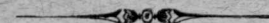


6061

Инженера-химика Л. РОМАНОВА.

О НИККЕЛѢ.

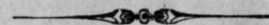


С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія П. П. Сойкина, Стремянная ул., № 12, собств. д.
1904.

6061

Инженера-химика Л. РОМАНОВА.

О НИККЕЛѢ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія П. П. Сойкина, Стремянная ул., № 12, собств. д.
1904.

385

553.4
Р69

1973 г.

РРЗ

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 29 Октября 1904 г.

6061.

БИБЛИОТЕКА
Н.-Ф. филиала
АН СССР

Извлечено изъ „Извѣстій Общества Горныхъ Инженеровъ“ за 1904 г.

О НИККЕЛѢ.

Инженеръ-химика Л. Романова.

Затрагиваемый мною вопросъ представляетъ крупный интересъ въ технику, въ виду того, что послѣдніе годы доставили массу изслѣдованій, доказывающихъ громадную пользу введенія никкеля въ сталь. Въ частности это интересуеетъ Уралъ, гдѣ имѣются рудные запасы никкеля. Примѣненіе никкелевой стали при изготовленіи броней, орудій и снарядовъ въ военномъ дѣлѣ придало еще большій и чисто практическій интересъ поразительнымъ свойствамъ никкеля, введеннаго въ сталь; тѣмъ болѣе это интересно для Россіи, которая неоспоримо располагаетъ на Уралѣ запасами никкелевыхъ рудъ.

Эти мѣсторожденія на Уралѣ пока плохо обслѣдованы и вообще мало извѣстны, не исключая и Ревдинскаго мѣсторожденія, и послѣдняго слова еще въ этомъ направленіи не сказано.

Излагая ниже исторію этого вопроса на Уралѣ,—я позволю себѣ сказать, что послѣдній пятилѣтній періодъ уральскихъ попытокъ въ области никкеля былъ выполненъ подъ давленіемъ г-на Главнаго Начальника. Имъ же были намѣчены работы въ этомъ направленіи, въ смыслѣ изученія химическихъ, электрическихъ и металлургическихъ способовъ извлеченія никкеля изъ рудъ. Эти работы въ послѣдніе годы были произведены почти исключительно мною. Въ видахъ-же болѣе полного ознакомленія съ литературой вопроса, а также для личнаго обозрѣнія выдающихся заводовъ, изготовляющихъ никкель, я былъ командированъ въ 1902 г. г-мъ Главнымъ Начальни-

комъ въ Россію и Западную Европу. Въ виду того, что вынесенные изъ командировки мною свѣдѣнія составляютъ такъ сказать базу затронутого мною вопроса, то я и позволю себѣ привести кратко эти данныя въ первой главѣ, — тѣмъ болѣе, что наша литература очень скудна свѣдѣніями о никкелѣ и, кромѣ статьи Совинскаго „О никкелѣ“ въ „Горномъ Журналѣ“, 1899 годъ, у насъ ничего нѣтъ специально по металлургіи никкеля. Такимъ образомъ въ первую главу войдутъ свѣдѣнія о металлургіи никкеля, почерпнутыя мною изъ поѣздки по Западной Европѣ, а во вторую главу войдетъ исторія Уральскаго никкеля, на основаніи архивовъ Ревдинскаго завода, Уральскаго Горнаго Управленія и моихъ личныхъ опытовъ въ теченіе 3 лѣтъ.

Г Л А В А I.

О металлургіи никкеля въ Германіи, Франціи, Англіи и Соединенныхъ Штатахъ.

По наведеннымъ мною справкамъ оказалось, что въ предѣлахъ Россіи нѣтъ ни одного завода, обрабатывающаго никкель тѣмъ или инымъ путемъ. Изъ электролитическихъ заводовъ въ Россіи извѣстны мнѣ: 1) На Кавказѣ — заводы Сименсъ и Гальске, работающіе электролитически мѣдь. 2) Въ С.-Петербургѣ заводъ Розенкранца, работающій электролитически мѣдь и издѣлія (трубы) по способу Эльморъ-Секретанъ. 3) Заводъ Николаева въ Нижнемъ-Новгородѣ рафинируетъ мѣдь, извлекаетъ электролитически цинкъ и олово изъ отбросовъ. Онъ уже дѣлалъ попытку электролизовать Ревдинскіе никкель-штейны, но безуспѣшно. 4) Заводъ Николаева и Красавина въ Москвѣ, рафинирующій мѣдь и слитки золота. 5) Заводъ въ Царствѣ Польскомъ, электролитически добывающій олово изъ обрѣзковъ и отбросовъ жести.

Эти причины побудили меня отправиться знакомиться съ никкедемъ за границу.

Въ видахъ ознакомленія съ литературой вопроса я проработалъ по 2 недѣли въ Королевской библіотекѣ въ Берлинѣ, Королевской библіотекѣ въ Брюсселѣ и Національной библіотекѣ въ Парижѣ. Всего просмотрѣно мною около 400 статей о никкелѣ, разбросанныхъ въ различныхъ журналахъ за послѣднія 15 лѣтъ. Въ виду возмож-

ности изданія мною книги о никкелѣ на русскомъ языкѣ, въ связи съ попытками и опытами на Уралѣ, — я сдѣлалъ надлежащіе выписки и замѣтки изъ просмотрѣнной мною литературы.

Фирма Сименсъ и Гальске издавна занимается научной и технической разработкой различныхъ вопросовъ электро-металлургіи и электро-химіи. Для этой цѣли фирма располагаетъ специальной научной лабораторіей (Berlin-Markgrafstrasse, № 88) въ видѣ 5-ти-этажнаго зданія 200 кв. метровъ поверхностью. Располагаетъ всеми необходимыми измѣрительными приборами, токомъ, динамо (3 типовъ), аккумуляторами. До десяти химиковъ и инженеровъ работаютъ надъ изслѣдованіями.

Прежде тщательно разрабатывался вопросъ о рафинировкѣ мѣди, — извлеченіе мѣди изъ рудъ и штейновъ электролизомъ, электролизъ золота. Эти вопросы, будучи достаточно разработаны, теперь оставлены. Электролизъ ферро-никкеля брошенъ, какъ не дающій результатовъ. Электролизъ никкель-штейновъ разработанъ и примѣняется на сѣверѣ Германіи (описаніе этого способа ниже). Теперь работаютъ надъ вопросомъ о добычѣ цѣанистаго калия (для золотого дѣла) при помощи тока, для удешевленія этого продукта. При всѣхъ стараніяхъ проникнуть въ этотъ отдѣлъ мнѣ не удалось, такъ какъ эти опыты держатся въ величайшемъ секретѣ. Ведутся опыты полученія никкеля изъ рудъ (бѣдныхъ) возстановленіемъ окиси въ электрическихъ печахъ. Опыты, будучи разработаны достаточно въ лабораторіи, переносятся немедленно въ ихъ опытный заводъ на окраинѣ Берлина (Martinikenfeld), гдѣ установка опытовъ принимаетъ уже заводскій характеръ и провѣряется, слѣдовательно, экономически и технически.

При посѣщеніи мною Martinikenfeld я имѣлъ удовольствіе видѣть эту установку. Эти опыты тѣмъ болѣе интересны, что по своему началу напоминаютъ опыты, произведенные мною въ Каменскомъ заводѣ, гдѣ я бѣдныя никкелевыя руды ($Ni = 1,40\%$) обжигалъ съ колчеданами и выщелачивалъ.

Въ Martinikenfeld ведется обжигъ рудъ окисленныхъ или сѣрнистыхъ въ смѣси съ колчеданами или бѣдными никкель-штейнами въ круглыхъ вращающихся печахъ изъ толстаго котельнаго желѣза. Топка угольная. Желѣзные печи для опытовъ употреблялись безъ обкладки и выдѣляющійся сѣрнистый газъ ихъ мало портилъ. Тем-

пература умѣренная, не выше 500—600°. Въ печи вдувался воздухъ и парь. Сѣрнистый газъ конденсировался въ башняхъ съ коксомъ и водой. Обжигъ ведется до 10 часовъ на каждую порцію руды. Желѣзо, никкель, алюминій, магнезія переходятъ въ сѣрноокислыя окисленные соли. Выщелачиваніе ведется подкисленной горячей водой.

По ихъ увѣреніямъ, они кристаллизаціей извлекаютъ чистый сѣрноокислый алюминій и сѣрноокислый магній. Первый продуктъ идетъ на продажу, второй перерабатывается на осаждение Ni .

Считаю долгомъ замѣтить, что чистый сѣрноокислый глиноземъ въ Ваух (Франція) получается при содѣйствіи специальныхъ реакцій, направленныхъ на предварительное осаждение желѣза (напр., водородомъ). Алюминій, будучи близокъ къ желѣзу, весьма легко съ нимъ кристаллизуется и получается продуктъ не чистый, не имѣющій никакой цѣны ни для красильнаго дѣла, ни для другихъ цѣлей. Очистка отъ желѣза—операция самая трудная и дорогая при изготовленіи сѣрно-кислаго алюминія.

Поэтому образцы этого продукта, представленные мнѣ Сименсъ и Гальске (будучи очень чисты и крупны), я считаю продуктомъ усиленныхъ лабораторскихъ операций, а не техническимъ продуктомъ и въ счетъ не беру.

Примемъ также въ расчетъ ничтожное содержаніе Al въ обычныхъ Ni рудахъ. Напримѣръ, руда Новой Каледоніи въ среднемъ содержитъ алюминія не выше $Al_2O_3 = 3—5\%$ (смотри анализы David Levat, Directeur Général de la Société de Nickel. Annales des Mines 1892 Février, p. 163), въ колчеданистыхъ рудахъ его еще меньше. При столь убогомъ содержаніи алюминія въ связи съ желѣзомъ, его добычу я считаю просто мистификаціей проѣзжаго химика. Что касается добычи $MgSO_4$, то это болѣе возможно,—принимая въ расчетъ, что руда Новой Каледоніи есть кремнекисло-магнезіальное соединеніе Ni и содержаніе колеблется MgO отъ 10—15%.

Но тоже сомнительно полученіе чистаго и дешеваго $MgSO_4$. Этотъ продуктъ идетъ въ кругооборотъ. Желѣзо, будучи окислено, осаждается мѣломъ.

Изъ раствора Ni осаждается окисью магнія. Не забудемъ, что растворъ сильно насыщенъ солями кальція и магнія,—которые не приминуть замѣшаться въ осадкѣ никкеля.

Обычные способы возстановленія Ni изъ подобныхъ растворовъ

всегда давали Ni , богатый Ca и Mg и другими растворимыми примѣсями. Въ виду этого Сименсъ и Гальске примѣнилъ возстановленіе углемъ при помощи тока. Этотъ способъ возстановленія, по словамъ Сименсъ и Гальске, будучи не дороже обычнаго (съ углемъ въ газовыхъ печахъ), имѣетъ то преимущество, что отдѣляетъ всѣ примѣси, какъ-то: MgO , CaO , сплавляя ихъ въ шлакъ, никкель получается высокопробный 99,5% и съ малымъ содержаніемъ угля.

Я готовъ вѣрить преимуществу этого способа возстановленія, такъ какъ число операций сильно сокращается. Тамъ требуется тщательно чистый окисленный никкель (безъ MgO , CaO), хорошее смѣшеніе съ углемъ и древесной мукой, изготовленіе кирпичей, тщательная и постепенная ихъ просушка, возстановленіе въ печахъ при низкой температурѣ 500—600° и прокаливаніе при повышенной 1000°—1200° плавленіе Ni не достигается. Требуется и прессованіе—все это очень сложно. Количество тока, необходимое на возстановленіе и плавленіе Ni , мною указано ниже.

Въ электро-химической лабораторіи проф. Foerster я узналъ много интересныхъ и полезныхъ подробностей приѣмовъ и условій работъ по изслѣдованіямъ съ технической цѣлью. Сюда относятся приѣмы изготовленія своими средствами контактовъ, сопротивленій (реостаты), приѣмы взбалтыванія и смѣшиванія электролитовъ. Подробности эти важны только для лабораторіи, а описаніе ихъ завело бы меня слишкомъ далеко. Проф. Foerster много работалъ надъ никкелемъ. Показывалъ онъ мнѣ никкель, имъ осажденный электролитически, плотный, толщиной до 1 с./м.

Работалъ онъ, рафинируя сырой или торговый никкель. Ванна или сѣрноокислая, или солянокислая нейтральная, подогрѣтая, насыщенная солями никкеля. Токъ въ 3 в. плотностью 100—150 амперъ на кв. метръ поверхности катода, присутствіе желѣза сильно затрудняетъ операцию, а отдѣленіе желѣза выше 5% считаетъ почти невозможнымъ. Надъ штейнами онъ не работалъ, но указалъ мнѣ заводъ въ Аие (Саксонія), гдѣ я могу это видѣть. Какъ нерастворимые аноды онъ считаетъ лучшими свинецъ. Работы проф. Foerster надъ никкелемъ описаны въ Zeitschrift für Electrochemie.

Въ Фрейбергѣ мною осмотрѣны Центральная правительственная лабораторія (Hochberghüttenamt) и лабораторіи проф. К. Винклеръ

и проф. Ледебуръ. Первая лабораторія имѣетъ электрохимическій отдѣлъ, недурно обставленный, вторая узко горно-металлургическая.

Вблизи Фрейберга мною тщательно осмотрѣны королевскіе заводы Muldenhütte и Hallsbrücke. Производительность этихъ старинныхъ заводовъ столь широкая и разнообразная, что обойти ихъ молчаніемъ никакъ нельзя. Заводы эти работали издавна мѣстныя Саксонскія руды, въ высшей степени пестрыя. Это всегда были сѣрнистыя и мышьяковистыя соединенія *Pb*, *Sn*, *Sb*, *Bi*, *Cu*, *Ni*, *Ag*, *Au* и частью цинкъ.

Теперь эти руды сильно истощились, но въ видахъ сохраненія этого стариннаго саксонскаго производства, дававшего въ свое время и славу, и барышъ богатой Саксоніи, и въ видахъ чисто педагогическихъ, королевское правительство Саксоніи продолжаетъ это дѣло на привозныхъ рудахъ того же состава (Австраліи и Юж. Америки) и все же не безъ выгоды.

Вотъ производительность заводовъ за 1893 годъ.

Всего продуктовъ 45.000 тоннъ.

Въ томъ числѣ:

Серебра	95 tonnes
Свинца	20.000 „
Золота	954 kilo
<i>Bi</i>	2.101 „
<i>Zn</i>	1.706 D. C.
<i>FeSO₄</i>	6.571 „
Arsenikalien	10.839 „
<i>CuSO₄</i>	20.242 „
<i>H₂SO₄</i>	144.092 „
<i>Sn</i> , <i>Sb</i>	3.000 kilo
<i>Ni</i>	6.600 „

Не вдаваясь въ подробности этого сложнаго производства, которое меня интересовало только косвенно, я все же позволю себѣ дать схему этого производства,—которое даетъ какъ побочный продуктъ *Cu*, *Ni*, штейны и шпейзы.

Въ весьма разнообразныхъ печахъ—шахтные, полочныя и колошниковыя (смотри G. Lunge. Soda-Fabrikation)—происходитъ обжигъ рудъ на сѣру и мышьякъ. Эти элементы остаются послѣ обжига, смотря по надобности, остается отъ 2—8% *S* и *As*.

Длинные квадратныя трубы изъ дерева служатъ для осажденія *As* въ формѣ ангидридовъ. Сѣрнистый газъ, пройдя эти трубы, поступаетъ въ приборы для очистки отъ *As* мокрымъ путемъ, встрѣчая струю *H₂S* въ подогрѣтыхъ приборахъ съ паромъ, съ водой. *H₂S* добывается раствореніемъ штейновъ (смотри выше), очищенный сѣрнистый газъ идетъ въ свинцовыя камеры для приготовленія сѣрной кислоты. Попутно въ большомъ секретѣ готовится жидкая сѣрнистая кислота (работа, которую я въ послѣдствіи видалъ въ Рейнской провинціи около Дюссельдорфа) и твердый сѣрный ангидридъ. Очистка мышьяковистыхъ соединеній тоже не показывается.

Обожженные руды поступаютъ въ плавку въ обычныхъ усиленнаго размѣра вагранкахъ съ холоднымъ дутьемъ. Шихта сложная, изъ разныхъ рудъ и вторичныхъ шлаковъ, въ общемъ 5—8% сѣры въ шихтѣ.

Послѣ плавки получается три слоя: нижній содержитъ свинецъ, *Sn*, *Sb*, *Bi*, *Ag*, *Au*, *Zn*; средний *Ni*, *Cu* штейны и шпейзы и верхній—шлакъ, часто идущій въ переплавку (ведется контроль). Свинецъ цѣлымъ рядомъ окислительнаго плавленія въ газовыхъ пламенныхъ печахъ, весьма различной конструкціи, очищается постепеннымъ окисленіемъ отъ примѣсей въ такомъ порядкѣ: цинкъ, олово, сурьма, висмутъ.

Очищенный свинецъ идетъ въ многократную перекристаллизацию (способъ, обычный для обогащенія серебромъ одной части и очистки остальной массы свинца) для обогащенія серебромъ нижнихъ (не кристаллизующихся) частей свинца. Эта операція очень красива, ведется очень методично одновременно въ 10—15 бакахъ.

Обогащенный серебромъ свинецъ (*Ag* = 4%) расплавляется съ цинкомъ, цинкъ плаваетъ наверху и растворяетъ все серебро, свинецъ внизу лишенъ серебра, но содержитъ до 20% *Zn* и слѣды серебра въ немъ.

По застываніи слой откалывается. Слабая соляная кислота растворяетъ цинкъ, серебро остается нерастворимо. Серебро плавится и

очищается сѣрной кислотой отъ золота, приемъ вполне извѣстный. Хлористый цинкъ идетъ въ продажу.

Вернемся теперь къ *Cu*, *Ni*, штейнамъ и шпейзамъ, оставшимся отъ первой плавки на концентратъ.

Въ прежнее время заводы *Muldenhütte*, *Halsbrücke* обрабатывали эти штейны сами,—растворяя ихъ въ сѣрной кислотѣ и кристаллизуя ихъ въ купоросы. Первымъ кристаллизуется мѣдный купоросъ, а затѣмъ никкелевый, кристаллизацией же они и очищались.

Теперь эти штейны продаются заводами въ *Aue*, близъ Хемницъ,—гдѣ они и перерабатываются электролитически совместно со штейнами собственного производства. Штейны получаютъ состава 30 % *Cu*, 30—35% *Ni* и *Co*—остальное сѣра и немного мышьяка и желѣза.

Private Blaufarbenfabrik in Aue, близъ Хемницъ есть старинная фабрика, существующая 260 лѣтъ и работающая кобальтъ и главное кобальтовыми красками. Это производство кобальтовыхъ красокъ ведется ими въ величайшемъ секретѣ и едва-ли когда-либо туда проникалъ даже саксонецъ, не только иностранецъ. Проф. Винклеръ увѣрялъ меня, что и онъ тамъ никогда не былъ, хотя и числится консультантомъ Королевскихъ Саксонскихъ заводовъ. Какъ уже сказано, это предприятие частное. Не будучи такъ заинтересованъ кобальтомъ и его красками, а съ другой стороны, не смѣя нарушить столь священнаго обычая, я просилъ директора познакомить меня съ электролизомъ никкеля изъ штейновъ. Послѣ усиленныхъ просьбъ и вѣскихъ доказательствъ въ пользу преподаванія (я воспользовался своимъ титуломъ преподавателя химіи въ Уральскомъ Горномъ Училищѣ) старикъ директоръ рѣшился, наконецъ, быстро пройти со мной по этому отдѣлу и съ гораздо большей охотой предлагалъ мнѣ потомъ вино и пиво, нежели давалъ отвѣты на нѣкоторые, поставленные мною, вопросы.

Штейны, получаемые на мѣстѣ или привозные изъ *Muldenhütte*, предварительно тщательно обжигаются въ окислительномъ пламени газовыхъ печей Сименса для удаленія мышьяка и части сѣры. Послѣ этого штейны снова рафинируются въ конверторѣ, доведя содержаніе *Cu* + *Ni* до 85% и 10% сѣры. Штейны въ этомъ видѣ льются на аноды и электролизуются. Ванна сѣрно-кислая съ 8% свободной сѣрной кислоты подогрѣта до 60—70°. Сперва осаждается

мѣдь въ кислотѣ растворѣ при токъ до 2 вольтъ maximum и 75—100 амперъ на квадр. метръ поверхности электрода. Присутствіе сѣры и части желѣза не позволяетъ усилить плотность тока, въ ущербъ чистотѣ осажденія. Остатки анодовъ переплавляются вновь, выжигается излишекъ сѣры и льются аноды на никкель. Ванна сѣрно-кислая, строго нейтральная, подогрѣтая до 70°, токъ 3—4 вольтъ и 50—75 амперъ на квадр. метръ поверхности.

Никкель получается плотный, до 1см., и переплавки не требуетъ. На краяхъ катодовъ имѣются небольшія вздутія (отъ присутствія газовъ). Ванны соединенныя и жидкость циркулируетъ, для установленія однообразія состава и подогрѣва.

Заводъ пользуется рудами съ содержаніемъ 8—10 % *Co* и до 2—3% *Ni*. Металлургія *Co* окупаетъ полностью всю операцію такъ, что *Ni* остается имъ попутно почти даромъ. Безъ *Co* эти руды едва-ли выдержали бы добычу *Ni*.

Во Франкфуртъ я направился съ цѣлью посѣтить знаменитую въ Германіи *Gold und Silberscheide-Anstalt*.

Направляясь изъ Франкфурта въ Гамбургъ, я посѣтилъ въ Вестфаліи заводы *Fleitmann* и *Basse und Selve*.

Заводъ, бывшій *Fleitmann*, а теперь *Société „Le Nickel“* (о немъ выше), находится въ *Iserlohn*.

Въ прежнее время заводъ *Fleitmann* работалъ на Норвежскихъ колчеданахъ съ содержаніемъ *Ni* и *Co* 2—4%. Эта руда переплавлялась на коксѣ въ шахтныхъ печахъ съ 3 фурмами и дутьемъ упругостью 2см ртутнаго столба. Послѣ переплавки получались штейны содержаніемъ 30% *Co* и *Ni*. Этотъ штейнъ обогащался въ конверторѣ до 75—77% *Ni* и *Co* и обрабатывался мокрымъ путемъ. *Ni* изъ раствора осаждался известью и возстановливался углемъ.

Fleitmann былъ первый въ Германіи, который выработалъ способъ полученія ковкаго никкеля, такъ какъ извѣстно, что полученный обычнымъ путемъ *Ni* не ковокъ. Объясняли это присутствіемъ небольшой дозы окисей *Ni* и *Co*. *Fleitmann* вводитъ въ *Ni* до $\frac{1}{10}$ % *Mg*, который возстановливаетъ то и другое, давая прекрасный результатъ. Потомъ ужъ стали прибавлять вмѣсто магнія марганецъ или *Al*.

Заводъ *Fleitmann*'а перешелъ теперь въ руки общества „*Le Nickel*“ и работаетъ уже руды Новой Каледоніи. Главная его цѣль—полученіе ковкаго никкеля, сплавовъ и издѣлій изъ этихъ сплавовъ.

Basse und Selve in Altena перерабатывает частью Германскія и большей частью руды Новой Каледоніи.

Руда переплавляется съ гипсомъ и углемъ на штейны съ малымъ содержаніемъ желѣза (что весьма важно въ виду электролиза штейновъ). Эти штейны обогащаются въ конверторѣ или въ пламенной печи. Обогащенный штейнъ льется уже на аноды 75 см. въ квадратъ и 3 см. толщиной; 2 см. мѣдныя пластинки служатъ контактами съ проводомъ. Катодъ изъ никкелевой жести, толщиной въ $\frac{1}{4}$ м.м. Чтобы предохранить ихъ отъ искривленія и контакта, они вставляются въ деревянные рамы, которыя послѣ снимаются, какъ только сѣлъ плотный осадокъ Ni.

Ванны деревянные, покрытыя внутри толстымъ слоемъ резины. Размѣры 1,50 м. длины, ширины 0,90 м. и высоты 0,85 м. Въ ней 10 катодовъ и 11 анодовъ. Электролитъ—сѣрноокислая соль Ni въ амміачномъ растворѣ. Смѣшивается электролитъ при помощи вращающагося винта, вертикально въ каждой ваннѣ.

4 ванны осаждаютъ 20 kilo Ni въ сутки. Динамо въ 3 силы производить эту работу. Въ настоящій моментъ заводъ изготовляетъ въ общемъ тонну электролитическаго никкеля ежедневно.

Когда катоды достигаютъ толщины въ 1 см., ихъ вынимаютъ и замѣщаютъ новыми катодами, Ni полученный идетъ прямо въ продажу безъ переплавки.

Аноды, по мѣрѣ надобности, замѣняются новыми, и остатки переплавляются съ удаленіемъ излишка сѣры.

Отъ времени до времени растворы насыщаются желѣзнымъ купоросомъ, и тогда необходимо смѣнить ванну.

Желѣзо окисляется хлоромъ [или хлорной известью и осаждается, растворъ Ni отфильтровывается и идетъ снова въ дѣло.

Присутствіе желѣза въ штейнахъ свыше 2% очень затрудняетъ дѣло, а при 5% операція дѣлается невозможной.

Въ Гамбургѣ мнѣ пришлось узнать, что Nord-Deutsche Affinerie будто-бы Ni не готовитъ. Это общество занимается исключительно плавкой золото и серебро—содержащихъ рудъ, раффинировкой свинца и мѣди съ выдѣленіемъ благородныхъ металловъ. Хотя я и слышалъ это изъ устъ деректоровъ, но мнѣ кажется это сомнительнымъ. При всѣхъ усиліяхъ съ моей стороны мнѣ не удалось проникнуть въ заводъ этого общества,—неоспоримо одно изъ самыхъ грандіозныхъ

предпріятій въ этой области, и осмотръ его далъ бы мнѣ неоспоримо очень и очень много.

Фирма Рарре и С^о въ Гамбургѣ имѣетъ въ своемъ распоряженіи заводъ, который плавитъ окисленную никкелевую руду въ смѣси съ колчеданами и получаютъ бѣдные Ni штейны,—приблизительно въ 30% Ni. Эти штейны концентрации не подлежатъ, а растворяются въ хлорной мѣди ($CuCl_2$). При раствореніи мѣдь переходитъ изъ хлорнаго въ хлористое соединеніе. Раствореніе ведется при нагреваніи. Хлорная мѣдь растворяетъ Ag, Cu, Ni и очень мало растворяетъ Fe и As. На этой особенности растворенія и построены весь способъ.

Ni, перешедшій въ растворъ, осаждается известью. Окись никкеля, осажденная этимъ путемъ, смѣшивается съ древеснымъ углемъ, просушивается и восстанавливается въ электрическихъ печахъ. Расходъ энергіи таковъ: на 1 kilo металла приходится 1 kilo wt. часть, т. е. на 100 паровыхъ силъ $1\frac{1}{2}$ тонны въ сутки. Фирма Rarre Henneberg et C^o, выработали этотъ способъ совмѣстно съ фирмой Сименсъ и Гальске, которая и эксплуатируетъ совмѣстно этотъ способъ добычи никкеля. Никкель получается очень чистый.

Мнѣ кажется, что prix de revient этого способа все же кажется выше другихъ.

Теперь я приведу нѣкоторыя соображенія и цифры объ условіяхъ добычи никкеля на Уралѣ, представленныя мнѣ этой фирмой. Прежде всего онъ стоитъ за плавку на штейны, а не на никкелевый чугуны и вотъ почему:

1) Потребленіе топлива при плавкѣ на чугуны очень высоко, а отсюда и издержки высоки.

2) Онъ не допускаетъ возможности получить продуктъ, годный непосредственно для приготовленія стали, такъ какъ примѣси дѣлаютъ чугуны безъ раффинировки негоднымъ. Не вдаваясь сейчасъ въ подробный анализъ по этому вопросу, такъ какъ это заведетъ ужъ очень далеко, и надѣясь, что мнѣніе мое будетъ тщательно обосновано всѣми данными нашихъ опытовъ на Уралѣ и въ свое время, какъ заключеніе, будетъ представлено вниманію интересующихся, теперь же скажу, что я совершенно обратнаго мнѣнія.

Я думаю, на Уралѣ возможенъ только путь плавки на чугуны, какъ болѣе дешевый (въ общемъ) и вполне возможный при отсут-

ствіи вредныхъ примѣсей въ нашихъ рудахъ и топливѣ (*S*, *As*); при этихъ условіяхъ чугуны должны быть годны непосредственно для изготовленія *Ni* стали.

Что касается плавки на штейнѣ, то наши никкелевыя руды (2—3%), при низкомъ содержаніи, при нашей слабо развитой техникѣ, дороговизнѣ приборовъ и тока, не выдержатъ конкуренціи рудъ Новой Каледоніи и Канады. Сравнительныя цифры стоимости добычи руды я привожу ниже.

Вотъ примѣрный расчетъ фирмы Rare, Henneberg и С^о съ нашими рудами:

Содержаніе	2%.	5%.	8%.
1) Измельченіе и руда.	10,00 р.	12,00 р.	15,00 р.
2) Плавленіе, флюсы и топливо	6,40 „	6,90 „	7,75 „
3) Потребленіе энергіи	0,30 „	0,30 „	0,30 „
4) Отопленіе сушки зимой	0,50 „	0,50 „	0,58 „
5) Различное	0,40 „	0,45 „	0,55 „
Стоимость на тонну руды.	17,70 р.	20,50 р.	24,18 р.
Никкеля получится	15 kilo	45 kilo	75 kilo
Стоимость kilo никкеля	1,16 р.	0,45 р.	0,32 р.
Расходъ по окисленію и воз-			
становленію	0,23 „	0,23 „	0,23 „
Потеря въ работѣ	0,09 „	0,06 „	0,05 „
Общая стоимость никкеля	1,38 р.	0,75 р.	0,60 р.

Это при стоимости руды 15, 20 и 25 коп. пудъ (2, 5 и 8% *Ni*) и потерѣ въ шлакахъ 25%, 10% и 7% (2, 5 и 8% *Ni*).

- 1) Получаемъ, значить, для 2%
руды kilo 1 р. 48 к. — 3 фр. 92 сант.
- 2) Руда съ 5% kilo — „ 74 „ — 1 „ 96 „
- 3) „ „ 8% „ — „ 60 „ — 1 „ 59 „

Какъ извѣстно, стоимость никкеля во Франціи колеблется въ настоящее время 3 fr. 50 cent. до 4 fr. (въ мелкой продажѣ).

Обществу „Le Nickel“ руда обходится съ доставкой въ Гавръ 1,50 fr. при 1% *Ni* въ тоннѣ, т. е. при 10% рудѣ около 10 коп. пудъ,—почти въ 4 раза дешевле Уральской (20 коп. при 5% *Ni*).

Съ обработкой имъ никкель стоитъ 2,50—2,75 fr. kilo, т. е. при болѣе дешевой рудѣ заводская стоимость никкеля вышла все же на 20% выше нашего расчета.

Принимая въ расчетъ грандіозные размѣры дѣла „Le Nickel“,—надо считать расчетъ Rare и Henneberg мало сбыточнымъ.

Теперь остается еще сказать объ Allgemeine Electrometallurgische Gesellschaft въ Папенбургѣ (на сѣверной границѣ Голландіи); проѣхался я туда напрасно, такъ какъ осмотрѣть заводъ меня не допустили. По поводу этого общества въ специальной литературѣ (*Zeitschrift für Electrochemie*) поднималась не разъ полемика между инициаторомъ этого дѣла (со стороны технической) D-г Ноерфнер и D-г Данелъ, дающимъ отчеты въ журналѣ о размѣрахъ Германскаго производства путемъ тока.

Оспаривается существованіе этого завода, какъ *производителя*. Во всякомъ случаѣ опыты поставлены солидно, тянутся уже 3 года и фактически существуетъ большой заводъ и солидное общество. Но въ продажѣ ихъ продуктовъ найти дѣйствительно нельзя еще.

Вотъ способъ Ноерфнер, примѣняемый къ мѣднымъ и никкелевымъ рудамъ.

Руда обрабатывается непосредственно хлорной мѣдью, растворяющей *Ni* и *Сu*. Растворы подвергаются непосредственному электролизу. Осажденіе *Ni* токомъ въ этомъ случаѣ, какъ видно, ведется въ хлорномъ растворѣ, что вполне возможно и имѣетъ то преимущество, что на катодѣ не выделяется газъ, какъ въ сѣрнокислой ваннѣ, и это облегчаетъ возможность полученія плотнаго осадка *Ni*. Повидимому, слабымъ мѣстомъ процесса является выщелачиваніе металловъ изъ рудъ.

Покидая Германію, я побывалъ въ Аахенѣ, въ лабораторіяхъ проф. Классена и Борхерса. Этотъ осмотръ далъ мнѣ много новаго и интереснаго въ смыслѣ оборудованія электрохимическихъ работъ.

Проф. Борхерсъ обѣщаетъ въ текущемъ году выпустить книгу и свои изслѣдованія по электрометаллургіи никкеля; это будетъ, конечно, весьма цѣнное и интересное приобрѣтеніе по литературѣ никкеля. (Изданіе уже появилось: *Monographien über angewandte Electrochemie*, 1903).

Изъ Германіи я отправился въ Брюссель. Тамъ я работалъ въ Королевской библіотекѣ надъ литературой никкеля. Въ Бельгіи про-

изводства никкеля нѣтъ, если только не считать небольшія его количества, добываемыя въ цинковомъ заводѣ, попутно при этомъ производствѣ, въ обществѣ *Vielle Montagne* близъ Лиежа.

Франція съ ея Ново-Каледонскими рудами является крупнѣйшей производительницей никкеля, а потому и привлекла меня особенно сильно.

Въ Парижѣ я нашелъ три—четыре фирмы, которыя имѣли отношеніе къ никкелю, ихъ всѣ я и посѣтилъ.

Прежде всего скажу объ обществѣ „*Ferro-Nickel*“, *Rue de Louvois*, 10. Общество это располагаетъ заводомъ вблизи Парижа (въ 100 kil.). Туда отправился я въ сопровожденіи г-на директора завода *M-r Reymond*.

Директоръ правленія этого общества, *Mr-Marbeau*, былъ въ свое время вмѣстѣ съ г. *Garnier* организаторомъ перваго во Франціи общества „*Le Nickel*“, которое теперь перешло въ другія руки и является *единственнымъ во Франціи* и грандіознымъ предпріятіемъ по эксплуатаціи и переработкѣ Н. Каледонскихъ никкелевыхъ рудъ.

Общество *Ferro-Nickel* въ своемъ заводѣ пользуется покупнымъ никкелемъ и готовитъ изъ него ковкій никкель, сплавы никкеля съ желѣзомъ и съ мѣдью, для потребностей частной промышленности и военного вѣдомства.

Русское военное вѣдомство покупаетъ у нихъ сплавъ *Ni* съ *Cu* (25% на 75 %) для оболочекъ пуль.

Образцы этихъ сплавовъ—листовъ, проволоки и слитковъ—мнѣ любезно предложены дирекціей.

Для полученія ковкаго никкеля плавкой, которую я тамъ видѣлъ, они имѣютъ свой способъ, открытый раньше всѣхъ прочихъ.

Вотъ нѣкоторые ихъ рецепты плавокъ:

№ 1.	Мягкое желѣзо	100 kilo
	Марганецъ	1 „
	Красная кровян. соль	0,5 „
	<i>Al</i>	0,05 „
	<i>Ni</i>	5 „
№ 2.	Мягкое желѣзо	97 „
	<i>Ni</i>	3 „
	<i>Mn</i>	0,5 „

	Кр. кров. соль	0,5 kilo
	<i>Al</i>	0,05 „
№ 3.	Мягкое желѣзо	95 „
	<i>Ni</i>	5 „
	<i>Mn</i>	0,45 „
	<i>C</i>	0,45 „
	<i>Al</i>	0,05 „
№ 4.	Мягкое желѣзо	75 „
	<i>Ni</i>	25 „
	<i>Mn</i>	1 „
	<i>C</i>	0,5 „
	<i>Al</i>	0,05 „

Этотъ сплавъ характеренъ тѣмъ, что абсолютно немагнитенъ, въ противоположность всѣмъ другимъ сплавамъ желѣза и *Ni* (*Ni* 25% и *Fe* 75%). Этотъ сплавъ идетъ въ динамо, на части, требующія *maxim.* сопротивленія току.

Для полученія ковкаго чистаго *Ni* идетъ тоже шихта, но безъ участія желѣза.

Société française de metallurgie hydroélectrique. R. Lafayeffe, 174. Незначительный заводъ, работающій главнымъ образомъ въ цѣляхъ гальванопластики. Осаждаетъ *Ni, Cu, Au* и *Ag*.

Имѣютъ свой способъ осажденія цинка на желѣзѣ (гальванизация мокрымъ путемъ). Ничего особенно своеобразнаго мною не встрѣчено.

Maison Christoffle, Rue Bondy, 56. Эта фирма имѣетъ металлургическій заводъ въ *St. Denis*, этотъ заводъ обслуживаетъ металлами и сплавами Парижскій заводъ той же фирмы.

Въ Парижѣ и въ Европѣ это лучшая фирма изящныхъ издѣлій хозяйства, какъ *Ar.* Крупнѣ въ Германіи.

Работы литыя, штампованныя или гальванопластическія. Есть и способы комбинацій этихъ работъ. Работаютъ вещи изъ серебра, золота и сплава никкеля съ серебромъ же, съ мѣдью или цинкомъ.

Никкелированіе и гальванопластика никкеля ведется въ сѣрно-кислыхъ ваннахъ, золото и серебро осаждается въ ціанистыхъ растворахъ. Мѣдь—въ сѣрнокислой ваннѣ.

Аноды свинцовые съ кристаллами *Cu SO₄*. Очистка вещей изъ сплавовъ чудно ведется въ нѣсколько секундъ сперва въ горячемъ

растворѣ щелочи, потомъ въ азотной кислотѣ. Требуется большой навыкъ, чтобы не вызвать раствореніемъ искаженіе рисунка.

Въ заводѣ въ St. Denis близъ Парижа, какъ сказано, готовятъ сплавъ. Работаютъ теперь на покупныхъ, весьма чистыхъ металлахъ (электролитическихъ), Ni идетъ отъ Basse und Selve. Не такъ еще давно этой фирмѣ было выгодно работать Ni самимъ. Они работали 2 путями. Вся руда (8% Ni) плавилась съ гипсомъ и известью въ вагранкахъ (6 м. высоты) на матты. Плавка велась на коксѣ. 10 тоннъ въ день. Ремонтъ печи еженедѣльно. Шлакъ имѣетъ 0,5% Ni матты, 20% Fe и 60% Ni .

Желѣзо удалялось плавками съ известью и кварцемъ (въ печахъ Бишеру). Послѣ первой плавки желѣза остается 3—4%, послѣ второй теряется все желѣзо. Прокаливаніемъ Ni окислялся и становился съ углемъ въ формѣ кубиковъ.

Второй путь состоялъ въ раствореніи матты соляной кислотой, выдѣляющийся сѣроводородъ шелъ на осажденіе мѣди (обработка никкелево-мѣдныхъ колчедановъ), Ni осаждался известью, желѣзо—мѣломъ послѣ окисленія хлорной известью. Окись Ni возстановливалась обычнымъ путемъ съ углемъ.

Паденіе рыночныхъ цѣнъ на Ni остановило это производство, а чистота продажнаго Ni стала столь высока, что фирма Христофль перешла на покупку Ni .

Compagnie française des métaux. Rue Volney, 10. Крупное предприятие по изготовленію электролитической мѣди. Ni готовятъ только въ сплавахъ. Заводовъ не посѣщалъ.

Общество „*Le Nickel*“, *Rue Lafitte, 26.* Предприятие съ капиталомъ въ 10.000.000 фр. съ четырьмя заводами: Гавръ (Франція), Киркинкаллокъ (Шотландія), Бирмингамъ (Англія), Изерлонъ (Вестфалія) и рудныя мѣсторожденія въ Новой Каледоніи. Общество это теперь въ рукахъ Ротшильда. Производительность свыше 4000 тоннъ. Персоналъ въ Н. Каледоніи 1680 челов., въ Европѣ 700 человѣкъ.

Чистота изготавливаемого никкеля: 99,5% (Ni и Co).

Я посѣтилъ ихъ заводъ въ Гаврѣ.

Чтобы лучше освѣтить это дѣло, я дамъ вкратцѣ его исторію, которая непосредственно связана съ исторіей открытія никкелевыхъ рудъ въ Новой Каледоніи.

Въ 1863 — 1867 годахъ правительство Франціи командировало

Горн. Инжен. J. Garnier обследовать свою колонію Н. Каледонія съ точки зрѣнія минеральныхъ богатствъ. Производя свои развѣдки, Гарнье очень скоро обратилъ свое вниманіе на зеленоватыя скалы на западѣ и юго-западѣ этого острова. Убѣдившись, что окрашивание даетъ не мѣдь, не хромъ, не желѣзо, онъ сталъ думать о никкелѣ. Образцы, имъ взятые, были обследованы въ Европѣ, оказался Ni . Профессоръ минералогъ Дана опредѣлилъ составъ, какъ кремнекисло-магнезiальное соединеніе Ni и далъ минералу названіе Гарньеритъ въ честь Гарнье (MgO, NiO) $SiO_2 + H_2O$.

Средній составъ руды Новой Каледоніи таковъ:

SiO_2		45 до 50%
Fe		16 „ 14 „
Ni		7 „ 8 „
MgO		12 „ 10 „
Al_2O_3		3 „ 5 „
Потеря		16 „ 14 „
		100 100%

Вскорѣ послѣ открытія, Гарнье вмѣстѣ съ Марбо составилъ общество для эксплуатаціи Ni . Были поставлены 2 полудомны на островѣ близъ Нумеа, пламенные печи и конверторы.

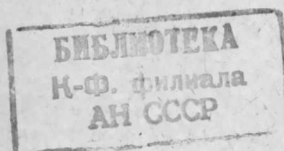
Уподобляя металлургію Ni желѣзу, Гарнье хотѣлъ порвать связь со старыми приѣмами добычи Ni изъ сѣрнистыхъ соединеній (плавка на матты). Онъ рѣшилъ возстановить Ni сразу углемъ и флюсами, а съ цѣлью задержать возстановленіе желѣза, далъ домнѣ ниже профиль и сократилъ дозу кокса на рудную колошу. Первый выпускъ торжественно состоялся въ Нумеа 10 дек. 1877 г. въ присутствіи губернатора острова. Такъ создавалась тамъ впервые промышленность.

Чугунъ былъ полученъ успѣшно, состава 65—70% Ni . Я имѣю удовольствіе обладать образцомъ этого чугуна и руды, изъ которой онъ плавился.

На этомъ и кончился успѣхъ Гарнье. Въ то время еще не знали никкелевой стали и требовался чистый Ni .

Хотя никкелевый чугунъ давалъ сразу большую концентрацію Ni , но отдѣлить желѣзо отъ Ni было дѣломъ не легкимъ. Послѣ

6061



долгихъ усилій это удалось при помощи конвертора, дутья, песку и большихъ расходовъ.

Но гдѣ пришлось остановиться, такъ это передъ удаленіемъ сѣры изъ чугуна. Сѣра туда попадала частью изъ руды (0,2—0,1%), а главное изъ кокса. Ее бывало отъ 1,50 до 3%.

Сѣра такъ прочно соединялась съ Ni , что удалить ее можно было только за счетъ большой потери въ Ni съ шлакомъ.

Принимая во вниманіе дороговизну работъ въ Нумеа, дѣло пришлось оставить.

Коксъ привозился изъ Австраліи (угля въ Н. Каледоніи нѣтъ), рабочія руки—частью арестанты, низкая производительность которыхъ извѣстна, и за недостаткомъ ихъ рабочіе выписывались изъ Европы и Австраліи. Всѣ машины и матеріалы покупались въ Европѣ.

Гарнье и Марбо продали свои акціи; Ротшильдъ ихъ купилъ и поставилъ это дѣло въ Европѣ (Гавръ) и къ 1880 году выпустилъ 400 тоннъ чистаго металла, а въ 1900 г. уже 4.000 тоннъ, т. е. въ 10 разъ больше.

Еще Гарнье сталъ работать Ni по старымъ способамъ съ плавкой на штейны. Всѣ эти патенты были скуплены, разработаны и теперь работа ведется такъ.

Для плавки руды употребляются такъ назыв. Water-Jackets, это родъ вагранокъ съ сильнымъ дутьемъ въ 12—14 фурмъ, стѣнки охлаждаются водой. Размѣрами они даже меньше обычной вагранки, но производительность ихъ громадна, 25—30 tonnes легко переплавляются маленькой Waterjackets. Руда плавится на коксѣ, которой 20% въ шихтѣ. Флюсомъ служить отбросъ производства сѣры (грязная Na_2SO_4); этотъ флюсъ имѣетъ то преимущество, что вводя сѣру, даетъ жидкій шлакъ, даетъ возможность меньше взять флюсу и меньше дать шлаку.

Матты (штейны) получаютъ съ содержаніемъ 50—55% Ni , 25—30% Fe и 16—17% S , что необходимо для хрупкости штейновъ и легкости ихъ измельченія.

За неимѣніемъ Na_2SO_4 флюсомъ идетъ гипсъ, но колчеданы избѣгаются, дабы не вводить напрасно желѣзо.

Рафинировка штейновъ была долгое время вопросомъ труднымъ; производя рафинировку въ конверторѣ при сильномъ дутьѣ, легко убѣждались, что съ послѣдними дозами желѣза все больше и больше

шло въ шлакъ Ni . Нижніе слои рафинировались быстрѣе, теряя свое желѣзо и сѣру, и начинали стынуть тогда, когда верхніе, будучи менѣе плотны, плавали всегда на верху, оставаясь еще не рафинированными.

Вотъ примѣры этой операціи:

Матты поступали въ конверторъ съ содержаніемъ 50% Ni , 30% Fe , 18% S .

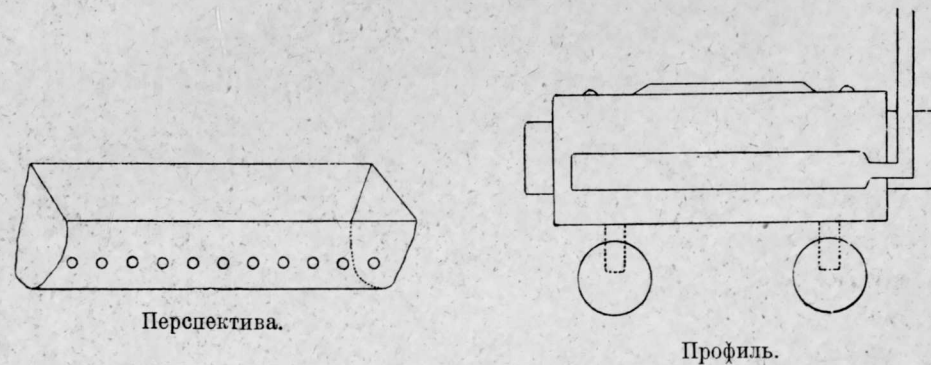
Послѣ 5 минутъ сильнаго дутья—въ маттѣ Fe 15%, Ni въ шлакѣ 1,56%.

Послѣ 10 минутъ дутья—въ маттѣ Fe 5%, Ni въ шлакѣ 3%.

Послѣ 15 минутъ дутья—въ маттѣ Fe 1,2%, Ni въ шлакѣ 10,05.

При полномъ удаленіи желѣза изъ маттъ содержаніе Ni въ шлакахъ достигло 14—15%.

Это происходило отчасти отъ того, что дутье взбивало жидкость и корольки Ni запутывались въ густомъ шлакѣ. Этотъ ходъ



надо было улучшить и измѣнить, шлаки изъ конвертора шли, конечно, въ переплавку съ рудой, но все это потерянное топливо.

Измѣненіе конвертора по системѣ „Manhes“ и дутье паромъ рѣшительно измѣнило картину рафинировки. Конверторъ Manhes рассчитанъ на тонну маттъ со шлакомъ. Онъ поставленъ на телѣжку и легко передвигается для приѣмки жидкой массы изъ Water-Jackets и для отдачи рафинированныхъ штейновъ.

Онъ цилиндрической формы, лежитъ горизонтально на своей оси. Верхняя часть цилиндра срубана и открыта и служитъ для приѣма и отдачи расплавленной массы. Отверстія для дутья распо-

ложены вдоль оси въ нижней части цилиндра, соединены общей трубой и связаны съ воздухоудувкой эластичной трубой (обвитой сталью); въ ряду съ отверстиями для воздуха есть отверстия для вдуванія перегрѣтаго пара. Вращеніемъ вокругъ своей оси, достигается то, что дутье можетъ пройти или черезъ весь слой расплавленного металла или же черезъ часть его.

Раффинировка начинается такъ, что дутье идетъ черезъ весь слой массы въ началѣ и постепенно приближается къ поверхности, гдѣ и кончается раффинировка.

Процессъ совершается такъ:

1) Дутье съ упругостью 4 mm ртуті 5 мин.

2) „ „ паромъ въ 200° 2 мин.

наклоняють конверторъ и сливають шлакъ.

3) Дутье съ присыпкой мелкаго кварца 7 мин.

Получаются матты:

Ni	95%
S	5%
Fe	слѣды.

Ni въ шлакъ попадаетъ до 5%.

Конверторскія раффинированныя матты подвергаются обжигу до полного удаленія сѣры. Съ этой цѣлью онѣ дробятся и обжигаются въ пламенныхъ печахъ окислительнымъ пламенемъ, при умѣренной температурѣ. Эта печь точно также, какъ и печь для возстановленія (муфельная) описана подробно (Annales des Mines. David Levat, 1892, Févriér), тамъ же и подробный чертежъ ихъ; поэтому я не останавлиюсь на нихъ, тѣмъ болѣе, что онѣ ничего новаго изъ себя не представляютъ, это обычный типъ печей.

Окись Ni смѣшивается съ мелкимъ древеснымъ углемъ, связывается гудрономъ,—прессуется въ цилиндры или кирпичи. Потомъ имъ предстоитъ постепенная и тщательная просушка. Наконецъ, возстановленіе въ муфельной печи. Возстановленіе Ni легко идетъ при температурѣ 500—600°, а поэтому ее не поднимають выше 700—800°, плавленія Ni надо избѣгать. Въ печи Ni находится 24 часа.

Чтобы придать никкелю плотность и прочность онъ прокаливается въ новой печи въ теченіи 4 часовъ при температурѣ 1100—

1200°, т. е. температурѣ, при которой онъ уже размягчается, а не плавится, это ему даетъ прочность и металлическій блескъ.

Какъ уже сказано выше, руда обществу „Le Nickel“ съ доставкой въ Гавръ обходится 1,50 fr. при 1% Ni въ тоннѣ или около 1 коп. 1% Ni съ пуда, т. е. 8—10 коп. съ пуда. Заводская стоимость Ni равна 2.50—2.75 fr. kilo продается же онъ для мелкаго дѣла въ цилиндрахъ по 4 fr. kilo и для стального дѣла въ кирпичахъ 3 fr. 50 c. kilo или же около 23 рублей пудъ Ni.

Заканчивая теперь свой докладъ, я позволю себѣ дать краткій очеркъ производства Ni въ Канадѣ, Англіи и Норвегіи и статистику потребленія, дабы этимъ путемъ полнѣе исчерпать вопросъ.

Эти свѣдѣнія взяты мною изъ литературы, такъ какъ этихъ странъ я не посѣщалъ.

Съ открытіемъ въ Канадѣ желѣзной дороги тамъ стала возможной эксплуатація богатыхъ залежей мѣдно - никкелевыхъ колчедановъ съ содержаніемъ золота и платины. Это было 1892 г.; съ этого времени начинается быстро ростъ производство мѣди и никкеля на берегахъ Высокаго озера близъ Sudbury. Въ 2—3 года производство достигло такихъ размѣровъ, что на долю Канады стала падать половина міровой производительности никкеля.

Первые заводы въ Канадѣ были установлены тѣмъ же Гарнье и способы были тѣ-же, если не считать только болѣе интенсивную производительность, громадность предпріятій и высшую технику, столь свойственную Америкѣ.

Въ началѣ Америка посылала въ Европу штейны,—ну а затѣмъ и сама взялась за ихъ раффинировку и добычу никкеля.

Особенность Америки состоитъ въ томъ, что матты тамъ получаютъ пополамъ съ мѣдью, т. е. около 40% Ni и столько же мѣди.

Сперва эти штейны перерабатывались какъ на Ni и получался такимъ образомъ сплавъ 50% и 50% Cu, но такъ какъ сбытъ этому продукту ограниченъ, то пришлось подумать объ отдѣленіи Ni отъ Cu.

Это отдѣленіе производится различными путями:

1) Матты растворялись въ кислотахъ, выделяющійся H₂S шелъ на осажденіе Cu изъ раствора, Ni осаждался въ окись (известью) и возстановлялся или же Ni осаждался электролизомъ.

2) Обогащенные штейны из конвертора подвергались электролизу сперва на мѣдь, потомъ на Ni .

3) Обогащенные штейны сплавлялись съ углемъ и сѣрно-кислымъ натромъ. Cu растворяется въ Na_2S и плаваетъ вверху, сѣрнистый Ni внизу.

Рядъ этихъ операций отдѣлялъ Ni отъ Cu и ихъ обработка врозь велась обычнымъ путемъ.

4) Въ большинствѣ этихъ случаевъ получался „сырой“ никкель, т. е. съ содержаніемъ Ni до 95%, и этотъ сырой никкель рафинировался токомъ въ сѣрной кислотѣ или же ціанистой ваннѣ. Въ Англіи года два тому назадъ устроенъ заводъ въ Бирмингамѣ для эксплуатаціи Ni по способу Moond, на 1.000 kilo въ сутки.

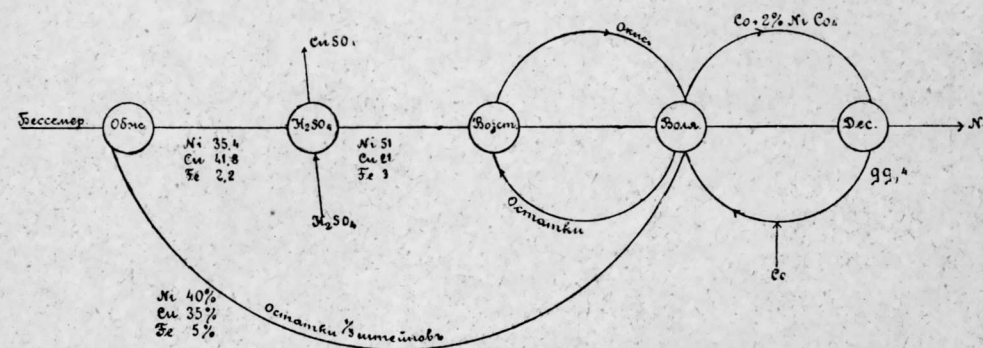
Этотъ въ высшей степени остроумный способъ надѣлалъ много шуму въ литературѣ, — но кажется, до сихъ поръ ни на шагъ не двинулъ техники.

Есть подробныя описанія реакцій, приборовъ, есть даже подробныя чертежи всего завода, но нѣтъ пока еще въ продажѣ ихъ никкеля.

Реакція Моонда открыта уже лѣтъ 8—10 имъ, — но повидимому, что красиво въ лабораторіи, не всегда удастся въ технику. Вотъ сущность процесса. Бессемеровскіе мѣдно-никкелевые штейны изъ Канады подвергаются обжигу, послѣ обжига, выщелачиваютъ сѣрной кислотой большую часть мѣди и мѣдный купоросъ продается. Остатки подвергаются *возстановленію* „водянымъ газомъ“ (H , CO) при 350—400°, — возстановленный продуктъ поступаетъ въ приборъ, (volatilisateur), гдѣ при подогрѣвѣ онъ встрѣчаетъ газъ; CO и Ni , вступая въ соединеніе съ окисью углерода, даютъ при 150° летучее соединеніе Nickel Carbonyl ($Ni(CO)_4$); не забудемъ, что при 70° и желѣзо даетъ съ окисью углерода летучее соединеніе (ferreux Carbonyl), поэтому изъ боязни примѣшать желѣзо надо держать низкую температуру при возстановленіи, такъ какъ желѣзо возстановливается много труднѣе Ni , — а не будучи возстановлено, оно не дастъ летучаго соединенія. Ni Carbonyl поступаетъ въ приборъ для разложенія (décomposeur), это дѣлается нагрѣваніемъ до 300°, CO возстановливается и идетъ въ кругооборотъ.

Конечно, эти процессы не сразу совершаются и руда циркулируетъ между возстановителемъ и волятилизаторомъ отъ 7—15 дней

и все же CO извлечь Ni болѣе 80% не можетъ. Вотъ схематическое изображеніе процесса:



Nickel получается съ содержаніемъ Ni 99,4—99,8%, т. е. высшего качества.

Способъ Bjerkmann, примѣнявшійся къ рудамъ Норвегіи (колчеданы съ 2—3% Ni), теперь заброшенъ, такъ какъ Норвегія прекратила добычу рудъ, за невозможностью конкурировать.

Способъ состоитъ въ слѣдующемъ: колчеданы обжигаются въ теченіе 16 часовъ и переводятся въ сѣрно-кислые соли. Желѣзо окислено и частью разложилось на окись и SO_3 .

Выщелачиваніемъ 2% кислотой извлекаютъ Ni , Cu и Fe , желѣзо осаждается мѣломъ, мѣдь сѣроводородомъ, а Ni сырой содой. Окись никкеля возстановливается углемъ.

На этомъ можно и закончить описаніе наиболѣе выдающихся способовъ.

Перейдемъ къ статистикѣ мірового производства никкеля.

1840—1860		100—250	тоннъ.
1861—1863		250—300	„
1869—1873		500	„
1874—1876		600	„
1877—1881		700	„
1882—1887		1.100	„

(открытіе рудъ въ Н. Каледоніи).

1888		1.250	„
1889		1.500	„

(открытие рудъ въ Канадѣ).

1890	2.000	тоннѣ.
1891	4.000	„
1892	5.500	„

Вотъ цифры по странамъ:

	1889.	1890.	1891.	1892.	1893.	1894.
Н. Каледонія . . .	8.400	19.700	19.700	84.000	69.000	61.000
Пруссія	17	33	185	530	650	1.340
Венгрія	176	170	116	116	340	340
Норвегія	19.300	6.240	6.020	8.180	13.000	7.000
Испанія	—	—	—	—	1.200	1.200
Канада	—	1.050	—	—	—	—

Вотъ цифры добычи Ni по странамъ:

	1889.	1890.	1891.	1892.	1893.	1895.	1896.	1897.
Франція	330	330	330	1.244	2.045	1.545	1.950	2.600
Пруссія	202	434	594	747	893	522	822	—
Норвегія	132	66	12	70	90	97	20	—
Соед. Штат.	—	—	101	43	22	—	—	—
Канада	—	—	600	2.100	2.750	1.800	1.700	1.800

Вотъ цифры паденія цѣнъ на Ni въ Парижѣ.

1860 г.	240 р. пудъ.	
1870 „	200 „ „	
1874 „	180 „ „	
1876 „	80 „ „	(Н. Каледонія).
1881 „	52 „ „	
1890 „	50 „ „	
1892 „	40 „ „	(Канада).
1902 „	23 „ „	

Въ 1901 производство Ni достигло 10.000 тоннѣ.

Канада	5.000 т.
Франція	4.000 „
Германія	1.000 „

Что касается роста производства Ni, начиная съ 1891 г. то это объясняется тѣмъ, что съ открытіемъ Ni въ Канадѣ, стальные заводы стали уже безъ опаски производить опыты надъ Ni сталью, не боясь истощенія рудъ. Въ 1892 г. въ Америкѣ (Anapolis) опыты съ никкелевыми бронями и съ снарядами дали прекрасные результаты (работа зав. Cresot). Съ этого момента Ni сталь торжествуетъ и ея производство растетъ.

Вотъ цифры, показывающія преимущество Ni стали:

Ni 3—4% въ стали при одномъ и томъ же удлинении даетъ сопротивленіе разрыву на 30% выше обычной стали и на 75% выше упругость.

Вотъ цифры, относящіяся къ потерѣ вѣса различныхъ сортовъ стали въ водѣ и парѣ:

Ni сталь	1% потеря въ водѣ	0.27% въ парѣ.
Бессемеръ	1.81% съ 2% соли	0.58% при 100° С.
Мартенъ	1.79% кипѣла 3 мѣсяца	0.31% 2 мѣсяца.
„	2.00% „ „ „	0.36% „ „

Слѣдуетъ прибавить къ тому же еще преимущества Ni стали: къ ней не пристають морскія раковины и этимъ значительно увеличивается скорость движенія боевыхъ судовъ, а высшія свойства Ni стали даютъ возможность экономить матеріалъ и дѣлать суда много легче.

ГЛАВА II.

Исторія попытокъ полученія никкеля на Уралѣ.

Странная судьба постигаетъ нерѣдко русскія открытія и попытки. Имѣя въ настоящее время передъ собой документы, обрисовывающіе исторію Уральскаго никкеля,—невольно удивляешься тому, что такая масса затраченныхъ средствъ и человѣческихъ усилій пропала почти безрезультатно. Никкелевыя руды открыты чуть-ли не впервые на Уралѣ, въ 20-хъ годахъ прошлаго столѣтія;—это открытіе остается безъ эксплуатаціи вплоть до 50-хъ годовъ, когда наконецъ, при энергичномъ участіи владѣльца П. А. Демидова въ сотрудничествѣ съ Горнымъ Инженеромъ Даниловымъ,—руда эта была подвергнута изслѣдованію, научному опредѣленію и плавкѣ. 3—4 года пылкой работы совершенно исчерпываютъ вопросъ и онъ

снова забывается до середины семидесятых годовъ, когда новый владѣлецъ Ревды Григорій Маркіановичъ Пермикинъ при содѣйствіи лучшихъ химиковъ того времени, вновь поднимаетъ забытый вопросъ о никкелѣ,—напрягаетъ вновь усилія, тратитъ громадныя средства. Этотъ періодъ работы можетъ считаться, пожалуй, наиболѣе плодотворнымъ, принимая въ особенности во вниманіе тяжелыя условія производства того времени; тѣмъ не менѣе и этотъ періодъ черезъ 7—8 лѣтъ работы заканчивается и о никкелѣ снова забываютъ. Нельзя пожалуй сказать, чтобы этотъ вопросъ въ Ревдѣ „забывался“,—въ полномъ смыслѣ этого слова—нѣтъ, но совершавшаяся мелкая работа изслѣдованій надъ никкелемъ носила почти исключительно лабораторный и дилетантскій характеръ. Отсутствіе матеріальныхъ средствъ, хорошихъ литературныхъ указаній и наконецъ, частая смѣна заводскаго персонала, взятая вмѣстѣ съ отсутствіемъ у владѣльцевъ настойчиваго и прочнаго плана работъ,—все это отражалось на ходѣ опытовъ и неизбежно должно было привести къ неудачѣ.

Тѣмъ не менѣе вопросъ этотъ для Ревды былъ не только интересенъ въ научномъ отношеніи, но пожалуй даже необходимъ въ чисто-матеріальныхъ соображеніяхъ. Такимъ образомъ оказывается, что черезъ Ревду ни одинъ служащій не могъ пройти безъ того, чтобы не приложить свои руки къ этому общему для Ревды дѣлу.

Ко времени конкурснаго управленія заводами, т. е. къ 90-мъ годамъ, постановкой никкелеваго дѣла въ Ревдѣ стало усиленно интересоваться уже и Правительство, тогда какъ раньше оно было совершенно безучастно къ нему.

Итакъ 1890—1892 годы снова оживляются усиливающимся интересомъ къ никкелевому производству, снова совершаются изысканія рудъ, опыты плавки, раффинировки никкеля. Ниже я постараюсь съ цифрами въ рукахъ обрисовать болѣе подробно всѣ эти періоды увлеченія никкелемъ и въ заключеніе дать описаніе опытовъ, произведенныхъ въ послѣдніе годы, т. е. 1900—1902,—уже исключительно по инициативѣ правительства и личномъ давленіи Главнаго Начальника Павла Петровича Боклевскаго.

Беру на себя смѣлость дать хотя-бы и сжатый очеркъ исторіи никкеля въ Ревдѣ и это я дѣлаю по многимъ причинамъ. Прежде всего опыты послѣднихъ лѣтъ стоятъ въ тѣсной связи и даже вытекаютъ непосредственно изъ прежнихъ попытокъ; во вторыхъ, прежніе опыты столь поучительны, какъ по характеру ихъ исполненія,

такъ, конечно, и по результатамъ, что умолчать о нихъ не приходится,—и наконецъ, изъ имѣющихся у меня въ рукахъ архивныхъ данныхъ видно, что многіе близко стоявшіе къ дѣламъ Ревды собирались дать исторію никкеля, но, по причинамъ мнѣ неизвѣстнымъ, этого сдѣлать имъ до сихъ поръ не удалось.

Итакъ, имѣя лично прикосновеніе къ этому дѣлу за послѣдніе три года—спеціально знакомясь съ вопросомъ о металлургіи никкеля въ западной Европѣ, а также располагая архивомъ Ревдинскихъ заводовъ (по крайней мѣрѣ той частью, которая сохранилась послѣ пожара) и архивомъ Горнаго Управленія, я считаю полезнымъ ознакомить читателей съ исторіей этихъ опытовъ,—тѣмъ болѣе, что „Горный Журналъ“, печатая статью Савинскаго о никкелѣ (1899 г. т. II), выражаетъ сожалѣніе объ отсутствіи въ журналахъ свѣдѣній объ Уральскомъ никкелѣ; то-же самое пожеланіе высказываетъ „Уральское Горное Обзорѣніе“, печатая статью Криночкина (1900 г. № 41).

Возвращаясь теперь къ исторіи открытія на Уралѣ никкелевой руды въ Ревдинскомъ горномъ округѣ, приходится, къ сожалѣнію, замѣтить, что къ этому наиболѣе раннему періоду относятся очень немногіе документы.

Правда, это отчасти выполняется трудами Данилова, Антипова, Барботъ де Марни, Германа, Гроддекъ, Фулона и другихъ геологовъ, —перечень этихъ трудовъ данъ академикомъ А. Карпинскимъ въ его обстоятельномъ трудѣ о никкелевыхъ мѣсторожденіяхъ на Уралѣ („Горный Журналъ“, 1891 г., т. IV, стр. 52).

Большинство этихъ указаній чисто геологическаго характера, а такъ какъ я претендую на описаніе попытокъ только въ области металлургіи никкеля,—то приходится неизбежно искать указаній въ отрывочныхъ архивныхъ данныхъ.

Въ числѣ наиболѣе интересныхъ документовъ, относящихся къ раннему періоду, а именно къ 1865 году, когда былъ произведенъ отводъ рудника, имѣется въ моихъ рукахъ небольшая рукопись, писанная рукой управляющаго Ревдинскими заводами инж. технолога В. Ф. Грасманъ.

Эта рукопись такъ интересна, что я приведу ее цѣликомъ:

„Мѣстороженіе этой руды отъ Ревдинскаго завода въ 7 верстахъ на Юго-Востокъ, по близости горы Змѣевой, на возвышеніи; къ этой мѣстности прилегаютъ: съ Южной стороны рѣчка Ельчевка въ разстояніи 2 верстъ, съ Сѣверо-Востока сплавная рѣчка Чусовая

въ $2\frac{1}{2}$ верстахъ и съ Запада—Ревдинскій заводъ. Мѣстность эта, по словамъ сторожиковъ, извѣстна болѣе 50 лѣтъ и, въ продолженіи полувѣка, руда эта была принята за недоброкачественную мѣдную руду; но въ 1855 году, по пріѣздѣ заводовладѣльца Петра Алексѣевича Демидова, руда эта приняла собственное ей назначеніе; просвѣщенный его взглядъ призналъ негодную мѣдную руду—за другую руду и другой металлъ и Екатеринбургская химическая лабораторія утвердила это признаніе неоднократными лабораторными опытами, получая химически-чистый никкель и отдѣльно химически-чистый кобальтъ; съ начала разработки этого мѣсторожденія добыто 7.000 пудовъ руды изъ разрѣза (ямы) шириною въ 3 саж., длиною въ 5 саж. и глубиною въ 2 сажени, и двухъ шахтъ: одна въ серединѣ разрѣза, глубиной до 4-хъ сажень, другая на Сѣверо-Востокъ разстояніемъ отъ первой въ 15-ти саженьхъ, глубиною 9 саж.; въ разрѣзѣ и обѣихъ шахтахъ встрѣчено нѣсколько прослоевъ ископаемой руды, гдѣ одинъ пластъ доходилъ до 18 англійскихъ дюймовъ толщины, простираніе жилъ руды никкеля извѣдано малыми шурфами на пространствѣ до 500 кв. саж., руда встрѣчена почти съ самой поверхности и все говоритъ въ пользу большого простиранія ея и сухой добычи; также имѣетъ всѣ условія выгодъ—относительно производства работъ и доставки, ибо Ревдинскій заводъ имѣетъ до 5.000 ревизскихъ душъ рабочаго класса, а сплавъ въ судахъ начинается отъ рудника въ $2\frac{1}{2}$ верстахъ.

Для точнаго опредѣленія процентнаго содержанія никкеля, кобальта и другихъ сопровождающихъ металловъ въ этой никкелевой рудѣ, представляется два пуда самой руды, взятой изъ массы смѣшенія 7.000 пудовъ; причемъ должно замѣтить, что проба эта будетъ въ процентномъ содержаніи наименьшая, ибо при незнаніи руды,—отличить трудно отъ пустой породы подходящаго цвѣта—заставили рабочихъ вести на отвалъ чистую руду, а также часть пустой породы принять за настоящую; тѣмъ болѣе, что каждый работникъ работалъ урокомъ и хлопоталъ болѣе о количествѣ, нежели о качествѣ; и штейгеръ былъ не штейгеръ горныхъ работъ, а кричный мастеръ, но тутъ вовлекся-бы въ ошибку и лучший штейгеръ; такъ какъ мѣсторожденіе никкеля найдено здѣсь въ первый разъ во всей Россіи; и дѣйствительно, трудно намъ не химикамъ безъ своей лабораторіи знать, какая это никкелевая руда: красный никкелевый-ли колчеданъ (никкелинъ, купферниккель)—такъ какъ сильная примѣсь

краснаго цвѣта, никкелево-ли мышьяковый колчеданъ (гердорфритъ) никкелево-сурьмяный-ли колчеданъ (ульманитъ), или висмута-никкелевый колчеданъ (сопнитъ), который здѣсь долженъ быть господствующій, судя по синевато-бѣлому цвѣту и мельчайшей кристаллизаци (изслѣдованный мною микроскопомъ); этотъ видъ встрѣчается въ Вестфаліи. Опыты на добычу чистаго никкеля въ заводѣ, судя по полученнымъ образцамъ,—не совершенны, а полученный продуктъ составляетъ смѣсь всѣхъ своихъ спутниковъ, ибо чистый металлъ никкель цвѣтомъ бѣлосеребристый и тягучъ до вытягиванія проволоки.

Нашъ-же никкель полученъ при плавкѣ въ вагранкѣ, когда плавка его должна производиться въ отражательныхъ печахъ, въ смѣси съ частью извести и плавиковымъ шпатомъ; полученный продуктъ размельчаютъ,—опять перекаливаютъ, потомъ уже химическимъ процессомъ, получается чистый никкель. Такимъ образомъ, требуется полное правильное производство, чего мы безъ специалиста не можемъ исполнить“.

Эти строки, написанныя рукой управляющаго, ярко рисуютъ то безпомощное положеніе, въ которомъ находилось въ то время производство Ревдинскаго никкеля. Прежде всего ярко выступаетъ полное незнаніе своей руды, такъ какъ ревдинская никкелевая руда совершенно ошибочно принималась за колчеданъ, вѣроятно потому, что до открытія рудъ въ Новой Каледоніи въ концѣ семидесятыхъ годовъ окисленная никкелевая руда была почти неизвѣстна. Ревдинская руда была силикатнаго происхожденія съ различнымъ содержаніемъ кремнезема и магнезіи, въ особенности-же руда, залегавшая ближе къ поверхности, отличалась неоднородностью состава, такъ что, по словамъ профессора Карпинскаго, ей трудно даже дать однообразную формулу конституціи.

Очевидно, что при этихъ условіяхъ едва-ли можно было ожидать правильной выплавки никкеля изъ руды, которая плавилась на штейны, не содержа въ то-же время даже и слѣдовъ сѣры и какихъ-либо другихъ примѣсей. При шихтѣ, указанной Грасманомъ, они должны были получить нѣчто въ родѣ никкелеваго чугуна, т. е. матеріала хрупкаго и по цвѣту общаго съ никкелемъ ничего не имѣющаго.

Отсюда-же очевидно начинается корень ошибки, которая проходитъ черезъ всѣ дальнѣйшіе опыты, а именно, что плавка должна непременно вестись въ пламенныхъ печахъ, а не въ вагранкахъ, какъ заявляетъ Грасманъ.

Повидимому уже въ томъ-же году Горный Инженеръ Даниловъ,

работая надъ Ревдинской рудой, установилъ ея составъ настолько точно, что не могло-быть сомнѣнія на счетъ ея природы.

Повидимому, дѣло никкеля вскорѣ двинулось нѣсколько впередъ, такъ какъ письмомъ отъ 4 марта 1866 года Даниловъ запрашивалъ Ревдинское заводоуправленіе, желая получить нѣкоторыя свѣдѣнія о никкелѣ для своей статьи, и между прочимъ спрашивался, когда и какъ былъ полученъ, въ какомъ количествѣ, какой имѣлъ видъ и какими свойствами обладалъ тотъ никкель, который заслужилъ медаль въ Лондонѣ на выставкѣ.

Этими небольшими выдержками я и закончу очеркъ перваго періода и перейду прямо къ 1874 г., когда новый владѣлецъ Ревдинскихъ заводовъ, Григорій Маркіановичъ Пермикинъ, вновь ожилъ уснувшее дѣло, энергично принялся вновь за развѣдку рудника. Углубляясь въ Демидовской шахтѣ, онъ къ осени 1876 года остановился на плотномъ зеленомъ кварцѣ. Эти развѣдки обезпечивали владѣльцу болѣе прочное залеганіе никкелевой руды и онъ рѣшилъ испытать счастье при болѣе широкой постановкѣ дѣла.

Были приглашены химики Вас. Ив. Шупскій и Пургольдъ, послѣдній по предложенію министерства финансовъ, какъ лицо, специально работавшее надъ никкелемъ. Пермикинъ началъ съ того, что выстроилъ новый заводъ на Камѣ (Рождественскій) съ цѣлью химической обработки штейновъ и самой руды.

26-го іюня 1874 года этотъ заводъ уже былъ пущенъ въ дѣйствіе и, по свидѣтельству горнаго исправника, представлялъ изъ себя корпусъ, длиною 21 сажень, шириною 6 саж. 1 арш. и высотой 6 сажень. Заводъ имѣлъ водяное колесо, 2 толчеи, печи, чугунные котлы, чаны, фильтры, выпарительные аппараты, баки съ водой, помпы и водопроводъ.

Одновременно съ этимъ въ Ревдинскомъ заводѣ Пермикинъ выстроилъ 2 регенеративныя печи Сименса для плавки руды на никкель. Что касается чисто химическаго извлеченія никкеля изъ руды, то эти попытки очень скоро были оставлены, такъ какъ сказались ихъ полная невыгодность.

Изъ случайныхъ документовъ, попадавшихся мнѣ въ руки въ точности трудно установить путь химической обработки руды—но повидимому руда обрабатывалась кислотой (соляной), а изъ растворовъ никкель осаждался въ видѣ окиси. Это подтверждается тѣмъ, что Рождественскій заводъ отправлялъ въ Петербургъ немало никкеля

въ видѣ окиси для дальнѣйшей очистки и обработки. Вообще-же необходимо сказать, что въ этихъ 1874—1878 годахъ люди, стоявшіе около производства никкеля, были знакомы съ приемами, практиковавшимися въ Западной Европѣ, откуда они и переняли пути обработки почти безъ всякихъ перемѣнъ. Такъ, напримѣръ, сухой путь практиковавшійся въ Ревдѣ, состоялъ въ томъ, что руда плавилась на никкельштейнъ, въ вагранкѣ или же пламенной печи,—затѣмъ этотъ штейнъ аффинировался вновь съ цѣлью обогащенія его никкелемъ за счетъ шлакующагося желѣза и части выгорѣвшей сѣры. Но такъ какъ руда ревдинская была рудой силикатной и окисленной,—то было необходимо ввести въ шихту сѣру, которая и вводилась въ видѣ колчедана или-же сѣрнаго песку, какъ они называли, въ которомъ содержаніе колчедана достигало 50%. Ясное дѣло, что при подобныхъ условіяхъ они получали штейны очень бѣдные никкелемъ съ большимъ содержаніемъ желѣза, приблизительный составъ ихъ былъ таковъ:

Ni	20—25%
Fe	40—50%
S	20—30%

Здѣсь я приведу рядъ цифръ, относящихся къ характеру плавки руды на никкельштейнъ. За одну недѣлю въ маѣ 1876 года было проплавлено:

Никкелевой руды	580 пуд. — ф.
Извести обожженной	72 „ 20 „
Сѣрнаго песку	72 „ 20 „
Древеснаго угля	4 короба

Получено никкельштейна 43 пуда 28 фунт. Выходъ штейна изъ 100 пудовъ руды—7.53 %. Если мы примемъ содержаніе Ni въ штейнахъ до 30 %, то руда плавилась не выше 2—2,50% содержаніемъ Ni.

Раффинировка никкельштейна въ печи Сименса: заложено въ печь 6-го іюля въ 8 час. утра:

Никкеля ваграночнаго	5 пуд. 20 фун.
Никкельштейна	34 „ 20 „
	40 пуд. —

8-го іюля въ 6 час. вечера, т. е. черезъ $2\frac{1}{2}$ сутки выпущено изъ печи полурафинированнаго никкеля 13 пуд. 20 ф. Употреблено на топку генератора:

Дровъ 1 погон. сажень
Хвороста 150 куб. „

Вотъ еще нѣкоторыя данныя, относящіяся къ тому-же періоду и взятія за 3 мѣсяца въ среднихъ цифрахъ (въ печахъ Сименса) за недѣлю:

Хворосту 127 коробовъ
Руды 496 пудовъ
Извести 62 пуда
Угля 5,5 коробовъ
Песку (сѣрнаго) 62 пуда
Получено никкельштейна 34 пуд. 38 фунт.
Проценты отношенія }
къ переплавленной рудѣ } 7,10%

Вотъ рядъ цифръ, относящихся къ плавкѣ въ вагранкѣ, взято за мѣсяцъ. Въ среднихъ цифрахъ за день.

Руда 100 пуд.
Известь 20 „
Уголь 1 коробъ
Сѣрнаго песку 14 пуд.
Получено никкельштейна 11 „
Выходъ въ процентахъ 9.8 %.

Если мы сравнимъ эти цифры съ цифрами, относящимися къ плавкѣ въ печахъ Сименса,—то невольно изумляешься почему первая плавка на штейнѣ предпочтительно велась въ печахъ Сименса, а не въ вагранкахъ. Если мы будемъ считать въ общемъ, что руда плавилась одного приблизительно содержанія никкелемъ, то плавка въ вагранкѣ даетъ выходъ болѣе чѣмъ на 2,5% выше печей Сименса, да и расходъ угля ниже почти на 20—25%. Мнѣ-бы казалось, что и по смыслу самой операціи плавку на штейнѣ разумнѣе вести въ вагранкѣ, а аффинировку въ печахъ Сименса (отражательная). Аффинировка никкельштейна, взятая за два мѣсяца въ среднихъ цифрахъ.

Хворосту 860 куб. саж.
Дровъ 9 пог. „
Никкель ваграночный 49 пуд. 20 ф.
Никкельштейнъ 545 „ 20 „

Получено не вполне рафинированнаго никкеля 241 п. 36 ф.
Выходъ въ процентахъ 44%

Если мы возьмемъ для расчета эти цифры и перенесемъ ихъ на составъ штейновъ, полученныхъ при первой плавкѣ,—то приходится заключить, что никкель, получавшійся отъ этой аффинировки былъ очень низкопробенъ и не могъ содержать никкеля свыше 60%.

Желѣза не менѣе 20%.
Сѣры „ „ 15%.

Если-же штейнъ предварительно обжигался, что болѣе чѣмъ вѣроятно, то и въ этомъ случаѣ нельзя ожидать никкеля свыше 80% при выпускѣ послѣ аффинировки изъ печей Сименса.

Изъ этихъ соображеній и приведенныхъ цифръ уже ясно выступаютъ недостатки производимыхъ операцій.

Какъ было уже сказано, введеніе колчедана страшно понижало содержаніе въ штейнахъ никкеля и вводило массу желѣза, отъ котораго не легко было избавиться даже и многократной аффинировкой въ печахъ Сименса.—операція, которая обходилась не дешево.

Такимъ путемъ веденная плавка должна была неизбежно выдвинуть массу затрудненій при очисткѣ никкеля отъ желѣза,—и эта очистка обходилась такъ дорого заводу, что производство было явно убыточнымъ. Необходимо сказать при этомъ, что въ тѣ годы требовался исключительно чистый никкель, т. к. примѣненіе никкеля какъ примѣсъ къ стали не было еще извѣстно и присутствіе въ никкелѣ желѣза рассматривалось какъ крайне нежелательная примѣсь.

Изъ приводимыхъ далѣе мною цифръ мы увидимъ, что мои разсужденія какъ о составѣ сѣраго никкеля, такъ и о его стоимости вполне подтверждаются.

Изъ документовъ Ревдинскаго архива мы видимъ, между прочимъ, цифры, говорящія намъ о количествѣ добытой руды въ періодъ 1875, 1876 и 1877 года, точно также количество выплавленного никкеля вчернѣ.

По май 1875 г. было добыто никкелевой руды. 12.683 пуд.
 За июль—декабрь того же года 7.933 „
 За 1876 годъ. 18.154 „

Отправлено въ Рождественскій заводъ для обработки мокрымъ путемъ.

Въ 1875 году. 8.750 пуда
 „ 1876 „ 18.829 „
 „ 1877 „ 2.768 „

На рукахъ у доменнаго надзирателя въ 1877 году числилось 6.427 пудовъ, у смотрителя рудника—977 пудовъ, а всего 7.404 пуда. Стоимость этой руды оцѣнена въ 2.171 руб. 87 коп. и обошлась заводу съ пуда 29¹/₄ коп. Цѣна эта впоследствии подтверждалась при покупкѣ казной этой руды у Ревдинскаго заводоуправленія въ 1900—1902 годахъ, такъ какъ руда оплачивалась казной 30 коп. пудъ.

Изъ добавочнаго документа мы видимъ, что было добыто никкелевой руды:

Въ 1874 году. 30.883 пуда
 „ 1875 „ 22.933 „

Представляетъ-ли собой послѣдняя цифра величину совершенно самостоятельную или-же въ нее входятъ предыдущія цифры, трудно сказать. Скорѣе все-же можно предположить, что эта цифра добавочная, и тогда общій итогъ добытой въ Ревдѣ никкелевой руды за періодъ 1874—1877 гг. выразится:

1874	30.883
1875	52.299
1876	36.983
1877	10.172
	128.337

а всего 128.337 пудовъ, а годомъ наибольшей выработки никкеля былъ 1875 годъ, а въ 1877 году выработка уже совершенно пала.

Итакъ, что касается рудъ этого періода добычи, то нами уже установлено, что руды:

Добыто 130.000 пудовъ.

Стоимость около 30 коп. съ пуда.

Содержаніе никкеля около 3⁰/.

Эта цифра содержанія никкеля видна ясно изъ количества получаемыхъ штейновъ и содержанія въ нихъ никкеля.

Теперь соберемъ свѣдѣнія о полученномъ черномъ никкелѣ, никкелевой окиси въ химическомъ заводѣ и другихъ полупродуктовъ.

Въ 1875 г. плавкой получено изъ 7.933 пудовъ руды—264 пуда 4 фун. черного никкеля. Въ 1876 году изъ 18.154 пудовъ руды получено 1.437 пуда 35 фун. черного никкеля. Мокрымъ путемъ получено въ 1875 г. изъ 8.750 пуд. никкелевой руды получено 371 пудъ и въ 1877 году изъ 2.768 пудовъ руды—462 пуда 17 фун. полупродукта.

Въ магазинахъ въ 1877 году числилось никкеля полурафинированнаго 10 пуд. 28 фун., никкеля чистаго 4 пуда 6¹/₂ фун., стоимостью по 81 руб. 12 коп. пудъ, и никкеля въ королькахъ 2 фунта по 115 руб. 20 коп. пудъ.

Итого въ общихъ цифрахъ на 56.434 пуда проплавленной руды получено полупродукта 2.920 пудовъ при средней стоимости около 60 руб. съ пуда и при содержаніи въ этомъ полупродуктѣ никкеля около 80⁰/о. Если мы переведемъ этотъ расчетъ на руду, то получимъ, что руда плавилась при содержаніи около 3⁰/о, т. е. цифра вновь подтверждаетъ наши прежніе расчеты.

Я не могу отказать себѣ въ удовольствіи привести рядъ цифръ, относящихся къ отправленному въ С.-Петербургъ Ревдинскими заводами никкелю для дальнѣйшей очистки въ мастерскихъ Гофмарка,—изъ этихъ данныхъ мы видимъ количество, качество и стоимость отправленнаго въ С.-Петербургъ никкеля.

Сентябрь	1874 г.	26 п.	— ф.	цѣной	68 р.	86 ¹ / ₄ к.
Мартъ	1875 „	368 „	2 ¹ / ₂ „	„	40 „	— „
Августъ	1875 „	27 „	20 „	„	42 „	10 „
Сентябрь	1875 „	27 „	15 „	„	42 „	70 „
„	1876 „	72 „	порошка	при составѣ	Ni—75 ⁰ /о; Fe—4,75 ⁰ /о; S—0,55 ⁰ /о	

Сентябрь	1876 г.	14 п. металла, состава $Ni-90,5\%$.
Сент. 20-го	1876 „	102 „ 39 $\frac{1}{2}$ ф. въ порошокѣ.
„ 27-го	1876 „	35 „ въ порошокѣ.
Декабрь	1876 „	63 „ 14 ф. цѣной 44 р. — к.
Февраль	1876 „	148 „ 21 „ „ 57 „ 77 „
Апрѣль	1876 „	155 „ 32 „ „ 57 „ 57 „
Октябрь	1876 „	89 „ 15 „ „ 57 „ 57 „
Юнь	1877 „	12 „ — „ „ 39 „ 50 „

А всего 1.128 пудовъ на сумму около 62.000 руб., что составляетъ 55 руб. съ пуда.

Если-же мы примемъ въ расчетъ сравнительную бѣдность этого продукта, то приходится сдѣлать заключеніе о дороговизнѣ производства даже и при тогдашнихъ цѣнахъ на никкель.

Если выплавка сѣраго никкеля обходилась 50—60 руб., а поднималась даже до 80 руб., да рафинировка его у Гофмарка въ С.-Петербургѣ не могла стоить дешево при тогдашнихъ условіяхъ,—то какъ-же никкель могъ съ выгодой продаваться, если цѣна въ тѣ годы стояла около 100 руб., а въ 1876 году упала даже до 80 руб. и продолжала сильно падать и далѣе.

Вотъ нѣкоторыя данныя, относящіяся къ составу посылаемаго въ С.-Петербургъ полупродукта:

Черный никкель (металлъ)	Ni	90,5%
Порошокъ никкеля	Ni	75%
	Fe	4,75%
	S	0,55%
Черный никкель	Ni	70,8%
	Fe	4,86%
	SiO_2	1,37%
Остальное кислородъ.		
Никкелевый порошокъ	Ni	59,5%

Эти анализы сдѣланы химикомъ Шуйскимъ и заслуживаютъ полного довѣрія.

Мы видимъ изъ этихъ данныхъ, что продуктъ былъ крайне нечистъ и часто очень бѣденъ, а потому требовалъ отъ Гофмарка усиленныхъ хлопотъ надъ его очисткой.

Впрочемъ, помимо дороговизны, Ревдинскій никкель, какъ видно изъ переписи, не удовлетворялъ требованію рынка и своей нечистотой; главнымъ затрудненіемъ для Гофмарка, какъ видно изъ переписки, было именно удаленіе желѣза, которое съ легкимъ сердцемъ вводили въ шихту при плавкѣ штейновъ въ Ревдѣ.

Раньше, нежели закончить исторію этого періода, я приведу здѣсь рядъ цифръ, относящихся къ технической сторонѣ дѣла,—и эти цифры намъ краснорѣчиво докажутъ, какія трудности вызывалъ способъ выплавки штейновъ, практиковавшійся въ Ревдѣ.

Но прежде всего покончимъ съ вопросомъ химическаго извлеченія никкеля, такъ, въ сущности, грустно окончившимся въ 1879 г., несмотря на солидность затраченнаго капитала въ 100.000 руб. и участіе химиковъ, прекрасно знавшихъ свое дѣло.

Условія этого производства на Уралѣ ярко обрисовываются изъ ниже приведеннаго документа.

На запросъ Горнаго Департамента, Ревдинское заводоуправленіе отъ 2 февраля 1879 года такъ приблизительно доноситъ объ условіяхъ производства никкеля въ Ревдѣ:

„Несмотря на полное преимущество Ревдинской никкелевой руды передъ Западно-Европейской, благодаря полному отсутствію мышьяка, сѣры и едва замѣтной дозѣ фосфора, производство это въ силу чисто экономическихъ причинъ сейчасъ здѣсь почти невозможно (рѣчь идетъ о химическомъ процессѣ). Въ Западной Европѣ соляная кислота является побочнымъ продуктомъ, почти ничего не стоящимъ, здѣсь-же мы платимъ 1 руб. 65 коп. съ пуда въ Елабугѣ. Отсутствіе путей сообщенія повышаетъ стоимость руды. Чусовая судоходна всего 5—6 дней въ году, а желѣзно-дорожная доставка обходится такъ дорого, что доставка гужемъ по Сибирскому тракту намъ доступнѣе. Въ довершеніе всего на иностранный никкель нѣтъ никакихъ пошлинъ, кромѣ 25 коп. съ пуда на никкель въ видѣ *сплавовъ*. Тогда какъ до 1876 года существовала пошлина на нашъ никкель въ размѣрѣ 15% стоимости, т. е. пошлина, равная таковой на золото“.

Въ тоже время Ревдинская руда была такого состава, что химическая обработка ея напрашивалась сама собой. Вотъ, напримѣръ, испытаніе этой руды на раствореніе въ соляной кислотѣ (Анализъ Горн. Инж. Данилова).

СОСТАВЪ РУДЫ.	Нераствори- мое.	Раствори- мое.
<i>SiO₂</i> 40,800%	40,400	0,400
<i>NiO</i> 17,000%	—	17,000
<i>Fe₂O₃</i> 4,733%	—	4,733
<i>FeO</i> 1,666%	1,166	—
<i>MnO</i> 1,133%	1,133	—
<i>CaO</i> 1,000%	0,400	0,600
<i>MgO</i> 16,666%	7,533	9,133
<i>Al₂O₃</i> 4,266%	2,866	1,400
Потеря <i>H₂O</i> 12,736%	—	—
100,000%	53,998	33,266

Итакъ весь никкель переходитъ въ растворъ и въ общей суммѣ растворившихся продуктовъ составляетъ болѣе 50%. Слѣдовательно, составъ руды не оставляетъ за собой желать ничего лучшаго.

Приведемъ теперь рядъ цифръ, относящихся къ качеству полученнаго химическимъ путемъ продукта. Какъ извѣстно уже, никкель получался въ видѣ окиси, эта послѣдняя при возстановленіи давала металлическій никкель.

Вотъ, напримѣръ, составъ получавшейся окиси: А) мокрымъ путемъ, Б) сухимъ путемъ (обогащенный штейнъ прокаливался до получения окиси):

	А.	Б.
<i>NiO</i> растворимой	64,12%	87,08% } 96,08%
<i>NiO</i> нерастворимой	нѣтъ	9,00%
<i>SiO₂</i>	слѣды	слѣды
<i>Mn</i> красной окиси	10,00%	„
<i>CaSO₄</i>	нѣтъ	0,56%
<i>MgCO₃</i>	25,34%	нѣтъ

	А.	Б.
<i>MgSO₄</i>	0,54%	0,49%
<i>Fe₂O₃</i>	слѣды	3,00%
Закись кобальта	„	нѣтъ
	100,00%	100,00%

Изъ состава этихъ окисей мы видимъ, что никкель при химическомъ процессѣ осаждался изъ растворовъ углекислой магнезійей, которая своимъ излишкомъ загрязняла никкелевую окись, дѣлая реакцію щелочной. Окись никкеля, полученная сухимъ путемъ, выше по качеству, хотя примѣсъ желѣза въ размѣрѣ 3% значительно понижала свойства возстановленнаго никкеля; кромѣ того, нѣтъ сомнѣнія, что многократное обогащеніе штейновъ переплавкой обходилось дорого.

Вотъ рядъ анализовъ, относящихся къ составу возстановленнаго металлическаго никкеля изъ окиси, полученной сухимъ путемъ:

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Ni</i>	75,72	87,76	63,96	74,01	94,50	72,38	94,50	98,37
<i>Fe</i>	7,48	10,71	15,17	19,82	4,90	10,45	2,80	1,43
<i>S</i>	15,18	0,63	4,36	3,32	0,55	16,64	0,57	0,74
Сумма	98,43	99,10	—	97,17	99,25	99,47	97,87	100,54

Примѣчанія:

№ 2 представляет собою продуктъ послѣ выжига сѣры.

№ 3 содержитъ 16,51% кислороду.

№ 4 переплавленъ съ кварцемъ и известью.

№ 7 и № 8 послѣ двойного обогащенія.

Изъ этой таблицы мы видимъ, что лучший законченный продуктъ, т. е. металлическій никкель (№ 8) все же содержитъ еще около 1,5% желѣза.

Что-же касается металлическаго никкеля, полученнаго изъ окиси (мокрый путь), то, къ сожалѣнію, прямыхъ указаній на составъ этого никкеля я не нашелъ, — но изъ таблицы окиси подъ рубрикой А, данной выше, легко сдѣлать заключеніе, что металлъ долженъ былъ быть довольно чистымъ, такъ какъ главныя примѣси окиси *MgCO₃*

(25,54%) и Mn_2O_3 (10%) при надлежащемъ вниманіи возстановиться вмѣстѣ съ NiO не могутъ, но ихъ отдѣленіе требовало новыхъ операций.

Переходя теперь къ выплавкѣ штейновъ, мы видимъ, что, несмотря на обогатительные процессы, выжиганіе сѣры и шлакованіе желѣза, въ Ревдѣ не могли добиться полного удаленія сѣры (ее оставалось всегда не менѣе 0,5%) и значительнаго удаленія желѣза (котораго оставалось до 1,5%).

Подобный матеріалъ требовалъ, слѣдовательно, дальнѣйшей очистки, которая и должна была производиться въ Петербургѣ у Гофмарка. Очевидно, этотъ послѣдній могъ купить никкель подобнаго состава по весьма низкой цѣнѣ, дабы хорошо оплатить свой трудъ конечной аффинировки.

Я позволю себѣ теперь привести рядъ анализовъ штейновъ, полученныхъ въ Ревдѣ при первой плавкѣ непосредственно изъ рудъ.

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Ni</i>	23,21	23,60	22,81	9,83	26,97	27,72	25,33
<i>Fe</i>	45,50	49,00	55,22	59,45	41,29	41,40	—
<i>S</i>	31,04	26,87	21,81	29,69	32,95	32,40	—
Сумма.	99,75	99,77	99,84	99,47	99,91	99,82	—

Такимъ образомъ, первая плавка на штейнъ почти никогда не давала содержанія никкеля выше 27%, тогда какъ содержаніе желѣза не падало ниже 40%.

Приведемъ еще нѣкоторые данныя, относящіяся къ составу шлаковъ и выжиганію сѣры изъ штейновъ.

Шлакъ первой плавки на штейнъ:

<i>Ni</i> . . .	слѣды	0,40	слѣды
<i>Co</i> . . .	нѣтъ	нѣтъ	нѣтъ
<i>Fe</i> . . .	—	—	9,34
<i>SiO₂</i> . .	—	—	56,30

Шлакъ процесса обогащенія:

<i>Ni</i>	1,30	2,99
<i>Fe</i>	—	41,78

Что касается выжига сѣры, то съ этой цѣлью штейнъ толкся въ порошокъ и разбрасывался въ особой печи на чугунной плитѣ, — которая и нагрѣвалась до краснаго каленія, — штейнъ все время смѣшивался желѣзной клюкой.

	Сѣрный штейнъ.	Черезъ 8 час. прокали.	15 ч. при болѣе низкой темпер.	Продолженіе операци.
<i>Ni</i>	26,47	32,67	—	34,80
<i>Fe</i>	41,29	45,52	—	43,65
<i>S</i>	32,15	21,00	19,95	2,22
	98,91	99,19	Кислороду	19,33
				100,00

Сплавленъ съ известью.

<i>Fe</i>	10,71
<i>Ni</i>	87,76
<i>S</i>	0,63
	99,10

Мнѣ кажется, что приведенныя выше данныя вполне обрисовываютъ производство никкеля въ Ревдѣ въ этотъ періодъ, — и можно сдѣлать нѣкоторые выводы раньше, нежели перейдемъ къ дальнѣйшей исторіи никкеля на Уралѣ.

Что касается полученія никкеля химическимъ путемъ, то приходится признать, что дѣло было поставлено вполне научно, технически достаточно совершенно, такъ какъ примѣнялись процессы, практиковавшіеся въ то время въ Западной Европѣ. Но это производство не могло существовать въ силу чисто экономическихъ причинъ, и, пожалуй, только одной погрѣшностью страдали эти опыты, это отсутствіемъ хорошаго предварительнаго подсчета стоимости производства. Впрочемъ, въ Западной Европѣ химическіе процессы также не имѣли прочнаго успѣха и были оставляемы также съ большимъ матеріальнымъ ущербомъ.

Что же касается полученія никкеля сухимъ путемъ, то здѣсь можно уловить много промаховъ и незнаніе пріемовъ, практиковавшихся въ Европѣ.

Прежде всего штейны можно и должно было получать значительно богаче никкелемъ и бѣднѣе желѣзомъ, съ каковой цѣлью

стоило только вводить сѣру въ видѣ сѣрно-кислаго натра (котораго не мало на Южномъ Уралѣ) или въ крайнемъ случаѣ въ видѣ гипса. Плавка на гипсѣ или сѣрнокисломъ натрѣ имѣетъ то преимущество, что вводится сѣра безъ желѣза и получается легкоплавкій шлакъ съ сильнымъ основаніемъ. Не менѣе слабой стороной дѣла была и аффинировка штейновъ и ихъ обогащеніе. Обычная пламенная печь для этого не годится, такъ какъ не можетъ дать по существу того конечнаго продукта, который требовался. Какъ извѣстно, это обогащеніе вещь не легкая и требуетъ хорошихъ приборовъ (напр., реторта Maubès) и совершается при усиленномъ вдуваніи воздуха и пара.

Если-же мы теперь введемъ въ расчетъ то обстоятельство, что руда при низкомъ содержаніи никкеля обходилась слишкомъ дорого то сдѣлается очевиднымъ, что металлургія никкеля въ Ревдѣ столь сложнымъ путемъ не могла выдерживать конкуренціи ни технически, ни экономически.

Перейдемъ теперь къ дальнѣйшей исторіи Ревдинскаго никкеля. Неудача этой крупной попытки г-на Пермикина повлекла за собой довольно длинный періодъ затишья, который только къ періоду конкурснаго управленія, т. е. 1889—1892 годамъ, вновь оживляется новыми пробами.

Въ теченіи же этого періода затишья, собственно говоря, никкель не сходилъ съ очереди злободневныхъ вопросовъ Ревды, но полное отсутствіе системы въ работахъ, а съ другой стороны, ихъ чисто лабораторскій характеръ побуждаютъ меня обойти молчаніемъ этотъ періодъ.

Къ періоду конкурснаго управленія заводами, какъ я уже сказалъ, интересъ къ никкелю снова вырастаетъ, и даже Правительство рѣшило ознакомиться съ положеніемъ дѣлъ въ Ревдѣ. Командируется туда для геологическихъ изслѣдованій академикъ Карпинскій, на трудъ котораго я уже ссылался выше. Къ этому же періоду относится посѣщеніе Ревды геологомъ барономъ Фулонъ и докладъ гр. Стенбокъ о положеніи дѣлъ, напечатанный въ Горномъ Журналѣ за 1890 годъ.

Этотъ періодъ насъ особенно долженъ интересовать, такъ какъ къ тому времени произошелъ крупный поворотъ въ металлургіи никкеля, связанный съ открытіемъ такъ называемаго ферро-никкеля.

Это открытіе, въ связи съ попытками полученія никкеля электролитическимъ путемъ, не могло не отразиться на ходѣ работъ въ Ревдѣ.

Этотъ поворотъ вновь вызвалъ въ Ревдѣ надежды и опыты возобновились. Нельзя сказать, чтобы Ревда оставила разъ на всегда мысль о плавкѣ никкеля на штейнѣ,—но такъ какъ въ области плавки на штейнѣ почти все уже было сказано предъидущими опытами, то ихъ подробное воспроизведеніе за періодъ 1889—1892 въ моемъ отчетѣ едва-ли представить достаточный интересъ. Почти тоже самое можно сказать и о попыткахъ полученія никкеля химическимъ путемъ. Плавка на штейнѣ не могла совершенно прекратиться еще и потому, что необходимъ былъ сырой матеріалъ для электролиза, потому что, какъ извѣстно (или какъ мы увидимъ ниже), ферро-никкель для подобной цѣли совершенно не годенъ. Что же касается процессовъ обогащенія штейновъ и удаленія желѣза изъ полупродукта, то вопросъ этотъ, несмотря на свою громадную важность, впередъ также не двинулся.

Чтобы покончить, наконецъ, съ вопросомъ о плавкѣ на штейнѣ, я приведу небольшой рядъ цифръ, который покажетъ намъ, въ какую сторону уклонились эти опыты.

За № 837 въ октябрѣ 1892 года мы видимъ описаніе опыта, цѣль котораго состояла въ выясненіи значенія, для плавки на штейнѣ, употребленія руды, предварительно возстановленной. Изъ этого довольно бесполезнаго опыта выяснилось, что преварительное возстановленіе излишне, а я добавлю—могло-бы быть даже и вреднымъ за недостаточей кислорода.

По составу шлаковъ, анализъ которыхъ я привожу ниже, мы видимъ, что были сдѣланы попытки измѣнить шихту введеніемъ щелочей, поташа и гипса.

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	64,03	66,00	62,10	64,40	61,40	63,50
CaO	19,93	22,00	19,40	28,00	19,50	23,30
MgO	0,19	1,60	1,60	3,30	2,80	4,50
Al_2O_3	9,99	10,50	6,90	4,44	4,20	3,90
K_2O	5,91	—	9,90	—	12,00	3,70
					Na_2O	0,90

И поташъ вводился даже въ громадныхъ количествахъ, такъ въ шлакъ № 5 K_2O достигалъ 12%. Большинство шлаковъ представляли изъ себя трехкремнезевикъ. Конечно, введение щелочей въ подобныхъ количествахъ должно было сильно повышать стоимость штейновъ безъ всякаго видимаго повышенія его качествъ. Приводимый мною документъ, относящійся къ данному періоду, лучше всего характеризуетъ вопросъ о плавкѣ на штейнѣ.

Документъ этотъ написанъ рукой лица, которое производило опыты за этотъ періодъ, но, къ сожалѣнію, трудно сказать, кому именно слѣдуетъ его приписать: Безпалову (Красноуфимское училище) или же Короткову (Уральское уч.). Приводимъ его дословно: „Заколдованный кругъ, въ которомъ находится получение никкельштейна сухимъ путемъ изъ ревдинскихъ кремнекислыхъ никкелевыхъ рудъ.

1) Основное положеніе всякаго металлургическаго получения металла, при которомъ побочнымъ продуктомъ является шлакъ, есть то, что температуры плавленія металла и шлака не должны сильно разниться между собой.

2) Никкельштейнъ, какъ продуктъ легкоплавкій, требуетъ и шлака тоже легкоплавкаго.

3) Никкельштейнъ, какъ продуктъ малаго удѣльнаго вѣса, требуетъ шлака жидкаго, чтобы штейнъ могъ свободно въ немъ утонуть и собраться внизу шлака въ одну массу.

4) Идеальный составъ легкоплавкаго шлака, по Бодеману, есть такой, который удовлетворяетъ формулѣ: $4(CaO \cdot SiO_2) + 3Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ или состоящій изъ 56% SiO_2 ; 30% CaO и 14% Al_2O_3 , т. е. двухкремневикъ, но за то онъ въ расплавленномъ состояніи густъ и вязокъ.

5) Идеальный составъ жидкаго шлака въ расплавленномъ состояніи, по Перси, имѣющій составъ: 38% SiO_2 , 48% CaO и 15% Al_2O_3 , т. е. однокремневикъ, но за то онъ и болѣе трудноплавкій.

6) Вводя въ шихту много извести, чтобы приблизиться къ шлаку Перси, мы этимъ кромѣ получения трудноплавкости шлака (хотя онъ и будетъ жидкій) дадимъ возможность сѣрѣ уходить въ шлакъ, которая, соединяясь съ известью, дастъ CaS , а послѣдній, уходя въ шлакъ, увлечетъ за собой и только что образовавшійся штейнъ, не давши ему собраться въ корольки.

7) Можно было бы легкоплавкость и жидкость придать шлаку

введеніемъ въ шихту K , Na или Mn , но первые два на Уралѣ на столько дороги, что о нихъ и думать нечего, а послѣдній (Mn), хотя и доступенъ по цѣнѣ, но онъ самъ имѣетъ большое сродство къ сѣрѣ и кромѣ того, уходя въ шлакъ въ видѣ сѣрнистаго марганца, увлекаетъ за собой и другіе сѣрнистые металлы, въ томъ числѣ и Ni .

8) Никкельштейнъ при высокой температурѣ и окислительномъ пламени легко окисляется, и въ окисленномъ видѣ легко уходитъ въ шлакъ, а потому необходимо, чтобы или температура была восстановительная, или шлакъ успѣлъ-бы образоваться впередъ его и собою защитить отъ окисленія.

Всѣ эти трудности легко обходятъ при плавкѣ на гипсѣ, какъ это и дѣлаютъ во Франціи съ рудой Новой Каледоніи, которая мало по существу отличается отъ ревдинской. Кромѣ того я уже говорилъ, что введеніе Na въ видѣ сульфата (а конечно не въ видѣ углекислаго соединенія, какъ это практиковалось въ Ревдѣ и видно изъ документовъ) еще легче даетъ надлежащій шлакъ и необходимое количество сѣры. Послѣдній же пунктъ (8) можетъ имѣть смыслъ только при плавкѣ въ пламенной печи, такъ какъ при плавкѣ въ вагранкахъ потеря Ni въ шлакахъ была всегда ничтожна, что видно даже и изъ анализовъ ревдинскихъ шлаковъ.

Въ области химическаго извлеченія никкеля за этотъ періодъ тоже производились многіе опыты, носившіе лабораторный характеръ.

Въ общемъ они страдаютъ отсутствіемъ методичности и часто показываютъ полное незнаніе вопроса. Большинство изъ этихъ реакцій (напримѣръ, условіе осажденія никкеля) прекрасно разработаны и въ специальной литературѣ можно найти необходимыя указанія. Очевидно, отсутствіе библіотеки и надлежащаго руководителя побуждали лабораторію къ подобнымъ опытамъ.

Такимъ образомъ испытывался желѣзный купоросъ ($FeSO_4$), какъ средство для выщелачиванія Ni изъ рудъ. Въ растворъ удавалось переводить Ni всего 2.02% изъ бывшаго въ рудѣ. Испытывалось какъ растворитель и хлористое желѣзо, — но оно дѣйствовало, какъ оказалось, только на восстановленный (металлическій) никкель (опыты обставлены подробно).

Пробовали осаждать Ni излишкомъ мѣла, но хорошо извѣстно, что онъ такимъ путемъ осажденъ быть не можетъ. (Мѣлъ служитъ средствомъ выдѣлать Fe).

Длинное изслѣдованіе надъ осажденіемъ Ni при помощи $NaHCO_3$, которое показало послѣдовательность осажденія въ порядкѣ Fe_2O_3 , Al_2O_3 , FeO , NiO и послѣднимъ садится MgO .

Но едва-ли можно было серьезно думать объ употребленіи этого цѣннаго продукта. То-же самое можно сказать и про осажденіе Ni содой и поташемъ (изслѣдованіе 639). Осажденіе Ni гидратомъ окиси кальція $Ca(OH)_2$ (изслѣдованія 617 и 618) прекрасно разработано и оставалось только пользоваться въ специальной литературѣ готовыми данными. По распоряженію Криночкина (управляющій заводами) дѣлается, напримѣръ, изслѣдованіе о выщелачиваніи сѣры изъ руды при помощи Na_2SO_4 и K_2SO_4 . Это какъ-то звучитъ странно, когда мы хорошо знаемъ, что Ревдинская никкелевая руда содержитъ сѣру въ едва замѣтныхъ дозахъ. Не изъ штейновъ же въ самомъ дѣлѣ онъ собирался извлекать сѣру подобнымъ путемъ. А вотъ еще маленький курьезъ изъ этой области „химическихъ изслѣдованій“.

Опытъ за № 252 отъ 4 марта 1889 года, произведенный по распоряженію Н. Г. Пермикина. „Сплавлялась въ графитовомъ тиглѣ никкелевая зелень съ известью и съ прибавкой стекла и буры. Когда же шлакъ дѣлался достаточно жидкимъ, то въ расплавленную массу по особой трубкѣ (желѣзной, обмазанной глиной) вдували газъ *углеродъ* (?) изъ газометра, взятаго изъ заводской аптеки. Расплавленная масса отъ дѣйствія „углерода“ перебалтывалась въ тиглѣ, Никкеля получено 10,2%; газъ „углеродъ“ приготовлялся изъ виннаго спирта, на который дѣйствовали H_2SO_4 при нагрѣваніи“.

Слѣдующій опытъ за № 253 съ той же шихтой, „но газъ *углеродъ* не вводился“. Къ всеобщему удивленію, никкеля не получилось. Опыты подробно описаны вплоть до анализа шлака.

Недурный образчикъ „изслѣдованія“! Такъ называемый „газъ углеродъ“ былъ очевидно альдегидомъ, который, какъ возстановитель, могъ вызвать образованіе никкелевыхъ корольковъ,—но когда въ опытѣ за № 253 былъ отброшенъ и этотъ единственный возстановитель,—то конечно пришлось изслѣдователю удивиться. Впрочемъ, вся эта затѣя на испытаніе альдегида была повидимому продуктомъ барской скуки молодого г-на Пермикина, такъ какъ не могла имѣть практическаго значенія, а теоретически ничего не выяснила къ удивленію всѣхъ исполнителей воли владѣльца.

Перейдемъ теперь къ вопросу объ электролизѣ никкеля. Начнемъ

наше изложеніе документомъ, написаннымъ рукой г-на Малявина, занимавшагося въ Ревдѣ электролизомъ никкеля.

„Вопросъ о никкелѣ разрабатывается въ Ревдѣ уже 37 лѣтъ и кажется могъ бы быть совершенно разработанъ или уже совсѣмъ надоѣсть хуже горькой рѣдьки (ужъ, какъ говорится, изъ пѣсни слова не выбросишь); въ дѣйствительности же онъ стоитъ и сейчасъ открытымъ и съ каждымъ годомъ становится для Ревды важнѣе и серьезнѣе. Этотъ вопросъ заставляеть и теперь все серьезнѣе и серьезнѣе прислушиваться ко всему, что хоть сколько-нибудь соприкасается съ нимъ.

Русская литература до послѣднихъ 3-хъ лѣтъ совершенно о немъ молчала, теперь-же съ каждымъ днемъ въ научныхъ журналахъ встрѣчается все больше и больше сообщеній о разныхъ теоретическихъ работахъ, а это значить, что никкелемъ интересуется не одна Ревда, а много и такихъ, которые Ревды никогда не видывали и ничего общаго съ ней не имѣли и не будутъ имѣть. Ревдинцамъ же тѣмъ паче необходимо не только прислушиваться и присматриваться и наблюдать за тѣмъ, что говорятъ специально о никкелѣ,—но даже и къ тому, что имѣетъ хоть косвенное отношеніе къ нему. Работая два года по никкелю, я не только познакомился съ нимъ, но даже полюбилъ его. Производя эти два года почти непрерывно надъ его полученіемъ различные опыты, я шагъ за шагомъ пришелъ опытнымъ путемъ къ убѣжденію не только въ возможности его полученія электрическимъ путемъ, но даже, что этотъ путь есть единственно достижимый и болѣе дешевый изъ всѣхъ другихъ способовъ“. На этомъ утвержденіи мы и остановимся въ цитированіи документа; попробуемъ въ тоже время, на основаніи имѣющихся въ архивѣ данныхъ, выяснить, до какой степени совершенства достигли въ Ревдѣ съ электролизомъ никкеля.

Прежде всего констатируемъ тотъ фактъ, что всѣ записи, касающіяся опытовъ, велись съ удивительнымъ усердіемъ и полнотой,—а потому смѣло можно сказать, что если нѣкоторыя данныя въ описаніи опыта отсутствуютъ, то, слѣдовательно, эти подробности ускользали и при самомъ опытѣ.

Перенося все сказанное на электролизъ никкеля, мы убѣждаемся въ отсутствіи столь серьезныхъ данныхъ, какъ „режимъ“ тока. Температура ванны точно также, повидимому, не заслужила вниманія изслѣдователя. Отсюда полнѣйшая невозможность учесть стоимость ра-

боты. Имѣющіеся у меня записи, касаются почти исключительно состава анодовъ, состава ваннъ и полученнаго послѣ электролиза никкеля; иными словами, все вниманіе было направлено почти исключительно на качество получаемаго никкеля, что и дѣлается вполне понятнымъ, если мы вспомнимъ, что предыдущіе опыты менѣе всего имѣли успѣхъ въ полученіи продукта высшей чистоты.

Я позволю себѣ привести теперь всѣ цифровыя данныя, относящіяся къ работамъ по электролизу, и затѣмъ на основаніи ихъ попытаемся сдѣлать заключенія о характерѣ работъ.

Составъ ваннъ. *Амміачной.*

Ni на 100 куб. с. раствора	0,252 гр.		
0,251 „	Cu . . .	0,0056	
0,193 „	„ . . .	0,0024	
0,202 „	„ . . .	0,0049	
0,186 „	„ . . .	0,0056	
0,144 „	„ . . .	0,0048	
0,251 „	„ . . .	0,006 до электр.	
0,193 „	„ . . .	0,0024 послѣ эл.	
0,250 „			
0,186 „	„ . . .	0,0053	

Составъ шлама на днѣ ваннъ. *Амміачной.*

	1	2	3
Cu	4,47 ⁰ / ₀	1,19 ⁰ / ₀	0,79 ⁰ / ₀
Fe	0,94 ⁰ / ₀	16,98 ⁰ / ₀	30,18 ⁰ / ₀
Ni	87,10 ⁰ / ₀	78,67 ⁰ / ₀	64,80 ⁰ / ₀
S	?	3,09 ⁰ / ₀	4,80 ⁰ / ₀
	92,51 ⁰ / ₀	99,93 ⁰ / ₀	100,57 ⁰ / ₀

Составъ употреблявшихся анодовъ:

	1.	2.	3.
Ni	69,66 ⁰ / ₀	69,27 ⁰ / ₀	54,95 ⁰ / ₀
Fe	9,82 ⁰ / ₀	8,49 ⁰ / ₀	22,04 ⁰ / ₀
S	19,70 ⁰ / ₀	20,02 ⁰ / ₀	16,64 ⁰ / ₀
	99,18 ⁰ / ₀		
	Cu 2,43 ⁰ / ₀	6,30 ⁰ / ₀ сѣра нераств.	
	100,21 ⁰ / ₀	99,93 ⁰ / ₀	

Примѣчаніе. Аноды за №№ 1, 2 употреблялись г. Малявинымъ, а анодъ за № 3 былъ отправленъ для опытовъ въ Нижній-Новгородъ на электролитическій заводъ Николаева (кстати сказать, эти опыты ничѣмъ не кончились, да и кончиться ничѣмъ путнымъ не могли, такъ какъ содержаніе въ нихъ желѣза переходить допустимыя границы). Вотъ анализы осажденнаго никкеля.

№ 1 въ видѣ порошка (Аноды за № 1).

Ni	86,10	(амміачн. раств.).
Fe	12,68	
S	1,00	
	99,78	

№ 2 въ видѣ пластинокъ (Аноды за № 1).

Ni	95,24	(амміачн. раств.).
Fe	4,22	
S	0,40	
	99,86	

№ 3 никкель изъ спирно-кислаго раствора.

Ni	96,19	
Fe	2,82	
S	0,74	
	99,75	

№ 4 никкель въ порошокъ (амміачн. раств.).

Ni	93,39	
Fe	слѣды	
S	4,45	
Cu	1,91	

№ 5 никкель пластинками.

Ni	98,30	
Fe	нѣтъ	
S	1,17	
Cu	1,19	

№ 6 никкель въ порошокъ.

Ni	94,60
Fe	нѣтъ
S	5,19

№ 7 никкель въ порошокъ.

Ni	94,30
Fe	нѣтъ
S	5,64

№ 8 Ni, полученный электролизомъ на заводѣ Жукова изъ ревинскаго никкельштейна.

Ni	97,216
Fe	2,25

Я считаю, что приведеннаго матеріала вполне достаточно, чтобы произвести правильную оцѣнку работъ.

Приходится прежде всего сказать, что работа велась чисто эмпирически, такъ сказать, въ темную,—а потому, несмотря на сотни опытовъ, изъ нихъ было трудно сдѣлать правильный выводъ.

Амперметръ, вольтметръ и реостатъ, повидимому, не примѣнялись,—а если и ставились, то на нихъ не обращалось должнаго вниманія. Это мы видимъ изъ того, „что плотность тока“ (т. е. количество амперъ на квадр. см. по поверхности катода) не опредѣлялась и этотъ крупный факторъ аффинировки сырого матеріала ускользалъ отъ вниманія г-на Малявина. Если бы слѣдили за вліяніемъ этого фактора, то была-бы понятна истинная причина агрегации никкеля (порошокъ или пластинки) и относительная чистота этихъ продуктовъ. Можетъ быть постепенно достигли бы никкеля плотнаго, въ компактной массѣ.

Очевидно, что составъ порошка долженъ быть ниже, такъ какъ онъ есть результатъ большей плотности тока. Да и пластинки получались при *слишкомъ большой* плотности тока. Вотъ почему и сѣра не успѣвала окисляться и, не оставаясь въ ваннѣ, переходила снова на катодъ въ видѣ сѣрнистаго соединенія, столь вреднаго для металла;

при надлежащей плотности тока, что легко можно было установить даже чисто опытнымъ путемъ,—легко выяснился предѣлъ содержанія желѣза и сѣры, допустимые при подобныхъ работахъ, что совершенно исключило-бы опыты съ анодами при 22°/о Fe. Температура, столь важный факторъ при полученіи „массивнаго“ никкеля, совершенно игнорировалась. Состояніе ванны, т. е. ея кислотность, основность или нейтральность, повидимому, мало интересовало, такъ какъ записывали только ея концентрацію и природу. Въ сущности и въ той, и въ другой (аммиачной и сѣрноокислой) можно работать съ одинаковымъ успѣхомъ,—только вторая дешевле, а потому и предпочитается въ техникѣ (да и она должна быть строго нейтральна).

Резюмируемъ наши выводы:

1) Учетъ работы, а слѣдовательно и стоимости никкеля произвести нельзя и имъ, очевидно, пока и не интересовались.

2) Качество, въ смыслѣ состава получаемаго продукта, хотя и не удовлетворяло требованію, предъявляемому электролитическому никкелю, но г. Малявинъ могъ бы сравнительно легко этого достигъ въ ближайшемъ будущемъ.

3) Качество получаемаго продукта въ смыслѣ агрегации (плотности и массивности) ему совершенно не далось, благодаря отсутствію наблюденій за режимомъ тока и температурой ванны.

4) Не былъ также выясненъ „предѣльный“ составъ анодовъ, допускающихъ работу съ выгодой.

Вотъ въ общихъ чертахъ выводы, которые можно сдѣлать, оставляя въ сторонѣ многія детали, оставшіяся невыясненными, но которыя должны были бы быть выяснены на случай работъ въ заводскомъ масштабѣ. Сюда надо отнести вопросы: 1) взбалтываніе и его вліяніе на процессъ, 2) разстояніе между электродами, отвѣчающее качеству сырого матеріала съ одной стороны и экономіи тока съ другой, 3) огражденіе анодовъ отъ катодовъ въ виду накопленія окиси желѣза.

Еще одно замѣчаніе. Въ такъ называемый шламмъ должны входить вещества изъ анода, не способныя растворяться въ данной ваннѣ, а потому присутствіе тамъ никкеля надо разсматривать какъ чистую потерю, произошедшую по двумъ причинамъ, первая—слишкомъ большая плотность тока и вторая—отсутствіе огражденій.

Заканчивая теперь главу о работахъ Малявина по электролизу,

и желая остаться справедливымъ, я долженъ сказать все-же, что работа эта исполнялась въ сущности весьма толково и съ большой, повидимому, любовью.

Въ столь новой области, какъ электролизъ, въ особенности 12 лѣтъ тому назадъ, да еще на Уралѣ, при отсутствіи специальной подготовки, не имѣя книгъ, а можетъ быть даже и приборовъ (въ то время очень дорогихъ), что можно было бы еще требовать въ этой заводской глуши.

Разбирая же недостатки произведенныхъ работъ, я просто старался уяснить причины, почему всѣ эти усилія не создали въ Ревдѣ серьезной никкелевой промышленности.

Перейдемъ теперь къ опытамъ плавки на ферро-никкель или, иначе говоря, никкелевый чугуны за этотъ же періодъ времени. Обратимся снова къ цифрамъ, какъ единственному исходному пункту въ этой работѣ о никкелѣ.

Первымъ, начавшимъ плавить ревинскую никкелевую руду на ферро-никкель, былъ повидимому Лебедевъ и одновременно съ нимъ Даниловъ.

Вотъ какъ описаны ихъ опыты: „Лебедевъ и Даниловъ производили опыты получения ферро-никкеля въ отражательныхъ печахъ съ возстановленіемъ руды. Первый не употреблялъ никакого флюса, а второй—до 40% золы. У Лебедева руда подвергалась возстановительному пламени, затѣмъ температура повышалась, масса спекалась и извлекалась магнитомъ. Безрезультатно.

Даниловъ производилъ сначала опыты въ тигляхъ съ углемъ и золой, получалъ корольки въ количествѣ 30% (не болѣе) противъ теоретическаго разсчета содержанія Ni. При производствѣ опытовъ въ отражательныхъ печахъ при возстановительномъ пламени съ золой, получалось до 15% имѣвшагося въ рудѣ Ni. Предполагая, что основная мысль вѣрна, а ошибка происходила отъ соединенія операций возстановленія и плавленія въ одну, онъ произвелъ рядъ опытовъ. Руда бралась состава Ni—3%, Fe—9%, SiO₂—60% (приблизительно).

Дальнѣйшіе опыты производились Коротковымъ и были перенесены въ различныя специальныя горна и въ послѣдствіи въ вагранку. Обратимся сперва къ опытамъ въ горнахъ, которые показываютъ составъ отдѣльныхъ никкелевыхъ скопленій, а потому шихту можно пока оставить въ сторонѣ.

Ni	61,45%
Fe	34,32 „
Si	2,71 „
Al	1,04 „
Ca	0,32 „
Mg)	
Mn)	слѣды

Шлакъ—отношеніе O основанія къ кислороду кислотъ = 1:2,28.

Ni	52,03
Fe	41,41
Si	5,82
Al	1,95
Ca	0,29

Отношеніе шлака 1:1,61.

Ni	55,19
Fe	37,06
Si	5,78
Al	2,00
Ca	слѣды

Отношеніе шлака 1:1,69.

Ni	62,01
Fe	28,50

Отношеніе шлака 1:2,12.

Итакъ, содержаніе никкеля въ королькахъ достигало 61% при плавкѣ руды въ 3% Ni и 9% Fe,—очевидно, что содержаніе никкеля въ ферро-никкелѣ, при хорошемъ скопленіи его, достигнуть подобныхъ предѣловъ не могло, даже и въ случаѣ сильнаго шлакованія желѣза, такъ какъ его въ рудѣ все же въ 3 раза болѣе, нежели никкеля. Съ другой стороны, какъ надо было ожидать, большая кислотность шлака вызываетъ повышеніе никкеля въ чугуны, такъ какъ подобные шлаки успѣшнѣе шлакують желѣзо. Въ этихъ случаяхъ содержаніе желѣза въ шлакѣ повышалось до 2% противъ 0,5% въ шлакахъ болѣе основныхъ.

Приведемъ теперь рядъ плавокъ на никелевый чугунъ въ вагранкѣ съ тѣми подробностями, какія найдемъ въ записяхъ.

1)	Ni	26,35	{ Шихта не извѣстна.
	Fe	72,60	
2)	Ni	5,10	{ Выплавлено изъ желѣзной охристой руды съ рудника Фулона.
	Fe	91,27	
3)	Ni	15,65	
	Fe	75,68	

Въ составъ шихты входили: желѣзная руда, порода, содержащая фтористый натръ и марганецъ, известь, зола и поташъ.

4)	Ni	28,00	{ Выплавлено изъ кварцевой никелевой стали.
	Fe	64,00	
5)	Ni	23,38	
	Fe	75,00	
	Mn	1,80	
6)	Ni	17,30	
	Fe	81,41	
7)	Ni	28,00	
	Fe	70,35	
8)	Ni	21,38	{ Выплавлено изъ мѣдной руды.
	Fe	78,75	
9)	Ni	26,35	{ Idem.
	Fe	72,60	
10)	Ni	16,40	{ Выплавлено изъ кварцевой руды. Сѣра вѣроятно попала изъ прежнихъ плавокъ на штейнъ.
	Fe	72,20	
	S	1,81	
11)	Ni	23,20	
	Fe	73,45	
12)	Ni	27,53	
	Fe	71,24	
13)	Ni	49,30	{ Выплавлено изъ кварцевой руды. Анализъ Ур. Хим. Лаб.
	Fe	48,14	
14)	Ni	49,82	
	Fe	48,28	

Послѣдняя плавка, какъ особенно удачная, подробно описана. Полный анализъ этого чугуна поручили, кромѣ того, сдѣлать Гладкому въ Нижнемъ Тагилѣ, вотъ онъ:

Ni	47,50%
Fe	47,32%
Ca	1,25%
Si	2,68%
Mn	слѣды
C	0,56%
Ph	0,75%
O и потери	0,94%
S	слѣды
	100,00%

Вотъ описаніе плавки: „Кварцевая руда съ содержаніемъ Ni около 3,5 % предварительно была измельчена подъ толчеей и просѣяна черезъ сито съ отверстіями въ 1 кв. мм., остатокъ протолченъ и снова просѣянъ. Руда была хорошо перемѣшана съ флюсующими веществами (на 8 1/2 пуд. руды взято 4 п. 31 фун. извести ж., 3 п. 4 ф. поташу и 34 ф. глины). Общая масса смочена водой, промята и были приготовлены „брикеты“ величиной съ грецкій орѣхъ и болѣе.

Плавка велась въ маленькой вагранкѣ (высота 2 1/2 арш.), гдѣ внутренняя набойка имѣла видъ маленькой доменки съ однимъ выпускнымъ отверстіемъ для шлака и металла и тремя фурмами для дутья.

Первая проба плавки вышла неудачна вслѣдствіе сильнаго напора воздуха, который, входя въ печь, охлаждалъ стѣнки горна, почему шлаки и металлъ, спускаясь на лещады, застывали.

Увеличивъ горнъ и пустивъ дутье только на одну фурму, слѣдующая проба вышла удачна; шлакъ получился текучій, дымчатый-стекловидный.

Металлъ же вслѣдствіе большого количества шлака и малаго времени, чтобы спуститься на лещады и собраться въ одну массу, вытекалъ вмѣстѣ со шлакомъ, находясь въ немъ въ нижней части.

Выходъ никкеля изъ руды составилъ 70%, остальные 30% попали въ шлакъ или не могли быть собраны, будучи частью въ видѣ мелкихъ корольковъ.

Шлакъ къ этой плавкѣ показалъ:

Ni	слѣды
Co	нѣтъ
Fe	1,90%

(Анализъ Уральской химической лабораторіи).

Вотъ кстати еще одинъ анализъ шлака. Плавлено въ вагранкѣ.

Ni	слѣды
Fe	0,88.

Вотъ нѣкоторые анализы, относящіеся къ никкелевому чугуну послѣ пудлингованія, въ видахъ обогащенія его никкелемъ.

	Да начала опыта.	Во время опыта.	Послѣ окончанія опыта.
Fe	89,65	79,75	66,65
Ni	10,10	—	32,00

	Другой опытъ.	Послѣ пудлин- гованія.
Fe	72,85	46,50
Ni	27,85	51,70

Шлакъ, получавшійся при этомъ пудлингованіи, показалъ:
Желѣзо флюсовалось кварцемъ.

Проба 1-ая.

Fe	11,22%
Ni	слѣды.

Проба 2-ая, черезъ 4 часа.

Fe	21,34
Ni	слѣды.

Проба 3-ья при окончаніи операціи.

Fe	22,00
Ni	слѣды.

Желѣзо пробовали удалять также и въ сварочной печи Сименса выжиганіемъ его съ бѣлымъ стекломъ на бѣломъ кирпичѣ.

	До операціи.	Послѣ операціи.
1) Fe	52,92%	27,00
2) Fe	48,28% черезъ 3 часа	20,71

Шлакъ получался пудлинговый. Удалялось желѣзо переплавленіемъ чугуна съ селитрой.

	До.	Послѣ.
Ni	24,80	24,10
Fe	74,24	74,90

Испытывали какъ окисляющее средство—окислительное пламя печи Сименса, но безъ видимаго успѣха.

На этихъ выдержкахъ и заканчиваются собственно попытки Ревдинскаго заводоуправленія. Какіе собственно выводы можно сдѣлать изъ этихъ плавокъ на ферро-никкель?

Изъ всѣхъ этихъ опытовъ мнѣ странно только одно: „зачѣмъ они производились“?

Если думали получать никкелевый чугунъ въ видахъ примѣненія его при плавкѣ на никкелевую сталь,—то непонятно, почему опыты не приняли должнаго масштаба и этотъ чугунъ не былъ отправленъ хотя бы въ Мотовилиху на испытаніе. Составъ чугуна настолько приличенъ, что вполне могъ быть полезнымъ матеріаломъ при плавкѣ на никкелевую сталь. Этотъ вопросъ такъ и остается безъ отвѣта, ибо я въ бумагахъ не нахожу отвѣта на него.

Стоимость этого чугуна тоже не выведена.

Пудлингованіе и обогащеніе этого чугуна, по моему мнѣнію, занятіе праздное. Надо стремиться плавить чугунъ не ниже 30% содержания никкелемъ и все тутъ. А это повидимому возможно, какъ показываютъ вышеприведенныя цифры.

Подробности плавки на никкелевый чугунъ еще будутъ обсуждаться мною ниже, когда будетъ идти рѣчь объ опытахъ послѣдняго періода, а потому, чтобы не повторяться, и перейдемъ къ нему.

Послѣдній періодъ опытовъ захватываетъ собой три года 1900, 1901 и 1902. Опыты, выполненные за этотъ періодъ, производились уже исключительно за средства правительства подъ личнымъ руководствомъ г-на Главнаго Начальника Уральскихъ Горныхъ заводовъ Павла Петровича Боклевскаго.

Ближайшимъ поводомъ начать опыты послужила бумага изъ отдѣла заготовленій Главнаго Управленія Кораблестроенія и снабженій Морскаго Министерства отъ 25 ноября за 1899 г.

Въ бумагѣ сообщается тотъ фактъ, что никкель покупается за границей по довольно высокой цѣнѣ,—тогда какъ на Уралѣ имѣются залежи никкелевой руды.

25 января 1900 г. г-нъ Главный Начальникъ предписываетъ Каменскому заводу начать плавку никкелеваго чугуна изъ Ревдинскихъ рудъ, а съ другой стороны Горн. Инж. Демидову заняться развѣдками на никкелевую руду въ извѣстномъ уже мѣсторожденіи ихъ въ казенной Нижне-Исетской дачѣ.

Въ виду того, что я оставляю въ сторонѣ вопросъ о рудныхъ мѣсторожденіяхъ,—то скажу между прочимъ, что работы Горн. Инж. Демидова закончились въ теченіи лѣта тѣмъ, что было скоплено до 500 пуд. глинистой никкелевой зелени, пошедшей впоследствии въ плавку,—и затѣмъ работы были приостановлены. Въ послѣдующее лѣто 1902 г. работы продолжались Горн. Инж. Семенченко,—но безъ существенныхъ результатовъ, по крайней мѣрѣ на тѣхъ горизонтахъ (около 20 саж.).

Предположенія о болѣе глубокихъ залеганіяхъ никкелевой руды (на 25 саж.) и однородности ихъ происхожденія съ таковыми въ Ревдѣ,—пока остаются въ видѣ предположеній за отсутствіемъ достаточно глубокой шахты и отсутствіемъ правильнаго плана развѣдокъ на всей поверхности дачъ: Нижне-Исетской, Верхъ-Исетской и Ревдинской.

Будемъ надѣяться, что работа уважаемаго профессора Горнаго Инженера Василя Васильевича Никитина, задуманная такъ широко и организованная строго научно, прольетъ, наконецъ, надлежащій свѣтъ на этотъ вопросъ о мѣсторожденіи никкелевыхъ рудъ и его запасахъ въ этомъ районѣ Урала.

Этотъ вопросъ о никкелевыхъ рудахъ, волнующій теперь многихъ рудопромышленниковъ, есть вопросъ не только этихъ круговъ или отдѣльныхъ рудопромышленниковъ, но вопросъ вполне государственный, въ виду громаднаго значенія никкеля въ артиллеріи и кораблестроеніи.

Онъ долженъ быть такъ или иначе разрѣшенъ, чтобы или устранить нелѣпыя попытки безконечныхъ исканій или же, наконецъ, указать научную базу для правильныхъ развѣдокъ на никкель. А пока что, образцы на никкелевые руды продолжаютъ постоянно поступать въ Уральскую Лабораторію, часто совершенно безплодно для обѣихъ сторонъ;—слѣдовательно вопросъ этотъ, хотя уже и старый для Урала,—не перестаетъ быть для него въ то же время и новымъ, ожидая еще своего геолога, промышленника и историка.

Переходя вновь къ вопросу о плавкѣ въ Каменскомъ заводѣ,—я не могу не указать на одну бумажку, полученную изъ Горнаго Департамента,—которой было суждено сыграть досадную роль въ этой первой плавкѣ въ Каменскомъ заводѣ.

Горный департаментъ сообщаетъ, что никкелевый чугунъ долженъ быть состава:

<i>Ni</i> не менѣе	20%
<i>C</i> не болѣе	3,5%
<i>Mn</i> не болѣе	6%

Почему понадобилось Департаменту связывать плавку чугуна подобными предѣлами, трудно сказать, а тѣмъ не менѣе это указаніе повлекло за собой то обстоятельство, что вся первая плавка руды около 3.000 пуд. прошла совершенно не такъ, какъ бы слѣдовало.

Заграничный никкель, какъ извѣстно, очень чистъ и ничего общаго съ подобнымъ составомъ не имѣетъ. Что же касается чугуна, то, конечно, Пермскій пушечный заводъ, какъ производитель никкелевой стали и потребитель чугуна, долженъ лучше знать, какого состава чугунъ ему требуется.

Желая получить никкелевый чугунъ указаннаго состава, Каменскій заводъ прибѣгъ къ шихтѣ, которая составлялась изъ такихъ разнообразныхъ рудъ, что чугунъ, содержа никкеля не свыше 6%, марганца получилъ всего до 3%—но зато фосфора попало туда больше чѣмъ слѣдовало.

Шихта было совершенно неправильная, такъ какъ вмѣсто того, чтобы стремиться къ полученію наиболѣе богатаго никкелемъ чугуна, возможно безъ всякихъ примѣсей, старались почему то получить чугунъ сильно марганцовистый (тогда какъ марганецъ легко и удобно ввести въ стальную ванну въ видѣ ферро-марганца).

Не имѣя подъ рукой хорошей лабораторіи, контроль на фосфоръ не былъ произведенъ и вслѣдствіе этого съ рудами ввели въ шихту много фосфору,—что, слѣдовало, да и было возможно избѣжать. Съ другой стороны, боялись пустить въ плавку никкелевую кремнекислую руду одну, и находили необходимымъ флюсовать ее желѣзной рудой на ряду съ известью.

Все это привело къ тому, что чугунъ получили бѣдный никкелемъ и фосфористый, при высокой его стоимости.

Въ самомъ началѣ плавку производилъ Управитель Каменскаго завода Горн. Инж. Панцержинскій,—котораго очень скоро замѣнилъ Горн. Инж. Афанасьевъ.

Кому слѣдуетъ приписать составленіе этой шихты, трудно сказать, во всякомъ случаѣ обидно то, что подобное количество никкелевой руды было легкомысленно проплавлено безъ всякой пользы для дѣла,—тѣмъ болѣе, что руду теперь достать нелегко.

Перейдемъ однако къ фактической сторонѣ плавки въ Каменскомъ заводѣ. Въ іюнѣ 1990 г. въ вагранкѣ за № 2 съ нагрѣтымъ дутьемъ было выплавлено 100 пудовъ никкелеваго чугуна.

Шихта была слѣдующая:

- 20 ф. обожженаго бураго желѣзняка.
- 20 „ „ марганцевой руды.
- 18 „ „ никкелевой руды въ кускахъ.
- 10 „ „ „ въ брикетахъ.
- (50% руды и 50% извести).
- 7 „ извести обожженой.

Угля шло 1½ рѣшетки на калошу, всего въ сутки спущено 124 калоши и выплавлено 30—35 пуд. никкелеваго чугуна.

Никкелевый чугунъ получился нижеслѣдующаго состава:

(По анализамъ Уральской Химической Лабораторіи).

<i>Ni</i>	1,25	1,90	1,45	0,95	1,60
<i>Mn</i>	8,9	8,13	8,00	9,03	8,77
<i>SiO₂</i>	6,7	5,5	5,00	6,4	6,7
<i>C</i>	2,9	3,2	3,4	3,6	3,0

Шлакъ къ нимъ.

<i>Ni</i>	слѣды
<i>SiO₂</i>	43,80
<i>Mn</i>	12,08

Вотъ еще анализъ выплавленного чугуна:

(По анализу Уральской Химической Лабораторіи).

<i>Ni</i>	5,35	4,20	2,95
<i>Mn</i>	6,88	5,2	7,6
<i>SiO₂</i>	4,6	3,6	5,9
<i>C</i>	3,4	4,8	3,05

Столь низкое содержаніе *Ni* въ чугунѣ вызвало опыты переплавления этого чугуна въ вагранкѣ въ присутствіи никкелевой руды и извести.

Около 10 августа началась переплавка чугуна съ наибольшимъ содержаніемъ *Ni* въ 5,35%, и остатокъ руды въ 512 пудовъ. Плавка горячая, шлаки спѣлые при шихтѣ

отъ 25 ф. до 1 п. 20 ф. никкелеваго чугуна,

„ 28 „ „ „ 38 „ никкелевой руды,

„ 5 „ „ „ 8 „ извести на 1 рѣшетку березоваго угля.

Послѣдній выпускъ никкелеваго чугуна въ количествѣ 49 пуд. 30 фун. далъ наибольшее содержаніе *Ni*. По анализу мѣстной лабораторіи 17,94%, впослѣдствіи Уральская Лабораторія обнаружила въ немъ никкеля только 12%, что и оказалось вѣрнымъ.

	Анал. Камен. зав.	Анализъ Ур. Химич. лаб.
<i>Ni</i>	17,94	12,79
<i>Mn</i>	0,72	2,65
<i>C</i>	4%	4,45
<i>SiO₂</i>	3%	2,95

Чугунъ получился очень вязкій.

Былъ еще произведенъ опытъ непосредственной плавки руды на чугунъ въ августъ того же года. Шихта мѣнялась много разъ и бралась проба на *Ni* изъ каждого выпуска.

Получилось:

1) <i>Ni</i>	7,96
2) „	12,45
3) „	11,08
4) „	11,71
5) „	16,93
6) „	17,98

Это содержаніе никкеля, по анализамъ мѣстной лабораторіи, оказалось въ послѣдствіи невѣрнымъ, какъ это мы увидимъ изъ отчета Пермскаго пушечнаго завода, да и Уральская Лабораторія нашла содержаніе *Ni* много ниже.

Чугунъ этотъ обошелся заводу 4 р. 79,77 коп. съ пуда и если возьмемъ среднее содержаніе *Ni* отъ 7 до 8%, то получимъ стоимость 1% *Ni* въ чугунѣ равной 60 коп., тогда какъ онъ покупается въ настоящее время около 35 коп. процентъ.

Переплавка чугуна, какъ видно изъ отчета Каменскаго завода, обходилась 86,82 коп. съ пуда, причемъ угаръ отъ переплавки чугуна выражался 10%.

Такимъ образомъ переплавка значительно повышала стоимость чугуна, мало по существу повышая содержаніе въ немъ никкеля.

Здѣсь небезынтересно привести нѣкоторые данныя стоимости операций, такъ какъ ихъ можно будетъ принять въ нашихъ дальнѣйшихъ расчетахъ за основаніе, ибо опыты эти все-же были выполнены въ достаточно широкомъ масштабѣ.

Обжигъ никкелевой руды обошелся Каменскому заводу 29 р. 55 коп. съ тысячи пудовъ, а потеря въ вѣсѣ выразилась 16,35%. Это обстоятельство особенно странно, такъ какъ извѣстно, что руда эта чистый силикатъ, такъ что очевидно руда была принята крайне сырой.

Расходъ топлива въ первую плавку выразился около 45% всѣхъ расходовъ.

Кстати сказать, первая выплавка никкелеваго чугуна обошлась много дешевле, а именно всего 2 р. 87,9 к. съ пуда,—но при сред-

немъ содержаніи никкеля всего 4% (максимумъ былъ 6,3%, а минимумъ 0,95%) стоимость 1% никкеля въ чугунѣ получается все-же очень высокой и равняется 70 коп.

Плата рабочимъ составила около 17% всей суммы расходовъ, слѣдовательно на руду и флюсы остается 38% расходовъ.

Руда съ доставкой изъ Ревды обошлась заводу около 34 коп. пудъ.

Средній выходъ чугуна на коробъ угля 4.677 пуд., а на пудъ горючаго 0,23 пуд.

Выходъ чугуна со 100 пуд. руды былъ равенъ 16,45 пуда. Къ сожалѣнію, учесть выходъ никкеля въ чугунъ почти невозможно, такъ какъ шихта слишкомъ сложна и состояла изъ разнообразныхъ рудъ.

Шлакъ же содержалъ слѣды никкеля.

Весь полученный въ Каменскомъ заводѣ за лѣто чугунъ, былъ переплавленъ снова для однородности въ 12 партій и въ такомъ видѣ отправленъ въ Пермь для производства надъ нимъ опыта.

Пермскій Пушечный заводъ, получивъ этотъ чугунъ, просилъ разрѣшенія у Главнаго Начальника произвести опыты плавки на сталь въ печи на кислomъ поду, такъ какъ печь основная была въ ремонтѣ.

Было рѣшено испытать, слѣдовательно, этотъ чугунъ такъ же какъ получалась и прежде никкелевая сталь, т. е. на кислomъ поду и введеніемъ металлическаго никкеля замѣнить никкелевымъ чугуномъ.

Отлить былъ слитокъ въ 800 пуд (въ ноябрѣ) съ расчетомъ получить *Ni* въ стали 3%. (Для ствола и кожуха 3" пушки и оболочки 75 м/м. мортирь).

При проковкѣ слитокъ съ первыхъ-же ударовъ далъ глубокія продольныя трещины и поперечныя рванины,—такимъ образомъ оказался совершенно негоднымъ для крупныхъ издѣлій. При испытаніи слитка *Ni* оказалось въ немъ всего 1%, а анализъ шлаковъ далъ едва замѣтные слѣды *Ni*.

Послѣ этого уже приступили къ испытанію присланнаго Каменскимъ заводомъ никкелеваго чугуна, чтобы выяснитъ вопросъ, куда дѣвался никкель и какія примѣси сдѣлали слитокъ негоднымъ къ употребленію.

Удалось только вытянуть брусокъ 6" на 12".

Механическая проба дала:

		Пред. упруг.	Сопрот. разр.	Удлинение.
До отжига	1.	4552	6000	1,9%
" "	2.	4425	5272	1,2
" "	3.	4520	6000	1,6
Послѣ отжига	1.	4434	5660	0,5
" "	2.	4226	7093	4,8
" "	3.	4286	7464	4,4

При подобныхъ качествахъ металлъ не можетъ имѣть примѣненій.

Анализъ показалъ:

<i>C</i> вмѣсто ожидаемыхъ . . .	0,4%	0,75%
<i>N</i> " " . . .	2,5%	1,35%
<i>Ph</i> " " . . .	—	0,15%

При проверкѣ пробы чугуна оказалось:

По анализу Каменскаго завода.	№ партій.	По анализу Пермскаго пушечнаго завода.
<i>Ni</i> . . . 8,14	1	5,64
" . . . 7,84	2	5,00
" . . . 14,16	6	7,4
" . . . 14,57	11	6,3

При среднемъ составѣ около 6% онъ и не могъ дать въ сталь болѣе 1,35% *Ni*. Опытъ этотъ всеже показалъ, что введеніе *Ni* путемъ введенія никкелеваго чугуна *воплнѣ возможно*, такъ какъ сопровождается слабымъ угаромъ *Ni*; всего 5—6% общаго количества. Присланный же сюда чугунъ надо признать или совершенно негоднымъ для полученія никкелевой стали искомыхъ качествъ,—или-же его обработка требуетъ приѣмовъ, не отвѣчающихъ способамъ полученія никкелевой Мартеновской стали обычнымъ путемъ. Причина заключается въ недостаткѣ *Ni* и въ излишкѣ фосфора.

Первая причина побуждаетъ садить 50% никкелеваго чугуна и работать руднымъ процессомъ, мало пригоднымъ для кислаго пода въ полученіи стали высокихъ качествъ.

Значительное содержаніе фосфора въ чугунѣ (0,36%) требуетъ основной печи, такъ какъ иначе влияніе *Ni* будетъ парализовано фосфоромъ, котораго кислый подъ не устранить. Полученіе же стали содержаніемъ въ 0,4% *C* на основномъ подѣ влечетъ за собой основной процессъ обычно не примѣняемыми способами. Вѣроятно не представитъ затрудненія давать чугунъ безъ фосфора, усложняющаго способы полученія никкелевой стали. Г. Темниковъ предлагаетъ вводить въ шихту при плавкѣ на сталь никкелевую руду содержаніемъ *Ni* при 15%,—если подобной руды нѣтъ (или мало), то не удобнѣе ли будетъ примѣнить обогащеніе ея.

Вотъ почти дословно выводы, сдѣланные Пермскимъ пушечнымъ заводомъ, относительно присланнаго туда изъ Каменскаго завода чугуна.

Какъ видите, злой рокъ, висѣвшій надъ злополучной плавкой въ Каменскомъ заводѣ, послѣдовалъ за чугуномъ и въ Мотовилиху.

Конечно, крайне досадно, что чугунъ, составъ котораго никто хорошенъко не зналъ, при подобныхъ условіяхъ былъ пущенъ въ плавку на кисломъ подѣ. Испытай предварительно этотъ чугунъ полностью, и для всѣхъ стало бы ясно совершенно бесполезное испытаніе его въ печи съ кислымъ подомъ.

Что-же касается испытанія того же чугуна въ печи на основномъ подѣ,—то опытъ этотъ всеже представилъ собой не малый интересъ, и можетъ быть чугунъ оказался бы и совсѣмъ годнымъ для намѣченной цѣли. Въ этомъ случаѣ чугунъ не пропалъ-бы даромъ и принесъ свою пользу цѣлесообразнымъ опытомъ.

Что же касается предложенія г-на Темникова вводить въ шихту руду съ содержаніемъ *Ni* въ 15%, то я долженъ сказать, что будь въ нашемъ распоряженіи подобная руда, то было-бы легко тогда предложить Пермскому пушечному заводу химически чистый никкель не дороже французскаго или американскаго.

Неудача этого опыта, въ виду дальнѣйшихъ попытокъ,—которыя исполнялись уже мной лично,—побудила меня произвести полный анализъ того чугуна, которымъ пользовался Пермскій пушечный заводъ. При своемъ опытѣ я взялъ среднюю пробу изъ различныхъ кусковъ чугуновъ, посланныхъ мнѣ Пермскимъ пушечнымъ заводомъ по моей просьбѣ.

<i>Si</i>	2,01%
<i>C</i> граф.	3,45
<i>Ni</i>	6,48
<i>Ph</i>	0,503
<i>S</i>	нѣтъ
<i>Mn</i>	3,29

24-го октября 1900 г. г. Главный Начальникъ поручилъ мнѣ производить опыты по извлеченію никкеля мокрымъ и электролитическимъ путемъ. Вопросъ, поставленный мнѣ тогда, былъ мнѣ совершенно новъ и, къ сожалѣнію, мнѣ не была тогда извѣстна даже и исторія попытокъ въ Ревдѣ. О плавкѣ въ Каменскомъ заводѣ пришлось познакомиться по отчетамъ Уральскаго Горнаго Управленія.

Привыкши еще со студенческой скамьи приниматься за какую-либо работу не иначе, какъ хорошо ознакомившись съ литературой вопроса, я и въ этомъ случаѣ началъ съ того, что взялся за книги. Вся зима (1900—1901 г.) у меня прошла частью за изученіемъ литературы вопроса, частью въ опытахъ по химіи и электролизу никкеля. Очень скоро я пришелъ къ выводу, что мои опыты должны сосредоточиваться на нижеслѣдующихъ тезахъ:

- 1) Химическое извлеченіе возможно только при обжигѣ съ колчеданами, т. е. путь, гдѣ дорогая сѣрная кислота замѣнена дешевымъ ея прототипомъ.
- 2) Изучить условія осажденія *Ni* токомъ изъ растворовъ.
- 3) Изучить условія аффинировки токомъ обогащенныхъ никкельштейновъ, уяснивъ себѣ предѣльный составъ ихъ.

И въ особенности 4) хорошенько ознакомиться съ вопросомъ о выплавкѣ *Ni* чугуна,—путь, который мнѣ казался наиболѣе дешевымъ и достижимымъ при нашихъ бѣдныхъ уральскихъ рудахъ.

Въ этомъ порядкѣ и приступлю къ изложенію полученныхъ мною результатовъ.

По вопросу о химическомъ извлеченіи никкеля изъ бѣдныхъ рудъ, для каждаго толковаго химика ясно сразу, что при нашихъ цѣнахъ на кислоты о нихъ, какъ растворителяхъ, нечего и думать. Приходилось, слѣдовательно, сразу думать объ ихъ замѣнѣ. Какъ разъ за годъ передъ этимъ я работалъ въ Юговскомъ заводѣ (около Перми) по извлеченію мѣди изъ отваловъ путемъ обжига ихъ съ колчеданами.

Будучи довольно хорошо знакомъ съ этимъ вопросомъ, я сразу рѣшилъ испытать этотъ путь и надъ никкелемъ. Весь вопросъ сводился, слѣдовательно, къ тому, чтобы выяснитъ, насколько полно можно было бы извлечь никкель изъ кремнекислыхъ Ревдинскихъ рудъ и глинистой никкелевой зелени Нижне-Исетской казенной дачи,—сѣрноокислой атмосферой обжига съ колчеданами.

Съ другой стороны, мнѣ хотѣлось путемъ установленія той или иной температуры (и условій обжига) достигнуть значительнаго выдѣленія желѣза въ видѣ окиси уже при самомъ процессѣ обжига,—и это я ожидалъ, исходя изъ того положенія, что сѣрноокислыя соли желѣза начинаютъ разлагаться раньше, нежели соли никкеля и требуютъ для этого болѣе низкой температуры, а именно около 500°.

Опыты надъ обжигомъ съ колчеданами я производилъ въ Каменскомъ заводѣ, гдѣ съ этой цѣлью была сложена печь, по моему чертежу, при семь прилагаемому (черт. 1, 2 и 3).

Печь была поставлена двойная и каждая изъ нихъ имѣла особую задвижку для регулировки тяги. Въ каждой печи три полки, чтобы реализовать различную температуру; полки расположены одна надъ другой. Чтобы легко было передвигать массу руды и колчедана, они засыпались сверху черезъ воронку. Печь имѣетъ подходъ съ обѣихъ сторонъ и полки расположены въ шахматномъ порядкѣ, чтобы, спуская руду съ верхней полки, она попадала на слѣдующую и т. д. Противъ каждой полки есть дверцы, чтобы скребкомъ можно было легко передвинуть или смѣшать руду.

Колчеданъ для опытовъ бралъ я безъ мѣди, чтобы эта мѣдь не запутывалась вмѣстѣ съ никкелемъ и не осложнила впослѣдствіи осажденія *Ni* путемъ химическимъ или электролизомъ.

Прежде всего я хотѣлъ выяснитъ значеніе температуры. Съ этой цѣлью были выполнены два опыта и каждый разъ пробы на растворимую сѣру и никкель брались на каждой полкѣ отдѣльно.

Опытъ № 1-ый. Завалено въ печь руды мелкой Нижне-Исетской 4 пуда, колчедана 2 пуда. Черезъ 2 часа обжига взята проба.

1-ая полка оказалась <i>S</i>	0,54%
<i>Ni</i>	0,22

2-ая полка оказалась	<i>S</i>	1,24%
	<i>Ni</i>	—
3-ья полка оказалась	<i>S</i>	0,84
	<i>Ni</i>	0,62%

Опытъ № 2-ой. Завалено въ печь мелкой кремнекислой руды Ревдинскаго завода 4 пуда, колчедана 2 пуда, проба взята черезъ 2 часа обжига.

1-ая полка дала	<i>S</i>	0,64%
	<i>Ni</i>	0,21
2-ая „ „	<i>S</i>	—
	<i>Ni</i>	—
3-ья „ „	<i>S</i>	0,98
	<i>Ni</i>	0,54

Мы видимъ изъ этихъ двухъ опытовъ, что наибольшее количество растворимой сѣры падаетъ на среднюю полку, что показываетъ тамъ присутствіе наибольшаго количества сѣрнокислыхъ солей желѣза и никкеля. Нижняя полка обнаруживаетъ разложене сѣрно-кислыхъ солей подъ вліяніемъ жара, но очевидно за счетъ желѣза, такъ какъ содержаніе растворимаго никкеля поднимается.

Поэтому я рѣшилъ въ дальнѣйшихъ опытахъ пропускать руду послѣдовательно черезъ всѣ полки и по возможности продлить обжигъ, чтобы усилить процессъ разложенія сѣрнокислыхъ солей желѣза.

Вотъ конечные результаты дальнѣйшихъ опытовъ надъ Нижне-Исетской рудой. Количество колчедана я измѣнялъ, исходя изъ того, что руда была взята содержаніемъ *Ni* 1,40%; можно учесть въ каждомъ опытѣ выходъ растворимаго никкеля.

Опытъ № 3-ий. Руды . . . 2 пуда
Колчедана 2 „
Воды . . . 1 ведро.

Послѣ 6 часовъ проба показала:

Растворимой сѣры . .	0,68
„ <i>Ni</i> . .	0,65
т. е. извлечено 93% всего <i>Ni</i> .	

Опытъ № 4-ый. Руды . . . 2 пуда
Колчедана 2 „
Воды . . . 1 ведро.

Послѣ 8 часовъ проба показала:

Растворимой сѣры . .	1,15
„ <i>Ni</i> . .	0,70
т. е. извлечено около 100% всего <i>Ni</i> .	

Опытъ № 5-ый. Руды . . . 2 пуда
Колчедана 1 „

Послѣ 8 часовъ проба показала:

Растворимой сѣры . .	1,29
„ <i>Ni</i> . .	0,87
т. е. извлечено 95% всего <i>Ni</i>	

Опытъ № 6-ой. Руды . . . 3 пуда
Колчедана 1 „

Послѣ 8 часовъ проба показала.

<i>S</i> растворимой . . .	1,29
<i>Ni</i> „ . . .	0,89
т. е. извлечено 84% <i>Ni</i> .	

Опытъ № 7-ой. Руды . . . 4 пуда
Колчедана 1 „

Послѣ 8 часовъ проба показала:

<i>S</i>	1,04
<i>Ni</i>	0,74
а всего извлечено 66% <i>Ni</i> .	

Опытъ № 8-ой. Руды . . . 2 пуда
Колчедана 2 „
Воды . . . 1 ведро
Селитры . . . 5 фун.

Послѣ 8 часовъ проба показала.

S 1,13
 Ni 0,65

а всего извлечено 93% Ni .

Опытъ № 9-ый. Руды . . . 4 пуда
 Колчедана 1 „
 Воды . . . 1 ведро
 Селитры . 2 $\frac{1}{2}$ фун.

Послѣ 8 часовъ проба показала:

S 1,19
 Ni 0,65

а всего извлечено Ni 58%.

Опытъ № 10-й Руды . . . 3 пуда
 Колчедана 1 „
 Воды . . . 1 ведро
 Селитры . 2 $\frac{1}{2}$ фун.

Послѣ 8 часовъ обжига проба показала

S 1,31
 N 0,43

всего извлечено Ni 50%.

Изъ этихъ десяти опытовъ отчетливо выступаютъ условія наилучшаго извлеченія никкеля: это опыты №№ 3,4,5 и 8-ой, т. е. тѣ, гдѣ колчеданъ былъ въ излишкѣ; обиліе сѣры создаетъ атмосферу прекрасно, даже можно сказать, идеально извлекающую никкель изъ руды. Что-же касается селитры, какъ окислителя, и воды, то эти факторы не оказываютъ вліянія на процессъ. Если мы сравнимъ эти опыты съ первыми двумя, когда руда обжигалась всего 2 часа, то мы увидимъ, что тамъ извлеченіе никкеля не доведено до конца, а потому обжигъ необходимо продолжать не менѣе 4 часовъ, а лучше даже 6 часовъ. Что касается вопроса отдѣленія желѣза отъ никкеля въ послѣдній періодъ обжига, то, несомнѣнно, значительная часть сѣрно-кислыхъ солей желѣза можетъ быть разложена прокалкой.

но на полное его отдѣленіе подобнымъ путемъ разсчитывать не приходится въ виду разложенія также и сѣрно-кислыхъ солей никкеля и слѣдовательно его потери и большой траты на топливо.

Попробуемъ теперь учесть эту работу. Печи мои, конечно, не могутъ считаться образцовыми въ смыслѣ утилизаціи топлива, но всеже будемъ исходить въ нашемъ разсчетѣ изъ опыта съ моими печами.

При усиленной работѣ расходъ дровъ надо считать 3 сажени, на парную печь по 3 р. 20 к. составить 9 р. 60 к. Рабочія руки составятъ 3 р. 60 коп. (а именно у печей двое по 70 коп. при подвозкѣ, смѣшиваніи руды 4, изъ нихъ 1 по 70 коп. въ сутки, а остальные по 50 к.). Весь суточный расходъ, помимо стоимости руды, обойдется, слѣдовательно, 13 р. 20 к. въ сутки.

Будемъ считать 8 пудовъ завалку и, имѣя въ двухъ печахъ 6 полоковъ, завалку можно дѣлать каждый часъ, т. е. 192 пуда въ сутки. При нашей шихтѣ это будетъ около 100 пудовъ никкелевой руды въ сутки.

Этотъ процессъ извлеченія, помимо стоимости руды, обойдется слѣдовательно около 14 к. съ пуда руды,—а считая руду въ 2%, стоимость извлеченія будетъ около 7 руб. съ пуда чистаго никкеля.

Прибавимъ сюда стоимость руды въ 30 коп. пудъ и стоимость колчедана, то получимъ никкель цѣной уже около 25 рублей пудъ, т. е. цифру крайне высокую, изъ которой одна стоимость руды (30 к.) беретъ на себя 60—70% общихъ расходовъ.

Изъ этого разсчета ясно для cadaго, что при подобной высокой стоимости руды, едва ли возможенъ какой либо химическій путь. Что-же касается этого способа извлеченія никкеля, то приходится сказать, что, несмотря на почти полное извлеченіе никкеля (до 95%) его стоимость въ 7 руб. съ пуда можно считать все-же довольно высокой.

При подобныхъ условіяхъ выдѣленіе никкеля изъ раствора возможно только двумя путями.

Первый путь осаждаютъ Ni и желѣзо известью и разсматривать этотъ матеріалъ, какъ обогащенную никкелевую руду, для введенія, по предложенію г-на Темникова, его непосредственно въ Мартеновскую печь, безъ всякихъ дальнѣйшихъ операцій.

Масса эта при нѣкоторомъ излишкѣ извести имѣла составъ слѣдующій: CaO -5-10%, металлическаго никкеля до 30%, металли-

ческаго желѣза до 40%,—остальное: кислородъ окиси и закиси. Стоимость этой массы не превысила бы 3 руб. съ пуда или 10 коп. процентъ никкеля.

Опытъ подобнаго осажденія и анализъ осадковъ я производилъ въ лабораторіи, исходя изъ 20 пудовъ обожженаго въ Каменскомъ заводѣ матеріала и доставленнаго съ этой цѣлью въ г. Екатеринбургъ.

Второй путь, это путь осажденія никкеля электролизомъ.

Къ описанію моихъ опытовъ въ этомъ направленіи мы и перейдемъ.

Такимъ образомъ, работы по электролизу никкеля сосредоточились вначалѣ на изученіи условій осажденія никкеля изъ растворовъ при содѣйствіи, такъ называемыхъ, нерастворимыхъ анодовъ. Съ этой цѣлью я предпринялъ полное и методичное изслѣдованіе условій осажденія никкеля, такъ какъ подъ рукой не было никакихъ литературныхъ указаній, да нѣтъ и по сіе время, несмотря на работы Tommasi, Foerster и Borchers, такъ какъ этими работами гораздо болѣе занимаются на заводахъ (и не безъ успѣха) и держать это въ глубокомъ секретѣ.

Работа съ нерастворимыми электродами практикуется, насколько мнѣ извѣстно, только въ Раренбургѣ.

Изучивъ условія осажденія никкеля съ нерастворимыми электродами, я перешелъ на электроды растворимые или, иначе говоря, изучалъ осажденіе никкеля изъ штейновъ и сырого никкеля.

Изученіе условій осажденія какого-либо металла при помощи тока сводятся, въ сущности, къ изученію вліянія слѣдующихъ факторовъ:

- 1) Выборъ вещества анода.
- 2) Выборъ ванны.
- 3) Вліяніе концентраціи ванны.
- 4) Вліяніе разстоянія между электродами.
- 5) Вліяніе температуры.
- 6) Вліяніе взбалтыванія.
- 7) Вліяніе плотности тока.

Разсмотримъ, поэтому, послѣдовательно всѣ факторы электролиза.

Изъ числа нерастворимыхъ анодовъ уголь и свинецъ являются наиболѣе употребляемыми. Угольные пластины, которыя я употре-

блялъ въ самомъ началѣ,—пришлось впоследствии отбросить, такъ какъ эти аноды легко разрушаются отъ дѣйствія ванны и тока и тогда загрязняютъ ванну и катоды частицами мелкаго угля. Такимъ образомъ, я окончательно остановился на свинцѣ, какъ наиболѣе подходящемъ матеріалѣ для анода.

Что же касается второго пункта, т. е. выбора ванны,—то при работѣ никкеля употребляется чаще всего ванна сѣрноокислая или солянокислая. Въ виду большей дешевизны и даже большихъ удобствъ работы, я остановился на первой изъ нихъ,—тѣмъ болѣе, что въ технику она чаще всего и примѣняется. Сѣрноокислая соль никкеля въ ваннѣ должна быть всегда по возможности нейтральна, а такъ какъ при дѣйствіи тока на нерастворимый анодъ—разложеніемъ соли выделяющійся кислородъ и водородъ образуютъ свободную кислоту то приходится постоянно вводить въ небольшихъ дозахъ амміакъ, чтобы нейтрализовать свободную кислоту.

Переходя теперь къ вопросу о концентраціи ванны, я долженъ сказать, что этотъ важный вопросъ поглотилъ массу времени и потребовалъ много вниманія, тѣмъ болѣе, что я его изслѣдовалъ совместно съ вопросомъ вліянія разстоянія между электродами.

Эти многочисленные опыты я сведу въ одну общую таблицу въ которой будутъ показаны коэффициенты полезнаго дѣйствія тока, въ зависимости отъ двухъ факторовъ: 1) концентрація раствора, 2) разстояніе между электродами. Всѣ остальные условія осажденія никкеля, по возможности, сохранены неизмѣнными. Условія эти были таковы:

- 1) Плотность тока $D_{100} = 0,5 A$;
- 2) Температура комнатная;
- 3) Вольтажъ 2,75—3;
- 4) Амперъ 1,75—2;
- 5) Электродовъ два, каждый поверхностью 200 кв. см.

Если мы внимательно разсмотримъ таблицу (стр. 50) и задумаемся въ нее, то придется сдѣлать слѣдующіе неопровержимые выводы.

Прежде всего то, что наиболѣе благоприятная концентрація ванны для cadaго случая (разстояніе между электродами) своя, а именно, для 2 см. наилучшая концентрація будетъ очевидно 25—26 гр. Ni на литръ, для 3 см. будетъ около 30 гр. на литръ, то-же самое и для 4 см. разстоянія, а можетъ быть даже и нѣсколько крѣпче.

	Разстояніе между электродами.		
	2 сантим.	3 сантим.	4 сантим.
	%	%	%
34 гр. Ni на 1 литръ	78	85,1	87,1
31,5 " 	78,2	—	—
30 " 	—	—	90
29,6 " 	—	94,8	—
28 " 	82,5 (79,3)	89,9	—
26 " 	90,5	—	93,4
24,5 " 	—	85,4	86
23 " 	—	—	—
22 " 	87	79,9	—
21 " 	—	74,4	78,2
16 " 	64	—	82,5
14 " 	63	—	—
11 " 	—	71,3	70
9 " 	53	—	—
8 " 	50	—	—
6 " 	46	43	31,5
5 " 	22,5	32	—
1 " 	2	8,3	—

Второй выводъ тотъ, что для слабыхъ растворовъ удаленіе электродовъ даетъ большое преимущество, что можетъ быть легко объяснено тѣмъ, что въ этомъ случаѣ, при лучшей циркуляціи раствора, обмѣнъ частицъ происходитъ полнѣе и легче.

Третій выводъ тотъ, что раздвиганіе электродовъ увеличиваетъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія тока, но до извѣстныхъ предѣловъ, такъ какъ это благопріятное обстоятельство парализуется въ послѣдствіи тратой энергіи на сопротивленіе ванны, выражающей въ паденіи вольтажа.

При работѣ съ растворимыми электродами, разстояніе между ними устанавливается также въ зависимости отъ чистоты анода, — дабы, сближая чрезмѣрно аноды, не загрязнить катодныя отложенія металла.

Наилучшимъ разстояніемъ для даннаго случая можно считать 2—3 с/м.

Вотъ еще два опыта, уясняющіе тотъ же вопросъ:

Одновременное осажденіе никкеля изъ раствора при концентраціи 34 гр. никкеля на 1 литръ.

Разстояніе электродовъ:

1 с/м.	92 %
2 " 	84 "
3 " 	77,4 "

Причемъ въ данномъ случаѣ сосчитана энергія, пошедшая на сопротивленіе ванны.

При концентраціи 12 гр. никкеля на 1 литръ:

1 с/м.	62,4 %
2 " 	60 "
3 " 	40 "

опять таки съ зачетомъ энергіи, ушедшей на сопротивленіе столба жидкости, отдѣляющей электроды.

Въ видахъ уменьшенія этого сопротивленія, кислотность или большая основность ванны казалась бы желательной, но опытъ показалъ, что кислая реакція ванны быстро понижаетъ отложенія никкеля на катодахъ, а щелочная реакція немного медленнѣе, но и она все-же вредна.

Относящіяся сюда цифры говорятъ, что при концентраціи въ 24 гр. никкеля на 1 литръ нормальное осажденіе даетъ около 90% полезнаго дѣйствія, опытъ за № 17 далъ всего 82%, такъ какъ ванна оказалась кислой; послѣ прибавки 10 куб. с. амміака коэффициентъ поднялся до 87%, несмотря на нѣкоторое ослабленіе ванны (опытъ № 18).

Опыты №№ 19 и 20 показываютъ также, что отъ прибавленія 10 куб. с. амміаку, несмотря на ослабленіе ванны, коэффициентъ

полезного дѣйствія тока поднялся съ 79,9% до 85%. Чрезмѣрная прибавка амміака вызывала задержку осажденія никкеля.

Перейдемъ теперь къ вопросу о вліяніи температуры и взбалтыванія. Вліяніе взбалтыванія столь очевидно, что оставалось только выбрать наилучшій способъ. Смѣшиваніе электролита необходимо именно въ видахъ постоянного замѣщенія обработаннаго раствора новыми его частями, еще не тронутыми. Это парализуетъ вредное дѣйствіе сближенія электродовъ и содѣйствуетъ повышенію коэффиціента полезного дѣйствія тока. Наилучшее смѣшиваніе электролита достигалось циркуляціей электролита изъ одной ванны въ другую. Можно было не безъ успѣха употребить и вдуваніе воздуха или газа, но что касается предложенія какого-то патента, употреблять вращающіеся катоды, то я лично убѣдился въ полной нецѣлесообразности подобной выдумки. Мало достигая цѣли въ смыслѣ смѣшиванія электролита, вращеніе катода мѣшаетъ правильному осажденію никкеля (очень возможно, что истинной причиной этого обстоятельства была большая кривизна моего катода; діаметръ анода былъ 15 с/м., катода 8 с/м.).

Что касается температуры, то, по моимъ изслѣдованіямъ, надо признать наиболѣе благоприятною температуру около 70° С. Она вліяетъ не такъ на повышеніе коэффиціента полезного дѣйствія тока, какъ на качество осадка. При подогреваніи осадокъ получается плотный и блестящій и не проявляетъ стремленія отслаиваться, какъ это бываетъ въ холодной ваннѣ при среднихъ плотностяхъ тока ($D_{100} = 0,5$).

Такъ, напримѣръ, при концентраціи 23 гр. никкеля на 1 литръ раствора и разстояніи электродовъ въ 10 с/м. оказалось

при 50° С.		80% полезного дѣйствія
„ 70° С.		90 „ „ „

осадокъ плотный и слегка сѣрый; при этихъ условіяхъ ванна безъ подогрева дала всего 60%, а при температурѣ 30° С. уже 64,5%.

При той же температурѣ 70° С. и сближеніи электродовъ

до 5 с/м. получимъ		92,5%
„ 4 „ „		85 „

Качество осадка, полученнаго при повышенной температурѣ ванны (70° С.), имѣетъ такое преимущество передъ холоднымъ осажденіемъ, что выгода нагрѣва очевидна.

Переходя теперь къ послѣднему вопросу—о вліяніи плотности тока, необходимо замѣтить, что она не должна ни въ коемъ случаѣ превышать $D_{100} = 0,5$ или, иначе говоря, 50 амперъ на квадр. метръ поверхности катода.

При повышеніи плотности тока, осадокъ получается рыхлый, слоистый или зернистый и во всѣхъ случаяхъ не даетъ компактнаго никкеля—пониженіе плотности тока и подогревъ ванны, какъ уже сказано, вотъ условія полученія плотнаго никкеля.

Въ заключеніе по вопросу объ электролизѣ, скажу еще нѣсколько словъ о моихъ опытахъ съ растворимыми электродами изъ никкельштейновъ.

Въ этомъ случаѣ, конечно, пришлось электроды расположить не ближе 5 с/м., чтобы обезпечить катоду чистоту отложенія.

Опытъ № 33 при 23 гр. никкеля на 1 литръ далъ полезное дѣйствіе 99,6% (реакція слабо щелочная).

Опытъ № 36 при той же концентраціи ванны далъ 100% полезного дѣйствія.

23 ноября 1902 г. и послѣдующіе за нимъ опыты показали мнѣ, что катодъ получаетъ никкеля болѣе, нежели отдаетъ его анодъ и довольно въ значительныхъ количествахъ, а именно: отъ 20% до 40% всего количества осажденнаго никкеля.

Подобное обстоятельство надо считать крайне нежелательнымъ, такъ какъ это нарушаетъ составъ ванны и вызываетъ ея частую смѣну. Избѣжать этого можно, только удаляя примѣси изъ никкельштейна и понижая плотность тока, которая у меня была въ первыхъ опытахъ $D_{100} = 1,05$ амперъ.

Съ этой цѣлью я принялся обогащать никкельштейны, привезенные мною изъ Ревды. Обогащаль я ихъ плавкой съ пескомъ (и немного буры для разжиженія шлаковъ).

Послѣ первой плавки	Ni . . .	28,43
„ второй „	Ni . . .	35,24
„ „ „	Fe . . .	38,30
„ „ „	S . . .	27,42
		100,96

Послѣ третьей плавки	Ni . . .	46,80
„ „ „	Fe . . .	22,24
„ „ „	S . . .	30,93
		99,97
„ четвертой „	Ni . . .	57,50
„ „ „	Fe . . .	13,46
„ „ „	S . . .	28,65
		99,61

Въ такомъ видѣ я рѣшилъ пустить никкельштейны вновь на электролизъ, надѣясь, что съ этимъ количествомъ желѣза мнѣ уже удастся справиться. Въ видахъ большей предосторожности я катодныя отдѣленія оградилъ шелковыми рѣшетками, чтобы удержать накапливавшуюся окись желѣза и не давать ей замазывать всю ванну.

Результаты получились слѣдующіе. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія держался около 90% до тѣхъ поръ, пока все анодное отдѣленіе не заполнялось окисью желѣза. Смѣна электролита должна производиться каждые 5 дней, а лучше даже каждые 3 дня.

Осажденный никкель показалъ послѣ 12 час. работы:

Fe	0,003%
S.	0,0038 „

Послѣ 25¹/₂ часовъ работы:

Fe	0,00395%
S.	0,009 „

Позволю себѣ заключить эту главу расчетомъ стоимости тока, потребнаго на осажденіе никкеля.

1) При нерастворимыхъ анодахъ 80%;

2) „ растворимыхъ „ 90%.

1 амперъ осаждаетъ никкеля 1,096 гр. въ часъ, слѣдовательно 1 kg. никкеля потребуеъ току 1096 амперъ часъ, а 16,38 kg. (или 1 пудъ) потребуеъ его 18 kw. часъ. Въ первомъ случаѣ прибавимъ на потерю тока:

20%, получимъ . . .	21,6
10 „ „ . . .	19,8

Переводя на деньги и считая стоимость kw. часа въ г. Екатеринбургѣ около 15 коп., получимъ стоимость осажденія пуда никкеля:

въ 1 случаѣ . . .	3 р. 24 к.
во 2 „ . . .	2 „ 97 „

а такъ какъ во многихъ мѣстахъ Урала стоимость kw. часа обходится только 5 коп., то осажденіе пуда никкеля обойдется 1 р. 80 к. и 99 к., иначе говоря—это самый дешевый путь осажденія или аффинировки никкеля.

Не забудемъ только того обстоятельства, что, при осажденіи никкеля изъ растворовъ, надо затратить иногда немало энергіи на поддержаніе должной концентрации ванны.

Перейдемъ теперь къ заключительному пункту интересующаго насъ вопроса, а именно къ полученію никкелеваго чугуна.

Первые опыты плавки никкелеваго чугуна въ Каменскомъ заводѣ, въ силу описанныхъ уже мною обстоятельствъ, нельзя было никоимъ образомъ принять за убѣдительные въ томъ или иномъ смыслѣ.

Вотъ почему, чтобы покончить, наконецъ, съ вопросомъ о возможности на Уралѣ подобной выплавки, я просилъ разрѣшенія снова вернуться къ опытамъ плавки на чугуны.

На этотъ разъ опыты имѣли уже вполне конкретную цѣль и твердую базу. Необходимо было выяснитъ слѣдующее:

1) Возможно ли плавить силикатную Ревдинскую руду безъ примѣсей другихъ рудъ.

2) То-же самое и съ Нижне-Исетской рудой.

3) Какое максимальное содержаніе никкеля въ чугуны можно достигнуть.

4) Какія вредныя примѣси и въ какомъ количествѣ попадутъ въ чугуны, и

5) Стоимость выплавки подобнаго чугуна.

2 и 3 января 1902 г. мнѣ удалось совмѣстно съ управителемъ Каменскаго завода горнымъ инженеромъ Ч. В. Панцержинскимъ произвести плавку Нижне-Исетской руды.

Средняя проба этой руды дала мнѣ:

Ni	1,4%
Fe	9,09 „

Шихта была такова:

Никкелевой руды	30 ф.
Извести	15 „
Угля	1 рѣшотка.

Было получено 16 пуд. 35 ф. никкелеваго чугуна, стоимостью 5 р. 93,6 к. пудъ, при содержаніи никкеля 12,11⁰/₀.

Шлакъ къ нему далъ:

Ni	0,37 ⁰ / ₀
Fe	4,04 „

Иначе говоря, даже эта столь бѣдная руда (Ni — 1,4⁰/₀) при обиліи желѣза (9,09⁰/₀) дала возможность выплавить чугунъ содержаніемъ 12⁰/₀. Стоимость выплавки, конечно, очень высока, благодаря миниатюрнымъ размѣрамъ опыта. Все же 1⁰/₀ Ni уже обошелся 48 коп.; мнѣ кажется, что въ домнѣ эта стоимость должна бы упасть.

Плавка Ревдинской никкелевой кремнекислой руды состоялась дважды: первый разъ въ сентябрѣ 1902 г. въ самой Ревдѣ и второй разъ въ февралѣ 1903 года снова въ Каменскомъ заводѣ.

Въ Ревдинскомъ заводѣ плавка скоро остановилась, такъ какъ руда по своей крайней тугоплавкости легко стыла у фурмъ (вагранка на холодномъ дутьѣ). Все-же анализъ полученнаго чугуна далъ:

C гр.	3,62 ⁰ / ₀
Si	4,67 „
Ni	26,70 „
S	нѣтъ
Ph	0,57 „

Перенеся впослѣдствіи опыты плавки Ревдинской руды въ Каменскій заводъ, гдѣ вагранка болѣе подходитъ для операций съ тугоплавкой рудой, я началъ въ видѣ опыта плавить сперва половинную смѣсь Ревдинской и Нижне-Исетской руды, получая чугунъ съ содержаніемъ никкеля въ 24⁰/₀. Только послѣ этого я перешелъ на плавку одной Ревдинской руды и, получивъ чугуна около 20 пудовъ, пришлось плавку остановить, такъ какъ фурмы снова стали сильно

стыть. При этой плавкѣ я рассчиталъ шихту такъ, чтобы шлакъ получился въ видѣ трехкремнезевика, шлака довольно тугоплавкаго, но кислаго, чтобы шлаковать желѣзо и получить наиболѣе богатый никкелемъ чугунъ.

Анализъ генеральной пробы руды, подвергнутой плавленію, далъ:

SiO ₂	89,24 ⁰ / ₀
Al ₂ O ₃	2,13 „
Fe ₂ O ₃	1,11 „
FeO	0,78 „
NiO	3,32 „
Ni	2,61 „
CaO	1,14 „
MgO	0,81 „
Mn ₃ O ₄	0,46 „
Фосфора	0,01 „
Сѣры.	нѣтъ
Cu	0,02 „
Летуч. вещ.	2,42 „
	100,66 ⁰ / ₀

Глина шла въ шихту слѣдующая:

Fe ₂ O ₃	0,52
SiO ₂	62,70
Al ₂ O ₃	30,04
CaO	0,65
MgO	слѣды
Лет. вещ.	7,86

Известь состава:

SiO ₂	3,09
CaO	36,41
MgO	14,42

Шихта была:

Руды Нижне-Исетской	— п. 20 фун.
„ Ревдинской	1 „ — „
Извести.	1 „ 20 „

Шихта при плавкѣ одной Ревдинской руды была (количество глины мѣнялось):

Ревдинской руды	1 пудъ
Извести	30 фун.
Глины	2 „
Доломита	8 „

Чугунъ при этой шихтѣ показалъ составъ:

C гр.	3,87%
Si	4,52 „
Ni	32,00 „
S	нѣтъ
Ph	0,52 „

Шлакъ при этомъ чугуна выпуска № 4 показалъ составъ:

SiO ₂	56,68
Al ₂ O ₃	8,92
FeO	1,99
NiO	0,14
MnO	0,20
CaO	23,94
MgO	5,52
	100,39

Позволю себѣ теперь сопоставить всѣ выплавленные до сихъ поръ на Уралѣ чугуны и сличить ихъ съ чугуномъ Гарнье, выплавленнымъ въ Numea въ 1872 г. (образецъ этого чугуна я привезъ съ собой и проанализировалъ).

	Чугунъ Numea.	Первой плавки Каменск. зав.	Изъ Нижне- Исет. руды.	Мои плавки.	
				Въ Ревдѣ.	Въ Камен. зав.
C гр.	4,40	3,45	3,00	3,87	3,62
Si	4,90	2,01	2,57	4,52	4,67
Ni	63,85	6,48	12,11	32,00	26,70
S	0,79	нѣтъ	0,052	нѣтъ	нѣтъ

	Чугунъ Numea.	Первой плавки Каменск. зав.	Изъ Нижне- Исет. руды.	Мои плавки.	
				Въ Ревдѣ.	Въ Камен. зав.
Ph.	0,56	0,503	1,42	0,52	0,57
Fe.	26,21	—	—	—	—
Mn	—	3,29	—	—	—
Стоимость	—	{ 2 р. 88 к. 4 „ 79 „	5 р. 94 к.	—	—

Мнѣ кажется, что выводъ напрашивается самъ собой, а именно: „чугунъ при плавкѣ 2,5% Ревдинской кремнекислой руды можетъ быть полученъ содержаніемъ никкеля около 30%, фосфора около 0,5% и при стоимости не выше шести рублей пудъ“.

Очевидно, что стоимость эта при плавкѣ домной должна сильно понизиться такъ какъ тамъ полнѣе утилизируется топливо; отсюда выводъ тотъ, что на Уралѣ 1% никкеля въ чугуна долженъ обойтись 15—20 коп., ни въ коемъ случаѣ не болѣе.

Сопоставляя наши чугуны съ чугуномъ Гарнье, дѣлается также очевиднымъ, почему онъ былъ принужденъ забросить плавку никкелеваго чугуна (присутствіе сѣры 0,79 а иногда и до 1,5%).

Заканчивая свою работу о никкелѣ, я резюмирую теперь добыты мною изъ литературы и изъ личныхъ опытовъ, твердо по моему установленныя положенія:

1) Мокрый путь добычи никкеля изъ 2% рудъ уральскаго происхожденія, даже самый дешевый (обжигъ съ колчеданами), можетъ считаться мало надежнымъ въ экономическомъ отношеніи—при настоящей цѣнѣ никкелевой руды въ 30 коп. съ пуда и безъ утилизациі сѣрнаго газа.

2) Путь плавки на штейнѣ надо считать столь сложнымъ, что при нашихъ бѣдныхъ рудахъ и высокой ихъ стоимости,—этотъ путь добычи никкеля невыносимъ на Уралѣ.

3) Электролитическое осажденіе или аффинировка никкеля сама по себѣ обходится дешево и надо считать практичнымъ и удобнымъ, но подготовительные процессы поглощаютъ всѣ выгоды подобной работы.

4) Единственный, по моему, возможный и вполне доступный по цѣнѣ путь добычи никкеля изъ нашихъ рудъ это выплавка никкелеваго чугуна. Особенность нашихъ рудъ (отсутствіе сѣры и мышьяка) прямо требуетъ подобнаго упрощенія металлургіи никкеля.

