

671 (с 17)

33
O-702 02 V

Ортин М. В.

О механической обработке
Полезных ископаемых
на Урале

1250196 - ко

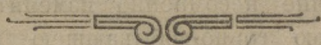
89
8/11

суб 33
6П1 (17)
0-702

+

Проф. М. Ф. ОРТИН.

О механической обработке ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА УРАЛЕ.



Екатеринбург 1922.

Б.1250196

О механической обработке полезных ископаемых на Урале.

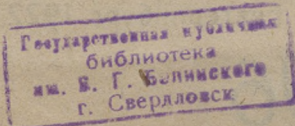
Проф. М. Ф. Ортин.

Механическая обработка полезных ископаемых на Урале не получила в прошлом сколько-нибудь значительного развития. Причины этого: 1) характер основных рудных ископаемых Урала, допускавший непосредственную обработку их в металлургических печах (высокопробность железных руд, тяжелый пиритовый состав медных руд, наличие окисленных медных руд, отсутствие полиметаллических руд), 2) общая отсталость Уральской техники, обусловленная в значительной степени прежними формами организации горной промышленности, стеснявшими ее развитие, 3) незнакомство широких технических кругов с методами современной механической обработки, 4) отсутствие соответствующей литературы на русском языке и пр.

Незнакомство широких кругов техников и даже лиц, руководивших технической стороной предприятий с механической обработкой полезных ископаемых, действительно было той причиной, в силу которой эта отрасль горного дела не получила надлежащего развития даже там, где объективные условия были благоприятны для ее развития, напр., в золото-платиновом деле.

В будущем положение несомненно изменится. Подобно тому, как в странах с высокоразвитой горно-добывающей промышленностью (С.-А. Соед. Штаты), центр тяжести в добыче металлов уже переместился от богатых руд в сторону бедных и сложных, так и Урал в его основной железной промышленности будет вынужден постепенно перейти к использованию руд с более низким процентным содержанием металла или менее чистым, т. е. содержащим посторонние вредные примеси. Таков естественный процесс развития горного дела во всякой стране или области, отличающейся богатством и разнообразием месторождений полезных ископаемых. В 1912—14 г. в Гороблагодатском округе уже конкретно был поставлен вопрос о магнитном обогащении, так называемых, оспенных, малопробных и колчеданистых руд г. Благодати. Те же вопросы занимали внимание управления Лысьвенского горного округа. Вопрос об обогащении бурых железняков стоял на очереди в Алапаевском округе.

Такое перемещение центра тяжести в области основной промышленности Урала в сторону предварительной подготовки руд (обогащения и брикетирования) диктуется условиями и обстоятельствами переживаемого времени.



96/0581.5
+ 5.1250/96

В самом деле, какие бы не были намечены пути и формы восстановления и развития Уральской железной горно-металлургической промышленности, можно с уверенностью сказать одно, что это развитие будет происходить в условиях постоянного недостатка горючего всех видов и затрудненного гужевого и железнодорожного транспорта. Отсюда само собой ясна необходимость внесения в металлургическую практику изменений, направленных в сторону качественного улучшения руд путем механического обогащения их перед плавкой. Нецелесообразно тратить излишек горючего на проплавку пустой породы в печах, когда имеется возможность удалить всю или часть ее из руды посредством предварительной механической обработки. Также нецелесообразно затруднять транспорт перевозкой пустой породы в рудах или минеральном горючем, если имеется возможность удалить таковую на месте добычи путем механического обогащения. При плавке обогащенной руды достигается не только экономия на тонну металла горючего, но также флюсов и рабочей силы, а увеличенный выход металла соответственно понижает как операционные, так и накладные расходы.

В области медной промышленности Урала открываются такие же широкие перспективы в связи с геологическими изысканиями последних лет, увенчавшимися открытием богатых месторождений сложных медно-цинковых руд (Сан-Донато, Карпушинский и Обновленный рудники) и медистых сланцев с 2-2, 5% меди (Карпушинский рудник, Дегтярка).

Наконец, в каменно-угольной промышленности Урала имеется ряд неотложных задач, относящихся целиком к механической обработке, как например устройство механических сортировок, моек для угля и графита и пр.

Задача настоящей работы сводится к тому, чтобы дать сводку и оценку того, что было сделано, что предполагалось сделать на Урале в области механической обработки полезных ископаемых, а также наметить ближайшие перспективы этого дела, исходя из минеральных ресурсов края.

I. Железные россыпные руды.

На Урале в различных местах имеются валунчато-россыпные месторождения железных руд. Полезный минерал (магнетит, мартит илимонит), в виде отдельных кусков, конкреций и мелких зерен с преобладанием последних, рассеян в рудоносной породе (глина, глинистый песок и др.). Обработка таких руд состоит в разрыхлении рудоносной массы водой в особых приборах (чаши, бутары, бочки, корыта и вашгерты), последовательном отделении крупных зерен на грохотах и улавливании мелких рудных частиц посредством гидравлической классификации, на столах Вильфлея или других систем. Промышленное значение россыпных месторождений зависит от их мощности, содержания руды в пустой породе и чистоты руды.

Главные месторождения валунчатых руд находятся на горах Благодати, Высокой и Магнитной на Южном Урале. Месторождение горы Благодати находится на ее восточном склоне и состоит из магнитного железняка, залегающего в виде отдельных кусков и мелких зерен на большом пространстве в красной рудоносной глине. Площадь месторождения 299622 кв. саж., объем 856.903 куб. саж. Среднее содержание железного концентрата в одной кубической сажени колеблется между 556,8 пуд. (между II и III разведочными линиями) и 224,9 пуд. (между VI и VII разведочными линиями).

Общий запас руды исчислен в 400 миллионов пуд., в том числе 280 миллионов пуд. руды в кусках крупнее $1/8''$ и 120 миллионов пуд. мельче $1/8''$ *)

О качестве мытой руды и о содержании в ней других примесей дают понятия следующие анализы (от 1-го июня 1907 года): железа—60, фосфора—0,04, серы—0,025, кремнезема—5, глинозема—3, извести—0,4, окиси магния—0,7 процентов.

Месторождение горы Высокой одинаково с Гороблагодатским валунчато-россыпным месторождением. Общий запас россыпных руд на горе Высокой для одного Н.-Тагильского отвода определяется в 500—600 миллионов п. Общий запас в других пяти отводах (Алапаевском, В.-Исетском, Кизеловском, Строгановском и Ревдинском) составляет не менее одного миллиарда пудов.

Геологом Заварицким установлено, что на горе Магнитной имеются также месторождения россыпных руд. Полезные минералы—магнетит и мартит. Указание на эти месторождения имеется и у профессора К. И. Богдановича. **)

1.

Вопрос о механическом отделении валунчатой руды г. Благодати от глины был поднят в 1900 году. В это время в связи с увеличившейся производительностью доменных заводов округа и трудностью увеличения добычи руд из коренного месторождения, вследствие необходимости добывать попутно колчеданистую руду, определенно возник вопрос о необходимости эксплуатации месторождения валунчатых руд по инициативе управителя горных работ Апыхтина.

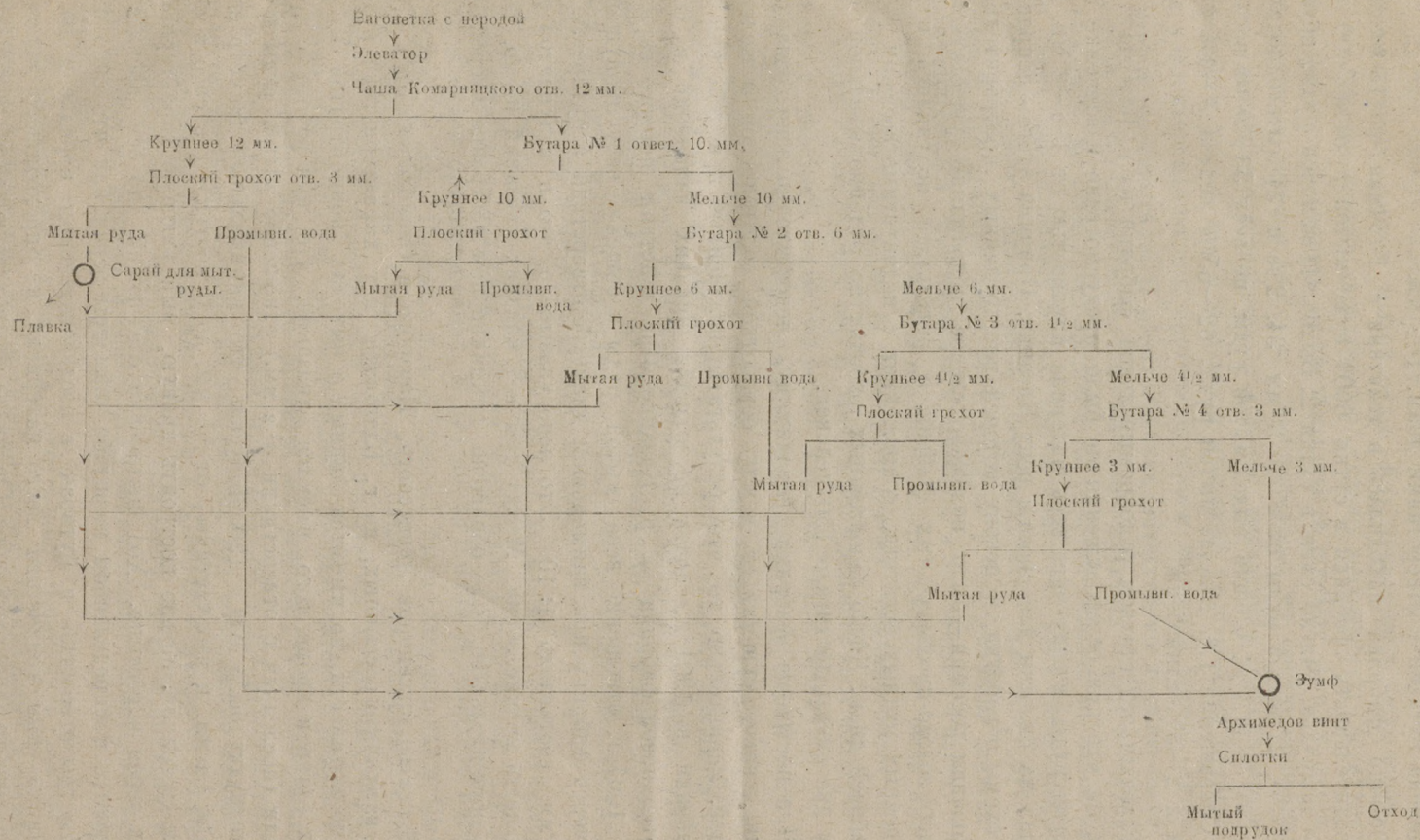
С этой целью была построена рудопромывальная фабрика на берегу Кушвинского пруда близ выработки № 10, при чем оборудование фабрики состояло из чаши золотопромывального типа и трех бутар. Фабрика была пущена в ход 16 июля 1901 г. и работала до 21 сентября. В течение этого времени обнаружилась полная неудовлетворительность устройства первой рудо-промывальной фабрики на Урале. Было промыто 733.320 пудов, а мытой руды было получено 69.531 пуд., т. е. около 10 процентов. Большая часть руды наполняла отстойные приспособления, вследствие чего приходилось очищать их после каждой смены. Кроме того, глинистая муть почти не оседала в отстойниках и уходила в пруд, загрязняя последний и делая воду непригодной для питья, что стало вызывать естественные и справедливые жалобы со стороны населения. В результате было решено перенести фабрику на новое место, именно на юго-восточный склон горы Колясниковой, находящейся в $1\frac{1}{2}$ верстах от разрабатываемого месторождения валунчатой руды с тем, чтобы промывные воды можно было отводить в реку Казанку, приток р. Салды, протекающей по лесной незаселенной местности. Все работы по переноске фабрики, прокладке путей и устройству насосной станции были закончены к июню м-цу 1904 г. Эта фабрика существует до сих пор. С 1904 г. по 1919 г. она работала непрерывно. В 1920 и 1921 году она бездействовала.

Схема обработки руды на фабрике показана на табл. 1.

*) Горный журнал, 1911 г., Том II, стр. 8.

**) Профессор К. И. Богданович. Железные руды в России, 1911 г.

Таблица I.



В первое время (1904—1907 г.) бутары № 4 не было и весь материал крупностью $4\frac{1}{2}$ мм.—0 поступал на сепаратор. Бутара № 4 была установлена в 1907 г. и имела отверстия диам. 3 мм.; значительно позднее она была заменена бутарой с отверстиями диам. $1\frac{1}{2}$ мм.

Обычно фабрика находилась в действии с 1-го мая по 15 октября. Производительность фабрики в сутки 6000 пуд. мытой руды и 3000 пуд. мытого подрудка. Число смен в сутки 2. Выход: 1) комовой руды, крупнее 2" — 2,6%, 2) мытой руды от 2" до 3 мм. 34, 2% и 3) мытого подрудка (3 мм.—0) — 17,1%. Общий выход мытой руды, по весу 53,9% от веса породы. Сокращение 1,8. Анализ мытой руды: 62—65% железа, 3—4% кремнезема и 2—3% глинозема.

Главным недостатком рудопромывальной фабрики на г. Благодати является то, что при ее сооружении не было предусмотрено извлечение мелких зерен руды, в силу чего весь материал крупностью от $4\frac{1}{2}$ —3 мм. до 0 поступал на сепаратор для сноса в реку Казанку. Причина этого — неправильность схемы обработки, в основу которой вместо данных предварительного исследования россыпи — было положено слепое подражание существующему шаблону золото-промывальных фабрик. В результате получилась потеря естественных рудных богатств, сопряженная с недопустимо высоким расходом рабочей силы. Число задолженных рабочих на рудопромывальной фабрике в две смены достигало 150 человек.

При постройке фабрики, повидимому, недостаточно ясно сознавалось различие, какое существует между обработкой золотоносной и железной россыпей. Удивительно то, что результаты, полученные при действии первой фабрики в 1901 г., почти не вызвали никаких изменений в схеме обработки новой фабрики на р. Казанке. При действии первого варианта летом 1901 г. отношение веса мытой руды к общему весу пропущенной руды через фабрику при наименьшем диаметре отверстий в бутаре № 3-й — $4\frac{1}{2}$ мм. составляло 1:10. Это ясно указывало, что в валунчатой руде преобладают мелкие зерна. Между тем нет никаких указаний на то, чтобы на это обстоятельство было обращено внимание при постройке второй фабрики.

В статье инженеров Левитского, Назарова и Озембловского *) о промывке валунчато-россыпных на г. Благодати нет характеристики рудных зерен по крупности, но имеются данные о выходах концентратов из различных бутар и кроме того имеются указания, что при работе с тремя бутарами (последняя с отверстиями $4\frac{1}{2}$ мм.) отношение мытой руды к мытому подрудку было 100 : 120. Допуская, что минимальный диаметр зерен подрудка $\frac{1}{2}$ мм. и что частицы от $\frac{1}{2}$ мм. до 0 поступают в снос в взвешенном состоянии. Можно построить кривую, выражающую характеристику рудных зерен в россыпи. Ход построения следующий: по оси абсцисс откладываются в определенном масштабе диаметры зерен или что одно и то же диаметры отверстий в бутарах в последовательном порядке и по оси ординат % — ные количества всего материала, не проходящего через отверстия решета данного калибра. Ордината соответствующая абсциссе $\frac{1}{2}$ мм.

*) Горный журнал, 1911 г.

и равная, согласно допущения, 75%, делится в отношении 5 : 6. Из точки раздела проводится параллельная линия до пересечения с ординатой, соответствующей абсциссе $4\frac{1}{2}$ мм. Это главная точка кривой.

Другие точки определяются на основании соотношения между выходами различных сортов мытой руды. Как показывает построение, кривая имеет в данном случае характерную сильно выраженную вогнутость, что указывает в свою очередь на преобладание в россыпи мелких зерен (65%), а не крупных кусков (35%) и, следовательно, на явную неправильность рудопромывального устройства, в котором извлечение заканчивалось рудными зернами 4,5--3 мм. и в котором материал из последней бутары должен был удалиться самотеком, проходя в первом варианте через отстойники, а во втором по сплоткам. В обоих случаях естественно должны были образовываться значительные скопления наиболее крупных зерен в отстойниках и на сплотках. До последнего времени на очистке сплотов от скоплений каждую смену задолживалось 5 чел. Высокопробность этих скоплений, обнаруженная не сразу, была полной неожиданностью для лиц, руководивших фабрикой. По крайней мере этот продукт с содержанием железа до 63% квалифицировался как случайный, даровой и побочный. Разумеется, что в обогащении этих скоплений в головной части сплотов не было ничего случайного и оно вытекало из основного закона механического обогащения руд: «если смесь рудных зерен различного удельного веса подвергнуть смывающему действию воды, то более тяжелые зерна останутся на месте, а более легкие зерна переместятся по направлению движения воды».

К концу 1906 г. вся площадь у Архимедова винта была настолько загромождена мытым подрудком, что в 1907 г. сплотки пришлось поднимать с 8 арш. до 10 арш. от земли. Управление округом не знало, что делать с этим продуктом и вышло из затруднительного положения путем продажи 2.000.000 пуд. мытого подрудка, содержащего до 63 процент. железа, Чусовскому заводу по цене всего 2 коп. за пуд.

В 1908 г. на г. Благодати был поднят вопрос об использовании мытой мелочи, т. е. подрудка наравне с крупной мытой рудой для доменной плавки путем брикетирования. В это время и была установлена бутара № 4 с отверстием 3 мм. Партия мытой мелочи была отправлена в Швецию на завод Hengång близ Стокгольма для опытов брикетирования по способу Грендала. Удачные результаты этого испытания, а главным образом знакомство ответственных руководителей Гороблагодатского округа с работой завода Hengång, плавившего брикеты из концентратов, полученных магнитным обогащением, послужило причиной того, что руководители округа стали смотреть на обогащение валунчатых руд совершенно иначе. Повидимому, ближайшим результатом опытов в Швеции и явилась детальная разведка валунчатого месторождения г. Благодати инж. Колотовым и Назаровым в 1908 г., которая и обнаружила замечательное богатство означенного месторождения.

В дальнейшем должен был естественно возникнуть вопрос о рациональном использовании месторождения путем механизации добычи и сооружения новой обогатительной фабрики с увеличенной производительностью и более полным извлечением полезного минерала при наименьшем расходе

рабочей силы. Механизация добычи была осуществлена установкой трех паровых лопат с черпаками емкостью в $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{15}$ и $\frac{1}{20}$ куб. саж. Разработка месторождения паровыми лопатами была начата 15 июня 1913 г.

Весной 1914 г. было приступлено к постройке новой обогатительной фабрики близ старого промывочного устройства на р. Казанке фирмой Гумбольдт при ближайшем участии в разработке проекта проф. Г. О. Чечетт. Производительность фабрики 6.000.000 пуд. в течение сезона. Фабрика представляет шеститажное здание и оборудование ее согласно проекта должно было состоять из бунтар, конических грохотов, гидравлических классификаторов и столов Вильфлея.

Руда из выработки № 10 должна была доставляться на фабрику по подвесной канатной дорожке, точно также, как и концентраты с фабрики к бункерам на станцию Магнитная. Из-за войны и событий последнего времени фабрика, а также другие обслуживающие ее устройства, не были закончены. Точной спецификации на исполненные работы по постройке фабрики и получению оборудования нет. По приблизительным данным работы закончены и получено механизмов 50—70 процент. Канатная дорожка от бункеров на ст. Магнитная до новой фабрики почти закончена (90 процент.), остаются работы по установке двигателя, устройству подвесных рельс у бункеров, площадки и др. К старой промывальной фабрике канатная дорожка не подведена, также не закончена подходом к выработке № 10. Постройка бункеров закончена на 90 процент. Остается закончить деревянные бункера, обшить их внутри котельным железом, устроить навес над ними, приготовить и установить на место металлические затворы для выпускных люков. *)

Кроме вышеописанной фабрики № 1 на р. Казанке в 1911 г. была построена другая фабрика на борту - выработки № 8 на восточном склоне г. Благодати. Устройство фабрики такое же, как и фабрики № 1. Промывные воды спускаются вместе со шламами в выработку № 8 и после осветления вновь поступают посредством насосов на фабрику для промывки; шламы отстаиваются в выработках.

Общая стоимость одной тонны руды, считая добычу, доставку и промывку, равняется 0.80 руб. Стоимость одной тонны концентратов определится следующим образом:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Стоимость добычи и промывки сырой руды | 1.8 x 0.800=1.440 |
| 2. Стоимость брикетирования по способу Грендаля, считая по данным инж. Петрова | |
| 3.720 руб. на тонну | 0.5 x 3.720=1.860 |
| 3. Патент, амортизация, транспортировка материала | 0.5 x 0.500=0.250 |

В с е г о руб.

3.550

или на 1 пуд концентратов 6 коп.

*) Сообщение начальника горных работ на г. Благодати А. Кзымова от февраля 1922 г.

Полученный результат отличается от такового в вышеупомянутой статье Левицкого, Назарова и Озембловского, которые все расходы относили к весу сортовой мытой руды и у которых стоимость промывки получилась 4 коп. с пуда или 2,40 руб. на тонну, вместо полученной нами 0,80 руб. на тонну. Невязка происходит из-за того, что они рассматривали скопления мытой мелочи на сепараторах (3-0,5 мм.), как даровой и побочный продукт, что, разумеется, ошибочно.

Таким образом, разработка валунчато-рассыпного месторождения г. Благодати с последующими операциями промывки и брикетирования мелких концентратов обходится не дороже, чем коренного месторождения г. Благодати, выражавшаяся по данным инж. Петрова в 6 коп. с пуда в 1909-10 г. Если принять во внимание уменьшение стоимости разработки месторождения, которое должно произойти вследствие установки паровых лопат и сокращения числа задолженных рабочих при правильном устройстве фабрики, то стоимость концентратов из валунчато-рассыпного месторождения должна быть значительно ниже, чем стоимость руды коренного месторождения.

Совершенно очевидно, что наилучшим решением вопроса об обогащении рассыпных руд г. Благодати является завершение работ по сооружению новой рудопромывальной фабрики 1914 г., в виду чего необходимо произвести в ближайшее время осмотр как самой фабрики, так и связанных с ней устройств с целью выяснения степени готовности фабрики, законченности оборудования, наличия механизмов и составления спецификации приборов, которые должны быть получены для фабрики и подвесной дорожки. Но, с другой стороны, также очевидно, что по условиям момента завершение работ по устройству фабрики едва ли может быть осуществлено в течение ближайших лет. Сложность вопроса заключается в том, что от 30-до 50 процент. механизмов необходимо дополнить из-за границы. В виду этого временно придется пользоваться теми же старыми промывочными фабриками № 1 на р. Казанке и № 2 на борту выработки № 8.

Для этого желательно произвести в их устройстве ряд изменений с целью: 1) улучшения работы фабрик в качественном отношении и 2) уменьшения числа задолженных рабочих. Выше было указано, что на фабрике задолживалось в смену 75 чел. или в сутки 150 чел. Согласно производственной сметы округа на 1920 и 1921 г. количество рабочих на фабрике в смену показано тоже самое, а именно 72 чел. или в сутки 144 чел. При условии нижеуказанных изменений в устройстве фабрики, возможно произвести сокращение на 32 чел., т. е. до 40 чел. в смену, что составит около 42,6%. Для этого потребуются следующие переустройства:

1. Вместо пяти неподвижных грохотов, на которых производится дополнительная промывка в-ручную, установить 1-2 сотрясательных грохота.
2. Улучшить загрузку руды в чашу и бутары.
3. Переделать Архимедов винт на механический классификатор.

Наиболее существенным из предлагаемых изменений является переустройство Архимедова винта, поднимающего пески и шламы из зумфа на

сплотки на высоту 8 арш. В зумф поступает материал от 1 1/2 мм. до 0. Может быть лучше последнюю бутару иметь с отверстиями не менее 2 мм. Переделав существующий Архимедов винт на механический классификатор, можно получить мытый продукт крупностью от 2 до 0,5 мм., который будет разгружаться в верхней части классификатора; что касается промывных вод с находящимися в них в взвешенном состоянии тонкими частицами руды (менее 0,2 мм.), то они будут отводиться приблизительно на 1/2 высоты Архимедова винта или несколько выше—так, чтобы был обеспечен достаточный уклон в р. Казанку.

Переустройство Архимедова винта на механический классификатор будет иметь следующее преимущество по сравнению с существующей установкой:

1. Разгрузка классифицированного продукта (концентрат) из классификатора непосредственно в закроем и из него в вагончик снимает с работы 5 чел. в смену, находящихся на очистке сплотов от скоплений мытой мелочи.

2. Качество классифицированного продукта будет выше мытого подрудка, получающегося на сплотах, в виду того, что работу классификатора возможно регулировать.

3. Повысится процентное извлечение концентратов из рудоносной породы.

4. Схема фабрики выиграет в смысле большей автоматичности действия.

2.

Рудопромывальная фабрика на г. Высокой для валунчато-рассеянных руд построена по следующей схеме: *)

Рудоносная порода поступает в бутару, диам. 1910 мм. и дл. 9800 мм. средняя часть бутары, длиной 7300 мм. из листов. котельного железа, толщ. 1/2" снабжена отверстиями диам 12 мм. Наклон бутары 1 1/2" на 1 фут или 7 градусов. Число оборотов 14. Двигатель 50 лощ. сил. Порода поступает в бутару из вагонеток по скаточному мосту. Крупные куски руды более 12 мм. выходят из бутары на грохот для дополнительной рудной промывки и поступают, затем, в вагонетки. Материал мельче 12 мм. поступает на наклонный грохот с отверстиями 6 мм. Продукт 6-12 мм. после промывки откатывается вагонетками, а мелоч 6-мм. — О поступает на следующий наклонный грохот с отверстиями диам. 4 мм. Класс от 9-4 мм. промывается и собирается в вагонетки. Мелоч 4-0 мм. поступает в сяос.

Из этого краткого описания видно, что Высокогорская фабрика построена в общем по образцу Благодатской фабрики с той разницей, что вместо чаши Камарницкого в ней установлена цилиндрическая бутара. Поэтому нет необходимости подробно останавливаться на недостатках Высокогорской фабрики, так как они почти те же, что и Благодатской фабрики, а именно:

*) Составлена на основании, объяснительной записки Высокогорского Районного Рудного Управления к производственной смете на 1920 г.

1. Устройство неподвижных наклонных грохотов для ручной промывки сортовой руды, чем вызывается значительный излишек количества рабочей силы.
2. Отсутствие механической обработки для материалов крупностью от 4 мм. до 0.

Для того, чтобы улучшить схему обработки фабрики на г. Высокой представляется возможным наметить следующие изменения в ее оборудовании:

1. Вместо неподвижных наклонных грохотов, следует установить сотрясательные или качающиеся сита.
2. Установить после второго грохота гидравлический классификатор Ричардса для крупного материала 4—1/2 мм. с одним отделением.

3.

Выше уже упоминалось, что вопрос об обогащении рассыпных руд г. Благодати и г. Высокой не является вопросом местного значения. Помимо имеющейся россыпи магнитного железняка на г. Магнитной, которая открыта недавно и до сих пор не разрабатывалась, на Урале имеется ряд других месторождений, весьма крупных и имеющих огромное промышленное значение, рациональная разработка которых не может быть осуществлена без применения механических способов обогащения. Таковы—Алапаевское месторождение бурого железняка, 50% руд которого должны подвергаться механической промывке, Самское месторождение бурых железняков в Богословском округе, запасы которого исчисляются до 100 миллиардов пудов, при чем характер руды таков, что 75% требуют обогащения, Синарский рудник, месторождение бурых железняков Екатеринбургского района и др.

Для обработки россыпных руд может быть намечена следующая схема:

1. Предварительная промывка и крупное грохочение (бугара с отверстиями 2").
2. Сортировка крупной т. е. более 2" руды.
3. Промывка руды мельче 2" (корытные мойки с гребками, насаженными на валу, установленные попарно).
4. Грохочение и промывка (троммели).
5. Мокрая классификация для выделения руды крупностью 3-1 мм.
6. Механическая классификация или отмучивание (классификаторы Дорра, Акинса и др.).

Стоимость промывочных фабрик в до-военных рублях для железных руд может быть определена приблизительно по формуле: $S=Q$ (тонн в сут-ки) $\times 300-400$.

II. Магнитные железные руды.

Урал славится своими месторождениями магнитных руд. Проф. К. И. Богданович весьма осторожно определяет общий запас магнитных железняков на Урале в 2 миллиарда пудов. Последние исследования показывают, что их запасы значительно превосходят указанную цифру. Здесь нет возможности перечислить все известные магнитные месторождения на Урале. Достаточно указать на те же—г.г. Благодать, Высокую и Магнитную на Южном Урале.

Руды указанных месторождений, как всех крупных месторождений, представляют многочисленные разности как в отношении минералогического, так и химического состава. Помимо сплошных скоплений чистой магнитной окиси железа, в них находятся огромные запасы руд, в которых магнетит и в некоторых случаях магнетит и мартит разбавлены в различной степени пустой породой и по химическому составу представляют постепенную градацию от 50% железа до 20—30% железа. Известно, что магнитные железняки, содержащие железа менее 45—50%, являются уже трудноплавками и поэтому эксплуатация коренных месторождений прежде ограничивалась разработкой только богатых участков. Руда с низким содержанием железа или оставлялась не тронутой, или в других случаях, когда она мешала разработке богатой руды, вынималась из выработок и смешивалась в отвалах или с более бедной рудой или нередко с пустой породой. В результате такого способа разработки происходила большая потеря естественных рудных богатств. Между тем при рациональной разработке месторождений в крупном масштабе с применением паровых лопат и обогатительных фабрик, эта потеря может быть предупреждена и вся руда может быть использована. Кроме магнитного железняка, разубоженного пустой породой, коренные месторождения г. Благодати и Высокой содержат богатую руду, содержащую в виде примесей сульфиды железа и меди. Такая руда не может поступать в доменную плавку. В настоящее время на г. Благодати имеется свыше 20 миллионов подобной колчеданистой руды. Чтобы сделать ее пригодной для плавки, необходимо удалить из нее вредные примеси, другими словами, необходимо разделение полезного минерала от вредных примесей, что попутно приводит и к концентрации руды.

На Урале имеется также целая группа месторождений, вкрапленных магнитных железняков в так называемых габбровых породах. Можно указать на г. Кочканар, г. Магнитную в Шайтанской даче, Тураташское месторождение в Уфалейском округе и др. О Тураташском месторождении проф. Богданович говорил: „Месторождение залегает в форме неправильных жильных и штокообразных включений в более или менее оруденелом кварцевом диорите, образующем довольно значительную обособленную гору. Вся гора состоит из кварцевого диорита, проникнутого мелко-зернистым магнетитом. Содержание железа меняется от 44 до 18%. Местами руда содержит 55% железа“.

Безусловно, такие месторождения, как Тураташское в настоящее время при наличии колоссальных запасов богатых руд, едва ли могут представлять промышленный интерес, но не трудно предвидеть, что в будущем их значение будет велико, имея в виду, что с усовершенствованием дробильных приборов стоимость обработки составит ничтожную величину.

Обогащение магнитных руд во всех вышеуказанных случаях может быть выполнено посредством электро-магнитных сепараторов: частицы сравнительно чистой окиси железа (Fe_2O_3), подвергаясь действию магнитных сил, притягиваются или выделяются из немагнитных примесей, что и составляет сущность магнитной сепарации магнетита от пустой породы, а также и большей части вредных примесей.

Магнитное обогащение руд, давая конечный продукт по содержанию железа не менее богатый, а во многих случаях и более высокой концентрации, чем лучшие естественные руды, представляет для Урала огромную важность.

Совершенно ясно, что стоимость обогащения, прибавленная к стоимости торных работ, увеличивает стоимость единицы железа по сравнению с естественной богатой рудой. Но, с другой стороны, обогащенный продукт, вследствие его чистоты, обычно расценивается дороже естественной руды. Отсюда следует, что между содержанием железа в обогащаемой руде, стоимостью горных работ и стоимостью обработки должно существовать определенное соотношение. Стоимость горных работ изменяется в зависимости от характера месторождения, а также от географического положения, влияющего на стоимость материалов и продуктов первой необходимости, условий транспорта, наличия рабочей силы и пр. Стоимость обработки находится в прямом отношении к большей или меньшей трудности измельчения руды перед ее обогащением и в обратном отношении к количеству, содержащегося в ней магнетита. Стоимость самого процесса обогащения составляет всего несколько копеек на тонну и вообще колеблется в очень небольших пределах.

Магнитное обогащение основано на различии магнитных свойств (магнитной проницаемости) отдельных минераллов. Точное определение магнитной проницаемости минераллов представляет огромную трудность, вследствие неодинакового химического состава образцов различных месторождений, а также вследствие трудности получения в достаточном количестве чистых минералов. В настоящее время этот вопрос хотя и с известным приближением, может считаться разрешенным. Установлено, что магнетит обладает достаточной магнитной проницаемостью, позволяющей отделить его от кварца, полевого шпата, апатита, пирита и др.

Прежде, чем обогащать руду, ее необходимо привести в рыхлое состояние—путем предварительного дробления и следующего более тонкого измельчения. Теоретически измельчение должно производиться до такой степени, чтобы частицы минераллов могли, будучи совершенно свободными, притягиваться или отталкиваться в зависимости от степени их магнитной проницаемости; разумеется, это условие может быть выполнено лишь в случае искусственной смеси отдельных минераллов, а не со смесью рудных, зерен, с которой приходится иметь дело на практике.

Таким образом, практическое правило сводится к тому, что измельчение должно производиться до степени возможно большего отделения частиц полезного минерала, обращая внимание лишь на стоимость измельчения и процентное извлечение металла. В этом отношении не существует определенных правил; в каждом отдельном случае вопрос решается путем всестороннего и тщательного рассмотрения. Здесь особенно необходимо указать на то, что различные руды требуют и различной обработки: для одной руды достаточно крупного дробления, а для другой необходимо чрезвычайно тонкое измельчение (пульверизация), чтобы выделить максимум частиц магнетита. В последнем случае стоимость обработки соответственно увеличивается.

Из вышесказанного следует, что при магнитном обогащении концентрат будет в зависимости от характера руды или крупно или мелкозернистый. В рудах, отличающихся крупной кристаллизацией магнетита, последний выделяется из породы при сравнительно крупном измельчении. Руды этого типа обогащаются сухим способом и дают богатый концентрат, который может быть переработан непосредственно в доменной печи. Такие магнитные руды обрабатываются на обогатительной магнитной фабрике Witherbie Sherman Co в Майнвилль, в штате Нью-Йорк, при чем получается концентрат, в котором 65 процент. рудных зерен крупнее 1.65 мм.

С другой стороны, руды, отличающиеся более мелкой кристаллизацией требуют более мелкого измельчения; в этом случае концентраты уже настолько мелки, что их непосредственная проплавка в доменных печах представляет серьезное затруднение. В виду этого их необходимо подвергать операции брикетирования или спекания (агломерации).

Наконец, когда руда отличается весьма тонкой кристаллической структурой и содержит пирит или другую вредную примесь, тонко распределенную в рудном веществе, то в этом случае требуется самое тонкое измельчение материала с целью наиболее совершенного обособления зерен магнетита, как от пустой породы, так и от вредных примесей.

Но обработка такого порошкообразного материала сухим путем представляет чрезвычайные трудности, главным образом потому, что частицы пустой породы покрывают механически (т. е. обволакивают) частицы магнетита и поступают в концентрат. Эти затруднения устраняются мокрым магнитным обогащением по способам Грендаля и Болл-Нортон, которые состоят в том, что руда измельчается с водой в трубных мельницах со стальными шарами и мусть поступает из последних (мельниц) в шпиги кастаны—под полюсы сильных электромагнитов; частицы магнетита извлекаются из воды, а пустая порода оседает и уносится с водою из прибора. Мокрый способ магнитного обогащения установлен на многих заводах Швеции и между прочим на заводе Herränd, а также на заводе Пенсильванской сталелитейной компании в г. Лебанон в штате Пенсильвания. Получаемые концентраты обезвоживаются и, затем, спекаются. О спекании будет сказано ниже.

Вопрос о магнитном обогащении уральских руд впервые был конкретно поставлен в 1907-8 г., когда по инициативе инженеров Левитского и Петрова были произведены сначала лабораторные, а затем и заводские опыты магнитного обогащения на заводе Herränd в Швеции некоторых магнитных разностей г. Благодати. Обогащению подвергались следующие руды:

1. Оспенная руда, довольно богатая железом и содержащая магнетит в виде вкрапленностей, распределенных в пустой породе весьма равномерно. Химический состав после измельчения до одного мм.: железа 43,54, фосфора 0,006 и серы 0,23 процент.

2. Малопроцентная руда из отвалов, образовавшихся при разработке коренного месторождения, с содержанием железа 32,90, фосфора 0,012 и серы 0,13.

3. Колчеданистая руда, получаемая попутно, при разработке коренного месторождения и не поступающая в плавку (имеется в отвалах около 20.000.000 пуд.) Состав ее железа 53,14, фосфора 0,045 и серы 3,18 процента.

Опытное обогащение Гороблагодатских руд производилось в приборах системы Грендаля по следующей схеме: руда загружалась в коническую дробилку Гейтс и из нее вагонетками доставлялась посредством подъемника в трубковую шаровую мельницу со стальными шарами, в которой измельчение производилось до 1 мм. Затем материал поступал в двойной магнитный сепаратор Грендаля для мокрого обогащения, в котором получались средний продукт и отход (хвосты). Средний продукт подвергался дальнейшему измельчению в трубковых мельницах с кремневыми гальками до 60 отверстий в дюйме (0,21 мм) и вторичной мокрой сепарации, которая давала конечный продукт и отход.

Результаты опытов с Гороблагодатскими рудами представлены в сводной таблице, составленной мною на основании данных инж. Петрова *).

ТАБЛИЦА 1-я.

№ №	Степень измельчения в мм	Р у д а.						Концентраты.						
		В е с.			А н а л и з.			В е с.		А н а л и з.				
		Вес руды кг.	Поправка на влажность 0/0.	Вес сухой руды кг.	Fe 0/0	P 0/0	S 0 0	кг.	0/0	0/0 кг	Fe 0/0	P 0/0	S 0/0	Си 0/0
1	0.2	28100	9,3	25483	43,5	0,008	0,23	14000	54,9	67,7	9478	0,002	0,059	—
2	0.2	22150	—	22150	32,9	0,012	0,13	9000	46,3	65,4	5886	0,003	0,077	—
3	0.2	28350	10,0	25528	53,14	0,045	3,18	18250	64,3	67,0	12227	0,016	1,47	0,05

№№	Х в о с т ы.					Результаты испытаний			
	В Е С.		А н а л и з.			Извлечение в 0/0	Потеря железа в 0/0	Степень концентрации.	Извлечение серы в хвостах в 0/0
	кг.	0/0	0/0	кг.	Си 0/0				
1	14100	45,1	11,4	1607	—	86,0	14,0	2,02	86,0
2	13150	53,7	12,06	1585,9	—	78,7	21,3	2,46	72,0
3	10100	35,7	13,1	1323,1	0,6	90,2	9,8	1,55	70,5

*) Инж. В. А. Петров. Об обытах магнитного обогащения, брикетирования Благодатских руд. Горный журнал, 1911 г. т. II, кн. 5.

Как видно из таблицы содержание железа в отходах изменялось от 11,4 до 13,1%, при чем большая часть железа была в виде пирита и мартита. Потеря железа при обогащении находится в обратном отношении к содержанию железа в обогащаемой руде: наибольшая потеря в 21,3% получилась для малопроцентной руды и наименьшая 9,8% для колчеданистой руды. Потери металла при обогащении в то же время находится в прямом соотношении к степени концентрации. Наибольшая потеря соответствует наибольшей степени концентрации (2,46) и, наоборот, наименьшая потери самой низкой степени сокращения (1,55). Соответственно, процентное извлечение металла колеблется между 78% и 90%. Удаление серы составляет 72 до 86%. Остальное удаляется при обжиге или спекании концентратов.

Ниже приводятся данные о стоимости магнитного обогащения магнитных руд с содержанием железа 30% на заводе Herrgång в Швеции:

	на одну тонну в рублях
1. Рабочих плат при дроблении	0,130
2. Содержание дробилок, мельниц и подъемников	0,223
3. Ремонт, амортизация и различные расходы	0,218
Итого	0,571
4. Рабочих плат при обогащении	0,062
5. Содержание магнитных аппаратов	0,083
Итого	0,145
Всего	0,716

Принимая в тонне 61 пуд получим, что стоимость одного пуда обогащения руды составляет 1,175 коп.; при выходе из ста пудов сырой руды 37,9 пуд. концентратов стоимость обогащения на пуд последней будет 3,1 коп., (не считая стоимости руды).

При обработке материала с большим содержанием железа и, следовательно, с большим выходом концентратов стоимость обработки на единицу концентратов должна соответственно уменьшиться. Так для оспенной руды стоимость обогащения на один пуд определена инж. Петровым в 2,358 коп., колчеданистой руды в 1,82 коп. и только для малопроцентной руды в 3,35 коп. При этом не лишне еще раз указать, что стоимость собственно магнитного обогащения составляет не более 20% от общей стоимости, а 80% относятся к дроблению руды.

К стоимости магнитного обогащения необходимо прибавить стоимость брикетирования концентратов. Гороблагодатские руды подвергались брикетированию по способу Грендаля. Стоимость брикетирования по этому способу на пуд концентратов выражается в 3,35 коп. Суммируя стоимость работ по добыче, обогащению и брикетированию инж. Петров определяет стоимость одного пуда брикетов из оспенной руды в 13,8 коп., из малопроцентной 6,24 коп. и колчеданистой в 5,72 коп. Средняя стоимость 8,6 коп. Полу-

ченная стоимость рудных брикетов, как и следует ожидать, выше первосортной комовой руды на 50%. Но при этом следует иметь в виду, что замена комовой руды брикетами, дает в доменных печах от 30 до 35% экономии горючего. По данным Richards*) на заводе Hettång при плавке магнитных брикетов Грендаля на 1000 фун. чугуна расходуется 692 фун. древесного угля, вместо 1000 фун., что составляет среднюю уральскую практику.

Произведенные в Швеции опыты доказали как техническую возможность, так и экономическую выгодность обогащения разновидностей магнитного железняка г. Благодати по способу Грендаля. Данные этого исследования легли в основу дальнейшего изучения вопроса об обогащении Гороблагодатских магнитных руд проф. Г. О. Чечетт в Швеции и Америке в течение 1912-13 года. В результате многолетнего изучения вопроса проф. Чечетт был разработан проект обогатительной фабрики на г. Благодати. Согласно сообщения начальника горных работ на г. Благодати от 26 февраля — 22 года предполагалось оборудовать магнитную обогатительную фабрику так, чтобы можно было обогащать различные сорта руд в отдельности один от другого.

Обогащение оспенной руды должно было производиться по следующей схеме: а) дробление, б) 2-ое дробление, в) 1-ая стадия магнитного обогащения, г) 3-ье дробление, д) 2-ая стадия магнитного обогащения, е) 4-ое дробление, ж) мокрая классификация, з) 3-ья стадия магнитного обогащения, и) осаждение шлихов, к) 4-ая стадия магнитного обогащения, л) обезвоживание шлихов, м) сгущение шламов, н) осветление вод.

Обогащение колчеданистых руд: а) дробление (6 приемов), б) мокрая классификация, в) магнитное обогащение, г) осаждение шлихов, д) магнитное обогащение, е) обезвоживание, ж) сгущение шламов, з) осветление вод.

Для малопроцентных руд схема намечалась одинаковая с оспенными рудами с той разницей, что после операции дробления следует ручная рудоразборка.

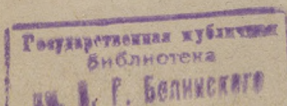
По поводу приведенных схем, положенных проф. Чечетт в основу проекта Гороблагодатской обогатительной фабрики, необходимо сказать следующее в соответствии с тем, что говорилось выше при рассмотрении процесса магнитного обогащения.

При обогащении оспенных руд, обогащение производится стадиями, а именно, между второй и третьей и между третьей и четвертой операциями дробления для того, чтобы извлечь те частицы магнитного железняка, которые получаются соответственно после второй и третьей операции дробления. Это вытекает из самого характера оспенных руд и не нуждается в пояснении.

Наибольший интерес представляет включение в схему обработки после 4-ой, т. е. последней операции дробления—мокрой классификации. В виду того, что после измельчения в трубных мельницах все зерна магнетита будут в свободном, т. е. обособленном состоянии, то классификация ма-

*) Metallurgical Calculations. Part II, 219.

961052196



териала по принципу равнопадаемости (малые зерна магнетита и большие зерна пустой породы) имеет глубокий смысл и практическое значение. Известное затруднение может представлять самая классификация, в виду чрезвычайной тонкости материала. Присутствие в классифицированной смеси равнопадающих зерен промежуточного продукта (зерна пустой породы с включениями магнетита) при сильном напряжении магнитного поля будет влиять в сторону объединения концентратов и, наоборот, при слабом магнитном поле в сторону обогащения отходов. Желаемая степень извлечения может быть достигнута путем соответствующего регулирования напряжения магнитного поля.

Некоторые пояснения следует сделать по поводу дробления колчеданистой руды в 6 приемов, как это следует из схемы № 2. Повидимому это вытекает единственно из того, что приходится пользоваться одними и теми же дробильными приборами для всех разновидностей магнитных руд. Дробление стадиями (в валках) необходимо для дробления оспенных руд. Если бы этого условия не существовало, то для колчеданистой руды следовало бы дробление производить в 4 операции, а именно: а) предварительное дробление, б) крупное дробление, в) среднее дробление в трубовой шаровой мельнице и г) тонкое измельчение в трубовой мельнице с кремневыми гальками.

Из вышесказанного следует, что постройка Гороблагодатской обогатительной фабрики является крупным моментом в промышленном развитии Урала, открывающим новые перспективы для Уральской металлургии в отношении выплавки железа из концентратов магнитного железняка и создающим новый этап в развитии рудобогатительных дел на Урале.

Говоря о перспективах магнитного обогащения на Урале невозможно обойти вопрос об обогащении титанистых магнитных железняков. Месторождения последних на Урале многочисленны. Достаточно указать на г. Юбришку, магнитное месторождение Назямских гор в Кусинской даче, магнитную гряду на р. Копанке, в Саткинской даче и др. По имеющимся данным содержание в них титана изменяется от 8 до 15%. В каком соединении содержится титан в магнитном железняке Уральских месторождений, этот вопрос к сожалению еще не изучен и, поэтому лишь по аналогии с титанистыми магнитными железняками С. Америки можно высказать предположение, что титан находится в них в виде ильменита. Косвенное подтверждение этого имеется у проф. Богдановича, который, описывая месторождение магнитного железняка в Кусинской даче, содержащего до 16% титана, говорит, что после грубой сортировки содержание титана не превышало 5-6%. Если титан действительно содержится в виде ильменита, то, имея в виду более слабую магнитную проницаемость ильменита, по сравнению с магнитным железняком, возможно надеяться, что при тонком измельчении руды и последующей операции магнитного обогащения в слабом магнитном поле удастся выделить большую часть титана. По крайней мере лабораторные опыты, которые велись в Америке в этом направлении, указывают на возможность достижения такого результата. Содержание титана удавалось понижать с 15% до 18%. Дальнейшего сокращения титана в шихте возможно достигнуть путем сме-

тивании титанистых руд с чистыми рудами. Само собой понятно, что при положительном разрешении этого вопроса запасы металлургических руд на Урале значительно увеличились бы.

III. Брикетирование и спекание

продуктов обогащения железных руд естественных порошковатых железных руд.

При обогащении валунчато-рассыпных руд г. Благодати до 40%, концентратов получается крупностью мельче 0.75 мм. (30 отверстий в дюйме), при мокром магнитном обогащении весь конечный продукт должен получаться крупностью от одного мм до 0. Такой материал не может поступать в доменную плавку и поэтому естественно возникает вопрос о различных способах брикетирования и спекания продуктов обогащения. Этот вопрос имеет значение также в связи с использованием естественных порошковатых руд. Примером последних может служить одна из разновидностей Бакальских руд, так называемая „Карандашевая“ или „Чернотал“, представляющая гидрогематит ($2 \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$)

По внешнему виду и крупности она напоминает пыль доменных печей. Содержание в ней железа не менее 50%. Вопрос о спекании этой руды был поднят инж. В. А. Можаровым в 1912—13 году, который считал, что правильное снабжение рудой Катав-Ивановских заводов может быть достигнуто лишь при использовании „карандашевой“ руды. Между прочим автору в 1913 г. было предложено ознакомиться с способами спекания порошковатых железных руд в С.-А. Соединенных Штатах.

Из различных способов брикетирования и спекания порошковатых железных руд, включая концентраты, наибольшее значение представляют следующие процессы: 1) брикетирования и обжиг по способу Грендаля для магнитных руд, 2) спекание в цементных трубо-печах и 3) способ Дуайт—Лойда.

Трудности, встречающиеся при спекании порошковатых руд и концентратов, состоят в том, что разность температур спекания и плавления составляет 200—250° Ц для магнитного железняка, 150—200° Ц для более легкоплавких руд и 100° Ц для доменной пыли. Если температура слишком низка, то руда не спекается; если же слишком высока, то руда плавится и плавление вредно влияет на печь и продукт.

Способ Грендаля состоит в следующем: магнитные концентраты с содержанием влаги 7,5% прессуются в брикеты, весом по 10 фун. и затем обжигаются в кордорной печи.

При способе Грендаля расход каменного угля составляет 8,75% от веса брикетов. Три печи Грендаля дают в 24 часа до 100 тонн брикетов. Выгорание серы составляет около 40—50%. Процесс Грендаля установлен на заводе Неггäнг близ Стокгольма, в Питкранте и других местах. Стоимость брикетирования и спекания по этому способу составляет на одну тонну—2, 5 руб. или на пуд 3,35—4 коп. Стоимость брикетной фабрики производительностью в 1,5 миллионов пудов брикетов при оборудовании завода двумя печами и при установке двух прессов будет 100,000 руб. За пользование патентом приходится платить 25 коп. с тонны брикетов или

0,4 коп. с пуда. От амортизации фабрики, принимая 20 летний срок, падает 0,33 коп. на пуд.

Установка спекания в цементных трубо-печах на заводе National metalurgic Co, Newark, состоит в следующем: руда измельчается толчеей и посредством элеватора поступает в закром, из которого винтовым питателем загружается в цилиндрическую вращающуюся печь, длиной 100 фут. и диаметром 7 фут., нагреваемую с нижнего конца генераторным газом, нефтью или пылевидным топливом. Наклон печи $3/4"$ на 1 фут. При прохождении через печь руда теряет серу в верхней части печи и спекается в нижней части печи, где выгружается непрерывно в воронку элеватора, посредством которого поступает в цилиндрический бункер, обрызгиваемый водою. Из последнего руда разгружается непосредственно в жел.-дор. вагоны. В качестве флюса при спекании применяется измельченный известняк. Этот способ находит применение с большим успехом для тонко-измельченных гематита, магнетита и мартита, колчеданистых огарков серно-кислотных заводов и доменной пыли. Руда проходит через печь в продолжение $1\frac{1}{2}$ часов. На заводе National metalurgic Co. обрабатываются колчеданистые огарки следующего химического состава: железа—54,29, серы—3,25, кремнезема—4,33, при чем получается продукт с содержанием железа—59,29, серы—0,074, кремнезема—9,80 процентов.

На основании приведенных анализов выгорание серы составляет 97,70%, вследствие чего способ спекания в цилиндрических печах может быть особенно рекомендован для руд с значительным количеством серы, например, для колчеданистых руд г. Благодати даже без предварительного обогащения.

На заводах Пенсильванской сталелитейной К^о в г. Лебанон (Пенсильвания) магнитные концентраты (800% менее 30 отверстий в $1"$, железа—60,64, серы—1, меди—0,2 процентов) поступают в цилиндрическую печь длиной 100 фут. и диаметром 7 фут., футерованную внутри огнеупорным кирпичем толщиной 9" с содержанием 60% глинозема. В 24 часа печь перерабатывает от 125 до 150 тонн концентратов; содержание серы уменьшается до 0,05%. 80% спекшейся массы представляют куски крупнее $1/4"$ расход угля 10% от веса руды. Стоимость обработки от 1 руб. 50 коп. до 3 руб. на тонну.

Способ Дуайт-Лойда первоначально служил только для обжига и спекания сернисто-свинцовых руд. Около 10 лет назад он стал применяться и для спекания пылевидных железных руд. В 1914 году процесс Дуайт-Лойда был установлен с этой целью в г. Кливленде в штате Огайо и в городах Реддинг и Бирдсборо в штате Пенсильвании. Аппарат Дуайт-Лойда состоит из железной рамы, поддерживающей: 1) питательную воронку, 2) зажигательный аппарат, 3) камеру всасывания и 4) систему металлических ковшей на роликах, образующих обыкновенный конвейер. Камера всасывания соединяется с эстаустером. Размер ковшей—ширина 30 дм., длина 18 дм., число ковшей 36. Зажигание производится естественным газом (Кливленд) и нефтью (Реддинг); вместо газа и нефти для зажигания может служить небольшая печь, отапливаемая каменным углем с колосниками. Операция спекания производится следующим образом: руда или смесь руд и

др. материалов (пыль, окалина) засыпается в закрот, из которого конвейером закружается в смесиватель и из последнего в питательную воронку. Во время перемешивания к руде добавляется 8—9% воды. Ковши перемещаются действием зубчатого блока и наполняются шихтой из питательной воронки слоем толщиной 5-7 дм. Посредством особого приспособления поверхность материала закигается и так как в это же время ковши соединяются с камерой всасывания, то горение распространяется по всей толщине слоя, в результате чего происходит спекание материала. Экстаустер применяется системы Стюртеванта, диаметром 12 фут. Для того, чтобы спекание происходило надлежащим образом, в шихту необходимо прибавлять 8% углерода. Излишек сверх этого количества не только бесполезен, но и вреден, так как это удлиняет операцию спекания и повышает температуру процесса, обуславливая плавление и нагревание решеток. Пыль доменных печей с содержанием 46 процент. железа, 9-кремнезема, 14-17 углерода дает без каких-либо добавок весьма прочный и пористый продукт; магнитный концентрат с 57 проц. железа и 9-10 проц. кремнезема требует добавления 10 проц. угля. Когда спекается доменная пыль, то высокое содержание углерода понижается до требуемой нормы путем смешивания ее с рудной мелочью или окалиной от прокатных валков. Содержание серы в колчеданных огарках уменьшается с 1,25 процент. до 0,04 процент. Суточная производительность машины с ковшами 42" ширины—100 тонн. Стоимость такой машины в Америке 12.000 долларов, а стоимость обработки составляет 0,5—0,75 доллара на тонну. Плавка в доменных печах мелочи, обработанной по способу Дуайт-Лойда, дает весьма благоприятные результаты, как в отношении увеличения суточной проплавки, так и в отношении увеличения выхода металла на единицу угля. В Кливленде 1914 г. было несколько установок Дуайт-Лойда. Наилучшим материалом для спекания по способу Дуайд-Лойда является смесь от 3—2 мм. до 0.

Каждый из рассмотренных способов окускования рудной мелочи имеет свои достоинства и недостатки. Способ брикетирования и обжига Грейдаля дает однородный, крупный кусковой материал, весьма удобный для плавки, но стоимость обработки на пуд брикетов довольно значительна. Способ спекания в трубо-печах наиболее удобен для валовой работы в крупном масштабе, но стоимость первоначального оборудования выше, чем при других способах. Недостатком способа Дуайт-Лойда является необходимость довольно частой смены колосников, кроме того непрерывность процесса не позволяет задерживать движение ковшей, хотя горение и не закончилось бы в момент раз'единения с воздушной камерой. Преимущество способа—пористость и крупность продукта и незначительная стоимость обработки.

Считаясь с различными обстоятельствами, помимо высказанных соображений, заключаем, что для окускования магнитных концентратов и „карандашевой“ руды Бакальских рудников наиболее пригодным способом спекания является способ аггломерации в трубопечах. Поэтому крайне важно поставить серию опытов по спеканию «карандашевой» руды в электрической печи с целью предварительного выяснения и изучения всех условий процесса.

IV. Медные руды.

1.

В колчеданной полосе в Сан-Донато в Татильском округе и на Карпушинском руднике б. Верх-Исетского Округа открыты в последнее время алмазным бурением и проходкой штреков (Карпушинский рудник) богатые медно-цинковые руды. Содержание цинка колеблется в больших пределах и достигает до 20 и более процентов. Некоторые места линз Карпушинских руд имеют цинковый характер. В других частях линзы цинковая обманка представляет тесную смесь с медным колчеданом. Особенностью Сан-Донатских руд является необычайно высокое содержание золота и серебра.

По поводу медно-цинковых руд прежде всего следует сказать, что в американской металлургической практике содержание цинка в медной руде допускается до 10% без вреда для медной плавки. При содержании цинка более 10% получаются затруднения в плавке, вследствие чего при продаже таких руд принято скидывать 30—50 центов (60—100 коп.) с тонны за каждый процент цинка сверх 10% *).

Говорить детально о возможных способах обработки уральских медно-цинковых руд с целью их разделения на отдельные минералы преждевременно, но необходимо сейчас же указать на серьезность этой задачи. В виду почти одинаковых удельных весов медного колчедана (4,20) и цинковой обманки (4,10), возможность мокрого способа обогащения отпадает. Для разделения названных руд, повидимому, придется пользоваться главным образом ручной сортировкой руды на лентах или рудоразборных столах, а мелочь подвергать обработке электростатическим способом с предварительной сухой классификацией. Этот способ позволяет отделить цинковую обманку от медного колчедана, так как последний является хорошим проводником электричества, а цинковая обманка плохим. Кроме указанных способов обогащения медно-цинковых руд, возможно также получение непосредственно из руды с 15—25% цинка по способу The New Jersey Zinc Co в С. Америке—оксида цинка (цинковые белила) после предварительного обжига руды, при чем огарки должны поступать в медную плавку.

На Карпушинском руднике обнаружены также медистые сланцы, напоминающие известные порфиновые медные руды Америки. По сообщению инж. Н. П. Кузнецова подобные сланцы имеются и в Дегтяринском месторождении. Если детальная разведка установит достаточные запасы, то можно сказать, что и на Урале в будущем создастся отражательный медный процесс на концентратах, полученных из убогих руд.

2.

В прошлом на Урале плавилась только окисленные медные руды, а сернистые руды поступали нередко в отвал, уже позднее их начали обжигать и плавить.

Кроме того медные руды перед обжигом подвергались сортировке,—более богатые руды шли в обжиг и плавку, а бедные шли в отвал. Такого происхождения огромных отвалов бедных сернистых руд на более старых

*) Chas. H. Fulton, The buying and selling of ores and metallurgical products. Washington, 1915.

рудниках, например, на Пышминско-Ключевском руднике запас медных руд определяется в 100.000.000 пуд. Повидимому, значительные отвалы имеются на Туринских рудниках Богословского округа, где сортировка руды на Флоровском руднике ежегодно давала до 300 тысяч пудов третьесортной руды с содержанием 1,5 проц. меди.

В настоящее время эти отвальные руды представляют известный промышленный интерес. С улучшением техники дробления, сортировки и механического обогащения, в особенности с открытием флотационного способа, имеется возможность выгодно обрабатывать $1\frac{1}{2}$ —2 процентную медную руду, доводя содержание меди в отвальном продукте до 0,3 проц., а общее извлечение металла до 85—90 проц.

Петроградским Институт. механической обработки руд разработан проект сортировки отвальных руд Пышминско-Ключевского рудника. Это показывает, что и в центре отвальным медным рудам придается значение. В связи с обогащением отвальных руд представляет значительный интерес отсадочная машина системы Ханкок. Эта машина австралийского происхождения, около 10 лет назад стала быстро распространяться в Америке и вытеснять обычный тип Гарцевских отсадочных решет. Главное отличие машины Ханкок от Гарцевского решета состоит в том, что ею может обрабатываться рудная смесь от 10 мм. до 0, т. е. без предварительной классификации, что, разумеется, удешевляет обработку. Производительность машины составляет около 400—500 тонн в 24 час., т. е. в 20—25 раз превышает производительность Гарцевских отсадочных решет, между тем для приведения машины в действие необходимо всего 5 HP.

3.

По сообщению геолога Е. Стратановича („Промышленный Урал“ № 2 стр. 29, 1920 г.) в восточной части Богословского округа, где протекает река Еловка с целой свитой своих притоков, называемых частыми речками, залегает в змеевиковых глинах валунчатая россыпь амфиболитовых сланцев, в которых содержится самородная медь в виде отдельных включений—кристалликов, дендритов и листочков внутри валунов. Площадь распространения амфиболитовой россыпи громадна—несколько десятков кв. верст. Мощность слоя по отдельным шурфам оказалась от 0,8 до 1 саж., местами больше, но в таких случаях россыпь оставалась непробитой. Глубина залегания от поверхности земли 1,5 до 3,5 саж. Иногда россыпь не содержит глины и тогда валуны лежат в виде свободного агломерата. Содержание меди в амфиболите тремя пробами было определено в 0,6, 0,7 и 0,8 процент.

Это месторождение заслуживает внимания и по этому необходимо приступить к его изучению как в отношении условий залеганий, так и содержания в нем металла. Если предположить, что, в кубической саж. россыпи содержится 0,5 проц. меди, то россыпь в одну сажень площадью в 1 кв. версту будет содержать 1 миллион пудов самородной меди. Е. Стратанович указывает, что месторождение распространяется на несколько десятков кв. верст.

Чтобы решить вопрос о промышленном значении новой россыпи самородной меди, необходимо остановиться на знаменитом и единственном в мире месторождении на Верхнем озере в штате Мичиган (в С. Америке), на которое ссылается и геолог Стратанович в своем сообщении об Еловском месторождении.

Самородная медь на верхнем озере находится в двух основных формах: 1) в мелафировых миндалекаменных породах в тончайшем распределении или в виде выполнения пузыристых пустот и неправильных трещин; 2) как цемент в конгломератах, состоящих из кварцевого порфира и мелафира.

Месторождения 2-й категории являются более богатыми, но они не типичны для всего медного округа Верхнего озера; за некоторыми исключениями разрабатываются преимущественно месторождения 1-й категории. Содержание меди в рудах различных рудников на Верхнем озере следующее:

	Фунт меди в тонне	0/0		Фунт меди в тонне	0/0
Калюмет и Гекла	25,5	1,27	Траймаунтин	17,6	0,88
Эмик	24,7	1,23	Ханкок	18,2	0,91
Аллауер	16,5	0,83	Масс	17,6	0,88
Айль-Ройаль	16,4	0,82	Мохоок	15,1	0,75
Тамарак	19,1	0,96	Куинси	16,4	0,82
Вульверайн	23,4	1,17	Балтик	22,1	1,11

Эти данные показывают, что месторождения меди на Верхнем озере принадлежат к разряду убогих по содержанию металла в рудах. Даже руды „Калюмет и Гекла“, содержавшие прежде до 5 проц. меди, в настоящее время содержат только 1,27 проц. меди. В виду этого центр тяжести в получении красного металла на Верхнем озере лежит в процессах обогащения, т. е. в превращении механическим путем убогой руды в богатой концентрат. Дальнейшая обработка концентрата с 60—70 проц. меди сводится к простой переплавке его в отражательных печах и плавке оборотных шлаков в шахтных печах. Следует иметь в виду, что убогие руды Верхнего озера добываются с наиболее глубоких в мире подземных разработок (свыше 1½ верст), где приходится считаться даже с повышенной температурой, изнуряющей рабочих и удорожающей себестоимости руды от применения усиленной вентиляции и других мер. Несмотря на это, себестоимость 1 фунта озерной меди в Нью-Йорке в довоенное время колебалась от 9,5 до 12,5 центов (19—25 коп.). Продажная цена меди была 14—19 центов (28—38 коп.).

Успех предприятий, разрабатывающих месторождения Верхнего озера, заключается главным образом в концентрации производства. В 1914 году, при посещении мною округа, месторождение разрабатывалось 34 горно-

промышленными компаниями с общим капиталом в 133550000 долларов. Калюмет и Гекла перерабатывала 10200 тонн или около 600000 пуд. руды в сутки. Средняя же суточная производительность обогатительных фабрик с 4—6 паровыми толчеями составляют 2500—3000 тонн, т. е. 150000—200000 пуд. Для организации нового дела на Верхнем озере требуется капитал не менее 1500000 долларов.

Возвращаясь к Богословскому месторождению самородной меди, приходится указать, что наиболее неблагоприятной стороной его, по сравнению с месторождением Верхнего озера, является чрезвычайно тонкая вкрапленность меди в амфиболитовых валунах. На Верхнем озере даже в амфиболитах включения меди изменяются от частиц, невидимых простым глазом, до кусков в 10—20 фунт. Таким образом там имеется возможность применять наиболее дешевый способ гидравлической обработки — крупную и мелкую отсадку, тем более, что количество шламов после толчен составляет всего 20%. Извлечение меди различными группами приборов на фабрике Оссиола следующее:

	в процентах.
Крупная медь из толчен	7,4
Мелкая медь из гидр. ловушек	14,0
Концентраты крупной отсадки	29,0
„ мелкой отсадки	5,0
„ от обработки скоплений отсадочных решет	8,0
	<hr/>
	53,4
Концентраты от столов Вильфлея	27,6
	<hr/>
Всего	80,0
Потери	20,0

Так как крупная медь при обогащении не теряется, то вся потеря металла может быть отнесена к мелкой меди, которая обрабатывается на столах и которая составляет 47,6 проц. общего содержания металла. Тогда потеря меди составит при обогащении 42 проц.

На основании этого можно заключить, что методы мокрого обогащения, с успехом применяющиеся на Верхнем озере, сравнительно простые и дешевые, не могут быть применены для обработки Богословской россыпи. Обогащение в данном случае должно производиться исключительно на столах различных систем, подобно тому, как производится обогащение рассеянных порфировых руд в штатах Аризона и Юта, т. е. наиболее дорогим способом. Возможно применение также гидро-металлургических способов с электролитическим осаждением меди из раствора.

На основании тех весьма кратких сведений, которые даны геологом Стратановичем о россыпном месторождении самородной меди в Богословском Округе, возможно сделать следующие выводы:

1) По содержанию меди Богословское месторождение одинаково с некоторыми месторождениями Верхнего озера (рудники Аллауер, Айль Ройаль, Куинси, Мохоок и др.).

2) В силу бедности руды разработка месторождений может быть выгодна только при условии работы в крупном масштабе.

3) Преимущество месторождения—возможность открытых работ.

4) В виду естественной рыхлости рудной массы отпадает необходимость двух трех стадий предварительного и крупного дробления.

5. В виду залегания амфиболитовой россыпи в глинах перед обогащением потребуются отмывка рудных валунов от глины.

6. Вследствие чрезвычайно тонкой вкрапленности металлической меди возможна потеря металла в значительном количестве (плавучая медь).

7. По сравнению с обычным типом порфириновых (рассеянных) медных сернистых руд, преимуществом рассматриваемого месторождения является простота металлургической обработки концентратов.

Окончательное суждение о промышленном значении медной россыпи, открытой геологом Стратановичем, может быть сделано лишь на основании всестороннего геологического исследования и опробывания означенного месторождения, а также на основании результатов, полученных от обработки россыпной руды в испытательной рудо-обогащительной станции.

V. Золотые и платиновые россыпи.

Обработка золотых и платиновых россыпей велась в России далеко несовершенным способом: нередко, почти половина золота не извлекалась и поступала в эфеля. Проф. В. А. Обручев и инж. Лурье установили, что Ленское Т-во при промывке песков получало со 100 пуд.—2 зол. 51 дол., а в эфеля уходило 3 зол. 40 дол. золота. При этом следует иметь в виду, что на Лене преобладает крупное золото. Тоже самое имело место и в других местах. В Березовском заводе, близ Екатеринбурга, эфеля, получаемые при владельческой разработке россыпей, обрабатывались старателями, причем последние намывали золота не менее, а иногда и более, чем контора. Имея в виду кустарный способ старательских работ, можно быть уверенным, что часть золота и после вторичной обработки оставалась неизвлеченной и терялась. Главное зло разработки золотых и платиновых россыпей—отсутствие правильного учета выхода металла из россыпей, вследствие чего разработка легко приобретает хищнический характер.

Какова бы ни была золото или платинопромысловая фабрика (постоянная, плавучая или водобойная), обработка россыпей в общем случае распадается на три стадии:

I-я стадия соединяет: 1) протирку глинистой массы, 2) отделение гальки от мути и 3) обмывку гальки. Все эти операции исполняются одновременно, в так называемых золотопромысловых приборах и машинах (американка, боронка, чаша, бутара, водобой).

II-я стадия состоит в промывке на шлюзах мути, отделенной предыдущим процессом. Шлюзы имеют вид широких, но не глубоких, слабо наклонных каналов. Более легкие зерна пустой породы, мелкая галька,

песок и взвешенная муť сносится на шлюзах струей; золото, незначительная часть гальки и песка, а также более тяжелые зерна железных руд (магнетита, хромистого железняка) осаждаются и задерживаются всякого рода преградами, объединяемые общим названием трафаретов.

III-я стадия, исполняемая периодически—по мере накопления материала между трафаретами состоит в окончательной промывке и получении металлического золота или платины.

Наибольшее значение имеет вторая стадия, во время которой происходит извлечение частиц металла из россыпи. Процесс выделения основан на известном положении механического мокрого обогащения: „если смесь зерен минералов с различным удельным весом подвергнуть смывающему действию воды, то зерна с меньшим удельным весом уносятся водой, а частицы более тяжелого минерала останутся на месте“. В виду того, что россыпь представляет смесь крупной гальки, мелких зерен и металлических частиц, то вода должна поступать на шлюз в достаточном количестве для сноса наиболее крупных кусков пустой породы, поступающей на шлюз. Чтобы частицы золота или платины не могли быть унесены во взвешенном состоянии, шлюз снабжается трафаретами.

Может ли такое разделение по удельному весу в условиях смывающей струи быть совершенным?—Практика отвечает на этот вопрос отрицательно. В самом деле, если приток воды недостаточен, то промежутки между трафаретами забиваются пустой породой, вследствие чего образуется покатая поверхность и золото или платина скатываются с эфелями в снос. Избыток воды выбивает металлы из ловушек и уносит их со шлюза.

Чтобы правильно решить вопрос о выделении металлических частиц из россыпи, необходимо исходить из основного закона отсадки: „Если смесь рудных зерен различного удельного веса заполняет сосуд или вообще какое либо пространство (напр., ловушки между трафаретами шлюза), то для того, чтобы могло произойти относительное перемещение их между собою, необходимым условием является состояние полного разрыхления смеси, когда частицы породы составляют равномерную смесь с водой и ни одно зерно не прилегает плотно к другому (масса уподобляется плывучему песку)“.

Такое состояние разрыхления достигается или действием поршня в отсадочном решете или прерывистой струей воды в пульсаторе Ричардса. В первом случае падение будет происходить в нисходящей струе воды, обладающей большой скоростью, следовательно, при условии сильного всасывания; во втором случае при отсутствии нисходящей струи. Приборы, устроенные по первому принципу, были бы более пригодными для выделения частиц золота и платины, так как сильное всасывание облегчает их выделение из россыпи. Недостаток их тот, что вместе с частицами золота и платины осаждается и песок.

Поэтому целесообразнее применять для этой цели приборы, устроенные по второму принципу. Шлюз системы проф. Ричардса является прототипом таких приборов. Устройство его следующее:

К деревянному желобу, шириною 12"—18", прикреплена чугунная коробка, имеющая вид опрокинутой усеченной пирамиды, с отверстием в дне для периодической разгрузки золотых шлихов. Над коробкой, в месте выреза в желобе установлены венгерские трафареты из углового железа. Непосредственно под трафаретами находится металлическая сетка с отверстиями, достаточными для прохождения крупинок золота или платины. Сбоку в чугунную коробку поступает вода через быстро вращающийся от мотора кран, отчего в приборе получается необходимая для его действия пульсация воды.

Во время работы прибора галька и песок падают в пространство между трафаретами на сетку, образуя на ней постель на подобие постели при отсадке. Пульсирующая струя воды приводит гальку в взвешенное состояние, т. е. состояние полного разрыхления. Крупины золота или платины, попадая между трафаретами, проходят через постель и через сетку и собираются в чугунной коробке, откуда разгружаются периодически.

О производительности шлюза системы Ричардса дают понятия следующие данные завода The Denver Engineering Works Co и относящиеся к шлюзу, размером 12"x18".

При высоте струи в один дюйм и при объемном отношении воды к породе 10:1 расчетная производительность 175 тонн, тоже при отношении воды к породе 20:1—будет 90 тонн и при отношении 30:1 — 60 тонн. При высоте струи в два дюйма производительность соответственно должна выразиться в 525, 270 и 180 тонн. Наклон дна шлюза принимается 1" на 1 фут.

Гидравлические ловители подобной же системы должны с успехом применяться с Архимедовыми винтами, которые часто служат на Урале для подъема мути на шлюза. В виду того, что скорость движения материала через Архимедов винт незначительна, это обстоятельство должно способствовать выделению свободных крупинок золота или платины и собиранию их в этих ловителях.

Шлюзы Ричардса могут быть установлены на драгах при разработке золотых и платиновых россыпей.

По сведениям иностранных технических журналов последнего времени рассматриваемые приборы уже получили широкое применение в американской практике золотого дела.

Без сомнения, эти приборы должны получить распространение и в уральской практике золотого дела и технический отдел золото-платинового треста уже проявляет к ним большой интерес. С целью изучения действия прибора Ричардса, целесообразно построить его рабочую модель и исследовать в лабораторных условиях. С этою же целью целесообразно устанавливать его в качестве контрольного прибора в конце обыкновенных шлюзов на промыслах.

Вопросы об обогащении валунчато-россыпных и магнитных железных руд, об их спекании и брикетировании, а также об обогащении медных руд и обработке золотых и платиновых россыпей имеют общий характер и являются основными вопросами для будущего развития уральской

горной промышленности. Кроме них, имеется ряд других вопросов более узкого и специального характера. Таковы вопросы об обогащении корунда, хромистого железняка, асбеста, графита, глины и пр. Эти вопросы исключаются из рассмотрения в этой статье, так как их удобнее рассматривать совершенно самостоятельно. Сортировка и обогащение уральских каменных углей будут рассмотрены так же самостоятельно, тем более, что эти вопросы требуют предварительной лабораторной обработки.

VI. В ы в о д ы.

На основании вышесказанного, возможно наметить следующие конкретные задачи и цели в области механического обогащения и обработки руд на Урале:

1. Достройка новой промывочной фабрики (1914 г.) г. Благодати является необходимым условием правильной разработки валунчато-россыпных месторождений г. г. Благодати и Высокой.

2. Согласно п. 1, необходимо принять надлежащие меры к тому, чтобы:

а) сохранить имеющееся на фабрике и связанных с нею устройств оборудование.

б) собрать и сохранить все чертежи, описания, сметы, отчеты, переписку и другие материалы, относящиеся к проекту фабрики.

в) произвести осмотр фабрики и относящихся к ней устройств с целью установления степени законченности работ по сооружению и оборудованию, а также для выяснения недостающего оборудования.

3. Собрать все материалы, (чертежи, сметы, отчеты, переписку и пр.), относящиеся к проекту фабрики на г. Благодати для обогащения руд магнитным способом и сделать подробное описание проекта.

4. Приступить к правильной регистрации и изучению месторождений магнитных железных руд на Урале и в том числе вкрапленных магнитных железняков.

5. Приступить к изучению в минералогическом отношении титанистых магнитных железняков на Урале.

6. Составить проект переустройства старой промывочной фабрики № 1 на г. Благодати.

7. Составить проект переустройства Высокогорской промывочной фабрики.

8. Приступить к систематическому изучению вопроса о спекании порошковых железных руд (магнитных железняков, гидрогематитов лимонитов и доменной пыли).

9. Обследовать старые отвалы медных руд на Пышминско-Ключевском руднике, отобрать пробу и произвести опытную обработку руд с целью сортировки и обогащения; установить степень экономической выгодности обработки.

10. Взять пробу медно-цинковых руд Карпушинского рудника, произвести опытную ручную сортировку, а также обогащение электростатическим способом.

11. Приступить к детальной разведке и опробыванию россыпи амфиболитовых сланцев в Богословском округе.

12. Произвести опыты с шлюзом сист. проф. Ричардса на золотых и платиновых россыпях на Урале.

13. Произвести опробывание Архимедова винта с гидравлическими уловителями с пульсацией на золото и платиновых промывочных фабриках.

14. Для изыскания в области методов обогащения и обработки полезных ископаемых, а также для промышленного опробывания их и проектирования обогатительных устройств—признать необходимым организацию в Уральском горном институте испытательной лаборатории обогащения полезных ископаемых с оборудованием особой секции магнитного обогащения руд.

12 июля 1922 г.

