22-ой численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранями  $(\bar{1}\bar{1}2)$  и  $(\bar{1}\bar{1}1)$  въ альбитѣ?

Символь  $(\bar{1}\bar{1}2)$  нужно замѣнить символомъ  $(0,00658 \cdot -0,20875 \cdot 1)$

„  $(\bar{1}\bar{1}1)$  „ „ „  $(-0,48612 \cdot 0,62990 \cdot 1)$

$$\text{Поэтому } \cos \left\{ (\bar{1}\bar{1}2) \wedge (\bar{1}\bar{1}1) \right\} = \frac{-0,00658 \cdot 0,48612 - 0,20875 \cdot 0,62990 + 1}{\sqrt{(0,00658)^2 + (0,20875)^2 + 1} \sqrt{(0,48612)^2 + (0,62990)^2 + 1}}$$

$$\text{Составляемъ табличку: } \log 0,00658 = \bar{3},818226$$

$$\log 0,20875 = \bar{1},319626$$

$$\log 0,48612 = 1,686744$$

$$\log 0,62990 = 0,799272$$



Отсюда

$$\log (0,00658)^2 = \overline{5},636452 = \log 0,000043$$

$$\log (0,20875)^2 = \overline{2},639252 = \log 0,043576$$

$$+ 1$$

$$\frac{1,043619; \log 1,043619 = 0,018542}{\log (0,48612)^2 = \overline{1},373488 = \log 0,236313 \log V 1,043619 = 0,009271}$$

$$\log (0,62990)^2 = \overline{1},598544 = \log 0,396775$$

$$+ 1$$

$$\frac{1,633088; \log 1,633088 = 0,213010}{\log V 1,633088 = 0,106503}$$

$$\log (0,00658 \cdot 0,48612) = \overline{3},504970 = \log 0,003199$$

$$\log (0,02875 \cdot 0,62990) = \overline{1},118898 = \log 0,131492$$

$$\log 0,865309 = \overline{1},937172$$

$$- \log V \frac{1,043619}{1,990729}$$

$$- \log V \frac{1,633088}{1,893495}$$

$$\log cs A = \overline{1},821396 = \lg cs 48^{\circ}29'(5'')$$

Графическое рѣшеніе см. фиг. V.

Вычисленіе этого-же угла, произведенное весьма тщательно Liebisch'емъ и занимающее три страницы его книги (185—7), привело къ числу  $48^{\circ}28'9''$ .

Такая чувствительная разница въ результатахъ заставляетъ рѣшить вопросъ, какое изъ этихъ чиселъ точнѣе. Вопросъ этотъ сводится къ опредѣленію максимальной погрѣшности сдѣланнаго вычисленія, что удобоисполнимо при предлагаемой системѣ вычисленій, благодаря простотѣ формулъ, на которыхъ они основываются; рѣшеніе этого вопроса и составляетъ задачу слѣдующаго численнаго примѣра.

§ 10. 23-ой численный примѣръ. Опредѣлить величину максимальной погрѣшности предъидущаго вычисленія?

Предъидущее вычисленіе произведено по формулѣ

$$cs(ab) = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3}{V a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 V b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}$$

Здѣсь  $(a_1 a_2 a_3)$  и  $(b_1 b_2 b_3)$  — проэктивные символы, вычисленные точнѣе, чѣмъ до половины 5-ой десятичной; если означимъ эту погрѣшность чрезъ  $\alpha$ , то  $\alpha < 0,000005$ ; притомъ  $a_3 = b_3 = 1$  и погрѣшности не заключаютъ. Означивъ общую погрѣшность вычисленія чрезъ  $\beta$ , найдемъ:

$$\beta < \frac{(a_1 + \alpha)(b_1 + \alpha) + (a_2 + \alpha)(b_2 + \alpha) + 1}{V(a_1 + \alpha)^2 + (a_2 + \alpha)^2 + 1 V(b_1 + \alpha)^2 + (b_2 + \alpha)^2 + 1} -$$

$$\frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + 1}{V a_1^2 + a_2^2 + 1 V b_1^2 + b_2^2 + 1}$$

Пренебрегши членами, въ которыхъ  $\alpha$  входитъ во 2-ой степени, и означивъ для краткости  $(a_1b_1+a_2b_2+1)$  чрезъ  $A$ ,  $(a_1^2+a_2^2+1)$  чрезъ  $B$  и  $(b_1^2+b_2^2+1)$  чрезъ  $C$ , найдемъ

$$\beta < \frac{A+(a_1+b_1+a_2+b_2)\alpha}{V B+2\alpha(a_1+a_2) V C+2\alpha(b_1+b_2)} - \frac{A}{V BC} < \frac{\alpha(a_1+b_1+a_2+b_2)}{V BC}.$$

Въ данномъ случаѣ  $a_1+b_1+a_2+b_2=1,33135$  (всѣ входящія въ формулу числа предполагаются при этомъ вычисленіи со знакомъ  $+$ ).

Отсюда  $\log \beta < \bar{6},707486$  или  $\beta < 0,000005$ .

Въ данномъ случаѣ эта погрѣшность соотвѣтствуетъ погрѣшности въ вычисленіи угла  $< 1\frac{1}{2}''$ .

Такимъ образомъ, разница въ результатахъ имѣетъ въ основаніи исключительно значительную погрѣшность въ сложномъ способѣ вычисленій Liebisch'a.

### Моноклиноэдрическая система.

§ 11. 24-ый численный примѣръ. Определить уравненія проэективности для эпидота?

Для этого минерала по Н. Н. Кокшарову (Зап. Мин. Общ. ч. 15, стр. 49) имѣемъ :  $c_1 : c_2 : c_3 = 1 : 0,633416 : 1,14244$ , и уголъ  $X_2' = 64^\circ 36' 50''$ .

Составляемъ таблицу:

$$\begin{array}{ll} \log \operatorname{sn} X_2' = \bar{1},955899 & \log c_2 = \bar{1},801689 \\ \log b_3 = \log \operatorname{ctg} X_2' = \bar{1},676271 = \log 0,47454, & \log c_3 = 0,057833 \\ \text{Откуда } \log c_2 = \bar{1},801689 & \log c_3 = 0,057833 \\ -\log \operatorname{sn} X_2' = 0,044101 & -\log \operatorname{sn} X_2' = 0,044101 \\ \log b_2 = \bar{1},845790 = \log 0,70112 & \log b_5 = 0,101934 = \log 1,26454 \\ & \log c_3 = 0,057833 \\ a_1 = b_5 = 1,26454; a_3 = -b_3 = -0,47454; & -\log c_2 = 0,198311 \\ & \log a_4 = 0,256144 = \log 1,80362 \end{array}$$

Итакъ, для эпидота имѣемъ:

$$\begin{array}{l} r_1' : r_2' : r_3' = r_1 : 0,70112 r_2 : 0,47454 r_1 + 1,26454 r_3 \\ \text{и } p_1' : p_2' : p_3' = 1,26454 p_1 - 0,47454 p_3 : 1,80362 p_2 : p_3 \end{array}$$

Графическое изображеніе см. табл. IV фиг. VI.

Въ слѣдующихъ двухъ численныхъ примѣрахъ производится полная повѣрка выведенныхъ уравненій.

25-й численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранями (100) и (001) эпидота?

Очевидно, что этотъ уголъ долженъ быть  $180^\circ - X_4' = 115^\circ 23' 10''$ .



Символь грани (100) долженъ быть замѣненъ символомъ (100)  
 " " (001) " " " " (—0,47454 . 0 . 1).

Символа пояса [010] этихъ граней будетъ теперь [0 1 0].

$$\text{Отсюда } tg x_2' = \frac{1}{-0,47454} \text{ или } x_2' = 115^\circ 23' 40''.$$

*Графическое рѣшеніе* см. фиг. VI.

26-ой численный примѣръ. Опредѣлить основные параметры эпидота?

Символь (111) нужно замѣнить символомъ (0,79000 1,80362 1)

"	[100]	"	"	"	[1 0 0,47454]
"	[010]	"	"	"	[0 1 0]
"	[001]	"	"	"	[0 0 1]

$$\text{Отсюда } cs \{(111)^\wedge [100]\} = \frac{0,79+0,47454}{\sqrt{(0,79)^2+(1,80362)^2+1} \sqrt{1+(0,47454)^2}}$$

$$cs \{(111)^\wedge [010]\} = \frac{1,80362}{\sqrt{(0,79)^2+(1,80362)^2+1}}$$

$$cs \{(111)^\wedge [001]\} = \frac{1}{\sqrt{(0,79)^2+(1,80362)^2+1}}$$

$$\text{и значить } c_1 : c_2 : c_3 = 1 : \frac{1,26454}{1,80362 \sqrt{1+(0,47454)^2}} : \frac{1,26454}{\sqrt{1+(0,47454)^2}}$$

$$\log (0,47454)^2 = \bar{1},352540 = \log 0,22519 + 1$$

$$\frac{1,22519; \log 1,22519 = 0,088203}{: 2} \\ 0,044101$$

$$\log 1,26454 = 0,101933$$

$$\log 1,26454 = 0,101933$$

$$-\log 1,80362 = \bar{1},743856$$

$$-\log \sqrt{1+(0,47454)^2} = \bar{1},955899$$

$$-\log \sqrt{1+(0,47454)^2} = \bar{1},955899$$

$$\log c_3 = 0,057832$$

$$\log c_2 = \bar{1},801688$$

Итакъ  $c_1 : c_2 : c_3 = 1 : 0,633416 : 1,14244$ .

§ 12. 27-й численный примѣръ. Опредѣлить уравненіе проэективности для ортоклаза?

Принявъ для этого минерала:

$c_1 : c_2 : c_3 = 0,6885 : 1 : 0,5554$  и  $X_2' = 116^\circ 3'$ , получимъ при помощи такихъ же вычислений какъ въ 24 численномъ примѣрѣ:

$$\log b_1 = 0,22799 = \log 1,6903; \log (-b_3) = \bar{1},689143 = \log 0,4888$$

$$\log b_5 = \bar{1},972575 = \log 0,9388 \text{ и } \log a_4 = \bar{1},744606 = \log 0,5554 \text{ т. е.}$$

$$r_1' : r_2' : r_3' = r_1 : 1,6903 \quad r_2 : -0,4888 \quad r_1 + 0,9388 \quad r_3$$

$$\text{и } p_1' : p_2' : p_3' = 0,9388 \quad p_1 + 0,4888 \quad p_2 : 0,5554 \quad p_2 : p_3$$

*Графическое изображение* см. табл. IV фиг. VII.

### Ромбическая система.

§ 13. 28-й *численный примѣръ*. Определить уравнения проэективности для скородита?

По П. В. Еремѣву (Зап. Мин. Общ. ч. 20 стр. 190).

$$c_1 : c_2 : c_3 = 0,8679016 : 1 : 0,9673393.$$

Ограничимся для вычисления 6-ю десятичными, т. е. примемъ для реберъ

$$r_1' : r_2' : r_3' = 0,867902 \quad r_1 : r_2 : 0,967339 \quad r_3$$

$$\text{и для граней } p_1' : p_2' : p_3' = 1,033767 \quad p_1 : p_2 : 1,152226 \quad p_3.$$

*Графическое изображение* см. таб. IV фиг. VIII.

29-й *численный примѣръ*. Вычислить уголъ главной пирамиды по брахидиагональному ребру, т. е. уголъ между гранями (111) и ( $\bar{1}\bar{1}1$ )?

Символь (111) нужно замѣнить символомъ (1,033767 .1. 1,152226)

„ ( $\bar{1}\bar{1}1$ ) „ „ „ (1,033767 . $\bar{1}$ . 1,152226)

Символь пояса [10 $\bar{1}$ ] этихъ граней 2 [1,152226 0—1,033767]

$$\text{Поэтому } \operatorname{tg} (ab) = \frac{2 \sqrt{(1,152226)^2 + (1,033767)^2}}{(1,033767)^2 - 1 + (1,152226)^2}$$

$$\log 1,152226 = 0,061529 \quad \log (1,152226)^2 = 0,123058 = \log 1,327570$$

$$\log 1,033767 = 0,014423 \quad \log (1,033767)^2 = 0,028846 = \log 1,068676$$

$$2,396246$$

$$\log (2,396246 - 1) = 0,144962$$

$$\log 2,396246 = 0,379532$$

$$\log \sqrt{2,396246} = 0,189766$$

$$\log 2 = 0,301030$$

$$-\log 1,396246 = \bar{1},855038$$

$$\log \operatorname{tg} ab = 0,345834 = \log \operatorname{tg} 65^\circ 43' 30''.$$

По П. В. Еремѣву этотъ уголъ также  $65^\circ 43' 30'' (= 180^\circ - 114^\circ 16' 30'')$ .

*Графическое рѣшеніе* см. фиг. VIII.

Я нахожу излишнимъ приводить еще численные примѣры для кристал-



ловъ ромбической или квадратной системы и потому переходу прямо къ гексагональной системѣ.

### Гексагональная система.

§ 14. 30-ый численный примѣръ. Определить уравненія проэктивности для кварца?

Для этого минерала  $x' = 85^\circ 45'$ .

Отсюда  $\log s x' = \bar{2},869868 = \lg 0,07411$ .

$$m = \sqrt{\frac{0,92589}{1,14822}}; \quad \begin{array}{l} \log 0,92589 = \bar{0},966560 \\ -\log 1,14822 = \bar{1},939976 \\ \hline \bar{1},906536 \\ : 2 \\ \hline 1,953268 = \log 0,89798 \end{array}$$

$$\text{Поэтому } \begin{array}{l} r_1' = \frac{r_1 - 0,034(r_1 + r_2 + r_3)}{r_2' = \frac{r_2 - 0,034(r_1 + r_2 + r_3)}{r_3' = \frac{r_3 - 0,034(r_1 + r_2 + r_3)}{29,407r_1 - (r_1 + r_2 + r_3)} = \frac{29,407r_2 - (r_1 + r_2 + r_3)}{29,407r_3 - (r_1 + r_2 + r_3)} \end{array}$$

$$\text{и } \begin{array}{l} p_1' = \frac{p_1 + 0,03787(p_1 + p_2 + p_3)}{p_2' = \frac{p_2 + 0,03787(p_1 + p_2 + p_3)}{p_3' = \frac{p_3 + 0,03787(p_1 + p_2 + p_3)}{26,407p_1 + (p_1 + p_2 + p_3)} = \frac{26,407p_2 + (p_1 + p_2 + p_3)}{26,407p_3 + (p_1 + p_2 + p_3)} \end{array}$$

Графическое изображеніе см. табл. IV фиг. IX.

31-ый численный примѣръ. Вычислить въ кварцѣ уголъ между гранями главнаго ромбоэдра, ограничившись одною десятичною формулъ проэктивности?

Символь (100) нужно замѣнить символомъ (27, 4.1.1)

" (010) " " " (1.27, 4.1.)

Символь пояса [001] этихъ граней будетъ 26,4 [1.1. — 28,4]

Поэтому

$$t \quad x' = \frac{26,4 \sqrt{2 + (28,4)^2}}{2,27,4 + 1} = \frac{26,4 \sqrt{808,56}}{55,8}$$

$$\log 808,56 = 2,907712$$

$$\log \sqrt{808,56} = 1,453856$$

$$\log 26,4 = 1,421604$$

$$-\log 55,8 = \bar{2},253366$$

$$\log tg x' = 1,128826 = \log tg 85^\circ 45'.$$

Графическое рѣшеніе см. табл. IV фиг. IX.

§ 15. 32-ой численный примѣръ. Определить уравненія проэективности для известковаго шпата?

Принявъ для этого минерала  $x' = 74^\circ 50'$ , найдемъ  $\logcs x' = \bar{1},417684 = \log 0,26163$ .

$$\begin{aligned} \text{Отсюда } m &= \sqrt{\frac{0,73837}{1,52326}}; \quad \log 0,73837 = \bar{1},868274 \\ &\quad -\log 1,52326 = \bar{1},817226 \\ &\quad \hline &\quad \bar{1},685500 \\ &\quad : 2 \\ &\quad \hline &\quad \bar{1},842750 = \log 0,69623. \end{aligned}$$

Итакъ, для известковаго шпата:

$$\begin{aligned} \frac{r_1'}{r_2'} &= \frac{r_1 - 0,10126 (r_1 + r_2 + r_3)}{r_2 - 0,10126 (r_1 + r_2 + r_3)} = \frac{9,8756 r_1 - (r_1 + r_2 + r_3)}{9,8756 r_2 - (r_1 + r_2 + r_3)} \\ \frac{r_2'}{r_3'} &= \frac{r_2 - 0,10126 (r_1 + r_2 + r_3)}{r_3 - 0,10126 (r_1 + r_2 + r_3)} = \frac{9,8756 r_2 - (r_1 + r_2 + r_3)}{9,8756 r_3 - (r_1 + r_2 + r_3)} \end{aligned}$$

$$\text{и} \quad \begin{aligned} \frac{p_1'}{p_2'} &= \frac{p_1 + 0,14544 (p_1 + p_2 + p_3)}{p_2 + 0,14544 (p_1 + p_2 + p_3)} = \frac{6,8756 p_1 + (p_1 + p_2 + p_3)}{6,8756 p_2 + (p_1 + p_2 + p_3)} \\ \frac{p_2'}{p_3'} &= \frac{p_2 + 0,14544 (p_1 + p_2 + p_3)}{p_3 + 0,14544 (p_1 + p_2 + p_3)} = \frac{6,8756 p_2 + (p_1 + p_2 + p_3)}{6,8756 p_3 + (p_1 + p_2 + p_3)} \end{aligned}$$

Графическое изображение см. табл. IV фиг. X.

33-й численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранями главнаго ромбоэдра известковаго шпата, ограничившись однимъ десятичнымъ знакомъ коэффициента уравненій проэективности?

Символь (100) нужно замѣнить символомъ (7,9.1.1)  
 " (010) " " " (1.7,9.1)  
 Символь пояса [001] этихъ граней будетъ 6,9 [1.1.8,9]

$$\begin{aligned} \text{Отсюда } \lg x' &= \frac{6,9 \sqrt{2 + (8,9)^2}}{2,7,9 + 1} = \frac{6,9 \sqrt{81,21}}{16,8} \\ \lg 81,21 &= 1,9096 \\ \lg \sqrt{81,21} &= 0,9548 \\ \lg 6,9 &= 0,8388 \\ -\lg 16,8 &= \bar{2},7747 \\ \lg \lg x' &= 0,5683 = \lg \lg 74^\circ 53'. \end{aligned}$$

Результатъ, хотя и грубый, но едва-ли не достаточно удовлетворительный для большинства случаевъ, такъ какъ полученный уголъ даже не вы-



шелъ изъ предѣловъ угловъ, принадлежащихъ тому-же минералу ( $74^{\circ}42'—74^{\circ}57'$ ).

*Графическое рѣшеніе см. табл. IV фиг. X.*

## ГЛАВА IV.

### Вычисленіе элементовъ кристалла по даннымъ непосредственнаго измѣренія

§ 16. „Элементами кристалла“ называются тѣ числовыя величины, которыми вполне опредѣляется кристаллическая система формъ даннаго минерала и при помощи которыхъ легче всего производить вычисленія его угловыхъ величинъ. Обыкновенно за элементы кристалла принимаютъ относительныя величины кристаллографическихъ осей (основныя параметры) и величины плоскихъ и двугранныхъ угловъ между этими осями и проходящими чрезъ нихъ плоскостями.

Самая цѣль выдѣленія этихъ элементовъ находится въ связи съ вычисленіями, а потому при измѣненіи системы вычисленія приходится измѣнять и понятіе о томъ, что слѣдуетъ называть элементами кристалла.

Какъ было видно изъ предыдущей главы, для вычисленія угловыхъ величинъ кристалла по предлагаемому способу нужно знать коэффициенты уравненій проэктивности, и съ ихъ помощью вычисленіе производится проще всего. По этой причинѣ, если будетъ общепринятъ предлагаемый способъ, за элементы кристалла придется принять именно эти коэффициенты и, значитъ, описаніе каждаго кристалла должно будетъ сопровождаться приведеніемъ этихъ коэффициентовъ какъ его элементовъ.

Поэтому, задачею этой главы будетъ опредѣленіе коэффициентовъ уравненій проэктивности по даннымъ непосредственнаго измѣренія. Если бы, однако, кто-нибудь пожелалъ опредѣлять и теперь общепринятыя элементы кристалла, то, какъ было показано въ предыдущей же главѣ, вычисленіе и этихъ величинъ весьма просто производится съ помощью уравненій проэктивности.

Вычисленіе коэффициентовъ уравненій проэктивности я также расположу по системамъ, но прежде чѣмъ перейти къ самому предмету, я считаю нелишнимъ изложить нѣкоторыя предварительныя соображенія и привести формулы сферической тригонометріи въ томъ, болѣе изящномъ, видѣ, который они приобрѣтаютъ, когда подставимъ въ нихъ внѣшніе двугранные углы вмѣсто внутреннихъ.

Изъ форм. 14) главы II втораго этюда, выводимъ:

$$\begin{vmatrix} 1 & cs(14) & cs(24) & cs(34) \\ cs(41) & 1 & cs(21) & cs(31) \\ cs(42) & cs(12) & 1 & cs(32) \\ cs(43) & cs(13) & cs(23) & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

гдѣ 1, 2, 3 и 4 произвольныя прямыя въ пространствѣ.

Изъ этой формулы слѣдуетъ, что если извѣстно 5 угловъ между 4 прямыми, то 6-й уголъ всегда можетъ быть вычисленъ (хотя бы и двузначно). Само собою разумѣется, что это вычисленіе въ каждомъ данномъ случаѣ удобнѣе произвести по подходящей формулѣ сферической тригонометріи, чѣмъ по форм. 1). Но именно въ виду простоты вычисленія этой 6-й величины по 5 даннымъ я въ дальнѣйшемъ изложеніи буду подразумѣвать, что извѣстны всѣ 6 угловъ между данными 4 направленіями.

Вообще при кристаллографическихъ вычисленіяхъ нерѣдко приходится обращаться къ формуламъ сферической тригонометріи, являющимся необходимымъ орудіемъ при вычисленіи вспомогательныхъ угловъ.

Особенно важными являются слѣдующія формулы, въ которыхъ  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$  означаютъ двугранные (внѣшніе),  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ —плоскіе углы, а указатели  $i$  означаютъ одно изъ чиселъ 1, 2 или 3.

$$cs X_i = cs X_k cs X_l - sn X_k sn X_l cs x_i, \text{ напр. } cs X_1 = cs X_2 cs X_3 - sn X_2 sn X_3 cs x_1. \quad 2)$$

$$cs x_i = cs x_k cs x_l - sn x_k sn x_l cs X_i \text{ напр. } cs x_1 = cs x_2 cs x_3 - sn x_2 sn x_3 cs X_1 \quad 3)$$

Чтобы придать этимъ формуламъ видъ, удобный для логарифмированія, вводятъ вспомогательные углы ( $z$  и  $Z$ ), а именно:

$$a) \quad tg X_l cs x_i = ctg Z \text{ напр. } tg X_3 cs x_1 = ctg Z$$

Въ такомъ случаѣ форм. 2) принимаетъ видъ

$$cs X_i = cs X_k cs X_l - sn X_k cs X_l ctg Z = \frac{cs X_l}{sn Z} sn(Z - X_k)$$

$$\text{напр. } cs X_1 = \frac{cs X_3}{sn Z} sn(Z - X_2) \quad 4)$$

$$\text{или } b) \quad tg x_l cs X_i = ctg z \text{ напр. } tg x_3 cs X_1 = ctg z$$

Въ такомъ случаѣ форм. 3) принимаетъ видъ

$$cs x_i = cs x_k cs x_l - sn x_k cs x_l ctg z = \frac{cs x_l}{sn z} sn(z - x_k) \text{ напр. } cs x_1 = \frac{cs x_3}{sn z} sn(z - x_2) \quad 4')$$

$$\text{Далѣе } sn X_1 : sn X_2 : sn X_3 = sn x_1 : sn x_2 : sn x_3 \quad 5)$$

и наконецъ

$$tg^2 \frac{X_i}{2} = \frac{sn s sn(s - x_i)}{sn(s - x_k) sn(s - x_l)} \quad 6)$$

$$\text{и } tg^2 \frac{x_i}{2} = \frac{sn S sn(S - X_i)}{sn(S - X_k) sn(S - X_l)} \quad 6')$$

гдѣ  $2s = x_1 + x_2 + x_3$  и  $2S = X_1 + X_2 + X_3$ .

Въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно знать уголъ между ребромъ и нормалью къ грани, можно пользоваться формулою:



$sn(12)sn(III\ I)=cs(I\ 1), sn(23)sn(I\ II)=cs(II\ 2)$  и  $sn(31)sn(II\ III)=cs(III\ 3)$  . 7)  
гдѣ 1, 2, 3 три ребра, а I, II, III нормали къ плоскостямъ (23), (31) и (12)

Наконецъ, если нужно опредѣлить уголъ между ребромъ и нормалью къ плоскости только по даннымъ двуграннымъ угламъ, то вычисленіе можно произвести по форм. 13) главы I второго этюда:

$$Sn(I\ II\ III)=sn(II\ III)cs(I\ 1)=sn(III\ I)cs(II\ 2)=sn(I\ II)cs(III\ 3) \quad . \quad . \quad . \quad 8)$$

гдѣ  $Sn(I\ II\ III)=\sqrt{sn\ s\ sn(s-III\ III)sn(s-III\ I)sn(s-I\ II)}$  и  $2s=II\ III+III\ I+I\ II$ .

Переходя къ рѣшенію поставленнаго вопроса, я останавлиюсь сначала на важнѣйшемъ частномъ случаѣ, когда даны двугранные углы между гранями (100), (010), (001) и (111) и затѣмъ перейду къ общему случаю, когда даны углы между какими-нибудь 4 гранями, лишь бы грани эти находились по 3 въ одномъ поясѣ, потому что, еслибы послѣднее условіе не было соблюдено, не были бы вполне опредѣлены элементы даннаго кристалла.

Я совсѣмъ не останавливаюсь на тѣхъ частныхъ случаяхъ, когда для опредѣленія элементовъ кристалла имѣется 5 угловъ не между 4, а между 5-ю гранями, такъ какъ въ этихъ случаяхъ, если только данными величинами вполне опредѣляются элементы кристалла, всегда съ помощью формулъ сферической тригонометріи можно вычислить требующіеся углы между 4 плоскостями, по своему положенію удовлетворяющими поставленному условію.

### *Триклиноэдрическая система.*

§ 17. Въ введеніи было объяснено, какъ съ помощью принятыхъ въ настоящее время элементовъ кристалла вычислить коэффициенты уравненій проективности. Поэтому теперь я изложу вкратцѣ, какъ вычислить эти элементы по даннымъ непосредственнаго измѣренія.

Плоскіе углы между кристаллографическими осями непосредственно вычисляются по форм. 6).

Величины основныхъ параметровъ могутъ быть вычислены по форм. 6) главы II, второго этюда т. е.

$$c_1 : c_2 : c_3 = \frac{1}{cs\{(111)\wedge[100]\}} : \frac{1}{cs\{(111)\wedge[010]\}} : \frac{1}{cs\{(111)\wedge[001]\}} \quad . \quad 9)$$

а косинусы, находящіеся здѣсь въ знаменателѣ, какъ относящіеся къ угламъ между ребрами и нормальми къ гранямъ, могутъ быть вычислены по форм. 8). Всѣ эти формулы весьма удобны для логарифмированія, однако въ результатѣ вычисленія мы получаемъ только принятые теперь элементы кристалла, т. е. только данныя для дальнѣйшаго вычисленія коэффициентовъ уравненій проективности.

Для непосредственного вычисления послѣднихъ я излагаю здѣсь другой способъ, чисто алгебраическій: подобно тому, какъ по даннымъ уравненіямъ проэктивности мы можемъ вычислить углы между гранями или ребрами, такъ и обратно по 5 даннымъ угламъ мы можемъ вычислить коэффициенты, пользуясь тѣми-же уравненіями. Однако въ чистомъ видѣ приложеніе этого способа было бы непрактичнымъ по сложности вычисленій, такъ какъ пришлось бы рѣшать совокупность уравненій 2-ой степени.

Въ виду этого обстоятельства я предлагаю слѣдующее видоизмѣненіе этого способа, дѣлающее примѣненіе его весьма простымъ. Видоизмѣненіе это основано на особенно тѣсной связи, существующей между нѣкоторыми коэффициентами уравненій проэктивности и опредѣленными двугранными и плоскими углами.

Если извѣстны двугранные углы между гранями:  $X_1=(100)$ ,  $X_2=(010)$ ,  $X_3=(001)$  и  $O=(111)$ , то непосредственно воспользуемся для вычисления только углами  $(X_3X_1)$ ,  $(X_1X_2)$  и  $(OX_1)$  и вычислимъ еще плоскіе углы между ребрами  $(x_2x_3)$  и  $(x_3r)$ , гдѣ  $x_2=[010]$ ,  $x_3=[001]$  и  $r=[0\bar{1}1]$ . Вычисленіе этихъ двухъ угловъ весьма просто произвести по форм. 6), а именно, если означимъ:

$$(X_2X_3)+(X_3X_1)+(X_1X_2)=2s_1, (X_2O)+(OX_1)+(X_1X_2)=2s_2, \text{ то}$$

$$tg^2 \frac{x_2x_3}{2} = \frac{sn s_1 sn(s_1 - X_2X_3)}{sn(s_1 - X_3X_1)sn(s_1 - X_1X_2)} \text{ и } tg^2 \frac{x_3r}{2} = \frac{sn s_2 sn(s_2 - X_2O)}{sn(s_2 - OX_1)sn(s_2 - X_1X_2)} \quad 10).$$

Теперь означу для краткости:

$$ctg (x_2x_3)=c_1, \quad sn(x_2x_3)=s_1, \quad ctg (X_3X_1)=c_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 11) \\ ctg (x_3r)=c_3, \quad sn(x_3r)=s_2, \quad ctg (X_1X_2)=c_4 \text{ и } ctg(OX_1)=c_5.$$

Вычисляя при помощи формулъ проэктивности только что приведенные углы, найдемъ:

$$c_1 = -a_6 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 12)$$

$$c_2 = \frac{a_3}{\sqrt{1+a_5^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13)$$

$$c_3 = -(a_4+a_5) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 14)$$

$$c_4 = \frac{a_2}{a_4} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 15)$$

$$c_5 = \frac{a_1+a_2+a_3}{\sqrt{1+(a_4+a_5)^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16)$$

Эта система уравненій рѣшается весьма просто и при томъ, если припомнимъ, что передъ корнемъ всегда подразумѣвается только знакъ  $+$ , какъ система уравненій *первой* степени, а именно:



$$a_1 = \frac{c_5}{s_3} - \frac{c_2}{s_1} - c_4(c_1 - c_3) \quad . \quad . \quad . \quad 17)$$

$$a_2 = c_4(c_1 - c_3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 18)$$

$$a_3 = \frac{c_2}{s_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 19)$$

$$a_4 = c_1 - c_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 20)$$

$$a_5 = -c_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 21)$$

34-ый численный примѣръ. Опреѣлить уравненія проэективности для анортита на основаніи данныхъ непосредственнаго измѣренія?

Принявъ за эти данныя  $(X_3 X_1) = 63^\circ 56' \frac{1}{4}$ ,  $(X_1 X_2) = 87^\circ 5' \frac{1}{2}$ ,  $(OX_1) = 38^\circ 16' \frac{1}{2}$  и вычисливъ по нимъ  $(x_2 x_3) = 93^\circ 13'$  и  $(x_3 r) = 121^\circ 16' \frac{1}{4}$ , найдемъ:

$$\log -c_1 = \log \operatorname{ctg} (\pi - x_2 x_3) = \bar{2},749740 = \log 0,05620$$

$$\log s_1 = \log \operatorname{sn} (x_2 x_3) = \bar{1},999315 = \log 0,99843$$

$$\log c_2 = \log \operatorname{ctg} (X_3 X_1) = \bar{1},689343 = \log 0,48901$$

$$\log -c_3 = \log \operatorname{ctg} (\pi - x_3 r) = \bar{1},783412 = \log 0,60731$$

$$\log s_3 = \log \operatorname{sn} (x_3 r) = \bar{1},931825 = \log 0,85472$$

$$\log c_4 = \log \operatorname{ctg} (X_1 X_2) = \bar{2},705893 = \log 0,05080$$

$$\log c_5 = \log \operatorname{ctg} (OX_1) = 0,102921 = \log 1,26742$$

Отсюда безъ труда вычисляемъ  $a_5 = 0,05620$

$$a_4 = 0,55111$$

$$a_3 = 0,48981$$

$$a_2 = 0,02799$$

$$a_1 = 0,96503$$

Сравнивая этотъ результатъ съ результатомъ 16-го численнаго примѣра, найдемъ различіе уже въ четвертыхъ десятичныхъ знакахъ. Различіе это происходитъ вслѣдствіе того, что въ только что произведенномъ вычисленіи всѣ углы взяты лишь съ точностью до  $\frac{1}{4}$  минуты, а отсюда слѣдуетъ, что для вычисленій, въ которыхъ не требуется большой точности (т. е. въ большинствѣ случаевъ), вполне достаточно ограничиться 4 десятичными знаками.

§ 18. Переходя къ общему случаю, когда измѣрены углы между какими нибудь 4 гранями, лишь бы грани эти не находились по 3 въ одномъ поясѣ, мы всегда посредствомъ извѣстныхъ формулъ преобразованія координатъ можемъ придать имъ временно символы (100), (010), (001) и (111) и по только что приведенному способу опредѣлить уравненія проэективности въ этомъ предположеніи. Имѣя эти уравненія, уже легко съ ихъ помощью вычислить углы между тѣми гранями и ребрами, которыя при первоначальныхъ координатахъ имѣли символы, требующіеся для вычисленій по предъидущему способу, а отсюда легко заново перечислимъ коэффициенты урав-

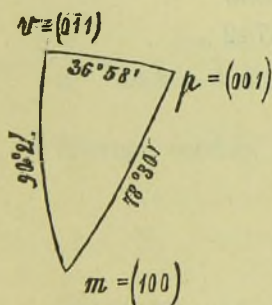
неній проэективности уже при тѣхъ координатахъ, которыя мы желаемъ положить въ основаніи кристаллическихъ формъ даннаго минерала.

Въ большинствѣ случаевъ, однако, измѣряются углы между гранями, имѣющими весьма простые символы и поэтому нѣтъ надобности прибѣгать къ этому двойному вычисленію, какъ общему способу, но, принимая во вниманіе измѣренные углы, сдѣлать такія добавочныя вычисления, которыя позволяли бы вычислить коэффиціенты уравненій проэективности посредствомъ рѣшенія системы уравненій первой степени.

Для иллюстраціи такихъ частныхъ способовъ послужить слѣдующій численный примѣръ.

35-й численный примѣръ. Определить уравненія проэективности для кіанита, принимая для него (по G. v. Rath'y)

$$\begin{aligned}(m \wedge i) &= (100 \wedge 110) = 34^\circ 17' \\ (i \wedge p) &= (110 \wedge 001) = 80^\circ 28' \\ (p \wedge m) &= (001 \wedge 100) = 78^\circ 30' \\ (p \wedge v) &= (001 \wedge 0\bar{1}1) = 36^\circ 58' \\ (v \wedge m) &= (0\bar{1}1 \wedge 100) = 90^\circ 2'\end{aligned}$$



Фиг. 9.

Воспользуемся непосредственно для вычислений углами  $(mi)$ ,  $(pm)$  и  $(vm)$  и вычислимъ плоскіе углы между ребрами  $h_1 = \{[010] \wedge [0\bar{1}1]\}$  и  $h_2 = \{[010] \wedge [001]\}$ .

Для вычисленія угла  $h_1$  по форм. 6) составляемъ  $2s = 36^\circ 58' + 78^\circ 30' + 90^\circ 2' = 205^\circ 30'$  (фиг. 9).

$$\begin{aligned}\text{или } s &= 102^\circ 45' ; & \log. \sin s &= \bar{1},989157 \\ s - pv &= 65^\circ 47' ; & \log. \sin (s - pv) &= \bar{1},959995 \\ s - pm &= 24^\circ 15' ; & \log. \sin (s - pm) &= 0,386455 \\ s - mv &= 12^\circ 43' ; & \log. \sin (s - mv) &= 0,657321\end{aligned}$$

$$0,992928$$

$$: 2$$

$$0,496464 = \log \tan 72^\circ 19' 1\frac{1}{2}''.$$

Откуда уголь  $h_1 = 144^\circ 38' 3''$ . Также найдемъ  $h_2 = 90^\circ 5' 34''$ .

Означимъ для краткости

$\text{ctg} (mi) = c_1$ ,  $\text{ctg} (pm) = c_2$ ,  $\text{ctg} (vm) = c_3$ ,  $\text{ctg} (\pi - h_1) = c_4$ ,  $\text{ctg} h_2 = c_5$  и  $\sin h_2 = s_5$ . При такихъ обозначеніяхъ изъ общихъ формулъ проэективности выводимъ:

$$c_1 = \frac{a_1 + a_2}{a_4} \dots a)$$



$$c_2 = \sqrt{1 + \frac{a_3^2}{a_5^2}} \dots b)$$

$$c_3 = \sqrt{1 + \frac{a_3^2 - a_2^2}{(a_5 - a_4)^2}} \dots c)$$

$$c_4 = \frac{1 - a_5(a_4 - a_5)}{a_4} \dots d)$$

$$c_5 = -a_5 \dots e)$$

Эта система уравнений разрѣшается весьма просто, и изъ нея находимъ:

$$\text{изъ } e) \dots a_5 = -c_5 \dots a')$$

$$\text{изъ } d) \text{ и } a') \dots a_4 = \frac{1}{s_5^2 (c_4 - c_5)} \dots b')$$

$$\text{изъ } b) \text{ и } a') \dots a_3 = \frac{c_2}{s_5} \dots c')$$

$$\text{изъ } c) \dots a_2 = a_3 - c_3 \sqrt{1 + (c_5 + a_4)^2} \dots d')$$

$$\text{наконецъ изъ } a) \text{ и } d') \dots a_1 = c_1 a_4 - a_2 \dots e')$$

$$\log -c_5 = \log \operatorname{ctg} (\pi - h_2) = \overline{3},207566 = \log 0,00161$$

$$s_5 = 1$$

$$\log c_4 = \log \operatorname{ctg} (\pi - h_1) = 0,148884 = \log 1,40891$$

$$\log -c_4 = \log \operatorname{ctg} (\pi - vm) = \overline{4},764756 = \log 0,00058$$

$$\log c_2 = \log \operatorname{ctg} (pm) = \overline{1},308463 = \log 0,20345$$

$$\log c_1 = \log \operatorname{ctg} (mi) = 0,166389 = \log 1,46686$$

$$\text{Отсюда вычисляемъ} \dots a_5 = 0,00161$$

$$a_4 = 0,70896$$

$$a_3 = 0,20345$$

$$a_2 = 0,20416$$

$$a_1 = 0,83578$$

Итакъ, уравненія проэективности для кіанита: для граней

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0,83578p_1 + 0,20416p_2 + 0,20345p_3}{0,70896p_2 + 0,00161p_3}$$

а отсюда вычисляемъ для реберъ:

$$\frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{-0,28797r_1 + 1,17888r_2}$$

$$\frac{r_2'}{r_3'} = \frac{-0,20299r_1 - 0,00190r_2 + 0,83578r_3}{\dots}$$

36-й численный примѣръ. Вычислить основные параметры кіанита?

Вычисленіе производимъ по форм. 9), которая для данного случая принимаетъ видъ:

$$c_1 : c_2 : c_3 = \frac{\sqrt{1 + (0,28797)^2 + (0,20299)^2}}{1,24339 - 0,71057 \cdot 0,28797 - 0,20299} : \frac{\sqrt{(1,17888)^2 + (0,00190)^2}}{0,71057 \cdot 1,17888 - 0,00190} : 1.$$

Отсюда вычисляемъ слѣдующее отношеніе, которое и сопоставляемъ съ отношеніями, вычисленными V. Rath'омъ и Liebisch'емъ:

		v. Rath.	Liebisch.
$c_1$	0,89936	0,89942	0,89938
$c_2$	1	1	1
$c_3$	0,70896	0,70898	0,70895

*Примѣчаніе.* Въ только что разсмотрѣнномъ примѣрѣ достаточно измѣнить величину нѣкоторыхъ изъ угловъ, напр.  $h_2$ , на нѣсколько секундъ чтобы получить чувствительную разницу въ величинахъ нѣкоторыхъ коэффициентовъ, также какъ и въ величинахъ основныхъ параметровъ. Принявъ во вниманіе, что точность наблюденія въ данномъ случаѣ не превышаетъ 1', можно сказать, что въ только что опредѣленныхъ величинахъ основныхъ параметровъ число десятичныхъ знаковъ больше, чѣмъ это соотвѣтствуетъ точности наблюденія.

### Моноклиноэдрическая система.

§ 19. Случаи этой системы представляютъ упрощеніе случаевъ предъидущей системы въ томъ смыслѣ, что для кристалловъ этой системы  $ctg(X_1X_2) = c_4 = 0$ ,  $ctg(x_2x_3) = c_1 = 0$  и  $sn(x_2x_3) = s_1 = 1$  и въ соответствии съ этимъ коэффициенты  $a_2 = 0$  и  $a_5 = 0$ . Означивъ для этой системы  $ctg(X_3X_1)$  чрезъ  $c_1$ ,  $ctg(x_3r)$ , гдѣ  $r$  означаетъ ребро  $[01\bar{1}]$  чрезъ  $c_2$  и  $sn(x_3r)$  чрезъ  $s_2$ , а также  $ctg(OX_1)$  чрезъ  $c_3$  изъ форм. 17—20) непосредственно выводимъ:

$$a_1 = \frac{c_3}{s_2} - c_1. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 22)$$

$$a_3 = c_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 23)$$

$$a_4 = -c_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 24)$$

Такимъ образомъ рѣшеніе вопросовъ этого рода уже для этой системы настолько упрощается, что, полагая, нѣтъ надобности приводить численные примѣры.

§ 20. Для остальныхъ системъ вопросы этого рода рѣшаются столь просто, что я нахожу излишнимъ приводить какія бы то ни было формулы.

Что касается specially гексагональной системы, то выводъ коэффициентовъ уравненій проэктивности для нея изъ данныхъ непосредственнаго измѣренія (угла главнаго ромбоэдра) уже былъ приведенъ выше.



По отношенію къ этой системѣ остается еще рѣшить вопросъ о вычисленіи принимаемыхъ въ настоящее время основныхъ параметровъ, т. е. величинъ главной кристаллографической оси. Вопросъ этотъ съ точки зрѣнія излагаемой здѣсь системы совершенно лишній, и величина этой оси не имѣетъ простаго геометрическаго значенія (чего нельзя сказать объ упомянутомъ выше „коэффициентѣ растяженія“ по этой оси, который сразу даетъ наглядное представленіе о соотношеніи формъ этой системы и правильной, совершенно аналогично тому значенію, какое имѣетъ величина главной оси тетрагональной системы). Однако, въ виду общепринятости этой величины въ настоящее время, я укажу простой способъ вычислять ее съ помощью уравненій проэктивности.

Если примемъ временно символы напр., Groth'a, то найдемъ, что

символу (100) соотвѣтствуетъ Miller'скій символъ  $(\bar{1}\bar{1}0)$

„ (010) „ „ „  $(10\bar{1})$

„ (001) „ „ „  $(111)$

и „ (111) „ „ „  $(100)$

Отсюда формула 9) для вычисленія основныхъ параметровъ принимаетъ для настоящаго случая видъ:

$$c_1 : c_2 : c_3 = \frac{1}{cs \{ (100) \wedge [\bar{1}\bar{1}0] \}} : \frac{1}{cs \{ (100) \wedge [10\bar{1}] \}} : \frac{1}{cs \{ (100) \wedge [111] \}}$$

Здѣсь  $c_1$  должно быть равно  $c_2$  и принимается за 1-цу; поэтому окончательно получаемъ

$$c_3 = \frac{cs \{ (100) \wedge [10\bar{1}] \}}{cs \{ (100) \wedge [111] \}} = m \sqrt{1,5} \dots \dots \dots 25).$$

37-й численный примѣръ. Опредѣлить величину главной кристаллографической оси для кварца и известковаго шпата?

Выше было выведено для кварца  $m = 0,89798$ .

Отсюда непосредственно вычисляемъ  $c = 1,0998$ .

Также для известковаго шпата выше найдено  $m = 0,69623$  и отсюда прямо выводимъ  $c_3 = 0,85270$ .

## ГЛАВА V.

### Опредѣленіе символовъ по даннымъ угламъ.

§ 21. Задача, къ изслѣдованію которой мы теперь переходимъ, одна изъ самыхъ сложныхъ обыденныхъ задачъ практической кристаллографіи. По су-

пществовавшимъ до сихъ поръ способамъ разрѣшеніе ея въ общемъ видѣ было столь сложно, что въ самыхъ подробныхъ новѣйшихъ руководствахъ (даже въ Geometrische Krystallographie Liebisch'a) не приводится численныхъ примѣровъ ея разрѣшенія и такіе примѣры даются лишь для нѣкоторыхъ частныхъ, простѣйшихъ случаевъ.

Излагаемая здѣсь система вычисленій при помощи уравненій проэктивности въ значительной мѣрѣ устраняетъ затрудненія, являющіяся при рѣшеніи этой задачи, почему и оказалось возможнымъ привести численные примѣры разрѣшенія этой задачи въ общемъ видѣ по различнымъ способамъ.

Еще болѣе упрощенію въ рѣшеніи этой задачи способствуетъ то обстоятельство, что въ громадномъ большинствѣ случаевъ мы имѣемъ дѣло съ весьма простыми символами, а потому достаточно произвести весьма грубые, по степени точности, вычисления, такъ какъ, получивъ въ результатѣ грубый символъ, замѣняемъ его приближеннымъ символомъ съ простыми индексами, а въ случаѣ сомнѣнія можемъ произвести повѣрку по способу, изложенному въ главѣ III.

Въ большинствѣ случаевъ можно ограничиться даже простымъ графическимъ рѣшеніемъ, которое въ случаѣ надобности можетъ быть провѣрено путемъ того же обратнаго вычисленія, что и результатъ грубаго вычисленія.

Въ общемъ видѣ задача этой главы слѣдующая:

*Даны углы, которые неизвѣстная грань  $p$  образуетъ съ двумя извѣстными гранями  $k=(k_1 k_2 k_3)$  и  $l=(l_1 l_2 l_3)$ ; опредѣлитъ символъ грани  $p$ ?*

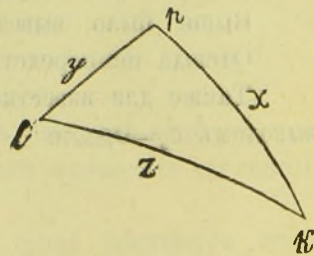
### Первый способъ.

(Способъ зональныхъ вычисленій).

Означимъ чрезъ  $x$  поясъ, проходящій чрезъ грань  $p$  и грань  $k$ ; чрезъ  $y$  — поясъ, проходящій чрезъ грань  $p$  и грань  $l$ , а чрезъ  $z$  — поясъ, проходящій чрезъ грани  $k$  и  $l$  (фиг. 10).

Символъ пояса  $r$  опредѣляется непосредственно, а именно  $(k_2 l_3 - k_2 l_2, k_3 l_1 - k_1 l_3, k_1 l_2 - k_2 l_1)$ . Поставленная задача будетъ рѣшена, если найдемъ символы поясовъ  $x$  и  $y$ , и вотъ опредѣленіемъ этихъ символовъ мы теперь и зададимся.

Данными для рѣшенія являются плоскіе углы  $pk$  и  $pl$  сферическаго треугольника  $pk l$ . Плоскій уголъ  $kl$  легко вычисляется съ помощью формулъ



Фиг. 10.

проэктивности, такъ какъ символы обѣихъ граней  $k$  и  $l$  извѣстны. Съ помощью этихъ трехъ плоскихъ угловъ легко вычислимъ и двугранные углы  $k$  и  $l$  того же сферическаго треугольника по формуламъ



$$tg \frac{\kappa}{2} = \frac{sn \ s \ sn \ (s-pl)}{sn \ (s-p\kappa) \ sn \ (s-\kappa l)} \text{ и } tg \frac{l}{2} = \frac{sn \ s \ sn \ (s-p\kappa)}{sn \ (s-pl) \ sn \ (s-\kappa l)}$$

гдѣ  $2s = \kappa l + lp + p\kappa$ .

Затѣмъ, чрезъ каждую изъ граней  $\kappa$  и  $l$  проводимъ еще три пояса чрезъ какія-нибудь грани, выбирая такія, которыя имѣли бы простѣйшіе символы, напр. чрезъ грани (010), (110), (100). Такимъ образомъ получаемъ новые 6 поясовъ съ извѣстными символами, а потому легко вычислимъ углы, образуемые этими поясами съ поясомъ  $r$ . Этихъ данныхъ совершенно достаточно для опредѣленія символовъ  $x$  и  $y$  по способу, изложенному въ 13-мъ численномъ примѣрѣ.

38-ой численный примѣръ<sup>1)</sup>. Нѣкоторая неизвѣстная грань  $p$  анортита, находящаяся въ одномъ изъ заднихъ октантовъ (т. е. первый индексъ ея символа долженъ быть отрицательнымъ), образуетъ съ гранью  $\kappa = (110)$  уголъ  $120^\circ 31'$  и съ гранью  $l = (\bar{2}01)$  уголъ  $43^\circ 38'$ . Опредѣлить ея символъ?

Для анортита выше было выведено (беру съ меньшею точностью):

$$\frac{p_1'}{p_2'} = \frac{0,965p_1 + 0,028p_2 + 0,490p_3}{0,551p_2 + 0,956p_3}$$

$$\text{и } \frac{r_1'}{r_2'} = \frac{r_1}{-0,051r_1 + 1,751r_2}$$

$$\frac{r_2'}{r_3'} = \frac{-0,487r_1 - 0,0985r_2 + 0,065r_3}{r_3}$$

Теперь начнемъ съ вычисленія угла  $\kappa l$ , и находимъ  $\kappa l = 134^\circ 37' \frac{1}{4}$ . Отсюда  $2s = 298^\circ 46' \frac{1}{4}$  или  $s = 149^\circ 23' = \pi - 30^\circ 37'$ .

$\log sn \ 30^\circ 37' = \bar{1},70697$	$\log sn \ 30^\circ 37' = \bar{1},70697$
$\log sn \ 105^\circ 45' = \bar{1},98338$	$\log sn \ 28^\circ 52' = \bar{1},68374$
$-\log sn \ 28^\circ 52' = 0,31626$	$-\log sn \ 105^\circ 45' = 0,01662$
$-\log sn \ 14^\circ 45' \frac{3}{4} = 0,59378$	$-\log sn \ 14^\circ 45' \frac{3}{4} = 0,59378$
0,60039	0,00112

$$: 2 = 0,30019 = \log tg \ 63^\circ 25' \frac{1}{2} \quad : 2 = 0,00056 = \log tg \ 45^\circ 2' \frac{1}{4}.$$

Отсюда  $\kappa = 126^\circ 51'$  и  $l = 90^\circ 4' \frac{1}{2}$ .

<sup>1)</sup> Графическое рѣшеніе (табл. IV фиг. XI). Было уже упомянуто, что при рѣшеніи вопросовъ этого рода на графическое рѣшеніе вообще можно смотрѣть какъ на окончательное, которымъ можно ограничиться. Въ данномъ случаѣ задача рѣшается при помощи гномостереографической проэкціи: отыскиваемъ въ этой проэкціи точки, соответствующія гранямъ  $(\bar{1}\bar{1}0)$  и  $(\bar{2}01)$ . Проводимъ два малые круга такимъ образомъ, чтобы точки этихъ круговъ соответствовали гранямъ, составляющимъ  $59^\circ 29'$  съ гранью  $(\bar{1}\bar{1}0)$  и  $43^\circ 38'$  съ гранью  $(\bar{2}01)$ . Эти два круга пересѣкаются (въ предѣлахъ стереографической проэкціи) въ двухъ точкахъ, изъ которыхъ только одна, соответствующая грани  $(\bar{1}10)$  представляетъ рѣшеніе поставленнаго вопроса.

Теперь проведемъ поясъ  $L_1=[010]$  чрезъ грань  $l$  и  $(100)$   
 „  $L_3=[\bar{1}0\bar{2}]$  „ „  $l$  и  $(010)$   
 „  $K_1=[00\bar{1}]$  „ „  $\kappa$  и  $(100)$   
 „  $K_3=[1\bar{1}0]$  „ „  $\kappa$  и  $(001)$

Поясъ, въ которомъ находятся грани  $\kappa$  и  $l$ , будетъ имѣть символъ  $L_2=[\bar{1}1\bar{2}]$  или  $K_2=[1\bar{1}2]$ , смотря потому, къ какой группѣ поясовъ мы его отнесемъ.

Теперь составимъ выраженіе ангармоническаго отношенія синусовъ угловъ этихъ плоскостей:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A} &= \frac{\text{Sn} L_1 L_3}{\text{Sn} L_2 L_3} : \frac{\text{Sn} L_1 y}{\text{Sn} L_2 y} = \\ &= \sqrt{\frac{[(1,440)^2 + (0,056)^2 + 1](1,751)^2}{[(1,751)^2 + (0,0985)^2][1 + (0,051)^2 + (1,443)^2]}} \times \frac{\text{Sn} 90^\circ 4'_{1/2}}{\text{Sn}(L_1 L_2 + 90^\circ 4'_{1/2})} = \\ &= \sqrt{\frac{[(1,440)^2 + (0,056)^2 + 1](1,751)^2}{[1 + (1,802)^2 + (1,542)^2][1 + (0,051)^2 + (1,443)^2]}} \times \frac{\begin{vmatrix} 0 & \bar{1} \\ 1 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \bar{1} & \bar{1} \\ 1 & 0 \end{vmatrix}} \times \frac{\begin{vmatrix} \bar{1} & y_1 \\ 1 & y_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & y_1 \\ 1 & y_2 \end{vmatrix}} = \frac{y_1 + y_2}{y_1} \end{aligned}$$

Въ этомъ выраженіи остается еще неизвѣстною величина угла  $L_1 L_2$  т. е. угла между поясами  $L_1=[010]$  и  $L_2=[\bar{1}1\bar{2}]$ . Произведя вычисленіе, найдемъ ее близкою къ  $42^\circ 14'$ , а потому выводимъ окончательно

$$\sqrt{\frac{1 + (1,802)^2 + (1,542)^2}{(1,751)^2 + (0,0985)^2}} \times \frac{\text{Sn} 90^\circ 4'_{1/2}}{\text{Sn} 132^\circ 18'_{1/2}} = \frac{y_1 + y_2}{y_1} = 1,984.$$

При этомъ грубомъ вычисленіи можно вмѣсто 1,984 принять 2 и въ такомъ случаѣ выведемъ  $y_1 = y_2$ . Кроме того, такъ какъ въ поясѣ  $[y_1 y_2 y_3]$  находится грань  $l = (201)$ , то имѣемъ еще  $-2y_1 + y_3 = 0$ , откуда  $y_3 = 2y_1$  и потому  $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 1 : 2$ .

Точно также можемъ составить выраженіе

$$\mathfrak{A} = \frac{\text{sn} K_1 K_3}{\text{sn} K_2 K_3} : \frac{\text{sn} K_1 x}{\text{sn} K_3 x} =$$



$$= \sqrt{\frac{(0,993)^2 + (0,551)^2}{[1 + (1,802)^2 + (0,388)^2](0,551)^2}} \times \frac{\sin 126^\circ 51'}{\sin(K_1 K_2 - 126^\circ 51')} =$$

$$\sqrt{\frac{[(0,993)^2 + (0,551)^2](1,930)^2}{[1 + (1,802)^2 + (0,388)^2][1 + (1,802)^2 + (1,542)^2](0,551)^2}}$$

$$= \frac{\left| \begin{smallmatrix} K_1 & K_3 \\ K_2 & K_3 \end{smallmatrix} \right|_1}{\left| \begin{smallmatrix} K_1 & x \\ K_2 & x \end{smallmatrix} \right|_1} = \frac{\left| \begin{smallmatrix} 0 & \bar{1} \\ \bar{1} & 0 \end{smallmatrix} \right|}{\left| \begin{smallmatrix} \bar{1} & \bar{1} \\ 2 & 0 \end{smallmatrix} \right|} : \frac{\left| \begin{smallmatrix} 0 & x_2 \\ 1 & x_3 \end{smallmatrix} \right|}{\left| \begin{smallmatrix} \bar{1} & x_2 \\ 2 & x_3 \end{smallmatrix} \right|} = \frac{2x_2 + x_3}{2x_2}$$

Въ этомъ выраженіи остается еще неизвѣстною величина угла  $K_1 K_2$  т. е. угла между поясами  $K_1 = [00\bar{1}]$  и  $K_2 = [1\bar{1}2]$ . Произведя вычисленіе, найдемъ величину  $126^\circ 51'$ , и значить

$$\frac{2x_2 + x_3}{2x_2} = \infty \text{ т. е. } x_2 = 0.$$

Кромѣ того  $1.x_1 + 1.x_2 + 0.x_3 = 0$  и потому  $x_1 = 0$  т. е.  $x = [001]$ .

Сопоставляя оба пояса, находимъ для ихъ пересѣченія, т. е. иско-  
мой грани, символъ  $(\bar{1}10)$  или  $(1\bar{1}0)$ ; согласно съ заданіемъ нужно взять пер-  
вый, т. е.  $p = (\bar{1}10)$ .

Слѣдующій численный примѣръ составляетъ повѣрку.

39-й численный примѣръ. Вычислить уголъ между гранями  $p = (\bar{1}10)$  и  $\kappa = (110)$ .

Символь  $(\bar{1}10)$  нужно замѣнить символомъ  $(-0,937 . 0,551 . 0)$

„  $(110)$  „ „ „  $(0,993 . 0,551 . 0)$

Символь пояса этихъ граней  $0,551 . 1,930$   $[001]$

$$\text{Отсюда } \lg(p\kappa) = \frac{0,551 . 1,930}{0,937 . 0,993 + (0,551)^2}$$

$$\lg 0,551 = \bar{1},74115 \quad \lg 0,551 . 1,930 = 0,02671$$

$$\lg 1,930 = 0,22556 \quad \lg 0,937 . 0,993 = \bar{1},96869 = \lg 0,9304$$

$$\lg 0,937 = 1,97174 \quad \lg (0,551)^2 = \bar{1},48230 = \lg 0,3038$$

$$\lg 0,993 = \bar{1},99695 \quad \bar{1},79699 = \lg 0,6266$$

$$\text{или } \lg \lg(\pi - p\kappa) = 0,02671$$

$$0,20301$$

$$0,22972 = \lg \lg 59^\circ 29' /_2$$

Только что изложенный способ слишкомъ сложенъ и требуетъ большаго вниманія при установленіи ангармоническихъ отношеній, а также нѣсколько побочныхъ вычисленій.

Поэтому нельзя не отдать предпочтенія предъ этимъ, чисто кристаллографическимъ способомъ, слѣдующимъ, алгебраическимъ;

### Второй способъ.

(Способъ рациональныхъ поясовъ).

§ 22. Способъ этотъ въ принципѣ сходится съ предыдущимъ и также, какъ онъ, требуетъ предварительнаго вычисленія угловъ  $\kappa$  и  $l$ ; здѣсь также мы ищемъ сначала не символы самой грани  $p$ , а проходящихъ чрезъ нее поясовъ  $x$  и  $y$ , но достигаемъ этого путемъ рѣшенія уравненій первой степени.

Означимъ для краткости  $tg \kappa = t_1$  и  $tg l = t_2$

$$\text{Имѣемъ } t_1 = \frac{V(x_2'r_3' - x_3'r_2')^2 + (x_3'r_1' - x_1'r_3')^2 + (x_1'r_2' - x_2'r_1')^2}{x_1'r_1' + x_2'r_2' + x_3'r_3'}$$

Двучлены, стоящіе здѣсь подъ корнемъ, пропорціональны проективнымъ символамъ грани, общей поясамъ  $x$  и  $r$ , т. е. грани  $\kappa$ . Означивъ поясовой коэффициентъ чрезъ  $m_\kappa$ , найдемъ

$$m_\kappa = \frac{x_2'r_3' - x_3'r_2'}{\kappa_1'} = \frac{x_3'r_1' - x_1'r_3'}{\kappa_2'} = \frac{x_1'r_2' - x_2'r_1'}{\kappa_3'} = \frac{|x'r'|_i}{\kappa'_i} \quad (i=1, 2, 3)$$

$$\text{и потому } -t_1 = \frac{|x'r'|_i}{\kappa'_i} \frac{V\kappa_1'^2 + \kappa_2'^2 + \kappa_3'^2}{(x_1'r_1' + x_2'r_2' + x_3'r_3')}$$

$$\text{также получимъ } t_2 = \frac{|y'r'|_i}{l'_i} \frac{Vl_1'^2 + l_2'^2 + l_3'^2}{(y_1'r_1' + y_2'r_2' + y_3'r_3')}$$

Означивъ для краткости  $V\kappa_1'^2 + \kappa_2'^2 + \kappa_3'^2 = K$  и  $Vl_1'^2 + l_2'^2 + l_3'^2 = L$  и взявъ напр.  $i=1$ , найдемъ

$$\begin{aligned} & -\kappa_1't_1(x_1'r_1' + x_2'r_2' + x_3'r_3') = K(x_1'r_2' - x_3'r_2') \\ \text{и} \quad & l_1't_2(y_1'r_1' + y_2'r_2' + y_3'r_3') = L(y_2'r_3' - y_3'r_2') \end{aligned}$$

Означивъ еще  $\frac{\kappa_1't_1}{K} = K_1$  и  $\frac{l_1't_2}{L} = L_1$ , получимъ окончательно

$$\begin{aligned} & x_1'K_1r_1' + x_2'(K_1r_2' + r_2') + x_3'(K_1r_3' - r_2') = 0. \quad . \quad . \quad . \quad 1) \\ \text{и} \quad & y_1'L_1r_1' + y_2'(L_1r_2' - r_2') + y_3'(L_1r_3' + r_2') = 0 \quad . \quad . \quad . \quad 2) \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> Знакъ минусъ взять на основаніи правила, объясненнаго въ введеніи, по которому  $mk$  получается отрицательнымъ, между тѣмъ какъ для вычисленія  $tg$  этотъ коэффициентъ нужно всегда брать со знакомъ +.



Присоединивъ сюда еще два уравненія, выражающія принадлежность грани  $k$  поясу  $x$  и грани  $l$  поясу  $y$ —

$$x_1' + x_2' + x_3' = 0 \quad . . . . . 3)$$

$$y_1' + y_2' + y_3' = 0 \quad . . . . . 4)$$

получаемъ всѣ данныя для опредѣленія проеѳивныхъ символовъ обоихъ неизвѣстныхъ поясовъ.

Рѣшая эти уравненія, найдемъ:

$$\begin{aligned} x_1' &= \frac{K_1 r_3' + r_3' k_2'}{K_1 r_3' - r_3' k_2'} = \frac{K_1 (r_2' \kappa_3' - r_3' \kappa_2') - r_1' \kappa_1'}{K_1 (r_3' \kappa_1' - r_1' \kappa_3') - r_2' \kappa_1'} \\ x_2' &= \frac{K_1 r_3' - r_3' k_2'}{K_1 r_1' - r_1' k_2'} = \frac{K_1 (r_3' \kappa_1' - r_1' \kappa_3') - r_2' \kappa_1'}{K_1 (r_1' \kappa_2' - r_2' \kappa_1') - r_3' \kappa_1'} \\ x_3' &= \frac{K_1 r_1' - r_1' k_2'}{K_1 r_2' + r_2' k_2'} = \frac{K_1 (r_1' \kappa_2' - r_2' \kappa_1') - r_3' \kappa_1'}{K_1 (r_2' \kappa_3' - r_3' \kappa_2') - r_1' \kappa_1'} \end{aligned}$$

Если вспомнимъ, что  $K_1 = \frac{\kappa_1' t_1}{K}$ , получимъ окончательно

$$\begin{aligned} x_1' : x_2' : x_3' &= t_1 (r_2' \kappa_3' - r_3' \kappa_2') - K r_1' : t_1 (r_3' \kappa_1' - r_1' \kappa_3') - \\ &- K r_2' : t_1 (r_1' \kappa_2' - r_2' \kappa_1') - K r_3' \quad . . . . . 5) \end{aligned}$$

Точно также получимъ:

$$\begin{aligned} y_1' : y_2' : y_3' &= t_2 (r_2' l_3' - r_3' l_2') + L r_1' : t_2 (r_3' l_1' - r_1' l_3') + \\ &+ L r_2' : t_2 (r_1' l_2' - r_2' l_1') + L r_3' \quad . . . . . 6) \end{aligned}$$

40-ой численный примѣръ. Рѣшимъ по этому способу ту-же задачу

Для даннаго случая имѣемъ:

$$\begin{aligned} \log (-t_1) &= 0,12595 ; & r_1' &= 1 ; & \log (-t_2) &= 2,88576 \\ \log k_1' &= \log 0,993 = \bar{1},99695 ; & \log (-r_2') &= 0,25576 ; & \log (-l_1') &= \log 1,440 = 0,15836 \\ \log k_2' &= \log 0,551 = \bar{1},74115 ; & \log r_3' &= 0,18808 ; & \log l_2' &= \log 0,056 = \bar{2},74812 \\ k_3' &= 0 ; & & & l_3' &= 1. \\ \log K &= 0,05525 ; & & & \log L &= 0,24405 \end{aligned}$$

$$\text{Отсюда } \log (-t_1 r_3' \kappa_2') = 0,05448 = \log 1,13365$$

$$\log K r_1' = 0,05525 = \log 1,1357$$

$$\log (-t_1 r_3' k_1') = 0,31028 = \log 2,04505$$

$$\log (-K r_2') = 0,31101 = \log 2,0465$$

$$\log (-t_1 r_1' k_2') = 1,86640 = \log 0,7352$$

$$\log t_1 r_2' \kappa_1' = 0,37796 = \log 2,3875$$

$$\log K r_3' = 0,24333 = \log 1,7512$$

Отсюда  $x_1' : x_2' : x_3' = -0,002 : +0,003 : -4,874$ ; съ достаточною точностью можем замѣнить это отношеніе отношеніемъ  $0 : 0 : 1$ , а отсюда прямо находимъ:  $x_1 : x_2 : x_3 = 0 : 0 : 1$ .

Принимая во вниманіе значительную величину  $t_2$ , отношеніе 6) можем замѣнить приближеннымъ отношеніемъ:

$$y_1' : y_2' : y_3' = r_2' l_3' - r_3' l_2 : r_3' l_1' - r_1' l_3' : r_1' l_2' - r_2' l_1'.$$

$$\log (-r_2' l_3') = 0,25576 = 1,802$$

$$\log (r_3' l_2) = 2,93627 = 0,086$$

$$\log (-r_3' l_1') = 0,34644 = 2,2205$$

$$r_1' l_3' = 1$$

$$\log (r_1' l_2') = 2,74819 = 0,056$$

$$\log (r_2' l_1') = 0,41412 = 2,595$$

Отсюда  $y_1' : y_2' : y_3' = -1,888 : -3,220 : -2,539$ , а по этимъ величинамъ индексъ проективнаго символа легко находимъ приближенно  $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 1 : 2$ .

### ТРЕТИЙ СПОСОБЪ.

(Способъ непосредственнаго вычисленія).

§ 23. При вычисленіи по этому способу не требуется никакихъ побочныхъ вычисленій; однако важное неудобство этого способа — необходимость рѣшенія уравненія 2-й степени.

Означивъ для краткости  $cs(\kappa p) = c_1$  и  $cs(lp) = c_2$ , находимъ

$$c_1 = V \frac{p_1' \kappa_1' + p_2' \kappa_2' + p_3' \kappa_3'}{p_1'^2 + p_2'^2 + p_3'^2} V \frac{\kappa_1'^2 + \kappa_2'^2 + \kappa_3'^2}{\kappa_1'^2 + \kappa_2'^2 + \kappa_3'^2} \dots\dots\dots 7)$$

$$\text{и } c_2 = V \frac{p_1' l_1' + p_2' l_2' + p_3' l_3'}{p_1'^2 + p_2'^2 + p_3'^2} V \frac{l_1'^2 + l_2'^2 + l_3'^2}{l_1'^2 + l_2'^2 + l_3'^2} \dots\dots\dots 8)$$

Раздѣляя 7) на 8) получаемъ, употребляя буквы  $K$  и  $L$  въ смыслѣ предъидущаго §

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{(p_1' \kappa_1' + p_2' \kappa_2' + p_3' \kappa_3') L}{(p_1' l_1' + p_2' l_2' + p_3' l_3') K} \dots\dots\dots 9)$$

Означивъ  $\frac{c_1 K}{c_2 L} = N$ , находимъ окончательно

$$p_1' (N l_1' - \kappa_1') + p_2' (N l_2' - \kappa_2') + p_3' (N l_3' - \kappa_3') = 0 \dots\dots\dots 10)$$

Уравненіе 10) въ связи съ однимъ изъ уравненій 7) или 8) и образуетъ систему, изъ которой выводимъ двойное значеніе символовъ  $p$ .



Само собою разумеется, что при рѣшеніи этихъ уравненій удобнѣе брать то изъ уравненій 7) или 8), которое приведетъ къ болѣ простымъ вычисленіямъ; положимъ 7);

Въ такомъ случаѣ

$$\begin{aligned} & K^2 c_1'^2 (p_1'^2 + p_2'^2 + p_3'^2) = (p_1' \kappa_1' + p_2' \kappa_2' + p_3' \kappa_3')^2 \\ \text{или} \quad & p_1'^2 (K^2 c_1'^2 - \kappa_1'^2) + p_2'^2 (K^2 c_1'^2 - \kappa_2'^2) + p_3'^2 (K^2 c_1'^2 - \kappa_3'^2) - \\ & - 2p_1' p_2' \kappa_1' \kappa_2' - 2p_1' p_3' \kappa_1' \kappa_3' - 2p_2' p_3' \kappa_2' \kappa_3' = 0 \quad \dots \dots \dots 11) \end{aligned}$$

41-й численный примѣръ. Рѣшимъ по этому способу снова ту-же задачу.

Въ данномъ случаѣ

$$\log (-c_1) = \log cs (\pi - 120^\circ 31') = \overline{1,70568} \quad \log K = 0,05525$$

$$\log c_2 = \log cs 43^\circ 38' = \overline{1,85960} \quad \log L = 0,24405$$

$$\text{Отсюда } \log -N = \overline{1,70568}$$

$$0,05525$$

$$0,14040$$

$$\overline{1,75595}$$

$$1,65728 = \log 0,4542$$

$$\text{Кромѣ того: } \log (-l_1') = \log 1,440 = \overline{0,15836}$$

$$\log l_2' = \log 0,056 = \overline{2,74819} \text{ и } l_3' = 1$$

$$\text{Поэтому } \log Nl_1' = \overline{1,81564} = \log 0,6541 \text{ и } \kappa_1' = 0,993$$

$$\log (-Nl_2') = \overline{2,40547} = \log 0,0254 \quad \kappa_2' = 0,551$$

$$\log (-Nl_3') = \overline{1,65728} = \log 0,4542 \quad \kappa_3' = 0$$

и значить уравненіе 10) принимаетъ видъ

$$p_1' 0,339 + p_2' 0,576 + p_3' 0,454 = 0$$

$$\text{Принявъ } p_1' = 1, \text{ найдемъ } p_3' = -0,747 - 1,296 p_2'$$

Внеся всѣ эти численныя значенія въ квадратное уравненіе 11), которое въ данномъ случаѣ имѣетъ видъ

$$0,653 p_1'^2 - 0,029 p_2'^2 - 0,333 p_3'^2 + 1,092 p_1' p_2' = 0$$

$$\text{получимъ } -0,564 p_2'^2 + 0,462 p_2' + 0,468 = 0$$

$$\text{или } p_2'^2 - 0,818 p_2' = 0,880.$$

Отсюда вычисляемъ для  $p_2'$  два значенія ( $-0,590$  и  $+1,41$ ),

а изъ нихъ въ свою очередь два значенія для  $p_3'$  ( $+0,001$  и  $-2,54$ ).

Принявъ  $p_1' : p_2' : p_3' = 1 : -0,59 : 0$ , найдемъ

$$p_1 : p_2 : p_3 = 1,03 : -1,03 : 0 \text{ или } p = (1\bar{1}0), \text{ но такъ какъ}$$

по заданію первый индексъ имѣетъ знакъ  $-$ , то  $p = (\bar{1}10)$ .

Второе рѣшеніе дало-бы символъ  $(2,17; 2,70; 2,44)$ .

## ЧЕТВЕРТЫЙ СПОСОБЪ.

(Способъ ирраціональныхъ поясовъ).

§ 24. Способъ этотъ непосредственно вытекаетъ изъ формулъ предыдущаго и составляетъ его дальнѣйшее развитіе.

Въ предыдущемъ § мы получили уравненіе (10)

$$p_1' (Nl_1' - \kappa_1') + p_2' (Nl_2' - \kappa_2') + p_3' (Nl_3' - \kappa_3') = 0.$$

На это уравненіе мы можемъ смотрѣть, какъ на условное равенство, выражающее, что грань  $(p_1' p_2' p_3')$  находится въ поясѣ  $[(Nl_1' - \kappa_1') (Nl_2' - \kappa_2') (Nl_3' - \kappa_3')]$  и такимъ образомъ прямо находимъ проективный символъ пояса, въ которомъ находится искомая грань.

Способъ этотъ особенно простъ и удобенъ въ томъ случаѣ, когда измѣрено не 2, а 3 угла искомой грани съ какими нибудь извѣстными гранями.

Символъ полученнаго пояса не измѣняется, пока остается постояннымъ отношеніе  $\frac{c_1}{c_2}$ ; слѣдовательно самый поясъ представляетъ геометрическое мѣсто граней, углы которыхъ съ двумя данными гранями  $\kappa$  и  $l$  удовлетворяютъ условію  $\frac{c_1}{c_2} = \text{const.}$  Такимъ образомъ поясъ этотъ будетъ имѣть вообще ирраціональный символъ, т. е. если означу этотъ символъ чрезъ  $(i_1' i_2' i_3')$  отношеніе величинъ  $i$  будетъ ирраціональнымъ.

42-й численный примѣръ. Нѣкоторая неизвѣстная грань  $p$  анортита образуетъ съ гранью  $\kappa = (110)$  уголъ  $120^\circ 31'$ , съ гранью  $l = (201)$  уголъ  $48^\circ 38'$  и съ гранью  $m = (\bar{1}00)$  уголъ  $30^\circ 27\frac{1}{2}'$ . Опредѣлить ея символъ?

Согласно предыдущему имѣемъ

$$\begin{aligned} Kc_1 &= \frac{(p_1' \kappa_1' + p_2' \kappa_2' + p_3' \kappa_3')}{(p_1' l_1' + p_2' l_2' + p_3' l_3')} \\ Lc_2 &= \frac{(p_1' l_1' + p_2' l_2' + p_3' l_3')}{(p_1' m_1' + p_2' m_2' + p_3' m_3')} \\ Mc_3 &= \frac{(p_1' m_1' + p_2' m_2' + p_3' m_3')}{(p_1' \kappa_1' + p_2' \kappa_2' + p_3' \kappa_3')} \end{aligned}$$

Означивъ  $\frac{Kc_1}{Lc_2} = N_1$  и  $\frac{Kc_1}{Mc_3} = N_2$ , найдемъ

$$\begin{aligned} p_1' (N_1 l_1' - \kappa_1') + p_2' (N_1 l_2' - \kappa_2') + p_3' (N_1 l_3' - \kappa_3') &= 0 \\ \text{и } p_1' (N_2 m_1' - \kappa_1') + p_2' (N_2 m_2' - \kappa_2') + p_3' (N_2 m_3' - \kappa_3') &= 0 \end{aligned}$$

Въ данномъ случаѣ

$$\begin{aligned} \log (-c_1) &= \bar{1},70568 \log c_2 = \bar{1},85960 \log c_3 = \bar{1},93550 \\ \kappa_1' &= 0,993 \quad \log (-l_1') = 0,15836 \quad m_1' = -1 \end{aligned}$$

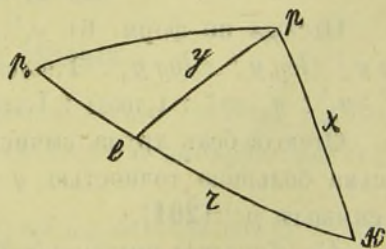


$$\begin{array}{llll}
 \kappa_2' = 0,551 & \log l_2' = 2,74819 & m_2' = 0 \\
 \kappa_3' = 0 & l_3' = 1 & m_3' = 0 \\
 \log K = 0,05525 & \log L = 0,24405 & M = 1 \\
 \text{Отсюда } \log (-N_1) = 0,05525 & \text{и } \log (-N_2) = 0,05525 \\
 & \bar{1},70568 & \bar{1},70568 \\
 & \bar{1},75595 & 0,06450 \\
 & \underline{0,14040} & \bar{1},82543 = \log 0,6690 \\
 & \bar{1},65728 = \log 0,454.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 \text{Далѣ, } \log N_1 l_1' = \bar{1},81564 = \log 0,6541 & N_2 m_1' = 0,6690 \\
 \log (-N_1 l_2') = \bar{2},40547 = \log 0,0254 & N_2 m_2' = 0 \\
 N_1 l_3' = 0,454 & N_2 m_3' = 0
 \end{array}$$

Итакъ  $0,339 p_1' + 0,576 p_2' + 0,454 p_3' = 0$   
 и  $0,334 p_1' + 0,551 p_2' = 0$   
 и значить <sup>2)</sup>  $p_1' : p_2' : p_3' = 0,250 : 0,147 : -0,005$ . Принявъ послѣдній за 0,  
 найдемъ  $p_1 : p_2 : p_3 = -0,257 : 0,257 : 0 = \bar{1} : 1 : 0$ .

Если не дано третьяго угла, который неизвѣстная грань образуетъ съ какою-либо извѣстною, то для пользованія этимъ способомъ необходимо вычислить такой уголъ. Вычисленіе можетъ быть произведено на слѣдующемъ основаніи. Проводимъ (фиг. 11) поясъ  $r$  до пересѣченія съ какимъ нибудь поясомъ, избраннымъ такъ, чтобы вычисленіе было возможно проще, напр. съ поясомъ  $[001]$ ; пусть грань пересѣченія этихъ поясовъ  $p_0$ . Въ такомъ случаѣ, вычисливъ уголъ между гранями  $p_0$  и  $\kappa$  и двугранный уголъ  $p_0 \kappa p$  (какъ было показано выше), по этимъ угламъ и данному углу  $p\kappa$  легко вычисляемъ третій плоскій уголъ  $pp_0$  сферическаго трехъугольника  $\kappa p_0 p$ .



Фиг. 11.

§ 25. Частный, простѣйшій, случай разсматриваемой здѣсь задачи тотъ, когда данъ уголъ неизвѣстной грани съ извѣстною, и притомъ извѣстенъ поясъ, въ которомъ находится неизвѣстная грань. При рѣшеніи ея по способу зональныхъ вычисленій, задача упрощается ровно вдвое, такъ какъ приходится опредѣлять символъ только одного пояса (вмѣсто двухъ).

Также вдвое упрощается и рѣшеніе этой задачи по способу раціональныхъ поясовъ, и способъ получаетъ особенную простоту.

Способъ непосредственнаго вычисленія оказывается непримѣнимымъ;

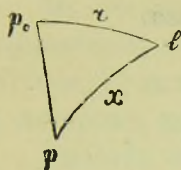
<sup>1)</sup> По правилу, объясненному въ введеніи, символъ  $(0,339 \cdot 0,576 \cdot 0,454)$  долженъ быть верхнимъ.

для примѣненія способа ирраціональныхъ поясовъ необходимо опредѣлить уголъ неизвѣстной грани еще съ какою нибудь гранью.

43-й численный примѣръ. Нѣкоторая грань  $p$  апортита, находящаяся въ поясѣ  $[100]$ , образуетъ съ гранью  $l=(\bar{1}10)$  уголъ  $43^\circ 38'$ ; опредѣлить ея символъ?

А. Рѣшеніе по способу раціональныхъ поясовъ.

Вычисляемъ уголъ между гранями  $l=(\bar{1}10)$  и  $p_0=(\bar{1}00)$  (фиг. 12) и находимъ  $30^\circ 27\frac{1}{2}'$ , и уголъ между поясами  $r=[00\bar{1}]$  и даннымъ поясомъ  $[0\bar{1}0]$  и находимъ  $93^\circ 14'$ . Такимъ образомъ въ сферическомъ треугольникѣ  $lpp_0$  извѣстны два плоскіе и одинъ двугранный уголъ; по этимъ даннымъ вычисляемъ еще двугранный уголъ  $l$  и находимъ  $124^\circ 16\frac{3}{4}'$ .



Фиг. 12.

Теперь составляемъ таблицу

$$\begin{array}{ll} \log (-t_2) = 0,166456 & \text{и } r_1' = 0 \\ \log (-l_1') = 1,971763 & r_2' = 0 \\ \log l_2' = 1,741176 & r_3' = -1 \\ l_3' = 0 & \\ \log L = 0,036251 & \end{array}$$

Отсюда по форм. 6)  $y_1' : y_2' : y_3' = -t_2 r_3' l_2' : t_2 r_3' l_1' : L r_3'$  и слѣдовательно  $\log y_1' : \log y_2' : \log y_3' = 1,907632 : 0,138219 : 0,036251 = 0 : 0,230587 : 0,128619$  т. е.  $y_1' : y_2' : y_3' = 1 : 1,70054 : 1,34467$ .

Отсюда безъ труда вычисляемъ  $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 0,99999 : 2,00001$  т. е. съ весьма большою точностью  $y = [112]$ , а отсюда уже безъ труда вычисляемъ и символъ  $p = (201)$ .

Графическое рѣшеніе (табл. IV фиг. XII) этой задачи упрощается сравнительно съ рѣшеніемъ задачи въ общемъ видѣ въ томъ отношеніи, что теперь, получивъ гномостереографическую проецію грани  $(\bar{1}10)$ , находимъ лишь одинъ кругъ граней, которыя составляютъ съ нею уголъ  $43^\circ 38'$ . Рѣшеніе представляетъ точка пересѣченія этого круга съ дугою, выражающею данный поясъ  $[010]$ .

В. Рѣшеніе по способу ирраціональныхъ поясовъ.

Изъ того же сферическаго треугольника можемъ вычислить уголъ  $pp_0$  и находимъ  $34^\circ 49'$ .

Такимъ образомъ

$$\begin{array}{ll} \log c_1 = \log cs 43^\circ 38' = 1,85960 & \log K = 0,03625 \\ \log c_2 = \log cs 34^\circ 49' = 1,91435 & L = 1 \end{array}$$

Отсюда  $\log N = 1,85960$

$$0,03625$$

$$0,08565$$

$$\hline 1,98150 = \log 0,9583$$



и кромѣ того:  $\kappa_1' = -0,9371$ ,  $\kappa_2' = 0,5510$ ,  $\kappa_3' = 0$   
 $l_1' = -1$        $l_2' = 0$        $l_3' = 0$

и потому получаемъ

$$p_1' \cdot 0,0212 + p_2' \cdot 0,5510 = 0$$

или  $i' = [0,0212 \cdot 0,5510 \cdot 0]$ ; отсюда  $i = [1.14, 87.2, 02]$ .

Пересѣченіе этого ирраціональнаго пояса съ даннымъ будетъ искомая грань (2,02.0.1) или съ достаточною точностью (201).

§ 26. Всѣ только что изложенные способы одинаково примѣнимы для всѣхъ системъ, и пользованіе ими облегчается въ тѣмъ большей мѣрѣ, чѣмъ проще уравненія проеактивности и слѣдовательно чѣмъ большею симметріею обладаетъ система. Для правильной системы по всѣмъ этимъ способамъ мы прямо получаемъ настоящіе символы (а не проеактивные). Вообще говоря, способу ирраціональныхъ поясовъ нужно отдать особое предпочтеніе, когда даны три угла неизвѣстной грани съ извѣстными; въ другихъ случаяхъ еще удобнѣе пользоваться способомъ раціональныхъ поясовъ. Для правильной системы, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣкоторые индексы данныхъ символовъ равны нулю, можно съ удобствомъ примѣнить и способъ непосредственнаго вычисленія, такъ какъ въ этихъ случаяхъ весьма облегчается составленіе и рѣшеніе квадратнаго уравненія.

## ПРИЛОЖЕНІЕ.

### Вычисленіе ромбическаго сѣченія.

Въ видѣ иллюстраціи примѣненія изложенной здѣсь системы къ кристаллографическимъ вычисленіямъ особеннаго характера я выбираю вычисленіе ромбическаго сѣченія.

Какъ извѣстно <sup>1)</sup>, ромбическимъ сѣченіемъ призмъ плагіоклазовъ G. v. Rath называлъ такіа (вообще ирраціональныя) грани, находящіяся въ поясѣ [010] (макродіагональномъ), которыя пересѣкаются съ граями правой и лѣвой призмы въ ромбахъ и значить углы, образуемые ребрами сѣченія такихъ граней плоскостями правой и лѣвой призмы съ ребромъ пересѣченія той же грани и макропинакоида (010), равны между собою.

*Задача 1. Определить символъ грани, составляющей ромбическое сѣченіе?*

Означимъ неизвѣстный символъ ромбическаго сѣченія чрезъ (x01).

Съ гранью (100) оно образуетъ ребро [010]

„ (110) „ „ „ [11x]

„ (110) „ „ „ [11x̄]

<sup>1)</sup> N. Jahrb. f. Min. etc. 1876, II. 7. S. 689.  
 ГОРН. ЖУРН. т. II № 4 1887 г.

Нужно, значитъ, найти такое значеніе  $x$ , при которомъ уголъ

$$\left\{ [1\bar{1}\bar{x}]^{\wedge} [0\bar{1}0] \right\} = \left\{ [11\bar{x}]^{\wedge} [010] \right\}.$$

Проективный символъ грани  $(x01)$  будетъ  $(a_1x + a_3, a_5, 1)$

"	"	ребра $[1\bar{1}\bar{x}]$	"	$[1\bar{b}_1 - b_2, b_3 - b_4 - b_5x]$
"	"	" $[0\bar{1}0]$	"	$[0, b_2, b_4]$
"	"	" $[11\bar{x}]$	"	$[1\cdot b_1 + b_2, b_3 + b_4 - b_5x]$

Отсюда

$$tg \left\{ [1\bar{1}\bar{x}]^{\wedge} [0\bar{1}0] \right\} = - \frac{b_2 \sqrt{(a_1x + a_3)^2 + a_5^2 + 1}}{b_2(b_1 - b_2) + b_4(b_3 - b_4 - b_5x)}$$

$$\text{и } tg \left\{ [11\bar{x}]^{\wedge} [010] \right\} = \frac{b_2 \sqrt{(a_1x + a_3)^2 + a_5^2 + 1}}{b_2(b_1 + b_2) + b_4(b_3 + b_4 - b_5x)}$$

Для выполненія поставленнаго условія необходимо

$$b_2(b_1 + b_2) + b_4(b_3 + b_4 - b_5x) + b_2(b_1 - b_2) + b_4(b_3 - b_4 - b_5x) = 0$$

$$\text{или } 2b_1b_2 + 2b_3b_4 - 2b_4b_5x = 0 \text{ или } x = \frac{b_1b_2 + b_3b_4}{b_4b_5}$$

Такъ простъ выводъ ромбическаго сѣченія изъ уравненій проективности.

По выведеннымъ выше формуламъ непосредственно очевидно, что для альбита  $x$  имѣетъ отрицательное значеніе; для апортита же получаемъ приблизительно  $x = +0,40$ .

Для того изъ промежуточныхъ членовъ ряда плагіоклазовъ, для котораго  $b_1b_2 + b_3b_4 = 0$ , ромбическое сѣченіе совпадаетъ съ базопинакоидомъ.

Изъ тѣхъ же уравненій усматриваемъ, что величина коэффициента  $b_1$  для плагіоклазовъ вообще весьма незначительна, и притомъ изъ положительной (для альбита) переходитъ чрезъ значеніе 0 и дѣлается отрицательною (для апортита); поэтому, принявъ ее приближенно за 0, найдемъ  $x = \frac{b_3}{b_5}$ ;

это значеніе совершенно точно для одного изъ промежуточныхъ членовъ и весьма близко для альбита.

*Задача 2. Вычислить плоскій уголъ, составляемый ребрами пересѣченія ромбическаго сѣченія и базопинакоида съ клинпинакоидомъ.*

Задача эта рѣшается на общемъ основаніи, какъ это было изложено въ главѣ III. Теперь же я сдѣлаю приближенное вычисленіе для альбита, принявъ для него за уравненія проективности:

$$r_1 : r_2 : r_3' = r_1 : \frac{7}{4} r_2 : -\frac{1}{2} r_1 - \frac{1}{8} r_2 + r_3$$



По заданію нужно найти уголъ между ребрами  $[10x]$  и  $[100]$

Символь  $[10x]$  нужно замѣнить символомъ  $[2, 0, -(1+2x)]$

„  $[100]$  „ „ „  $[2, 0, -1]$

Символь пояса этихъ реберъ  $4x$  (010)

$$\text{Отсюда } \operatorname{tg} \left\{ [10x] \wedge [100] \right\} = \frac{\sqrt{(4x)^2}}{4+1+2x} = \frac{\sqrt{(4x)^2}}{5+2x}$$

Подставивъ сюда вмѣсто  $x$  его приближенное значеніе —  $\frac{1}{2}$  получимъ для этого угла  $26^\circ 34'$ ; взявъ же его болѣе точное значеніе  $x = -0,506$ , найдемъ  $26^\circ 55'$  (вычисленіе даетъ  $27^\circ 17'$ ).

Насколько удовлетворительные результаты даетъ вычисленіе по только что приведеннымъ приближеннымъ уравненіямъ проэктивности, можно видѣть напр. (кромѣ только что приведеннаго результата) потому, что, вычисляя по нимъ величину угла между ребрами  $[100]$  и  $[010]$ , найдемъ  $88^\circ$ , вмѣсто истинной величины  $88^\circ 8\frac{1'}{2}$ .

## ОБЪ ОКИСЛАХЪ ЗОЛОТА.

ГЕРГАРДА КРЮССЬ. <sup>1)</sup>

Въ „Annalen der Chemie“ 1887, В. 237, Н. 3., помѣщена статья Г. Крюссъ (Лабораторія Мюнхенской Королевской Академіи Наукъ) „Untersuchungen über das Gold“, въ которой изложены крайне интересныя работы его по изслѣдованію окисловъ золота. Задавшись цѣлію опредѣлить атомный вѣсъ золота, Крюссъ остановился на окиси золота, но, примѣняя для полученія ея существующія въ настоящей литературѣ указанія, онъ убѣдился, что всѣ предложенные до сихъ поръ способы полученія окиси золота не даютъ этого соединенія въ химически чистомъ видѣ. Это навело его на мысль провѣрить всѣ существующія данныя вообще объ окислахъ золота, причемъ обнаружилось, что многія изъ нихъ или неточны, или даже вовсе невѣрны.

Въ большинствѣ учебниковъ неорганической химіи (см. Gmelin-Kraut, 3, 1007—1012) приводятся слѣдующіе окислы золота: закись золота  $Au_2O$ , закись-окись золота  $Au_2O_2$ , пурпуровая окись золота неизвѣстнаго состава, окись золота  $Au_2O_3$ , перекись золота  $Au_2O_4$  и золотая кислота состава  $Au_2O_5$ .

<sup>1)</sup> Извлечено горн. инж. А. Фанъ-деръ-Флаасъ.

## ЗАКИСЬ ЗОЛОТА.

Для получения закиси золота существуют способы Берцелиуса и Фигье. По Берцелиусу закись золота получается из хлористаго золота  $AuCl$  осаждением жидким калием, причем полагается, что хлористое золото образуется из нейтральнаго хлорнаго золота  $AuCl_3$  при нагревании послѣдняго до  $210^\circ$ . Въ самомъ же дѣлѣ, при этой температурѣ хлорное золото теряетъ болѣе  $\frac{2}{3}$  хлора, отчего закись золота, получаемая по Берцелиусу, всегда смѣшана съ металлическимъ золотомъ. Фигье совѣтуетъ разлагать хлорное золото при температурѣ только  $150^\circ$ , но и при этомъ, раньше чѣмъ разложится всему количеству хлорнаго золота, часть образовавшагося уже хлористаго золота теряетъ свой хлоръ. Другой способъ Фигье осаждениемъ закиси золота изъ слабаго воднаго раствора хлорнаго золота азотнокислой ртутью отъ закиси даетъ препаратъ, заключающій до  $5\%$  ртути въ видѣ каломели и основныхъ ртутныхъ солей <sup>1)</sup>. Также неудовлетворительны оказываются и всѣ другіе способы Фигье. Убѣдившись такимъ образомъ въ неточности всѣхъ существующихъ способовъ, Крюссъ попытался найти какой-либо другой путь для получения закиси золота въ химически чистомъ видѣ и попытка его увѣнчалась полнымъ успѣхомъ.

Если къ раствору хлорнаго ( $AuCl_3$ ) или двухлористаго золота ( $Au_2Cl_4$ ) прибавить такое количество сѣрнистой кислоты, которое могло бы возстановить по расчету только  $\frac{2}{3}$  всего хлорнаго золота до металла, то двѣ трети золота дѣйствительно выдѣляются въ металлическомъ видѣ, а остальное количество хлорнаго золота остается неизмѣненнымъ.

Другое происходитъ съ бромнымъ или дубромистымъ золотомъ. Сѣрнистая кислота сначала обезцвѣчиваетъ растворъ и затѣмъ возстановляетъ его до соли, соответствующей закиси, растворъ которой въ водѣ постояненъ при низкой температурѣ. Изъ такого раствора слабымъ растворомъ жидкаго калия осаждается гидратъ закиси золота, осадокъ при кипяченіи хорошо собирается и можетъ быть совершенно отмытъ отъ щелочи.

Закись золота представляетъ во влажномъ состояніи темно-фіолетовое вещество, которое при высушиваніи надъ фосфорнымъ ангидридомъ становится свѣтлымъ, сѣро-фіолетовымъ. Въ свѣже-осажденномъ состояніи она растворяется въ *холодной* водѣ; растворъ этотъ имѣетъ индигово-синій цвѣтъ, флуоресцируетъ коричневымъ цвѣтомъ и даетъ характерные спектры поглощенія. При кипяченіи такого раствора осаждается темно-фіолетовый гидратъ закиси золота.

Свѣже-осажденная закись золота растворяется въ жидкихъ щелочахъ, частью растворяется въ соляной и бромисто-водородной кислотахъ; относительно-же всѣхъ другихъ кислотъ—пассивна. При  $200^\circ$  она теряетъ гидрат-

<sup>1)</sup>  $2AuCl_3 + 4HgNO_3 + H_2O = Au_2O + 3HgCl_2 + Hg(NO_3)_2 + 2HNO_3$ .



ную воду, а кислородъ начинаетъ выдѣлять при  $205-210^{\circ}$ . Вполнѣ возста-  
новляется около  $250^{\circ}$ .

### ЗАКИСЬ-ОКИСЬ ЗОЛОТА.

Способъ Прата (*Comptes rendus*, 70, 840), приведенный и у Гмелина-Краута, какъ единственный для полученія закиси окиси золота, оказывается невѣрнымъ. Онъ состоитъ въ томъ, что золото обрабатывается небольшимъ количествомъ царской водки (съ избыткомъ соляной кислоты), такъ что часть его остается нерастворенной, растворъ осаждается углекислымъ калиемъ, осадокъ растворяется въ избыткѣ реактива и жидкость нагревается до  $60^{\circ}$ . При этомъ выдѣляется гидратъ свѣтлаго оливково-зеленаго цвѣта, представляющій, по анализу Прата,  $Au_2O_2$  (*Oxyde d'or intermédiaire*). При проверкѣ этого способа Крюссъ нашелъ, что, прибавляя чистый углекислый калий, безъ органическихъ примѣсей, мы получимъ всегда окись золота, въ видѣ того или другого гидрата, смотря по температурѣ осажденія. О способѣ полученія закиси-окиси золота въ чистомъ видѣ будетъ сказано при описаніи окиси золота.

### Пурпуровая окись золота.

Подъ именемъ пурпуровой окиси золота (*Purpurnes Goldoxyd*), многими изслѣдователями описывается вещество, получаемое различными способами. Такъ Guylon-Morveau (*Ann. Chim.* 69, 261) получалъ ее, сжигая золотую проволоку въ искрѣ отъ сильной баттарей; Buchner (*Repert.* 29, 1) сильно прокаливалъ золото съ ѣдкими и азотнокислыми щелочами и щелочными землями, также съ кремнеземомъ, хромовой окисью, окисью цинка, урана, гидратами кобальта и никкеля и т. д. Во всѣхъ случаяхъ золото исчезало и вза-мѣстъ его получалось порпуровое вещество, принимаемое за пурпуровую окись золота. Послѣдняя получается и мокрымъ путемъ (Proust, Buisson, Desmarest, Creuzburg) осажденіемъ изъ хлорнаго золота органическими веществами. Существованіе пурпуровой окиси золота признавалось также Гмелинымъ и Берцелиусомъ, который давалъ ей формулу сначала  $Au_2O_2$ , затѣмъ  $Au_2O$ . Между тѣмъ анализомъ этого вещества почти не было, тогда какъ Пруть и Бюссонъ считали его мелкораздробленнымъ металлическимъ золотомъ, а Фигье нашелъ, что соляная кислота на него не дѣйствуетъ.

Крюссъ повторилъ почти всѣ опыты, исключая сожженія золота въ электрической искрѣ, и пришелъ къ тому выводу, что пурпуровой окиси золота не существуетъ, а то пурпуровое вещество, которое получается иногда при описанныхъ вышеприведенными изслѣдователями опытахъ, представляетъ мелко-раздробленное золото, не заключающее вовсе кислорода. Странно было-бы и ожидать другого результата, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда производится прокаливаніе при возвышенной температурѣ, тогда какъ уже при  $250-300^{\circ}$  разлагаются всѣ соединенія золота.

## Окись золота.

Для полученія окиси золота существуетъ очень много способовъ, но ни одинъ изъ нихъ не даетъ вполне чистаго препарата. Всѣ они основаны на обмѣнномъ разложеніи хлорнаго золота съ гидратами или углекислыми солями, причемъ оказывается, что хлористыя щелочи или щелочныя земли, получающіяся при этомъ, не могутъ быть вполне удалены ни промываніемъ, ни обработкой какой либо кислотой. Такимъ образомъ способы Фигье осажденія окиси золота углекислымъ натріемъ, ѣдкимъ калиемъ и хлористымъ баріемъ; способъ Дюма осажденія гидратомъ барія; Пелетье—осажденіе „*magnesia usta*“ и окисью цинка; способъ Фреми, изслѣдованный Шотлендеромъ—выдѣленіе окиси золота при разложеніи растворовъ ея въ ѣдкомъ калиѣ или натріѣ, также какъ и методъ, предложенный Шотлендеромъ, разложенія сѣрноокислаго и азотпоокислаго золота водой на окись золота и соотвѣтствующую кислоту—всѣ эти способы не даютъ чистой, свободной отъ всякой примѣси окиси золота. Послѣдній изъ приведенныхъ способовъ имѣетъ значительное преимущество передъ всѣми другими, но и онъ даетъ окись золота, заключающую отъ 0,2 до 0,3 % сѣрной кислоты или азотной, отъ которыхъ невозможно освободиться. Крюссу удалось получить химически-чистую окись золота при помощи магнезіи, но не „*magnesia usta*“, какъ то дѣлалъ Пелетье, но „*magnesia alba*“. Вотъ въ чемъ заключается приемъ Крюсса: 80 gr. двухлористаго золота разлагаются водой, получаютъ 4 литра раствора хлорнаго золота; выдѣлившееся при этомъ металлическое золото отцѣживаютъ, растворъ нагреваютъ до кипѣнія и прибавляютъ, при постоянномъ помѣшиваніи, *magnesia alba* до тѣхъ поръ, пока жидкость совершенно не обезцвѣтится. Въ растворѣ получаютъ хлористый магній и хлор-аурагъ магнія; большая же часть золота съ небольшимъ избыткомъ магнезіи садится въ видѣ гидрата окиси золота. Его отцѣживаютъ, промываютъ 1600 куб. сантм. воды, прибавляютъ 800 куб. сантм. чистой азотной кислоты удѣльнаго вѣса 1,40 и оставляютъ на 24 часа; затѣмъ фильтруютъ, снова промываютъ такимъ же количествомъ воды, прибавляютъ столько же азотной кислоты и нагреваютъ въ теченіи шести часовъ на водяной банѣ. Уже при первой обработкѣ азотной кислотой, большая часть окиси золота, вмѣстѣ съ избыткомъ магнезіи, переходитъ въ растворъ; при вторичной обработкѣ и нагреваніи, растворяется больше половины не растворившейся еще окиси. Небольшое количество ея, оставшееся еще нерастворимымъ, отцѣживаютъ и промываютъ теплой водой, причемъ удаляются малѣйшіе слѣды азотной кислоты. Невозможность отмыть азотную кислоту при способѣ Шотлендера объясняется вѣроятнымъ образованіемъ основныхъ азотнокислыхъ солей. Полученная описаннымъ образомъ окись золота, была совершенно свободна отъ кислотъ; точно также она не содержала и слѣдовъ магнезіи, что было доказано испытаніемъ на магній раствора ея въ соляной кислотѣ, изъ котораго золото было выдѣлено сѣр-



нистой кислотой. Такимъ образомъ полученный препаратъ могъ бы быть вполне пригоденъ для опредѣленія атомнаго вѣса золота, если бы былъ достаточнымъ количествѣ; къ сожалѣнію, описанный способъ даетъ возможность получить окись золота въ весьма незначительномъ количествѣ, именно около 5%, относительно всего употребленнаго золота.

Относительно свойствъ чистой окиси золота, полученные результаты вполне согласовались съ данными Пелетье и Витштейна. Во влажномъ состояніи она имѣетъ охра-но-бурый цвѣтъ и довольно легко растворяется въ слабой азотной кислотѣ, тогда какъ нѣкоторые химики утверждаютъ, что она почти не растворяется и въ дымящейся азотной кислотѣ. Это объясняется можетъ быть тѣмъ, что полученная описаннымъ способомъ окись золота представляетъ гидратъ въ состояніи весьма мелкаго раздробленія. При высушиваніи послѣдняго въ теченіе нѣсколькихъ недѣль надъ фосфорнымъ ангидридомъ, онъ мало по малу теряетъ воду, причемъ приобретаетъ каштановый цвѣтъ и окончательно переходитъ въ гидратъ состава  $Au_2O_3, H_2O = (AuO.OH)_2$  (Aurylhydroxid). При нагреваніи его въ продолженіе сутокъ до температуры отъ 140 до 150°, онъ теряетъ всю воду и переходитъ въ безводную окись золота темно-коричневаго цвѣта, которая при 220° выдѣляетъ, вспучиваясь, весь кислородъ и переходитъ въ металлическое золото. Крюссъ произвелъ цѣлый рядъ (20) весьма продолжительныхъ испытаній относительно измѣненія гидрата окиси золота при нагреваніи его въ предѣлахъ отъ 110° до темно-краснаго каленія. Онъ полагалъ, между прочимъ, что при нѣкоторой температурѣ можно будетъ получить чистую закись золота, подобно тому, какъ получается хлористое золото при нагреваніи хлорнаго. Ожиданія его однако оказались несбывшимися; за то ему удалось получить въ чистомъ состояніи закись-окись золота, именно при температурѣ отъ 155 до 165°. Полученная такимъ образомъ закись-окись золота представляетъ темный, охра-но-бурый порошокъ, имѣющій фіолетовый оттѣнокъ и представляющій весьма гигроскопическое вещество, которое въ сухомъ состояніи можетъ сохраняться только надъ фосфорнымъ ангидридомъ.

#### Перекись золота.

Въ Handbuch Gmelin-Kraut'a подъ именемъ перекиси золота (Goldhyperoxyd) описано вещество, открытое Пратомъ и названное имъ „Bioxide d'or“. Оно получается, при насыщеніи углекислымъ калиемъ раствора золота въ царской водкѣ съ избыткомъ азотной кислоты. Повторивши всю работу Прата, Крюссъ пришелъ къ тому выводу, что открытая Пратомъ перекись золота есть ничто иное, какъ каштановаго цвѣта гидратъ окиси золота состава  $Au_2O_3, H_2O$ , только, судя по числу процентовъ кислорода, приведенномъ Пратомъ въ анализѣ его перекиси, не вполне высушенный. Въ томъ, что упоминаемое Пратомъ окисленное соединеніе золота не представ-

ляетъ высшей степени окисленія, убѣждаетъ также и тотъ приведенный самимъ-же Пратомъ фактъ, что его перекись растворяется въ соляной кислотѣ безъ выдѣленія хлора.

### Золотая кислота.

Такъ называется открытое Фигье соединеніе золота (Acide peraurique) и приведенное у Гмелина подъ названіемъ Goldsäure и формулой  $Au_2O_5$ . Изслѣдованія Крюсса показали, что и этого соединенія не существуетъ и что всѣ вообще попытки его получить для золота высокую степень окисленія сравнительно съ  $A_2O_3$ —не удались. Точно также не удалось ему получить и нисшую степень окисленія Goldsuperoxidul — недокись золота  $Au_4O$ , которую можно-бы было предположить по аналогіи съ  $Cu_4O$  и  $Ag_4O$ .

Разнорѣчивые опыты Оберкампа, Фигье, Бюисона, Прута и др. относительно дѣйствія водорода на растворъ хлорнаго золота сводятся всѣ, по изслѣдованію Крюсса, къ тому, что *чистый* водородъ, ни на холоду, ни при нагрѣваніи, на растворъ хлорнаго золота вовсе не дѣйствуетъ, а тѣ явленія, которыя замѣчали вышеупомянутые химики при пропусканіи водорода въ растворъ хлорнаго золота, происходятъ отъ примѣсей, обыкновенно сопровождающихъ водородъ.

Такимъ образомъ оказывается, что изъ многочисленныхъ окисловъ золота до сихъ поръ съ увѣренностію можно констатировать только три степени: закись, закись-окись и окись золота, что по мнѣнію Крюсса, вполнѣ отвѣчаетъ атомному вѣсу золота, занимающему мѣсто между платиной и ртутью.



# ГОРНОЕ ХОЗЯЙСТВО, СТАТИСТИКА И ИСТОРИЯ.

## ВЫКСУНСКИЕ ЧУГУНОПЛАВИЛЬНЫЕ И ЖЕЛѢЗОДѢЛАТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ.

Ниж. Пут. Сообщ. Л. Любимова.

Во второй половинѣ XVIII столѣтія, гласитъ преданіе, тульскіе кузнецы братья Андрей и Иванъ Баташевы заняли всю округу сѣверо-западной части Тамбовской и юго-западной Нижегородской и Владимірской губерній, прилегающую къ рѣкѣ Окѣ, объявили ее своею собственностію, приписали къ своимъ новымъ угодьямъ все населеніе, находившееся въ ту пору на захваченномъ раіонѣ и, позволеніемъ всякому безпаспортному люду селиться на новыхъ земляхъ, быстро увеличили число своихъ крѣпостныхъ. Деревни, не желавшія признавать власть Баташевыхъ, покорялись силою; такимъ образомъ была, напримѣръ, взята Иваномъ Баташевымъ деревня Семиловка, сожжена, а мѣстные жители всѣ переселены по другимъ деревнямъ, до тѣхъ поръ пока они не смирились духомъ и не признали верховенства Баташевыхъ. Тогда имъ было позволено вновь поселиться на своемъ старомъ пепелищѣ. Власть обоихъ братьевъ была настолько велика, что жители прибрежныхъ къ Окѣ селеній, занимавшіеся грабежомъ каравановъ, шедшихъ по Окѣ на Нижегородскую ярмарку, платили въ свою очередь дань Баташевымъ.—Братями были основаны на захваченныхъ земляхъ въ разное время нижеслѣдующіе чугуноплавильные и желѣзодѣлательные заводы: 1) Гусь—въ 1759 году; 2) Сынтуть; 3) Ермиша—въ 1755 г.; 4) Медума, 5) Илевъ—1773 г.; 6) Вознесенскій; 7) Верхне-Унженскій въ 1783 году; 8) Унжа—1775 г.; 9) Выкса 1776 г.; 10) Велѣтма—1767 г.; 11) Досчатая—1776 г. Затѣмъ въ 1783 г. послѣдовалъ между Баташевыми раздѣлъ, въ силу котораго на долю старшаго брата Андрея достались первые семь изъ упомянутыхъ выше заводовъ, на долю же младшаго—Ивана—остальные четыре.

Послѣ раздѣла выстроены Иваномъ еще слѣдующіе семь заводовъ: 1) Спосвѣдь—въ 1784 г., 2) Вили въ 1797 г., 3) Проволочная, 4) Нижне-Выксунскій, 5) Средне-Выксун Занесный и 7) Пристанской. Время основанія пяти

последнихъ заводовъ не извѣстно. Послѣ смерти Ивана Баташева все имѣніе его перешло къ его дочери, вышедшей замужъ за Щепелева, отчего заводы стали извѣстными подъ названіемъ „Щепелевскихъ“. Дочь Щепелева вышла за князя Голицына, получивъ въ приданое тѣже заводы. Въ 1865 году заводы были сданы въ аренду англійской компаніи, въ рукахъ которой и находились до 1881 года.

11-го Апрѣля 1881 года случился прорывъ плотины Выхсунскаго пруда, вслѣдствіе небывало высокихъ весеннихъ водъ, а главнымъ образомъ вслѣдствіе крайней вѣхости плотиннаго вешняка, на ремонтъ котораго директоръ завода, изъ личныхъ корыстныхъ видовъ, <sup>1)</sup> не отпускалъ средствъ, несмотря на неоднократное заявленіе завѣдывавшаго заводскими плотинами о неотложной необходимости произвести ремонтъ вешняковъ. По открытіи плюза вешняка для спуска быстро прибывавшихъ водъ, вода ринулась съ такою силою, что пробила гнилыя доски сливного пола и начала подмывать основаніе. Прорвавъ плотину, вода смыла близъ лежавшія строенія и устремилась на нижележавшія плотины. Благодаря своевременному открытію плузовъ, изъ заводовъ пострадалъ лишь одинъ—Средній Выхсунскій который, былъ смытъ до основанія; исчезъ также и прилежавшій къ нему Средне-Выхсунскій прудъ, который былъ вовсе занесенъ пескомъ: отъ огромнаго пруда остался пунѣ лишь ничтожный протокъ. Не обошлось при этомъ и безъ человѣческихъ жертвъ: въ волнахъ разбушевавшейся стихіи погибло 17 человѣкъ. <sup>2)</sup> О силѣ воды можно судить по тому, что ею была прорвана плотина высотой въ 7, шириною по верху почти въ 5, а по низу въ 8 сажень и вырыта яма глубиною въ 3 сажени ниже подошвы плотины,—такъ что общая высота прорыва составляла 10 сажень. Вырвавшійся изъ прорыва водяной валъ шелъ громадною клинообразною стѣною, высота которой была выше 7 аршинъ!

Виновникъ катастрофы, заводскій директоръ, успѣлъ заблаговременно скрыться, благодаря неосторожности судебнаго слѣдователя, оставившаго его на свободѣ во время производства дознанія. Только благодаря энергіи помощника директора и заводскаго механика, начавшихъ чуть ли не на слѣдующій уже день послѣ катастрофы, на собственный страхъ, исправительныя работы—дѣло обошлось безъ всякихъ волненій въ средѣ рабочихъ. Впослѣдствіи компанія ассигновала въ пользу пострадавшихъ 12000 рублей деньгами и выдала имъ 6000 пудовъ желѣза натурою. Къ сожаленію, какъ это почти всегда бываетъ, львиную долю изъ названнаго пособія получили „крикуны“ и „доморощенные ходатаи“, а лица, дѣйствительно пострадавшіе, получили однѣ лишь крохи, а нѣкоторые и совсѣмъ таки ничего. Въ томъ же 1881

<sup>1)</sup> Онъ получалъ 15000 руб. содержанія и 2% съ чистой прибыли, а такъ какъ прибыл въ томъ году не предвидѣлось, то онъ старался добиться ея всевозможными экономіями.

<sup>2)</sup> 9 дѣтей, 2 женщины и 6 мужчинъ.



году заводы перешли въ арендное содержаніе къ г. Лессингу, а въ 1884 году куплены имъ въ вѣчное давленіе.

Въ настоящее время изъ всѣхъ помянутыхъ выше, принадлежавшихъ Ивану Баташеву заводовъ остались въ дѣйствиі лишь слѣдующіе: 1) Велѣтъ-ма, 2) Верхняя Выкса, 3) Нижняя Выкса, 4) Проволочная, 5) Вилія, 6) Досчатая и 7) Сновѣдь.

Жители захваченныхъ деревень были еще Иваномъ Батышевымъ раздѣлены на заводскихъ мастеровыхъ и заводскихъ крестьянъ. Къ числу деревень съ заводскими мастерскими принадлежатъ въ настоящее время: 1) Верхняя Выкса, 2) Средняя Выкса, 3) Нижняя Выкса, 4) Вежѣнка, 5) Дощатая, 6) Мироновка, 7) Пристанская, 8) Проволочная, 9) Верхнежелѣзнинская (Вилія), 10) Велѣтъма, 11) Сновѣдь, 12) Унока.

Деревни съ заводскими крестьянами суть: 1) Рѣшново, 2) Азовка, 3) Песочная, 4) Мотмось, 5) Грязновка, 6) Черная, 7) Антоновская, 8) Барковка, 9) Чупанейка, 10) Новодмитровка, 11) Семиловка, 12) Одина, 13) Савкова, 14) Селина, 15) Ермолово.

Замѣтимъ, что разница въ экономическомъ быту крестьянъ тѣхъ и другихъ деревень заключается въ томъ, что заводскіе мастерские владѣютъ въ настоящее время одною лишь усадьбою землею, между тѣмъ какъ заводскіе крестьяне имѣютъ надѣлъ въ размѣрѣ  $4\frac{1}{2}$  десятинъ на душу. Изъ жителей поименованныхъ деревень до 3000 душъ работаютъ въ качествѣ мастеровыхъ на самыхъ заводахъ и до 9000—при заводахъ, въ должностяхъ: дровосѣковъ, угольщиковъ, грузчиковъ и вошниковъ. Такимъ образомъ общее число рабочихъ, занятыхъ заводами, доходитъ до 12.000.

Обращаясь къ заводской производительности, находимъ, что она выразится годичною цифрою въ 500.000 пудовъ чугунныхъ и желѣзныхъ издѣлій, а именно 1) штыковой чугуна, 2) брусковое желѣзо (ординарное, шинное, обручное, квадратное и болтовое), 3) листовое желѣзо (кровельное и котельное), 4) проволочное желѣзо (телеграфная проволока, кровельная, печная и стекольная), 5) машинные и простые гвозди, 6) машины и всякаго рода подѣлки для собственныхъ заводскихъ потребностей (Сновѣдь). Изъ приведеннаго перечня заводскихъ издѣлій нетрудно видѣть, что характеръ производительности Выксунскихъ заводовъ—заготовка продуктовъ для рыночнаго потребленія, за исключеніемъ Сновѣдскаго завода, изготовляющаго, какъ было уже помянуто выше, машины, машинныя части и пр. для другихъ Выксунскихъ же заводовъ. Большинство издѣлій работаетъ по заказамъ и только самая ничтожная часть въ запасъ. Пути сбыта служатъ: Муромская желѣзная дорога (до 300.000 пудовъ) и рѣка Ока (до 200.000 пудовъ). Что касается до района сбыта Выксунскихъ издѣлій, то слѣдуетъ отличать три отдѣльныя вѣтви такого сбыта: 1) Нижній и Поволжье; 2) Мѣстное потребленіе: Муромъ, Ардатовъ Нижегородскій, Касимовъ, Елатъма, и 3) Владиміръ, Москва, Тула, Курскъ и Кіевъ.

Посмотримъ теперь каковы экономическія условія существованія заво

довъ. При этомъ прежде всего слѣдуетъ, конечно, обратить вниманіе на основную причину закладки и существованія заводовъ—*руды*. Руды въ окрестностяхъ Выксунскихъ заводовъ добываются близъ деревень Песочной, Мотмоса, Черной и Веженки, изъ коихъ: первыя три находятся въ предѣлахъ Владимирской губерніи, а послѣдняя—въ Нижегородской; руды залегаютъ на глубинѣ  $1\frac{1}{2}$ —12 саж., рѣже до 20 саж., желваками и пластовыми гнѣздами, до  $3\frac{1}{2}$  фут. толщиною, среди сѣрыхъ глинъ. Рудоносная залежь имѣетъ почвою *пермскій известнякъ* и покрывается перемежающимися слоями сѣрыхъ, красныхъ и бѣлыхъ глинъ, желтымъ и бурнымъ пескомъ, содержащимъ желваки кремня, и, наконецъ, бѣлымъ сыпучимъ наноснымъ пескомъ. Руды, залегающія на меньшей глубинѣ, представляютъ бурые желѣзняки; руды же, находящіяся на большей глубинѣ, представляютъ сферосидеритъ. Гнѣзда сферосидерита обыкновенно покрыты скорлупою изъ водной окиси желѣза. По всей вѣроятности, всѣ здѣшнія руды первоначально представляли шпатовый желѣзнякъ, и только впоследствии руды, залегающія въ болѣе верхнихъ горизонтахъ, превратились въ бурый желѣзнякъ. Наибольшее процентное содержаніе бурога желѣзняка до 55% желѣза, сферосидерита—до 60%. Въ среднемъ же можно считать руду въ 49%.

По изслѣдованіямъ, произведеннымъ германскимъ геологомъ фонъ-Шварцемъ, приглашеннымъ настоящимъ владѣльцемъ Выксунскихъ заводовъ для болѣе точнаго изслѣдованія мѣсторожденія рудъ, неразработанной площади руды въ настоящее время до 400 десятинъ, причемъ ежегодно разрабатывалось до сихъ поръ около 10 десятинъ. Такимъ образомъ можно разсчитывать, что руды хватитъ заводамъ еще лѣтъ на 20—25, при *самыхъ* же благоприятныхъ условіяхъ разработки—лѣтъ на 30. Названное допущеніе сдѣлано въ виду нижеслѣдующихъ соображеній: рудосодержаніе прослойки и желваки расположены другъ отъ друга довольно рѣдко и не достигаютъ значительной толщины, такъ что при добычѣ руды дудками приходится рыть иногда *два-три дня, не находя* руды. Разработка же руды шахтами, хотя и даетъ болѣе положительные результаты въ смыслѣ ежедневнаго непрерывнаго извлеченія руды, по опять таки въ столь ничтожномъ сравнительно количествѣ, что шахтные работы не могутъ считаться выгодными. Изъ всѣхъ заложенныхъ доселѣ шахтъ, дѣйствуетъ въ настоящее время только одна, да и ту думаютъ уже бросить и перейти снова къ добычѣ руды одними дудками. Этотъ фактъ ясно говоритъ въ пользу вышеприведеннаго предположенія о сравнительной бѣдности рудоносныхъ пластовъ, тѣмъ болѣе, что дѣйствующая нынѣ шахта работаетъ всего только годъ и четыре мѣсяца.

Руда, добываемая дудками, обходится заводу около 7 копѣекъ, по нижеслѣдующему разсчету:  $3\frac{1}{2}$  коп. съ пуда за добычу;  $2\frac{1}{2}$  коп. спасти (веревки, блоки, крѣпленія и т. д.), 1 коп. возка. Руда, добываемая въ шахтахъ, стоитъ почти въ два раза дороже, а именно 13 коп. пудъ. Глубина дудокъ отъ  $1\frac{1}{2}$  до 7 сажень; глубина шахты 11 сажень. Температура въ шахтѣ и лѣтомъ и зимою 12°R. Рудокопы работаютъ со свѣчами, утверждая, что предохранительныя



ламы слишкомъ коптятъ. Въ шахтѣ установленъ пульсометръ, выкачивающій воду изъ шахты.

Изъ всего протяженія заводской дачи 120,000 десятинъ, въ настоящее время подъ строевымъ лѣсомъ всего лишь 15,000 десят., остальные 85,000 десятинъ лѣса—молодая поросль. Такое печальное положеніе лѣсного хозяйства Выксунской дачи слѣдуетъ приписать безпощадному и вполне неправильному истребленію лѣсовъ при прежнихъ владѣльцахъ. Только въ послѣдніе годы была произведена таксація и учреждено правильное лѣсохозяйство. Чтобы дать своимъ лѣсамъ время подрости, заводская администрація пріобрѣтаетъ свои дровяные и угольные запасы изъ казенныхъ и удѣльныхъ лѣсовъ, а именно, лѣсъ для дровъ по 125—175 руб. за десятину изъ казенныхъ дачъ, лѣсъ для угля изъ дачъ удѣльнаго вѣдомства по 40 руб. за десятину. Последняя дешевая цѣна объясняется желаніемъ Удѣльнаго Вѣдомства выручить „хоть что нибудь“ за свои лѣса, такъ какъ десятки тысячъ десятинъ лѣса, принадлежащаго въ Ардатовскомъ уѣздѣ Нижегородской губерніи, Удѣлу заражены повально „коросдомъ“ и нѣтъ никакой надежды спасти ихъ отъ этого губительнаго червя. Рубка дровъ обходится заводамъ по 1 руб. 10 коп. съ кубической сажени. Стоимость куба дровъ въ среднемъ 9 руб. 50 коп. Годичное потребленіе дровъ заводами 12,000 куб. саж. Стоимость угля: „заводской мѣры“ = 70 казеннымъ четверикамъ съ доставкою до Велѣтминскаго завода—3 руб. 40 коп., до Выксунскихъ заводовъ 3 руб. 90 коп., до Вилін 3 руб. 60 коп. Сновѣдскій заводъ добываетъ уголь изъ собственной дачи. Годичное потребленіе угля заводами 52,000 заводскихъ мѣръ. Что касается до торфяного топлива, то заводы, получаютъ его изъ собственныхъ болотъ. Кубъ торфа обходится въ 9 рублей. Годовое потребленіе 4,000 куб. сажень.

Двигательною силою для заводовъ служить вода и паръ. Всѣ Выксунскіе заводы сгруппированы вокругъ водныхъ бассейновъ, образованныхъ запруженіемъ рѣчекъ Выксы, Велѣтмы, Вилін и Сновѣди. Бассейны эти суть: 1) Велѣтминскій прудъ, площадью до 15 квадратныхъ верстъ; 2) Верхне-выксунскій прудъ до 10 квадратныхъ верстъ; 3) Нижневыксунскій прудъ 4 кв. версты; 4) Запасный водоемъ—22 кв. версты; 5) Проволочный прудъ—0,5 кв. версты; 6) Вилейскій прудъ—8 кв. версть; 7) Досчатый прудъ—15 кв. версть и 8) Сновѣдскій прудъ—8 кв. версть. Глубина воды въ прудахъ колеблется отъ нуля въ началѣ запруды и до 5 слишкомъ сажень въ концѣ, передъ самой плотиною. Запасъ силы, представляемой названными бассейнами, составляетъ громадную цифру свыше 1500 лощ. силъ, распределяющуюся нижеслѣдующимъ образомъ: Велѣтминскій прудъ—300 силъ; Верхне-Выксунскій—120 силъ; Нижне-Выксунскій—375 силъ; Вилейскій—250 силъ; Проволочный—30 силъ; Сновѣдскій—75 силъ; Досчатый—400 силъ.

Плотины на прудахъ представляютъ собою настоящія циклопическія сооруженія, на которыя можно было рѣшиться, безъ ущерба для кар-

мана, лишь во времена дарового труда при крѣпостномъ правѣ. И дѣйстви-  
тельно, ни одна изъ названныхъ плотинъ не была построена въ новѣйшее  
время, а всѣ при Баташевѣ; плотина же, размытая прорывомъ 1881 года,  
такъ и осталась невозобновленною. Чтобы дать понятіе о капитальности  
сооруженія, упомянемъ о плотинѣ запаснаго водоема. Длина этой плотины  
4 версты, при ширинѣ по верху 4 саж., по низу 8 саж. и при высотѣ въ 16 футь!!  
Несмотря на столь значительную водяную силу, ея не хватаетъ для полного  
дѣйствія заводовъ; недостатокъ этотъ покрывается паровою силою, благодаря  
тому обстоятельству, что отопленіе паровыхъ котловъ ничего ни стоитъ, такъ  
какъ для нагрѣва оныхъ служатъ газы доменныхъ и пудлинговыхъ печей.  
Сила паровыхъ машинъ—около 750 лошадиныхъ силъ.

Ручной трудъ распредѣляется, какъ было помянуто выше, между 12,000  
рабочими; при этомъ заработная поденная плата колеблется между 20 и 30 коп.  
бабѣ, до 45 коп. простому чернорабочему; и отъ 60 до 90 коп. мастеру. „Смо-  
трители“, т. е. завѣдующіе нѣсколькими станками, печами или горнами, полу-  
чаютъ 24 рубля въ мѣсяцъ, даровыя дрова и сѣно, а также и лѣсъ для  
ремонта своихъ жилищъ. „Прикащики“ или пачальники отдѣльныхъ заво-  
довъ—отъ 65 до 120 руб. въ мѣсяцъ.

Обращаясь къ послѣднему фактору заводскаго экономическаго быта,—  
извозу, замѣтимъ предварительно, что разстоянія между заводами распредѣ-  
ляются нижеслѣдующимъ образомъ:

Верхняя-Выкса-Сновѣдь		25-верстѣ.	
„	„ Нижняя-Выкса	2	„
„	„ Вилія . . .	8	„
„	„ Провлочный .	7	„
„	„ Велѣтьма . .	14	„
„	„ Досчатая . .	8	„
Досчатая Пристанская (р. Ока)		2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	версты
Пристанская-Муромъ . . .		19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	верстѣ.

Стоимость попутнаго извоза		лѣтомъ зимою	
Велѣтьма-Верхняя Выкса		3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> коп.	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> коп.
Верхняя-Выкса Вилія		1 <sup>8</sup> / <sub>10</sub> „	1 <sup>2</sup> / <sub>10</sub> „
„ „ Досчатая		1 <sup>3</sup> / <sub>10</sub> „	1 <sup>2</sup> / <sub>10</sub> „
„ „ Нижняя-Выкса		6 <sup>6</sup> / <sub>10</sub> „	4 <sup>4</sup> / <sub>10</sub> „
Сновѣдь „ „		4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „	2 „

Отъ Нижне-Выксунскаго завода грузы сплавляются по протоку между  
Нижне-Выксунскимъ прудомъ и Досчатымъ, въ баржахъ, вмѣстимостію до  
500 пудовъ, по тарифу <sup>9</sup>/<sub>10</sub> коп. съ пуда. Обратимся теперь къ обзору каж-  
даго изъ Выксунскихъ заводовъ въ частности.

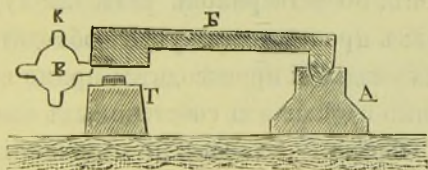


## Велѣтминскій заводъ.

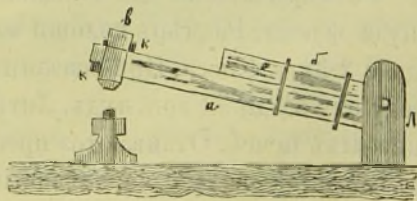
Производитъ сортовое желѣзо и занимается обточкою чугунныхъ издѣлій Сновѣдскаго завода. Прежде заводъ выдѣлывалъ косы и гвозди, теперь же эта отрасль производства совершенно упряднена.

Чугунъ для изготовленія сортового желѣза заводъ получаетъ съ Верхне-Выкунскаго завода, гдѣ есть три доменные печи. Двигательною силою для завода служатъ: 1) Паровая горизонтальная машина въ 50 силъ; нагрѣвъ котловъ оной производится газами изъ пудлинговыхъ печей. 2) Три водяныхъ наливныхъ колеса. Замѣтимъ, что прежде было въ дѣйствиіи 12 такихъ колесъ; запасъ воды настолько великъ (300 силъ), что при дождливомъ лѣтѣ приходится раза три спускать воду, во избѣжаніе поврежденія плотины. Размѣръ послѣдней около 2 верстѣ. Вода протекаетъ въ гигантскій заводскій ларь, а оттуда уже распределяется по отдѣльнымъ колесамъ особыми каналами. Весь заводъ производитъ на посѣтителя крайне неблагопріятное впечатлѣніе запущенностію и ветхостію своихъ сооружений, а также и первобытностію нѣкоторыхъ изъ своихъ машинъ-орудій, о которыхъ будетъ сказано ниже.

Заводъ раздѣляется на слѣдующіе отдѣлы: а) *Токарная*. Въ ней находятся нѣсколько токарныхъ станковъ для обточки различныхъ издѣлій Сновѣдскаго завода и небольшая ремонтная мастерская для потребностей самого завода. б) *Пудлинговая* вмѣщаетъ: 1) четыре пудлинговя печи, 2) водяной лобовый чугунный молотъ, вѣсомъ около 400 пудовъ, 3) водяной деревянный молотъ, вѣсомъ около 12 пудовъ; оба молота представлены на прилагаемыхъ при семъ схематическихъ чертежахъ ф. 1 и ф. 2.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Первобытность устройства молотовъ весьма существенно отражается на качествѣ желѣзныхъ издѣлій; въ самомъ дѣлѣ, разъ пущенные въ дѣйствіе, молоты не подлежатъ уже болѣе никакому регулированію, какъ силы удара, такъ и быстроты слѣдованія одного удара за другимъ, между тѣмъ какъ паровые молоты допускаютъ регулированіе, какъ той такъ и другой въ самыхъ широкихъ предѣлахъ. Отсюда является нижеслѣдующее обстоятельство: 1) Изъ проковываемаго куска желѣза недостаточно хорошо выжимается шлакъ. 2) Кусокъ усиѣваетъ сильно охладиться во время проковки, такъ какъ удары лобового молота слишкомъ рѣдко слѣдуютъ другъ за другомъ. Въ результатъ получается весьма посредственная сварка.

г) *Плющильная*. Въ ней двѣ сварочныхъ печи и одинъ прокатный станокъ.—Двигатель паровая машина въ 50 силъ. д) *Отдѣленіе для вязки* шинного желѣза въ пакеты. Желѣзо вяжется здѣсь въ 6-ти пудовые пакеты. ж) *Сушильня для дровъ* заканчиваетъ собою весь небольшой контингентъ заводскихъ построекъ.

### Верхне-Выксунскій заводъ.

Производитъ чугуны для Велѣтминскаго и Нижне-Выксунскаго заводовъ. Въ немъ находятся: 1) *три доменныхъ печи*, изъ коихъ одна большая, съ суточною производительностію въ 1300 пудовъ чугуна, и двѣ малыя, съ суточною производительностію по 800 пудовъ каждая. Двигательною силою для воздухоподувныхъ машинъ доменъ служатъ три паровыхъ машины общемою силою въ 82 л. с. Машинные котлы отапливаются газами изъ доменныхъ печей. Выплавка чугуна происходитъ на горячемъ дутьѣ (300 — 350°). Воздухоподогрѣватель отапливается торфомъ. Рудообжигательныя печи, числомъ три, отапливаются щепками, угольнымъ и торфянымъ мусоромъ.

Разбивка руды передъ засыпкою колошъ производится въ ручную. Этимъ дѣломъ заняты по преимуществу женщины. Обжегъ руды, разбивка и подача до домны обходятся заводу около 1<sup>1</sup>/<sub>10</sub> коп. съ пуда. Плавка руды производится на мѣшанномъ, болѣею частію, еловомъ и сосновомъ углѣ. Флюсъ получается изъ собственныхъ заводскихъ дачъ въ Меленковскомъ уѣздѣ; обходится онъ заводу около 5 коп. пудъ. Въ настоящее время работаетъ на заводѣ лишь одна большая домна.

Размѣръ колоши для большой домны 95 четвериковъ угля, 42 пуда руды и 4 пуда флюса. Размѣръ колоши малыхъ доменъ: 50 четвериковъ угля, 22 пуда руды и 2 пуда флюса. При сказанныхъ условіяхъ производства чугуны обходятся заводу отъ 52 до 53 коп. пудъ. Литье чугунныхъ издѣлій производится прямо изъ доменныхъ печей. Отливаются преимущественно издѣлія для собственныхъ заводовъ: станины, валы и передѣльный чугунъ. Образцы отливокъ не отличаются, повидимому, большою однородностію и чистотою матеріала. Кромѣ доменныхъ печей съ принадлежностями, на Верхне-Выксунскомъ заводѣ находятся еще: 2) *Кирпичный заводъ* для производства огнеупорнаго кирпича. Глина, идущая на кирпичъ, получается, также какъ и флюсъ, изъ Меленковскаго уѣзда Владимірской губерніи. Тысяча кирпичей обходится заводу 6 руб. 40 коп. 3) *Ремонтная мастерская* для всѣхъ Выксунскихъ заводовъ съ 8 токарными, 2 сверлильными, 2 строгальными и 1-мъ долбежнымъ станками, небольшою кузницею и столярною.

### Нижне-Выксунскій заводъ

Работаетъ, главнымъ образомъ, торговое желѣзо. Двигательною силою для него служатъ: а) Паровая 100-сильная и двѣ 30-сильныя машины, при-



водящія въ дѣйствіе прокатные станки и пилы. Отопленіе котловъ машинъ производится газами пудлинговыхъ печей; б) вода, двигающая 380-ти-пудовый лобовой молотъ. На заводѣ имѣются 10 пудлинговыхъ печей съ недѣльнымъ производствомъ въ 8500 пуд. желѣза, 4 сварочныхъ печи и два паровыхъ молота,—одинъ въ 3, другой въ 2 тонны.

### Проволочный заводъ.

Производитъ различные сорта проволоки, начиная съ № 1 и кончая № 30, также телеграфную проволоку отъ 2½ до 6 миллиметр. толщиною и проволочные гвозди. Недѣльное производство проволоки достигаетъ 5000 пудовъ, гвоздей 400 — 500 пудовъ. Двигательною силою для завода служатъ: 1) паровая машина въ 24 силы и 2) вода (одно колесо).

### Вилейскій заводъ.

Работаетъ мелкосортное желѣзо и такъ называемую „каталку“, т. е. матеріалъ для приготовленія проволоки на проволочномъ заводѣ. Общее недѣльное производство завода достигаетъ 5000 пудовъ. Двигательною силою служатъ: 1) паровая 50-ти-сильная машина, отапливаемая газами пудлинговыхъ печей и 2) вода. На заводѣ нижеслѣдующія мастерскія:

*Пудлинговая.* Въ ней находятся: а) три пудлинговые печи съ общемою суточною производительностью въ 400 пудовъ; б) пять прокатныхъ становъ; в) лобовой чугунный водяной молотъ, вѣсомъ въ 400 пудовъ. *Кричная* вмѣщаетъ: а) пять горновъ и б) пять водяныхъ 22 пудовыхъ молотовъ на березовыхъ рукояткахъ, устроенныхъ аналогично тѣмъ молотамъ, которые дѣйствуютъ на Велѣтминскомъ заводѣ. Суточная производительность кричной около 45 пудовъ желѣза. *Гвоздильная* для ручного производства обыкновенныхъ гвоздей. *Ремонтная мастерская* съ четырьмя токарными и однимъ сверлильнымъ станкомъ.

### Досчатинскій заводъ.

Производитъ листовое желѣзо. Прежде работалъ и котельное. Двигательною силою служить вода. Есть, между прочимъ, 12-ти сильная турбина сист. Жиарда. Заводъ производитъ довольно печальное впечатлѣніе крайнею запущенностію своихъ сооружений.

### Сновѣдскій заводъ.

Съ доменнымъ, желѣзодѣлательнымъ и литейнымъ производствами. Въ немъ двѣ доменныхъ печи. Въ настоящее время, однако, эти послѣднія нагорн. журн. т. II, № 4. 1887 г.

ходятся въ бездѣйствіи, въ виду какъ трудности, съ которою сопряжена заготовка топлива для Сновѣдскаго завода, такъ и того обстоятельства, что въ спросѣ на издѣлія настолько сильный застой, что для производства достаточно чугуна, выплавляемаго на Верхне-Выксунскомъ заводѣ. На Сновѣдскомъ заводѣ вылиты и собраны всѣ части машинъ, работающих на всѣхъ прочихъ Выксунскихъ заводахъ.

Посмотримъ теперь, какіе можно сдѣлать изъ вышеприведеннаго нами краткаго обзора заводовъ выводы. На первомъ мѣстѣ при этомъ должна быть само собою разумѣется

## Руда.

### I. Запасъ руды.

Руда, которою пользуются Выксунскіе заводы, относится къ мѣсторожденіямъ среди породъ осадочныхъ, характеризующихся хотя и довольно значительнымъ распространеніемъ, но малою сравнительно толщиною своихъ гнѣздъ. Мы уже видѣли, что, по изслѣдованіямъ, произведеннымъ германскимъ геологомъ фонъ-Шварцемъ, площадь, занимаемую въ текущее время еще неразработанными рудными залежами, можно считать въ 400 десятинъ, что составляетъ, по отношенію къ общему протяженію заводской дачи, всего лишь  $\frac{1}{300}$ . На основаніи названныхъ выше развѣдокъ, а также и того обстоятельства, что ежегодно эксплуатируется по 10 десятинъ рудоносныхъ земель, съ добычею до 2.000,000 пудовъ руды,—можно бы было предположить обезпеченнымъ запасъ руды на 40 лѣтъ. Принимая же во вниманіе: 1) то обстоятельство, что при добычѣ руды дудками, зачастую приходилось работать по два и по три дня не находя *совсѣмъ* руды; 2) что изъ нѣсколькихъ заложенныхъ въ послѣдніе годы шахтъ пришлось забросить, по недостатку добычи, всѣ, за исключеніемъ лишь одной; 3) что и эта послѣдняя шахта за все время своего существованія ( $1\frac{1}{2}$  года) дала лишь самый ничтожный, сравнительно съ затратами по устройству, процентъ добычи и предназначена чрезъ годъ также къ закрытію—можно съ достаточною степенью достовѣрности сказать, что максимальный запасъ руды Выксунскихъ заводовъ на какіе нибудь 20—25 лѣтъ и много-много лѣтъ на 30, при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ разработки.

### II. Качество руды.

По качеству своему руды хотя и принадлежатъ къ довольно обильнымъ желѣзомъ (въ среднемъ до 49%), тѣмъ не менѣе, будучи довольно *трудноплавки*, онѣ требуютъ болѣе или менѣе значительнаго количества топлива.



### III. Способъ обработки руды.

Способъ обжига и измельченія руды передъ засыпкою колошъ въ доменную печь недостаточно рационаленъ: обжегъ производится на мусорномъ топливѣ, дающемъ настолько слабый жаръ, что значительная часть руды, прошедшей чрезъ обжигательную печь, содержитъ еще невыжженные органическіе остатки. Что касается до способа измельченія руды, то онъ, будучи производимъ въ ручную женщинами и подростками, само-собою не можетъ быть также совершененъ какъ если бы руда дробилась и просѣивалась механическимъ путемъ.

### IV. Способъ доставки руды къ домнѣ.

Накладные расходы по подвозкѣ руды къ домннымъ печамъ съ мѣста добычи (3—4 версты), могли бы быть значительно уменьшены устройствомъ какой либо переносной желѣзной дороги, системы, напримѣръ, Дековилля или еще лучше проволочно-канатной дороги, подобно тому, какъ это устроено заграицей при 87 горныхъ заводахъ, а у насъ въ Сосновицахъ и Домбровѣ для перевозки угля; въ г. Подольскѣ для перевозки цемента; въ Конаевѣ (ст. Рыбинско-Бологовской ж. д.) для перевозки хлѣба изъ судовъ на Волгѣ въ желѣзно-дорожные магазины. Устройство такой дороги позволило бы добываемую руду грузить непосредственно изъ шахтъ или дудокъ въ вагончики и, по доставкѣ къ домннымъ печамъ, сваливать ее прямо въ рудобжигательныя печи.

**Флюсъ.** Выкунскіе заводы при доменной плавкѣ употребляютъ сырой флюсъ. Замѣтимъ, что, въ видахъ сбереженія горючаго, сырой флюсъ слѣдовало бы замѣнять обожженнымъ: при употребленіи въ плавку сырого флюса, засыпь его въ шихту зачастую доходитъ до 15%, а при обожженномъ, послѣднюю можно уменьшить, какъ показалъ, напримѣръ, опытъ Уральскихъ заводовъ <sup>1)</sup> до 10%, соотвѣтственно увеличивъ сыпь руды въ колошу. При употребленіи хорошо обожженного флюса, вмѣсто сырого, увеличивается, кромѣ того, и выходъ чугуна на корбѣ угля на одинъ пудъ. Обжегъ флюса можно бы было производить, утилизируя часть колошниковыхъ газовъ.

**Топливо.** Мы видѣли, что доменная плавка заводовъ ведется на древесномъ углѣ и что почти всё количество послѣдняго заводы вынуждены покупать на сторонѣ изъ удѣльныхъ лѣсовъ, благодаря недостаточной пригодности своихъ собственныхъ дачъ. Если бы всѣ занятые въ настоящее время

<sup>1)</sup> Горнозаводская производительность въ Россіи въ 1883 г. Е. Васильева.

лѣсною порослью 85.000 десятинъ лѣса, изъ коихъ покуда лишь 15.000 десятинъ годнаго въ дѣло, могли бы быть эксплуатированы, то заводу собственнаго топлива, при правильномъ лѣсохозяйствѣ, хватило бы *вѣчно* для выдѣлки ежегодно до 680,000 пудовъ желѣза, принимая средній выходъ желѣза на 1 десятину 8 пудовъ. Теперь же втеченіе 10 — 15 лѣтъ заводы могутъ производить на собственномъ топливѣ не болѣе 120,000 пудовъ желѣза, а въ дальнѣйшемъ, при наступленіи срока пользованія всею площадью заводской лѣсной дачи, явится другое неудобство — вскорѣ будетъ ощущаться недостатокъ въ собственной рудѣ и придется ее возить изъ болѣе отдаленныхъ мѣстностей.

**Двигательная сила.** При столь большомъ запасѣ водяной силы, какъ 1,500 лоп. силъ, намъ кажется крайне удивительнымъ, что заводы находятъ нужнымъ пользоваться только 1000 силами воды, добавляя остальную потребную для производства силу столь значительнымъ количествомъ паровой силы, а именно 750 л. с. Указываютъ причину, будто бы отопленіе паровыхъ котловъ ничего не стоитъ, такъ какъ для нагрѣва оныхъ утилизируются газы доменныхъ и пудлинговыхъ печей. Но чего же стѣять сами машины, котлы и содержаніе лишней прислуги?! Какъ мѣра предосторожности на случай мелководья—устройство такого значительнаго числа дорого стоящихъ паровыхъ машинъ съ котлами также не заслуживаетъ одобренія, такъ какъ притокъ воды въ заводскихъ прудахъ настолько великъ, что устраняетъ самъ собою такого рода опасеніе, а на случай порчи вододѣйствующихъ двигателей не трудно бы было, имѣя подъ руками одинъ или два локомотива, временно помочь дѣлу, до тѣхъ поръ, пока не будутъ исправлены поврежденія. Непропорціонально великое количество паровой силы, въ ущербъ водяной, на Выксунскихъ заводахъ сдѣлается вполне яснымъ, если мы обратимся къ нижеприводимой таблицѣ, показывающей относительное распредѣленіе водяной и паровой силы на тѣхъ изъ наиболѣе выдающихся Уральскихъ заводовъ, которые, по отношенію къ запасамъ воды, стоятъ приблизительно въ одинаковыхъ условіяхъ съ Выксунскими. Процентное отношеніе количества силъ паровыхъ двигателей къ общему числу двигательной силы выражается, какъ показываетъ наша таблица, цифрою 11,2 %. То же отношеніе, взятое для силъ Выксунскихъ заводовъ, даетъ 42,8 %! Если взять изъ таблицъ „общихъ свѣдѣній о заводахъ“, помѣщенныхъ въ сочин. г. Васильева „Горнозаводская производительность Россіи въ 1883 г.“, отношеніе паровой силы *всѣхъ* 114 желѣзодѣлательныхъ и чугунолитейныхъ Уральскихъ заводовъ къ ихъ общей двигательной силѣ, то и тутъ найдемъ, что первая, имѣя 11,947 силъ,—составляетъ по отношенію къ общему числу двигательной силы, 43,218 силъ, всего лишь 28%. Такимъ образомъ непропорціональность количества паровой силы Выксунскихъ заводовъ, намъ кажется, вполне очевидна.



Сравнительная таблица водяной и паровой силы нѣкоторыхъ Уральскихъ заводовъ.

Губерніи.	Названіе заводовъ.	Вододѣй- ствующихъ колесъ.		Турбинъ.		Паровыхъ машинъ.		Примѣчаніе.
		Число.	Сила.	Число.	Сила.	Число.	Сила.	
Пермская.	Нижне-Исетскій . . . . .	18	580	—	—	1	40	
„	Нижне-Туринскій . . . . .	24	439	4	212	—	—	
„	Серебрянскій . . . . .	15	270	—	—	—	—	
„	Невьянскій . . . . .	18	290	—	—	—	—	
„	Нейвинскій . . . . .	12	304	—	—	4	62	
„	Режевскій . . . . .	27	598	—	—	9	140	
„	Черно-Источинскій . . . . .	19	475	1	125	—	—	
Уфимская.	Саткинскій . . . . .	—	—	5	335	1	60	
„	Златоустовскій . . . . .	14	286	7	336	7	250	
„	Усть-Катавскій . . . . .	15	408	—	—	—	—	
Вятская.	Воткинскій . . . . .	15	298	9	640	9	246	
„	Черно-Холуницкій } Богородскій . . . }	42	862	5	235	—	—	
„	Карснинскій . . . . .	17	484*)	—	—	—	—	*) Въ томъ
„	Омутнинскій . . . . .	19	470	1	60	—	—	числѣ и тур-
Оренбургская	Бѣлорѣцкіе . . . . .	24	647	5	285	2	180	бинъ.
Итого . . . . .		—	6411	—	2258	—	978	

Замѣтимъ, что при нынѣшнемъ состояніи водяныхъ двигателей Выкунскихъ заводовъ, состоящихъ, за исключеніемъ трехъ турбинъ, общеою силою въ 97 л. с.,—изъ вододѣйствующихъ колесъ, большею частію вполнѣ примитивной конструкціи, нельзя, само собою разумѣется, разсчитывать на возможность безусловно удачной конкуренціи съ паровыми машинами; колеса эти слѣдуетъ, по мѣрѣ возможности, замѣнять болѣе совершенными турбинами. Стремленіе къ пользованію этимъ послѣднимъ родомъ двигателей замѣчаемъ мы во всѣхъ тѣхъ русскихъ заводахъ, которые обладаютъ сколько нибудь сноснымъ запасомъ водяной силы. Справедливость высказанной нами мысли подтвердится, если обратимся къ обзору усовершенствованій, введенныхъ за послѣдніе годы на нашихъ желѣзнодорожныхъ заводахъ <sup>1)</sup>. Мы увидимъ,

<sup>1)</sup> Горнозаводская производительность Россіи въ 1883 г. Е. Васильева.

что замѣна вододѣйствующихъ колесъ турбинами введена на слѣдующихъ заводахъ:

- 1) *Нижне-Исетскомъ*. Въ плуцильномъ цехѣ, взамѣнъ деревяннаго колеса построена турбина для привода въ дѣйствіе гладильнаго молота и ножницъ.
- 2) *Златоустовскомъ*. Устроены канатный приводъ отъ 100 сильной турбины до механическаго цеха на разстояніи 65 саж.
- 3) *Нижне-Кыштымскомъ*. Построены двѣ новыя турбины въ 30 и 50 силъ для крупно и мелкосортныхъ становъ.
- 4) *Очерскомъ*. Въмѣсто среднебойнаго обжимнаго молота и наливнаго колеса при немъ построенъ турбинный хвостовой молотъ.
- 5) *Добрянскомъ*. Устроена турбина Жирарда для молота.
- 6) *Юю-Камскомъ*. Установленъ листокатный станъ съ турбиною Жонваля.
- 7) *Черно-Холуницкомъ*. Установлена турбина Жонваля съ прокатнымъ станомъ въ двѣ пары валковъ для прокатки листового желѣза.
- 8) *Нижне-Тагильскомъ*. Въ Ноябрь 1884 года пущенъ въ дѣйствіе новый прокатной станъ съ двумя парами валковъ для прокатки кровельнаго желѣза. Станъ этотъ приводится въ движеніе турбиною Жирарда. Результаты дѣйствія всего устройства за все время существованія турбины настолько хороши, что превзошли самыя смѣлыя ожиданія. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія новой турбины оказался въ 0,73 <sup>1)</sup>.

**Обзоръ производства.** Изъ обзора качества производимыхъ заводами издѣлій можно вывести заключеніе, что заводы, какъ производители *рыночныхъ* сортовъ желѣза, удовлетворяютъ своему назначенію, но рассчитывать, при текущихъ условіяхъ постановки технической стороны своего дѣла, на расширеніе сбыта своихъ издѣлій они не могутъ: производство лишь грубыхъ сортовъ чугуна выпускомъ его въ изложницы прямо изъ доменныхъ печей; самый способъ изготовленія желѣза, давно уже покинутый наиболѣе усовершенствованными изъ нашихъ, въ особенности передѣлочныхъ, заводовъ съ замѣною его болѣе совершенными способами; существованіе слабосильныхъ молотовъ, при невозможности ихъ регулировать,—все это не можетъ оказывать хорошаго дѣйствія на качество заводскихъ продуктовъ. Вотъ почему мы и видимъ въ произведеніяхъ заводовъ, напримѣръ, недостаточность хорошаго обжима, выражающуюся въ малой однородности строенія, пузыряхъ и пленахъ; плохую сварку, обнаруживающуюся въ продольномъ разслаиваніи сортового желѣза при изгибѣ. Замѣчается также отсутствіе многихъ усовершенствованныхъ станковъ. Укажемъ, напримѣръ, на практикуемый заводомъ старый способъ приварки болтовыхъ головокъ, вмѣсто ихъ штампованія и т. д.

Такимъ образомъ, неудовлетворительность экономическихъ результатовъ эксплуатаціи заводовъ обусловливается не столько существованіемъ конкурен-

<sup>1)</sup> Горный Журналъ Іюнь 1886 г. „Турбина Жирарда на 60 силъ въ Нижне-Тагильскомъ заводѣ“ Ииж. Техн. И. М. Мухачева.



ціи съ польскими и иностранными заводами—мотивъ, находящійся въ настоящее время въ большой модѣ,—сколько недостаточностью усовершенствованія технической стороны дѣла. Установись такое, —явится и большій спросъ. Возьмемъ для примѣра заводы Орловской губерніи: одинъ передѣльный Брянскій, получающій чугуны и желѣзо на 80% дороже, другой самостоятельный—Мальцевскій съ дешевыми матеріалами. Первый даетъ прекрасные барыши, а второй за долги попадаетъ въ казенное управленіе.

Тѣмъ не менѣе, повторяемъ, что Выксунскимъ заводамъ, какъ производителямъ *рыночныхъ* сортовъ желѣза, принадлежитъ, на время существованія собственной руды, полное право гражданства, въ особенности если они постараются ввести у себя частію уже указанныя нами выше усовершенствованія, частію же воспользуются нижеслѣдующею программой мѣръ, не стоящихъ сами по себѣ особыхъ затратъ, а между тѣмъ могущихъ принести заводамъ существенную пользу. Къ такимъ мѣрамъ можно отнести:

1) *Большее примѣненіе своихъ издѣлій къ требованіямъ рынка.* Изъ докладовъ, сдѣланныхъ на сѣздѣ желѣзозаводчиковъ въ концѣ минувшаго года <sup>1)</sup>, между прочимъ, видно, что наши кустари приготавливаютъ въ годъ minimum на 30.000.000 рублей металлическихъ издѣлій, причемъ пользуются почти исключительно иностранными матеріалами, вслѣдствіе *неимѣнія заводчиками* необходимыхъ имъ сортовъ и отсутствія всякой связи между заводчиками и кустарями.

2) *Упраздненіе Велѣтминскаго завода* въ качествѣ желѣзодѣлательнаго, такъ какъ небольшой размѣръ его производства, въ связи съ неудобною и дорогою стоящею (лѣтомъ 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>, зимой 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> коп. съ пуда) перевозкою чугуна изъ доменныхъ печей Верхне-Выксунскаго завода на Велѣтму и готовыхъ издѣлій снова на Выксу—ничѣмъ не оправдываетъ своего существованія и съ удобствомъ могъ бы быть весь перенесенъ на одинъ изъ другихъ заводовъ, хотя бы, на примѣръ, Досчатинскій,

3) *Уменьшеніе накладныхъ расходовъ по доставкѣ матеріаловъ и сбыту готовыхъ издѣлій улучшеніемъ существующихъ путей и устройствомъ новыхъ.* Доставка топлива и руды на заводы, сообщеніе заводовъ между собою и сбытъ заводскихъ издѣлій до пристани на р. Окѣ требуютъ значительныхъ улучшеній. Мы предложили бы улучшить названные пути нижеслѣдующимъ образомъ: а) соединить Верхне-Выксунскій чрезъ Проволочный съ Вильскимъ, а чрезъ Нижній и Досчатинскій съ Окскою пристанью—устройствомъ проволочно-канатной дороги системы Блейхерта на общемъ протяженіи  $8+10+2\frac{1}{2}=20\frac{1}{2}$  верстѣ. б) Соединить такимъ же путемъ, или постройкою перепосной дороги системы Дековилля, рудныя мѣсторожденія съ Верхне-Выксунскимъ заводомъ на протяженіи 4—6 верстѣ.

Система Блейхерта имѣетъ за собою всѣ преимущества. Доказатель-

<sup>1)</sup> Южно-Русскій Горный Листокъ № 133 1-го Января 1886 г.

ствомъ этого лучше всего можетъ служить то обстоятельство, что втеченіе сравнительно короткаго времени, именно въ послѣднія 6 лѣтъ, Блейхертъ устроилъ по своей системѣ болѣе 180 дорогъ, общимъ протяженіемъ около 200 верстъ. Опытъ эксплуатаціи дорогъ этой системы выяснилъ нижеслѣдующіе результаты:

1) дорога можетъ быть проведена при самыхъ затруднительныхъ топографическихъ условіяхъ.

2) передвиженіе по дорогѣ совершается вполне правильно, почти безъ остановокъ.

3) остановки влѣдствіе поврежденія пути требуютъ всего нѣсколькихъ часовъ для исправленія и происходятъ очень рѣдко;

4) чувствительныхъ затрудненій движенія отъ атмосферныхъ вліяній не бываетъ.

5) по направленію линіи незамѣтно никакихъ слѣдовъ перевозимаго груза, что служитъ наилучшимъ доказательствомъ, что высказываемыя прежде опасенія поврежденій отъ разбрасываній—не имѣли никакого основанія. Доказательствомъ дешевой эксплуатаціи дорогъ названнаго типа можетъ служить донесеніе <sup>1)</sup> горнаго инженера г. Кліма, который былъ командированъ лѣтомъ 1884 года Товариществомъ Голубовскихъ рудниковъ для изученія этого вопроса въ Сосновицы; онъ приводитъ слѣдующія данныя стоимости эксплуатаціи:

Работа производится днемъ и ночью. На станціи нагрузки поставлены:

8 поденныхъ рабочихъ	по 60 коп.	4 руб. 80 коп.
1 старшій рабочій . . . . .	1 руб.	1 „
Машинистъ . . . . .	1 руб.	1 „
Кочегаръ . . . . .	50 коп.	50 коп.
Итого . .		7 руб. 30 коп.

На станціи выгрузки заняты:

6 рабочихъ . . . . .	по 60 к.	3 р. 60 к.
1 старшій рабочій . . . . .	1 р.	1 „
Итого.		4 р. 60 к.

Всего въ одну смѣну . . . . .	11 р. 90 к.
Слѣдовательно, стоимость работы въ двѣ смѣны	23 „ 80 „
Смазка вагонетокъ и машинъ въ сутки . . . . .	2 „ 20 „
Содержаніе машины . . . . .	4 „ —
Ремонтъ . . . . .	7 „ —

Всего стоитъ эксплуатація въ сутки 37 рублей.

<sup>1)</sup> Отчетъ о дѣятельности Одесскаго Отд. И. Р. Т. О. за 1884 г. Докладъ г. Маргулина.



Считая въ году 250 рабочихъ дней, годовая стоимость эксплуатаціи опредѣляется суммою 9250 рублей, причемъ перевозится по этой линіи 7 милліоновъ пудовъ угля, такъ какъ выгрузка на шахтѣ, перевозка и выгрузка непосредственно въ желѣзнодорожные вагоны каждаго пуда обходится въ 0,13 копѣйки.

Вотъ въ общихъ чертахъ тѣ стороны, на которыя слѣдуетъ болѣе всего обратить вниманіе Выксунскимъ заводамъ для упроченія и даже расширенія круга своего сбыта. Что касается до перевозки своихъ издѣлій съ конечнаго пункта своихъ владѣній, то у нихъ есть дешевый и достаточно удобный путь—р. Ока, въ улучшенію которой изъ года въ годъ принимаются мѣры со стороны Правительства. Если же заводы находили бы нужнымъ обезпечить себѣ болѣе удобный путь сбыта и въ теченіе остального времени года, то никто не мѣшаетъ имъ соединиться съ г. Муромомъ хотя бы такою же проволочною канатною желѣзною дорогою длиною 18—20 верстъ. Къ проведенію такой дороги не встрѣчается со стороны топографическихъ условій никакихъ затрудненій и обошлась бы она заводамъ не свыше 100 т. рублей, что составило бы расходъ по перевозкѣ до Мурома около  $\frac{1}{60}$  коп. на всѣ 18—20 верстъ.

---

## С М Ъ С Ь.

---

### Замѣтка по поводу опытовъ надъ нефтянымъ отопленіемъ паровыхъ котловъ по системѣ инженеръ-механика Пашинина.

Проф. И в. Т и м е.

По приглашенію самого изобрѣтателя, мы присутствовали дважды при испытаніи его системы, на заводѣ г. г. *Бутицъ* и *Пампель* (по 9-й линіи, у Черной рѣчки).

Испытаніе производилось надъ котломъ, снятымъ съ миноноски. Это цилиндрической котелъ съ внутреннею топочною трубою, идущею по всей длинѣ котла. Газы изъ топочной трубы поступаютъ въ систему дымогарныхъ трубокъ и оттуда въ дымовую коробку. Дымовая труба расположена въ передней части котла. При опытномъ котлѣ, дымовой трубы, въ настоящемъ смыслѣ этого слова, не было. Небольшой подтрубокъ служилъ только для отвода газовъ изъ за крыши весьма низкой пристройки. Тяга совершалась дѣйствіемъ струи пара пульверизатора и кромѣ того необходимый для горѣнія воздухъ вдувался, имѣющимъ на заводѣ, вентиляторомъ. Сущность изобрѣтенія г-на Пашинина заключается въ томъ, что необходимый для сжиганія нефти воздухъ доставляется въ нѣсколько *прѣмозъ*, а именно: вначалѣ (какъ обыкновенно) у самого пульверизатора, въ передней части котла и затѣмъ дополнительныя количества воздуха встрѣчаютъ пламя въ нѣсколькихъ мѣстахъ, по всей длинѣ топочной трубы, чрезъ особые пустотѣльные пороги, устроенные внутри этой трубы. Этимъ устройствомъ, какъ полагаетъ изобрѣтатель, достигается болѣе равномерное распредѣленіе жара по всей длинѣ топочной трубы и получается дѣйствительно весьма длинное пламя, во всю длину топочной трубы. При обыкновенныхъ системахъ пульверизаторовъ, по словамъ г. Пашинина, сконцентрированіе сильнаго жара наблюдается только по сосѣдству пульверизатора, что причиняетъ относительно скорую порчу котла. Идея г. Пашинина, по нашему мнѣнію, вполне рациональна. Сильный сконцентрированный жаръ, в. полезный для металлургическихъ приборовъ, малопрігоденъ для паровыхъ котловъ, для большой испарительности и для прочности которыхъ требуется, напротивъ того, умѣренный по равномерный жаръ. При этомъ однако не слѣдуетъ забывать, что самый приборъ г. Пашинина нѣсколько усложняетъ и удорожаетъ устройство.



Количество питательной воды, доставляемой въ котель инжекторомъ Кертинга, опредѣлялось по убыли ея въ бакѣ, извѣстной вмѣстимости. Къ концу опыта уровень воды въ котлѣ былъ доведенъ до первоначальной мѣтки, соответствующей началу опыта. Расходъ нефти опредѣлялся по убыли ея изъ особаго бака, расположеннаго сбоку, по выше парового котла.

Нагрѣвательная поверхность котла=580 □ ф. Паръ выпускался на волю. Упругость пара=7 атмосфер. Питаніе было періодическое. Во время питанія упругость пара падала, хотя не надолго, до 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub> атмосфер.

Опытъ 24-го февраля былъ не вполне удачнымъ. Нѣкоторыя неполадки были замѣчены въ пульверизаторѣ и затѣмъ дѣйствіе вентилятора было не вполне исправное.

Въ теченіе всего опыта, продолжавшагося 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> часа, было испарено всего 55 ведеръ воды, при расходѣ 7 ведеръ нефти. Всѣхъ ведра воды=30 фунт., а нефти—19 фунт. Слѣдовательно испарительность 1 фунта нефти равнялась:

$$\frac{55 \times 30}{7 \times 19} = \frac{1650}{133} = 12,4 \text{ фунт.}$$

При второмъ опытѣ, 4-го марта, по устраненіи всѣхъ замѣченныхъ неисправностей, въ 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> часа времени было испарено 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> ведрами нефти 84 ведра воды, слѣдовательно испарительность одного фунта нефти равнялась:

$$\frac{84 \times 30}{8,5 \times 19} = \frac{2520}{1615} = 15,60 \text{ фунт.}$$

Эту цифру, по нашему мнѣнію, нельзя принимать за валовую. Эта цифра опытная, полученная при тщательномъ регулированіи дѣйствія пульверизатора умѣлою рукою изобрѣтателя. При малѣйшемъ появленіи дыма въ устьѣ дымовой трубы, тотчасъ же были принимаемы мѣры для уничтоженія его.

Цифра 15,60 весьма высока, но необходимо замѣтить, что при этомъ часовая испарительность на единицу нагрѣвательной поверхности котла была незначительна, всего

$$\frac{2520}{580 \times 1,5} = \text{около } 3 \text{ фунтовъ } ^1).$$

Между тѣмъ извѣстно, что испарительность на единицу вѣса топлива возрастаетъ съ уменьшеніемъ испарительности на 1-цу нагрѣвательной поверхности <sup>2</sup>).

По опытамъ г. *Бессона* (см. Горный Журналъ 1886, № 12) надъ корнуэльскими котлами, при помощи обыкновенныхъ пульверизаторовъ, испарительность 1-го фунта нефти опредѣлена maximum въ 13,75 фунт.

Поэтому въ пользу системы Пашинина имѣемъ приблизительно экономію нефти:

$$\frac{15,60 - 13,75}{13,75} = \text{до } 13\%.$$

Но нужно замѣтить, что при опытахъ *Бессона* часовая испарительность на 1 □ ф. нагрѣвательной поверхности была болѣе,—около 5 фунт., что влечетъ за собою уменьшеніе цифры испарительности на единицу вѣса <sup>3</sup>) топлива.

<sup>1</sup>) Т. е. испарительность мала, не вполне соответствующая размѣрамъ котла.

<sup>2</sup>) См. нашъ Практическій курсъ паровыхъ машинъ, Т. I, стр. 182.

<sup>3</sup>) Наибольшая часовая испарительность двухъ корнуэльскихъ котловъ=47 пуд., при общей нагрѣвательной поверхности 364 кв. фут. Отсюда:  $\frac{47 \times 40}{364} = \text{кругл. ч. } 5 \text{ фунт.}$

Въ газетѣ *Новое Время*, отъ 8 марта, при сообщеніи результатовъ опытовъ 4 марта, ошибочно сказано, что при обыкновенныхъ пульверизаторахъ испарительность на единицу вѣса топлива въ  $\frac{3}{2}$  раза болѣе, нежели при каменномъ углѣ, тогда какъ при системѣ *Пашинина* это отношеніе  $= 2\frac{1}{4}$ . Очевидно, что приэтомъ опытные данныя новой системы сравниваются съ валовыми результатами прежнихъ устройствъ. Приэтомъ экономія отъ примѣненія системы *Пашинина* является какъ бы равною  $\frac{2,25-1,5}{1,5} = 50\%$ , вмѣсто дѣйствительной въ  $13\%$  (см. выше).

При опытахъ надъ нефтянымъ отопленіемъ обыкновенно не принимается въ расчетъ расходъ пара на дѣйствіе пульверизатора, который, тѣмъ не менѣе, иногда достигаетъ почтенной цифры 8—12% полного количества пара, образуемаго паровымъ котломъ <sup>1)</sup>. При опытахъ надъ приборомъ г. *Пашинина* непринято въ соображеніе и количество пара, расходуемаго на дѣйствіе вентилятора.

Назначенные на 11-е марта (согласно нашему предложенію) сравнительные опыты надъ приборомъ *Пашинина* и обыкновеннымъ пульверизаторомъ, при одномъ и томъ же котлѣ, слѣдовательно совершенно при одинаковыхъ условіяхъ, по непредвидѣннымъ обстоятельствамъ отложены до другого времени. Г-нъ *Пашининъ* намѣренъ помѣстить описаніе и чертежъ своего прибора въ *Горномъ Журналѣ*. Статья эта послужитъ дополненіемъ ко многимъ прекраснымъ статьямъ по нефти, появившимся въ послѣднее время на страницахъ этого изданія.

### Объ опредѣленіи углерода въ желѣзѣ по способу I. Stead'a <sup>2)</sup>.

I. E. Stead (1883 250\* 164) предложилъ простой способъ *опредѣленія углерода въ желѣзѣ*, основанный на раствореніи химически соединеннаго углерода въ желѣзѣ посредствомъ раствора *ѣдкаго натра* и на наблюденіи окрашиванія полученной жидкости.

C. H. Ridsdale (см. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 1886\* стр. 585), которому часто приходится производить на заводахъ „North-Eastern Steel Works“ быстрыя опредѣленія углерода въ различныхъ сортахъ стали, въ которыхъ содержаніе углерода колеблется въ предѣлахъ отъ 0,09 до 0,02 проц., пользуется именно этимъ способомъ *Stead'a*.

По его словамъ, способъ *Stead'a* очень надеженъ и настолько быстръ, что отъ взятія пробы только что полученной на заводѣ стали до выдачи результата опредѣленія никогда не проходитъ больше часа времени. Полученныя при этомъ числа настолько же точны, насколько и полученныя при самомъ тщательномъ сожиганіи углерода, такъ какъ еще разница въ 0,0025 проц. углерода точно можетъ быть наблюдаема при сравненіи окраски растворовъ. При сожиганіи вообще могутъ произойти гораздо легче извѣстныя погрѣшности, чѣмъ при простомъ сравненіи различной степени окрашиванія растворовъ.

<sup>1)</sup> См. II томъ нашего *Практическаго курса паровыхъ машинъ*, стр. 381. Расходъ пара въ пульверизаторахъ легко опредѣлить, заставляя пульверизаторъ дѣйствовать паромъ другого котла. Испарительность этого послѣдняго и даетъ искомый расходъ.

<sup>2)</sup> Изъ *Dingler's „Polytechnisches Journ.“*, В. 263, II. 6, 1887 перевелъ К. Флугъ.

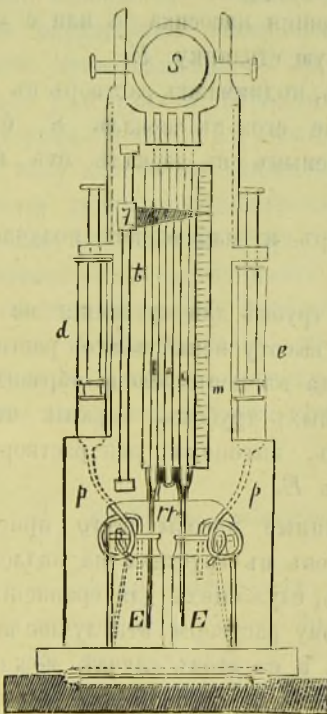


При своемъ опредѣленіи углерода *Stead* растворяетъ 1 гр. желѣза или стали въ 12 сс. азотной кислоты уд. вѣса 1,20, нагреваетъ жидкость для полного растворенія до 90—100° въ теченіе 10 минутъ, прибавляетъ 30 сс. кипящей воды, потомъ 13 сс. раствора ѣдкаго натра уд. в. 1,27, встряхиваетъ жидкость и разбавляетъ до 60 сс.

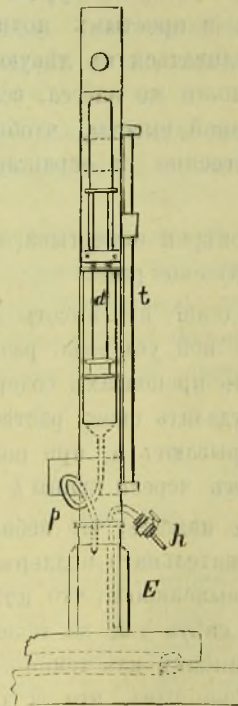
*Ridsdale* поступаетъ въ общихъ чертахъ совершенно такимъ же образомъ; онъ прибавляетъ только 18 сс. раствора ѣдкаго натра, встряхиваетъ жидкость и, по истеченіи десяти минутъ, разбавляетъ растворъ до 70 сс.

*Stead* предложилъ испытываемые растворы сравнивать по цвѣту съ растворами, содержаніе углерода въ которыхъ извѣстно.

Для быстрого и точнаго производства подобнаго опредѣленія *Ridsdale* предложилъ приборъ, изображенный на фиг. 1-ой и 2-ой. Онъ состоитъ изъ трехъ, рядомъ



Фиг. 1.



Фиг. 2.

расположенныхъ стеклянныхъ трубокъ *a*, *b* и *c*, укрѣпленныхъ вертикально въ штативѣ; изъ нихъ средняя трубка *a* служитъ для вмѣщенія испытываемаго раствора, а крайнія—*b* и *c*—для растворовъ, съ которыми первый растворъ сравнивается по степени окраски. Средняя трубка *a* запаена на нижнемъ концѣ и можетъ быть легко вынимаема изъ станка. Нижніе концы боковыхъ трубокъ снабжены тонкими продолженіями *r*, проходящими черезъ каучуковыя пробки почти до дна склянокъ *E* изъ темнокраснаго стекла (Rubinglas). Кромѣ того черезъ пробку проходитъ въ каждую стклянку, до самаго дна, изогнутая наверху трубка, снабженная краномъ *h*. Двѣ другія трубки, кончающіяся сейчасъ за нижней частью пробки, соединяются при помощи каучуковыхъ трубокъ *p*, съ небольшими стеклянными насосами *d* и *e*, прикрѣпленными по бокамъ штатива. Надъ тремя трубками, отъ

$b$  до  $c$ , расположено вращающееся зеркало  $S$  для сравненія окрашиваній растворовъ. Сбоку штатива находится масштабъ  $m$  для измѣренія высоты уровней растворовъ въ трубкахъ, а на стержнѣ  $t$  указатель  $Z$ .

Весь приборъ поконится на подставкѣ, налитой свинцомъ, и можетъ вращаться, съ тою цѣлью, чтобы окрашиваніе можно было наблюдать въ зеркалѣ съ двухъ различныхъ сторонъ.

При опредѣленіи содержанія углерода—прежде всего наполняютъ среднюю трубку  $a$  испытуемымъ растворомъ такъ, чтобы послѣдній доходилъ въ ней до 20-го дѣленія.

Боковые трубки наполняютъ растворами, служащими для сравненія, съ различнымъ содержаніемъ углерода.

Для этого верхній конецъ трубки ( $b$  или  $c$ ) закрываютъ пробкой или пальцемъ, край  $h$  изогнутой трубки открываютъ, погружаютъ ея конецъ въ растворъ для сравненія и простымъ подниманіемъ поршня насосика  $d$  или  $e$  заставляютъ растворъ перелпваться въ лѣвую или въ правую стеклянку  $E$ .

При помощи же насоса, вслѣдъ за этимъ, поднимаютъ растворъ въ трубочкахъ  $b$  или  $c$  до такой высоты, чтобы окрашиваніе его въ зеркалѣ  $S$  было совершенно тождественно съ окрашиваніемъ, даваемымъ въ зеркалѣ отъ испытуемаго раствора.

Для провѣрки повертываютъ весь приборъ и наблюдаютъ получаемаыя окрашиванія (тона) еще разъ.

Произведеніе изъ высоты жидкости въ трубкѣ для сравненія на процентное содержаніе въ ней углерода, раздѣленное на высоту испытуемаго раствора, покажетъ прямо въ процентахъ содержаніе углерода въ испытуемомъ образцѣ желѣза.

Чтобы удалить снова растворы изъ боковыхъ трубокъ, верхнія отверстія послѣднихъ закрываютъ и, при помощи насосовъ, выгоняютъ эти растворы изъ трубокъ, а потомъ черезъ краны  $h$  изъ стеклянокъ  $E$ .

*Ridsdale* нашелъ, что небольшіе стеклянные насосы всего пригоднѣе для болѣе продолжительнаго поддержанія растворовъ въ трубкахъ на надлежащей высотѣ. Далѣе выяснилось, что цвѣтъ растворовъ, служащихъ для сравненія, мѣняется отъ дѣйствія свѣта уже въ теченіе дня. Поэтому растворы эти лучше всего сохранять въ стеклянкахъ изъ темно-краснаго стекла и въ этомъ случаѣ можно быть совершенно увѣреннымъ, что за двѣнадцать часовъ въ степени ихъ окрашиванія не произойдетъ ровно никакой перемѣны. Кромѣ того, послѣ каждой пробы слѣдуетъ растворы удалять изъ прибора, такъ какъ въ противномъ случаѣ ждкій натръ можетъ настолько сильно подѣйствовать на каучуковыя пробки, что придется разбивать весь приборъ.

При испытаніи стали съ 0,03 до 0,08 проц. углерода и при употребленіи раствора для сравненія, содержащаго 0,05 проц. углерода, *Ridsdale* замѣтилъ, что сорта стали съ 0,08 проц. даютъ слишкомъ темное окрашиваніе и потому для нихъ слѣдуетъ брать растворы, болѣе крѣпкіе. Главнымъ образомъ въ виду послѣдняго обстоятельства онъ и устраиваетъ въ своемъ приборѣ три измѣрительныхъ трубки.

Если въ двухъ боковыхъ трубкахъ налиты растворы одного и того же содержанія углерода, слѣдовательно наблюденіе производится какъ бы съ двухъ сторонъ, то вращать приборъ становится уже излишнимъ.



*Ridsdale* произвелъ, при помощи своего прибора, въ теченіи двухъ лѣтъ нѣсколько тысячъ опредѣленій и ни одна часть прибора не изломалась.

### Искусственное приготовленіе рубиновъ

ФРЕМИ <sup>1)</sup>).

Еще въ концѣ 70-хъ годовъ *Фреми*, вмѣстѣ съ покойнымъ своимъ сотрудникомъ *Фейлемъ* (Feil), примѣнялъ для полученія кристалловъ рубина два различные способа.

Первый способъ состоялъ въ томъ, что въ глиняномъ тиглѣ нагрѣвалась до свѣтлокраснаго каленія смѣсь глинозема и сурика.

Розовое окрашиваніе воспроизводилось примѣсью двухромовокислаго калия. Операция часто производилась съ 20 и 30 килограммами смѣси, причемъ получалось нѣсколько килограммовъ рубиновъ.

При второмъ способѣ нагрѣвалась до довольно высокой температуры смѣсь равныхъ по вѣсу количествъ глинозема и фтористаго барія, съ присадкою ничтожнаго количества двухромовокислаго калия.

Кристаллы, полученные этимъ путемъ, были замѣчательны по отчетливости своего образованія, но всегда имѣли пластинчатое строеніе и не обладали достаточною плотностью для того, чтобы была возможность подвергнуть ихъ шлифовкѣ.

Желая, послѣ смерти *Фейля*, продолжить начатую работу, *Фреми* пригласилъ въ сотрудники себѣ молодого химика *Вернейля* (Verneuil), при участіи котораго и были сдѣланы описываемые ниже новые опыты.

#### Дѣйствіе фтористыхъ соединеній на глиноземъ.

Такъ-какъ первые опыты надъ полученіемъ кристалловъ рубина по второму способу были производимы съ помощью глиняного тигля, то прежде всего *Фреми* и *Вернейль* рѣшили провѣрить, не оказываетъ-ли какого-либо дѣйствія на кристаллизацию глинозема заключающійся въ тиглѣ кремнеземъ, какъ это имѣло мѣсто при прокаливаніи смѣси глинозема и окиси свинца.

Для этой цѣли было произведено нѣсколько испытаній въ платиновыхъ тигляхъ и тигляхъ изъ чистого глинозема, при чемъ оказалось, что кремнеземъ глиняныхъ тиглей не оказываетъ никакого дѣйствія на реакцію.

По разрѣшеніи этого вопроса, было приступлено къ опредѣленію, какія фтористыя соединенія, въ смѣшеніи съ глиноземомъ, могутъ образовывать, при свѣтло-красномъ каленіи, корундъ. Произведенныя съ этою цѣлью опыты показали, что почти всѣ фтористыя соединенія, при красномъ каленіи, вызываютъ кристаллизацию глинозема. При этихъ опытахъ главнѣйше употреблялись: фтористый барій, фтористый кальцій и криолитъ.

<sup>1)</sup> Извлечено Г. Л. изъ *Comptes rendus de l'Academie des Sciences à Paris*. Tome CIV. № 11. 1887.

Особаго интереса заслуживаютъ явленія, наблюдаемыя при прокаливаніи смѣси глинозема, фтористого кальція и ничтожнаго количества хромовой кислоты. Всѣ опыты производились при этомъ въ платиновыхъ тигляхъ, которые нагрѣвались до самой высокой температуры, какую только можно было получить въ печахъ съ дутьемъ.

Заставляя дѣйствовать на опредѣленное вѣсовое количество фтористого кальція различныя количества глинозема, *Фреми* и *Вернейль* были поражены тѣмъ, что такое фтористое соединеніе, какимъ является фтористый кальцій, оказываетъ огромное вліяніе на минерализацію глинозема.

Цѣлымъ рядомъ опытовъ было доказано, что можно заставить окристаллизоваться весь глиноземъ, заключенный въ смѣси, состоящей изъ 1 вѣс. частицы фтористаго кальція и 12 вѣс. частицъ глинозема. Послѣдующіе опыты показали еще, что можно уменьшить въ смѣси содержаніе фтористаго кальція на половину, причемъ способность его къ минерализаціи не утрачивается. Такое замѣчательное явленіе побудило *Фреми* заняться опредѣленіемъ его причины и розыскать, что собственно вызываетъ кристаллизацію глинозема.

Послѣ цѣлаго ряда неудачныхъ попытокъ, ему удалось наконецъ произвести вполне доказательный опытъ.

На дно платинового тигля былъ помѣщенъ бѣлый, прозрачный и на видъ совершенно чистый плавленый шпатель. Это вещество было покрыто платиновою пластинкою, съ чрезвычайно мелкими отверстіями, поверхъ которой насыпался толстый слой глинозема, полученнаго послѣ прокалики чистыхъ амміачныхъ квасцовъ. Такимъ образомъ, фтористый кальцій и глиноземъ были отдѣлены здѣсь другъ отъ друга платиновою пластинкою; глиноземъ былъ предварительно смѣшанъ съ небольшимъ количествомъ хромовой кислоты. Платиновый тигель съ означенными веществами накаливался въ теченіе нѣсколькихъ часовъ до свѣтло-краснаго каленія, въ глиняномъ огнеупорномъ тиглѣ, съ набойкою изъ глинозема.

Послѣ прокаливанія оказалось слѣдующее: на днѣ платинового тигля фтористый кальцій сплавился, а глиноземъ, поверхъ платиновой пластинки съ отверстіями, почти весь обратился въ кристаллы рубина, замѣчательные по отчетливости своего образованія и по своему красивому розовому цвѣту.

Такимъ образомъ, глиноземъ, не находясь въ соприкосновеніи съ фтористымъ кальціемъ и подвергаясь только дѣйствію газовъ, которые выделяются изъ фтористаго соединенія, при прокаливаніи его въ струѣ воздуха, минерализуется, т. е. теряетъ свое аморфное состояніе и обращается въ массу кристаллическую.

Эти новые опыты *Фреми* и *Вернейля* ясно показываютъ, что такія тѣла, какъ фтористыя соединенія, нагрѣваемые въ соприкосновеніи съ влажнымъ воздухомъ, выделяютъ газы, которые минерализуютъ и заставляютъ кристаллизоваться аморфныя тѣла, подобныя глинозему; фтористоводородная кислота, дѣйствующая при весьма высокой температурѣ, безъ сомнѣнія, играетъ въ этой реакціи значительную роль <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Должно замѣтить, что кристаллы рубина, полученные по новому способу, имѣютъ красивый цвѣтъ, не обнаруживаютъ пластинчатого строенія, отличаются отчетливостью образованія и свободны отъ постороннихъ примѣсей. Въ общемъ они гораздо красивѣе тѣхъ кристалловъ, которые были получены ранѣе, но размѣры ихъ очень незначительны, такъ что для шлифовки они еще непригодны.



## Объ уменьшеніи земного радіуса со времени образованія твердой коры земной.

Замѣтка А. де-Латтаранъ <sup>1)</sup>.

Большинство геологовъ смотрѣло до сихъ поръ на горные кряжи, какъ на результатъ сморщиванія твердой коры земной, которая принуждена была сжиматься по мѣрѣ того, какъ процессъ охлажденія уменьшалъ объемъ ядра. Однако, съ нѣкоторого времени, новая школа, во главѣ которой стоитъ профессоръ *Зюсса* (Suess), изъ Вѣны, стремится приписать главную роль въ образованіи рельефа постепенному опусканію большихъ поверхностей, ограниченныхъ трещинами и скользящихъ, подъ вліяніемъ одной только силы тяжести, вдоль неподвижныхъ цѣликовъ (столбовъ). По мнѣнію *Зюсса*, въ однѣ только вторичную и третичную эпохи вертикальная амплитуда такихъ опусканій опредѣляется въ нѣсколько десятковъ километровъ. *Геймъ* (Heim), съ своей стороны, вычисляя, основываясь на измѣреніи складокъ пластовъ, сжатіе, произведенное массивомъ Альпійскихъ горъ, пришелъ къ заключенію, что образованіе одной только этой цѣпи могло уменьшить длину земного радіуса болѣе чѣмъ на 19 километровъ.

Однако, большое число геологическихъ наблюденій идетъ въ разрѣзъ съ гипотезою, допускающею подобныя опусканія. Укажу, какъ на одинъ изъ выдающихся примѣровъ, на почти абсолютную неподвижность морскихъ береговъ съ триасовой эпохи до нашихъ дней въ области Valognes-en-Cotentin.

Тутъ наблюдается на высотѣ, весьма мало отличающейся отъ теперешняго возвышенія берега надъ уровнемъ моря, болѣе девяти прибрежныхъ отложеній, располагающихся ступенями, начиная отъ лейаса, до пліоцена. Но подобныя совпаденія не могли бы имѣть мѣста столь часто въ одной и той-же точкѣ, если-бы, съ одной стороны, море, а съ другой, твердая кора земная были-бы принуждены, независимо другъ отъ друга, перемѣщаться по направленію къ центру на нѣсколько десятковъ километровъ.

Что касается Альпійской цѣпи, то, если, вмѣсто того, чтобы относить сжатіе, опредѣленное *Геймомъ*, на цѣлую окружность, измѣрять *поднятую поверхность*, окажется, что она представляетъ собою только одну пяти тысячную часть всей земной поверхности, а это соотвѣтствуетъ общему сжатію всего на *шестьсотъ метровъ*. Если даже ушестерить эту цифру, принявъ въ расчетъ Карпаты, Кавказъ и Гималаи, то до 19 километровъ все-таки будетъ еще очень далеко.

Опредѣляя непосредственно сжатіе земли вслѣдствіе охлажденія, можно доказать, зная величину геотермическаго градуса, опредѣляемаго повышеніемъ температуры на 1°С съ углубленіемъ на каждые 35 метровъ, что потеря теплоты на поверхности составляетъ въ годъ на каждый квадратный сантиметръ 53 ед. тепл. При такомъ условіи, температура земного шара въ *теченіе милліона лѣтъ* можетъ понизиться *менше чѣмъ на полъ-градуса*. Предполагая, что коэффициентъ расширенія земли въ три раза болѣе коэффициента расширенія желѣза, мы найдемъ, что вышешомянутая потеря теплоты произведетъ укорачиваніе радіуса на 87 метровъ.

<sup>1)</sup> Извлечено Г. Л. изъ „Comptes rendus de l'Académie des sciences à Paris. Tome CIV. № 10. 1887.

Примемъ для продолжительности вторичной и третичной эпохъ 20 милліоновъ лѣтъ, т. е. самую высокую цифру, которая была получена *Вильямомъ Томсономъ* путемъ вычисленія. Въ этотъ періодъ, если принять продолжительность его равною одной пятой продолжительности всего періода образованія осадковъ, укорачиваніе радіуса земли не превзойдетъ 2 километровъ. Если даже удвоить эту цифру, принимая во вниманіе ошибки при разчетѣ, зависящія отъ неполноты принятыхъ физическихъ данныхъ, отъ изліянія изверженныхъ породъ и отъ другихъ причинъ, то и тогда мы получимъ величину, совершенно незначительную, въ сравненіи съ радіусомъ земли.

Однако-же не трудно убѣдиться, что это слабое укорачиваніе оказывается вполне достаточнымъ для объясненія происхожденія на поверхности земли, послѣ первичной эпохи, большихъ складокъ, въ особенности сосредоточенныхъ въ умѣренномъ поясѣ, который простирается отъ Испаніи до послѣднихъ отроговъ Гималайской цѣпи. Но въ то-же самое время такое укорачиваніе подтверждаетъ то, что мы говорили объ общемъ постоянствѣ земной коры, и устраняетъ предположенія о большихъ опусканіяхъ, принимаемыхъ новою орогеническою школою.

Все вышесказанное относится до временъ, протекшихъ послѣ первичной эры. Относительно временъ предшествовавшихъ мы остаемся въ большей неизвѣстности. Однако-же можно опредѣлить максимумъ укорачиванія земного радіуса, имѣвшій мѣсто послѣ первого появленія твердой коры и перейти который было невозможно. Въ самомъ дѣлѣ, эта кора состоитъ изъ гнейса, удѣльный вѣсъ котораго равенъ 2,65. Если допустить, что радіусъ земли первоначально былъ длиннѣе теперешняго въ отношеніи 129: 100, то средняя плотность земли, равная нынѣ 5,56, должна была быть въ то время ниже, именно въ 2,65, тогда какъ удѣльный вѣсъ гнейса, какъ твердой горной породы, остается постояннымъ и по мѣрѣ удаленія отъ центра. Ниже этой цифры, которая соотвѣтствуетъ укорачиванію радіуса нѣсколько болѣе чѣмъ на одну пятую, образованіе гнейсовой коры сдѣлалось-бы невозможнымъ, такъ какъ такая порода, какъ гнейсъ, не могла бы плавать въ массѣ съ меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ.

Не трудно убѣдиться, что этотъ теоретическій максимумъ, по многимъ причинамъ, оказывается выше того, который возможенъ физически.

Отсюда явствуетъ, какія заключенія можно вывести относительно мнѣнія, высказываемого нѣкоторыми авторами, что со времени образованія гнейсовъ, земной радіусъ могъ уменьшиться на половину. Не только эта гипотеза приводитъ къ выводамъ, несогласующимся съ точно опредѣленною среднею плотностью земли, но и тѣ явленія, которыя послужили для ея созданія, именно обыкновенно наклонное положеніе гнейсовъ подъ угломъ въ 60 и болѣе градусовъ, могутъ быть объяснены весьма просто пропиканіемъ изверженныхъ массъ, гранитовъ и другихъ породъ, которыя занимаютъ въ первозданныхъ областяхъ значительную часть поверхности и должны были отвоевать себѣ мѣсто у тѣхъ породъ, которыя занимали его ранее, и черезъ которыя они прорвались.

#### Опредѣленіе органическихъ веществъ въ минеральной водѣ<sup>1)</sup>.

Обыкновенный методъ опредѣленія органическихъ веществъ въ минеральной

<sup>1)</sup> Изъ Dingler's polyt. Journ. 1887. Bd. 263, II. 8, перев. горн. инж. А. ф. д. Флаасъ.



водѣ марганцово-кислымъ калиемъ измѣненъ А. Köbrich'омъ (Chemiker-Zeitung, 1887, В. 11, стр. 4) слѣдующимъ образомъ:

Для полученія нормальнаго раствора 0,5 gr.  $\text{KMnO}_4$  растворяется въ 1 литрѣ дистиллированной воды, къ раствору прибавляется 150 gr. чистой сѣрной кислоты (уд. в. 1,80) и смѣсь эта нагревается 3 часа до  $90^\circ$ , причемъ нѣкоторое количество воды испаряется. 50 с. с. такого раствора приливаютъ къ 100 с. с. испытуемой воды, прибавляютъ 15 gr. концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и снова нагреваютъ въ продолженіе трехъ часовъ до  $90^\circ$  въ большой колбѣ, отверстіе которой закрыто стеклянной дырчатой пластинкой, чтобы воспрепятствовать пыли проникнуть въ колбу. Титръ раствора минеральнаго хамелеона опредѣляется, каждый разъ передъ употребленіемъ, посредствомъ раствора 0,5 gr. щавелевой кислоты въ одномъ литрѣ воды; впрочемъ приготовленный описаннымъ образомъ растворъ  $\text{KMnO}_4$  не измѣняется довольно долгое время. Неразложившееся количество марганцово-кислаго калия, прибавленнаго къ анализируемой водѣ, опредѣляется обратнымъ титрованіемъ щавелевой кислотой, а слѣдовательно узнается и то число кубическихъ сантиметровъ щавелевой кислоты, которое соответствуетъ количеству заключающихся въ водѣ органическихъ веществъ. Умноживъ это число кубич. сантиметровъ на 0,0005, получимъ вѣсъ щавелевой кислоты, эквивалентный количеству органическихъ веществъ. Вѣсъ этотъ Кёбрихъ предлагаетъ назвать *эквивалентомъ щавелевой кислоты* (Oxalsäure-Aequivalent) и ввести этотъ терминъ въ анализы минеральныхъ водъ.

Если въ водѣ имѣются хлористыя соединенія, то хлоръ выдѣляютъ азотно-кислымъ серебромъ. Въ присутствіи азотистой кислоты, къ 100 с. с. испытуемой воды, или фильтрата ея послѣ осажденія хлора въ видѣ хлористаго серебра, прибавляютъ 3 gr. концентрированной сѣрной кислоты и приливаютъ по каплямъ марганцово-кислаго калия до тѣхъ поръ, пока не появится красное окрашиваніе, исчезающее въ теченіе 5 минутъ. Возстановленіе хамелеона азотистой кислотой идетъ при обыкновенной температурѣ. Затѣмъ прибавляютъ 15 gr. сѣрной кислоты и поступаютъ далѣе по вышеописанному. Количество азотистой кислоты въ минеральной водѣ можно опредѣлить съ точностію, совершенно достаточной для техники, если установить титръ марганцово-кислаго калия относительно раствора одного грамма азотисто-кислаго калия въ одномъ литрѣ воды.

### Исслѣдованія на рѣкѣ Сосьвѣ.

24-го сего марта, въ засѣданіи соединенныхъ отдѣленій географіи математической и физической, горный инженеръ Л. И. Подгаецкій изложилъ результаты своихъ изслѣдованій р. Южной Сосьвы. Эта рѣка принадлежитъ къ бассейну р. Оби, съ которою она соединяется при посредствѣ рѣкъ Тавды, Тобола и Иртыша.

Рѣка Сосьва беретъ свое начало посреди дремучихъ лѣсовъ сѣвернаго Урала и, по соединеніи съ р. Лозвою, образуетъ рѣку Тавду. Всѣ эти рѣки, при условіи ихъ судоходности, могутъ имѣть серьезное значеніе, какъ водные пути, соединяющіе сѣверный Уралъ съ плодородною полосой юго-западной Сибири. Въ 1886 году, управленіе Богословскаго горнаго округа, совмѣстно съ обществомъ пароходства «П. Ширковъ и К<sup>о</sup>.», поручило подробное изслѣдованіе этого воднаго пути докладчику. Главною цѣлью работъ было опредѣленіе степени судоходности

рѣки во время меженн, т. е. лѣтомъ: весь водный путь по рѣкамъ Сосьвѣ и Тавдѣ, до впаденія послѣдней въ Тоболь, подлежавшій изслѣдованію, имѣетъ въ длину до 1,170 верстъ, изъ которыхъ 370 верстъ приходится собственно на Сосьву, а 800 верстъ—на Тавду. Экспедиція начала свои работы 13-го іюля, а закончила ихъ 30-го августа, у соединенія Сосьвы съ Лозьвою. Верхняя часть Сосьвы, какъ болѣе опасная для судоходства, была обслѣдована подробнѣе, чѣмъ нижняя, болѣе глубокая ея часть.

Описавъ сначала географическое положеніе р. Сосьвы, ея притоковъ, геологическій характеръ мѣстности, гдѣ они протекають, докладчикъ перешелъ къ описанію судоходности рѣки и сообщилъ, что его изслѣдованія привели къ слѣдующимъ заключеніямъ: на первыхъ 63 верстахъ судоходной части рѣки средняя глубина на фарватерѣ—5 футовъ въ межень; на слѣдующихъ 65 верстахъ по фарватеру глубина—7 футовъ въ межень; далѣе на рѣкѣ средняя глубина—10 футовъ, за исключеніемъ трехъ перекатовъ, гдѣ глубина доходитъ до 2 фут. 10 дюйм.; по за этими перекатами, на протяженіи 140 верстъ, до устья, мелкихъ мѣсть нѣтъ и глубина рѣки не менѣе 16 футовъ, а мѣстами доходитъ до 20—30 футовъ. Что же касается до времени навигаціи, то докладчикъ полагаетъ возможнымъ опредѣлить его въ пять мѣсяцевъ, съ 1-го мая по 1-е октября; въ теченіи этого времени, около 90 дней, уровень воды бываетъ выше меженного.

Сдѣлавъ затѣмъ краткое описаніе населенія по берегамъ рѣки Сосьвы и его занятій, докладчикъ высказалъ убѣжденіе, что эта рѣка вполне судоходна въ настоящее время, во весь навигаціонный періодъ, для судовъ, съ осадкою не больше 1 аршина (2 фута 4 дюйма), и никакого особеннаго регулированія ея русла для настоящаго грузового движенія не требуется. Но регулированіе можетъ сдѣлаться необходимымъ тогда, когда рѣки Сосьва и Тавда будутъ составлять часть транзитнаго пути между бассейнами Оби и Волги, черезъ сѣверный Уралъ; этотъ путь осуществится съ проведеніемъ желѣзной дороги, которою будутъ соединены рѣки Сосьва и Кама; преимущество этого пути передъ транзитомъ черезъ Тобольскъ-Тюмень и Пермь, по мнѣнію докладчика, заключается въ томъ, что хотя онъ и длиннѣе на 500 верстъ, но за то большая его часть—водная, и только 280 верстъ приходится на желѣзную дорогу, почему онъ долженъ быть дешевле; по предположенію докладчика, перевозка по этому пути пуда груза будетъ обходиться дешевле на 10 копѣекъ.

Въ заключеніе г. Подгаецкій сообщилъ объ интересныхъ въ археологическомъ отношеніи курганахъ и городищахъ, лежащихъ по р. Тавдѣ, изслѣдованіямъ которой будетъ имъ посвящено лѣто нынѣшняго 1887 года.

### Горная промышленность на югѣ Россіи за 1886 годъ.

Горная промышленность въ предѣлахъ Донецкаго края годъ отъ году все болѣе развивается. Въ интересахъ этой промышленности, въ прошедшемъ, 1886 году, были приведены въ исполненіе слѣдующія мѣропріятія: приступлено къ постройкѣ порта въ Мариуполѣ; возвышена пошлина на иностранный каменный уголь съ 2 до 3 коп. золотомъ съ пуда; съ 1-го Марта вошла въ законную силу 15-ти копѣчная золотая пошлина на чугуны; значительно понижены желѣзно-дорожные та-



рифы для каменного угля по нѣкоторымъ направленіямъ и предпринято нѣсколько улучшеній по части перевозокъ минеральнаго топлива. Сбытъ донецкаго каменного угля, какъ сообщается въ «Южно-Русск. Горн. Листкѣ», — понемногу увеличивается, хотя и не въ томъ размѣрѣ, чтобы удовлетворить подготовленные къ значительной добычѣ каменно-угольныя копи. Данныя, за время съ 1-го сентября 1885 года по 1-е сентября 1886 года, о вывозѣ каменного угля показываютъ, на основаніи отчета комиссіи выборныхъ отъ углепромышленниковъ, увеличеніе вывоза донецкаго угля на 11 милліоновъ пудовъ.

Область сбыта каменного угля расширилась особенно по направленію къ юго-западному краю; кромѣ того, въ истекшемъ году сдѣланы попытки къ укрѣпленію донецкаго угля на одесскомъ рынкѣ, гдѣ открыть первый складъ этого угля горнымъ и промышленнымъ обществомъ на югѣ Россіи.

Въ области южно-русской желѣзной промышленности выдающееся явленіе составляетъ постройка доменныхъ печей въ Екатеринославѣ обществомъ Брянскаго желѣзо-дѣлательнаго производства; уже почти готово и второе заводское предпріятіе, также на Днѣпрѣ, именно — постройка доменныхъ печей у Каменской вѣтви. Могучій двигатель для развитія каменно-угольной промышленности, чугуно-плавильные заводы, успѣли вызвать въ донецкомъ бассейнѣ серьезное коксовое производство, къ коему приступили нѣкоторые рудники, получивъ заказъ отъ Брянскаго завода, въ количествѣ 15 милліоновъ пудовъ, на срокъ 4—5 лѣтъ. Въ Николаевѣ приступлено къ постройкѣ обширнаго судостроительнаго завода, имѣющаго тѣсную связь съ заводскимъ южнымъ дѣломъ.

Каменно-соляная промышленность Бахмутскаго уѣзда и соле-заводская промышленность въ настоящее время также стали на правильный путь развитія.

Замѣчательнымъ событіемъ въ донецкомъ бассейнѣ является также открытіе дѣйствія перваго въ Россіи ртутнаго завода у ст. Никитовки, курско-харьково-азовской желѣзной дороги, товариществомъ Ауэрбахъ и К°. Немного лѣтъ тому назадъ, никто изъ горныхъ дѣятелей и знатakovъ донецкаго бассейна и не помышлялъ о присутствіи въ его нѣдрахъ этого цѣннаго метала; нынѣ же донецкій бассейнъ вступаетъ смѣло въ конкуренцію съ древнѣйшими ртутными рудниками и заводами Идріи и Альмадены.

По части разработки рудныхъ мѣсторожденій должно также указать на новыя желѣзо-рудныя предпріятія въ Кривомъ Рогѣ, именно, на новыя разработки обществъ новороссійскаго, брянскаго и варшавскаго, которыя будутъ этими рудами снабжать свои заводы.

Въ отношеніи путей сообщеній, новыхъ желѣзно-дорожныхъ линій въ донецкомъ бассейнѣ не прибавилось. На курско-харьково-азовской дорогѣ уложенъ, впрочемъ, второй путь, которымъ облегчатся усиленные перевозки минеральнаго топлива.

Изъ новыхъ горнозаводскихъ сооружений и разныхъ усовершенствованій должно отмѣтить: устройство Харламовскаго каменно-солянаго рудника бельгійскимъ обществомъ, въ Бахмутскомъ уѣздѣ; устройство новыхъ рудниковъ новороссійскимъ и горнымъ и промышленнымъ обществами на югѣ Россіи; начало постройки коксовыхъ печей на рудникахъ алексѣевскаго общества, Берестовскомъ рудникѣ гг. Уманскаго и Губонина и нѣкоторыхъ другихъ. Голубовскимъ товариществомъ устроена 46-верстная проволочная дорога отъ рудниковъ этого товарищества къ полустанціи Голубовка. Рудники Завадскаго и Лемешевскаго устроили подъѣзды широко-ко-

лейный рельсовый путь, длиною въ 12 верстъ. Устроено подземное и надземное электрическое освѣщеніе на деконскомъ каменно-соляномъ рудникѣ г. Летуповскаго и К°. Горные дѣятели на югѣ Россіи въ истекшемъ году продолжали усердно заниматься разработкой разныхъ вопросовъ, относящихся до южной горно-заводской промышленности. Кромѣ множества небольшихъ статей и замѣтокъ, напечатанныхъ въ теченіи года въ «Южно-русскомъ горномъ листкѣ», южная горная литература обогатилась многими изслѣдованіями. Этими сочиненіями въ значительной степени разъяснены разные горно-промышленные вопросы, возникшіе въ теченіе послѣднихъ лѣтъ.

(Правит. Вѣстн. 1887 г., № 68).

## М. И. ЯШЕВСКІЙ.

### Некрологъ

14 февраля, послѣ долгой и мучительной болѣзни рака, скончался въ городѣ Харьковѣ редакторъ-издатель *Южно-Русскаго Горнаго Листка* горный инженеръ Михаилъ Игнатьевичъ Яшевскій. Русская горная промышленность потеряла въ лицѣ покойнаго даровитого труженика и дѣятеля. М. И. Яшевскій въ продолженіи 27 лѣтней службы работалъ въ различныхъ горнозаводскихъ районахъ Россіи. Первый годъ службы онъ провелъ въ Домбровскомъ каменноугольномъ бассейнѣ, въ качествѣ техника по эксплуатаціи каменного угля. Изъ печатныхъ трудовъ его имѣются въ Горномъ Журналѣ изслѣдованія «О пожарахъ въ Домбровскихъ каменноугольныхъ копяхъ». За симъ покойный много лѣтъ работалъ въ Подмосковномъ каменноугольномъ бассейнѣ, на получившихъ въ свое время извѣстность Мураевинскихъ рудникахъ. Тамъ онъ занимался эксплуатаціей, буровыми работами и геогностическими изслѣдованіями. Покинувъ Подмосковный бассейнъ, М. И. Яшевскій былъ приглашенъ въ Донецкій бассейнъ для завѣдыванія каменноугольными копами, гдѣ, пробывъ три года, онъ получилъ приглашеніе на Уралъ для управленія Березовскимъ золотымъ рудникомъ. Недолго оставаясь на Уралѣ и желая посвятить себя эксплуатаціи каменноугольныхъ мѣсторожденій, М. И. Яшевскій вновь переѣхалъ въ Донецкій бассейнъ, въ которомъ и оставался послѣднія 15 лѣтъ, до конца своей жизни. Занимаясь работами на рудникахъ и геогностическими изслѣдованіями, покойный долго имѣлъ мысль заняться и изданіемъ особаго спеціальнаго горного органа, который служилъ бы выразителемъ всестороннихъ нуждъ южной горной промышленности. Въ 1880 году М. И. Яшевскій приступилъ къ изданію *Южно-Русскаго Горнаго Листка*, каковой и издавалъ до послѣдняго дня своей жизни. Любя горное дѣло, неутомимо работая надъ многоразличными техническими и экономическими вопросами горной промышленности, М. И. Яшевскій оказалъ солидную услугу этому дѣлу. Независимо отъ издательства, покойный служилъ по выборамъ, въ качествѣ выборнаго отъ угленпромышленниковъ и секретаря съѣздовъ южныхъ горнопромышленниковъ. Послѣдній XI съѣздъ горнопромышленниковъ, во время занятій котораго тяжело заболѣлъ М. И. Яшевскій, отнесся къ нему съ особымъ вниманіемъ и, кромѣ денежнаго пособія, съѣздъ ходатайствовалъ передъ Министромъ Государственныхъ Имуществъ о представленіи его къ наградѣ. Просьба съѣзда была уважена министромъ, но покойный не дожидъ до того дня, въ который



онъ могъ бы счастливо встрѣтить почетную награду за общественныя услуги. Одинъ изъ товарищей покойного охарактеризовалъ его вѣрно въ слѣдующихъ выраженіяхъ: «Онъ всю жизнь стремился быть ловкимъ и прозорливымъ практикомъ и, несмотря на это, всю жизнь оставался отвлеченнымъ адептомъ науки, дѣтски довѣрчивымъ и глубоко вѣрующимъ въ людей дѣятелемъ. Поэтому жизнь и дѣятельность Михаила Игнатьевича, полезная и благотворная для многихъ, не принесла собственно ему или семьѣ его почти ничего.»

Понимая послѣднія слова въ смыслѣ матеріальномъ, мы съ своей стороны прибавимъ, что покойный приобрѣлъ въ горномъ мірѣ общее уваженіе и любовь

Миръ праху твоему, горный дѣятель и товарищ!

(Московскія Вѣд., 1887 г., № 69).

## БИБЛІОГРАФІЯ.

### НОВЫЯ КНИГИ.

**Die Metallurgie.** Gewinnung der Metalle; v. Dr. Stölzel. 1863—1886. Erste u. Zweite Hälfte.

Седьмой томъ сочиненія *Bolley* «Handbuch der chemischen Technologie», представляющаго цѣлую серію выпусковъ, касающихся всѣхъ предметовъ химической технологии, обнимаетъ собою металлургію, составленную мюнхенскимъ профессоромъ Штёлцелемъ. Въ русскомъ переводѣ существуетъ общая часть его металлургіи и металлургія желѣза.

Въ настоящее время появилось отдѣльное изданіе цитируемаго сочиненія, въ видѣ двухъ объемистыхъ томовъ (болѣе 1600 страницъ), значительно дополненное и затянувшееся своимъ выходомъ въ свѣтъ на нѣсколько лѣтъ, главнымъ образомъ, помимо виѣшнихъ причинъ, вслѣдствіе того, что уважаемый авторъ не хотѣлъ дать только компилятивный трудъ, но желалъ, путемъ посѣщенія многихъ заводовъ, какъ нѣмецкихъ, такъ и заграничныхъ, ближе познакомиться съ практикующимися металлургическими процессами. Кромѣ того ему приходилось не мало времени удѣлять и на лабораторныя работы, съ цѣлью выясненія разныхъ сомнительныхъ вопросовъ.

Первая книга обнимаетъ собою слѣдующіе отдѣлы: химическія и физическія свойства металловъ; общая часть (руды, флюсы, горючіе матеріалы, заводскіе продукты, подготовительныя работы при металлургическихъ процессахъ: измельченіе, промывка, обогащеніе, обжиганіе и т. д., печи, воздуходувные приспособленія) и специальная часть: Fe (чугунъ, ковкое желѣзо, сталь), Cu, Zn, Cd, Sn.

Во второй книгѣ излагается металлургія Pb, Ag, Au, Pt, Hg, Wi, Sb, As, Ni и Co, Wo и Al.

Въ прибавленіи помѣщены обширныя указанія на литературу разбираемыхъ предметовъ, причемъ литературные источники для каждого металла систематизированы въ самостоятельные *отдѣлы*, какъ то: указанія на большія сочиненія и монографіи, на сочиненія по исторіи обработки металловъ, на сочиненія о свойствахъ ихъ, о рудахъ, о способахъ полученія металловъ, о рафинированіи и т. д.

Особенное вниманіе посвящено авторомъ дѣлу металлургіи въ Сѣверной Америкѣ, столь поразительно быстро развившейся за послѣднія десятилѣтія, а также и электролитическимъ способамъ.



О достоинствахъ сочиненія, конечно, говоритъ само имя автора; внѣшняя сторона изданія вполнѣ хороша: печать не мелкая, всѣ рисунки въ высшей степени отчетливы.

Цѣна сочиненія 42 марки.

**Grundriss der Edelstein Kunde.** Ein allgemeiner-Ständlicher Leitfaden zur Bestimmung u. Unterscheidung roher u. geschliffener Edelsteine; von D-r. P. Groth, ord. Prof. a. d. Universität in München 1887.

Въ своемъ образцово изложенномъ, интересномъ и вполнѣ популярномъ очеркѣ о распознаваніи драгоцѣнныхъ камней, уважаемый авторъ задался цѣлью, вмѣстѣ съ внѣшней характеристикой этихъ камней, циркулирующихъ въ продажѣ, изложить и тѣ приемы, еще, къ сожалѣнію, такъ мало практикующіеся, при помощи которыхъ можно было бы легко, основываясь на оптическихъ свойствахъ минераловъ и всѣхъ новѣйшихъ данныхъ изъ области минералогіи, распознать настоящіе камни отъ поддѣльныхъ.

Съ этою цѣлью онъ помѣщаетъ описаніе и рисунокъ, въ  $\frac{1}{3}$  натуральной величины, своего прибора, недорого стоящаго и простаго, сдѣланнаго по заказу автора извѣстнымъ механикомъ Suess'омъ въ Берлинѣ, при помощи котораго всѣ вышеприведенныя опредѣленія можно очень легко продѣлать. Многимъ указаніямъ, при составленіи своего интереснаго руководства для опредѣленія и распознаванія драгоцѣнныхъ камней, авторъ, наряду съ иностранными профессорами, обязанъ и нашему уважаемому академику Н. И. Кокшарову. Сочиненіе распадается на общую часть и спеціальную. Общая часть касается физическихъ свойствъ минераловъ, какъ-то: удѣльнаго вѣса (опредѣленіе его при помощи гидростатическихъ вѣсовъ, пикнометра, вѣсовъ съ пружиной и т. д.), спайности, твердости, оптическихъ свойствъ, блеска, прозрачности, цвѣта и кристаллическихъ формъ, въ которыхъ встрѣчаются драгоцѣнные минералы.

Поляризационный приборъ *Groth'a* построенъ на томъ же принципѣ, какъ и вообще всякій поляризаторъ, служащій для отличія поляризованныхъ лучей свѣта отъ обыкновенныхъ и для опредѣленія плоскости ихъ поляризації.

При опредѣленіи оптическихъ свойствъ кристалловъ при помощи прибора *Groth'a*, ихъ помѣщаютъ на объективный кружокъ прибора (*Objectivisch*) и, опуская или подымая трубку съ призмою *Николя* и окуляромъ, получаютъ вполнѣ отчетливое ихъ изображеніе. Послѣ этого, вращеніемъ призмы приводятъ ее въ такое положеніе (*D=Dunkel*), при которомъ поляризованный лучъ, чрезъ отраженіе отъ нижняго зеркала прибора, становится не видимымъ, т. е. сама призма и все поле зрѣнія (съ кристаллами) становятся темными. Если изслѣдуемые кристаллы обладаютъ *простымъ лучепреломленіемъ*, то при всевозможныхъ ихъ положеніяхъ на объективномъ кружкѣ, при вращеніи послѣдняго, они во все время наблюденія остаются темными.

Къ подобнымъ прозрачнымъ драгоцѣннымъ минераламъ (обладающимъ, слѣдовательно, простымъ лучепреломленіемъ), относятся только алмазъ, шпинель и различные варіететы граната; но простымъ лучепреломленіемъ обладаютъ и всѣ сорта стекла и *имитации* драгоцѣнныхъ камней, слѣдовательно, подобный признакъ составляетъ громадную практическую важность при изслѣдованіи того, имѣемъ ли мы дѣло съ настоящимъ или поддѣльнымъ камнемъ.

Все остальные драгоценные камни будутъ *двупреломляющими* и показываютъ при изслѣдованіи ихъ вышеприведеннымъ образомъ не только исключительно темныя изображенія, но въ послѣдовательномъ порядкѣ и свѣтлыя. Въ спеціальной части описаны: свойства, нахожденіе, шлифовка и т. д. слѣдующихъ минераловъ: алмаза, корунда (рубинъ, сафиръ), шпинели, берилла (смарагдъ, аквамаринъ), хризоберилла, эвклаза, фенакита, топаза, циркона, оливина, граната, турмалина и цѣлаго ряда схожихъ минераловъ, опала и кварца (горный хрусталь и т. д.).

Въ концѣ сочиненія приложена общая таблица для распознаванія и опредѣленія граненыхъ камней, при чемъ минералы систематизируются по ихъ цвѣту. Цѣны всѣмъ приборамъ для оптическихъ изслѣдованій, выписываемыхъ отъ механика К. Suess'a, помѣщены тоже въ руководствѣ.

Оба означенныя здѣсь сочиненія продаются, между прочимъ, въ книжномъ магазинѣ Эггерсъ и К<sup>о</sup>. К. Ф.

*Опечатка къ I-му тому „Практическаго курса паровыхъ машинъ“ профес. Ив. Тиме.*

При повѣркѣ студенческихъ проектовъ, на страниц. 153 замѣчена слѣдующая ошибка:

*Напечатано:* Эксцентриситетъ трубы, т. е. вертикальное разстояніе отъ центра котла, до центра трубы берется (при 1 трубѣ) не менѣе  $2\frac{1}{2}$ —3".

*Слѣдуетъ:* Эксцентриситетъ трубы, т. е. кратчайшее разстояніе отъ дна котла до нижней части трубы, берется (при 1 трубѣ) не менѣе  $2\frac{1}{2}$ "—3".



# ОБЪЯВЛЕНІЯ.

## ПРАКТИЧЕСКІЙ КУРСЪ

# ПАРОВЫХЪ МАШИНЪ

**ИВ. ТИМЕ,**

ПРОФЕССОРА ГОРНАГО ИНСТИТУТА.

### ТОМЪ I, Паровые котлы,

съ отдѣльнымъ атласомъ въ 26 таблицъ чертежей.

Цѣна 5 р. 50 к., съ пересылкой 6 р. 25 к.

### ТОМЪ II, ПАРОВЫЯ МАШИНЫ,

съ отдѣльнымъ атласомъ въ 34 таблицы чертежей.

Цѣна 6 р. 50 к., съ пересылкой 7 р. 25 к.

Книгопродавцамъ 20% уступки.

Складъ изданія: Горный институтъ, кв. 5.

---

Въ Канцеляріи Горнаго Ученаго Комитета (Горный Департаментъ, въ Зданіи Министерства Государственныхъ Имуществъ, у Синяго Моста) поступили въ продажу слѣдующія, вновь изданныя, книги:

#### 1. „Начала Маркшейдерскаго Искусства“

составилъ Горный Инженеръ Л. А. Саксъ. Ц. 1 руб. 50 коп.

#### 2. „Вспомогательныя таблицы“

для скорѣйшаго опредѣленія вѣса чистыхъ металловъ въ лигатурныхъ сплавахъ, передѣльной цѣны чистыхъ металловъ по вѣсу и, обратно, вѣса ихъ по суммѣ денегъ, а также для исчисленія платы въ возмѣщеніе расходовъ казны, за раздѣленіе золото-серебряныхъ сплавовъ и за передѣлъ ихъ въ монету, и для опредѣленія взимаемой съ золота, серебра и платины натурою горной подати. Составлены

С.-Петербургскимъ Монетнымъ Дворомъ. Цѣна 5 руб.

## ДѢЛОВОЙ КОРРЕСПОНДЕНТЪ

торгово-промышленная и справочная газета Зауралья, издаваемая въ Екатеринбургѣ

Программа газеты, дополненная съ разрѣшенія Главнаго Управленія по дѣламъ печати 15 января сего года, слѣдующая: 1) Календарныя свѣдѣнія и метеорологическій бюллетень. 2) Правительственныя публикаціи и объявленія присутственныхъ мѣстъ и должностныхъ лицъ. Указатель дѣлъ, назначенныхъ къ слушанію въ засѣданіяхъ судебныхъ мѣстъ, городскихъ думъ, земскихъ собраний, благотворительныхъ, ученыхъ и другихъ обществъ, а также резолюцій и постановленій означенныхъ учреждений. 3) Почтовый указатель. Росписаніе хода почтъ, мѣстныхъ желѣзныхъ дорогъ и пароходовъ, отходящихъ изъ Перми и Тюмени. 4) Адресный указатель для Перми, Екатеринбурга и Тюмени, свѣдѣнія о пріѣзжающихъ и отъѣзжающихъ. 5) Торговый бюллетень. 6) Промышленный бюллетень. 7) Частныя объявленія рекламы и извѣщенія. 8) Указатель зрѣлищъ, театральныя объявленія и анонсы. 9) Телеграммы Сѣвернаго Телеграфнаго Агентства, и 10) На время имѣющей быть выставки—*спеціальная хроника Сибирско-Уральской научно - промышленной выставки 1887 г. въ Екатеринбургѣ.*

Для облегченія подачи объявленій, отдѣленія конторы редакціи имѣются: въ **С.-Петербургѣ** у Матисена, Невскій проспектъ, у Казанскаго моста № 28 и 21; въ **Москвѣ** у Л. Медцль въ Столешниковскомъ переулкѣ; въ **Варшавѣ** у Райхмана и Френдлера; въ **Парижѣ** у М. Розенблатъ (Boulevard Voltaire № 132).

Газета выйдетъ въ теченіи года въ количествѣ 200 номеровъ (четыре раза въ недѣлю). Подписная цѣна на газету за годъ 5 руб., полгода 2 р. 50 коп., за мѣсяць, кромѣ февраля, 40 к., а за февраль 80 к. съ пересылкою и доставкою.

Подписчики благоволятъ адресоваться въ Екатеринбургъ, въ редакцію „Дѣловаго Корреспондента“ по Набережной улицѣ, домъ Устиновой.

Редакторъ издатель Н. Стрижовъ.

ПОСТУПИЛА ВЪ ПРОДАЖУ КНИГА:

### Краткое руководство къ Строительному Искусству.

Состоящая изъ 3-хъ отдѣловъ: 1) Матеріалы 2) Работы и мастерства и 3) Части зданій.

Составили Военные Инженеры: **Л. Бронишъ** и **В. Фишеръ** (376+2+X стр. и 38 лист. чертежей). Цѣна 3 р. 60 к.

Адресъ Полковника **Л. Бронишъ**:—Инженерный замокъ кв. № 47. Полковника **В. Фишера**:—Большая Московская ул. д. № 4 кв. 23.



