Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Высшая школа бизнеса

Операционный менеджмент
Стратегический менеджмент

0071-1-1

Г.О. Баев, К.В. Андреева

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ НИКЕЛЬРАФИНИРОВОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ КОЛЬСКОЙ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ ПАО «НОРНИКЕЛЬ»

Данный учебный кейс разработан Григорием Олеговичем Баевым (доцент Департамента операционного менеджмента и логистики Высшей Школы Бизнеса НИУ ВШЭ) и Катариной Владимировной Андреевой (доцент Департамента операционного менеджмента и логистики Высшей Школы Бизнеса НИУ ВШЭ).

По вопросам доступа к материалам из Коллекции учебных кейсов Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ просьба обращаться по адресу электронной почты: cases@hse.ru или через форму обратной связи на сайте: https://gsb.hse.ru/csc

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2025 г.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Середина декабря 2023 года, Иван Семенов задумчиво смотрел в окно на 22 этаже башни Меркурий в Москва-сити. Вид открывался потрясающий, но его мысли были далеко, что же делать, какие шаги нужно предпринять, чтобы выйти из сложившейся ситуации. Не смотря на яркие новогодние огни и украшения столицы, праздничного настроения у Ивана пока не было.

Иван вот уже 12 лет работает в Норникеле[1]. 10 лет в производственных подразделениях Кольской горно-металлургической компании, где Иван прошел путь от простого рабочего до заместителя директора по производству. И уже 2 года Иван работает в Москве в новом отделе стратегического планирования продаж. Отдел был создан в ответ на санкции, которые обрушились на многие российские компании с февраля 2022 года. Традиционные западные рынки никеля в лице производителей нержавеющей стали для Норникеля оказались закрыты. А на рынках Азии уже давно закрепившиеся игроки, такие как Sumitomo, Vale, Glencore и другие, спрос и предложение сбалансированы. Традиционные продукты Норникеля (катоды полноразмерные и резаные, никель карбонильный) крайне сложно продать в Азии. Возможен только вариант с большим дисконтом от 3000 долларов США за тонну, что не очень интересно экономически. Поэтому в ближайшие несколько лет придется сократить выпуск катодов. Но чем загрузить мощности и как восполнить выпадающую выручку?

Иван понимал, что необходимо пройти развилку:

1) Создать новый для Норникеля (но не новый для рынка – успешно продающийся сейчас конкурентами) премиальный конечный никелевый продукт – никелевые рондели и толстые никелевые катоды (листами, резанные на карточки различных форм) с очень высокой чистотой более 99,98%. Данный продукт используется при производстве суперсплавов и в технологии нанесения гальванопокрытий. Данный сегмент рынка растет, конкуренция в этой нише не такая сильная как для рядовыхникелевых катодов. Но для входа в эту нишу Норникелю придется предложить продукцию с меньшим содержанием примесей, с более высоким содержанием никеля и в различных малых формах – в ронделях (похожи на монетки), или толстых катодов (12-18 мм), как цельных с обрезной кромкой, так и резанных на карточки размерами от 25х25 до 100х100 мм. А для этого придется глубоко модернизировать существующую технологию. И времени на эти изменения крайне мало. Подобными ноу-хау владеет всего несколько компаний в мире, секреты производства они тщательно охраняют и даже не патентуют, а на отработку технологий у них ушли десятилетия.

2) Второй вариант – даунстрим – снижение производства конечного металлического никеля, и продажа вместо него полуфабриката (никелевый концентрат) конкурентам на никелевом рынке, которые сами выпускают конечную никелевую продукцию, в том числе и премиальную. Спрос на концентрат стабилен, но добавленной стоимости в нем гораздо меньше, чем в товарном никеле. И у компании появляется серьезный риск превратиться в сырьевой придаток для конкурентов и утратить критические технологии по производству никеля. Кроме того, в случае данного сценария становится не ясно, что делать с

[1] Приложение 1 «О компании Норникель»

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

высвобождающимися сотрудниками компании, которые были ранее заняты в производстве товарного никеля.

Ивану Семенову предстояло в течение недели подготовить к защите стратегию развития никельрафинировочных мощностей и представить дорожную карту на ближайшие несколько лет.

РЫНОК НИКЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ: МЕСТО ПРОДУКТОВОГО ПОРТФЕЛЯ НОРНИКЕЛЯ

Маркетинговые службы Норникеля проводят регулярный мониторинг рынка цветных и благородных металлов, разрабатывают стратегию сбыта и формируют предложения к продуктовой корзине. Норникель занимает первое место по производству высокосортного никеля (Рисунок 1) и четвертое место по производству первичного никеля (Рисунок 2).

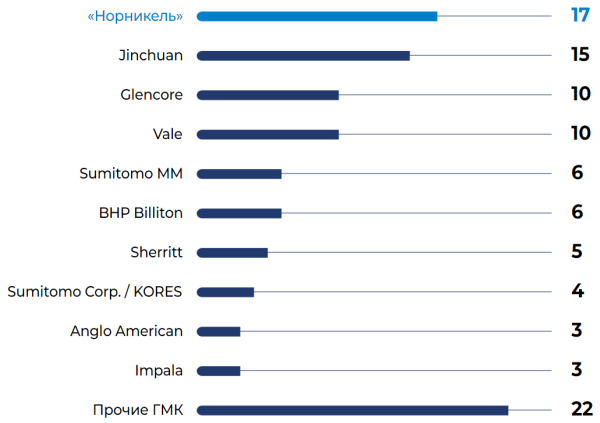


Рисунок 1. «Норникель» — № 1 по производству высокосортного никеля (%)
Источник: отчеты производителей, анализ Компании на 3 марта 2023 года. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni

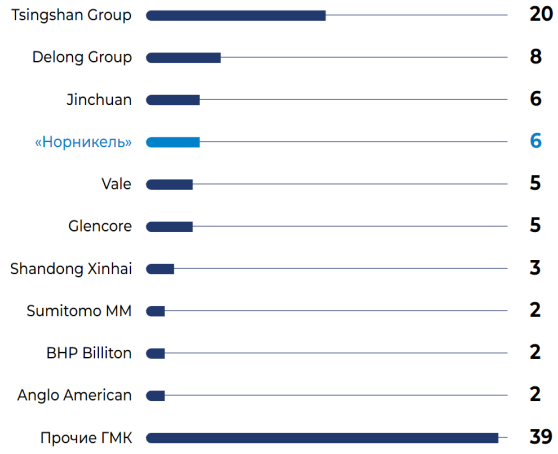


Рисунок 2. «Норникель» — № 4 по производству первичного никеля (%)
Источник: отчеты производителей, анализ Компании на 3 марта 2023 года. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

БАЛАНС РЫНКА

Несмотря на то, что в 2022 году на мировом рынке наблюдался дефицит большинства цветных металлов, никель стал исключением. Цены на никель на Лондонской бирже металлов после краткого взлета в феврале 2022 года и последующей корректировки, в течение 2022 и 2023 года оставались достаточно стабильными (Рисунок 3)[2].

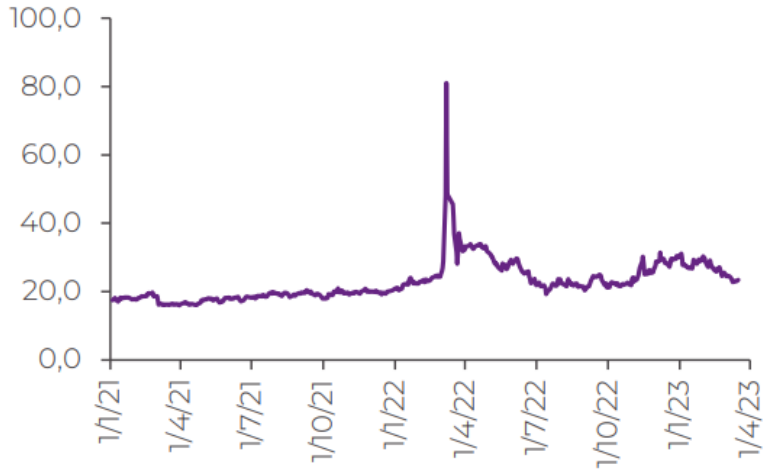


Рисунок 3. Стоимость никеля (тыс долл США/т.)
Источник: Цветные металлы. Аналитический отчет. Московский энергетический центр. Б1. Апрель 2023; Investing.com

Потребление первичного никеля в 2022 году выросло на 5% год к году, до 3,03 млн тонн. Стагнация выплавки нержавеющей стали вследствие снижения спроса со стороны конечных потребителей в Китае (на фоне политики нулевой терпимости к COVID-19 при слабости сектора недвижимости) и Европе (по причине резкого роста цен на энергоносители и стремительного роста инфляции) была компенсирована значительным ростом потребления в секторе аккумуляторных батарей (+32% год к году).

Производство первичного никеля в 2022 году составило 3,14 млн тонн (+16% год к году). Рост был обусловлен значительным наращиванием мощностей по производству ЧФН (черновой ферроникель) в Индонезии (до 1,15 млн тонн никеля, +33% год к году) и продолжающимся увеличением объемов выпуска химических соединений никеля для сектора аккумуляторных батарей, в основном за счет новых проектов HPAL (технология автоклавного кислотного выщелачивания под высоким давлением) и запуска линий по конвертации ЧФН в файнштейн.

В результате в 2022 году рынок перешел в состояние профицита в размере 114 тыс. тонн, который пришелся на рынок низкосортного никеля. Профицит рынка был связан с более низким, чем ожидалось, объемом выплавки нержавеющей стали при значительном росте производства ЧФН в Индонезии, что привело к формированию значительных дисконтов на низкосортный никель и накоплению запасов ЧФН и ферроникеля. На рынке высокосортного никеля при этом наблюдался умеренный

[2] Цветные металлы. Аналитический отчет. Московский энергетический центр. Б1. Апрель 2023

дефицит, что подтверждается снижением совокупных запасов никеля на Лондонской бирже металлов и Шанхайской фьючерсной бирже, которые в 2022 году уменьшились на 49 тыс. тонн и на конец года составили 58 тыс. тонн, что составляет менее 10 дней мирового потребления[3].

По итогам 2023 года S&P Global прогнозирует профицит никеля на мировом рынке на уровне 165 тыс. т вследствие увеличения первичного производства в Индонезии, а также рафинировочных мощностей в Китае, которое компенсирует рост спроса со стороны изготовителей аккумуляторов. По мнению аналитиков S&P Global, профицит на рынке никеля сохранится до 2027 года[4] (Рисунок 4).

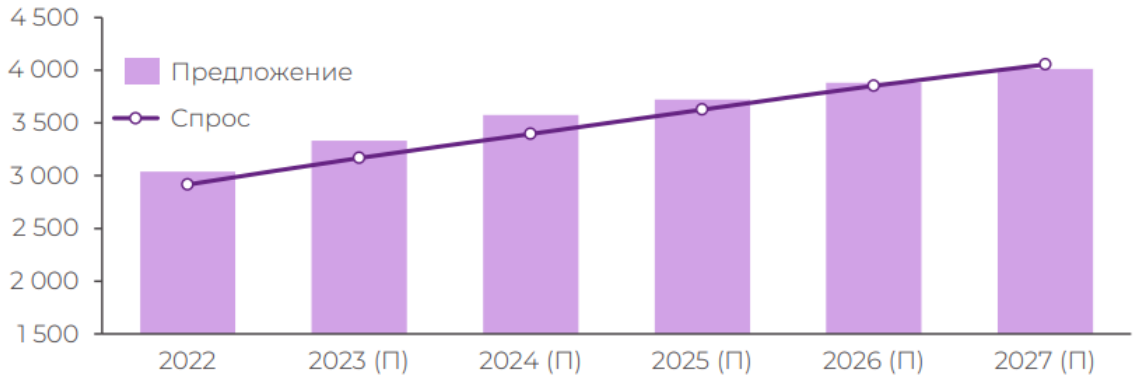


Рисунок 4. Прогнозный баланс спроса и предложения (тыс. т.)
Источник: S&P Global; Цветные металлы. Аналитический отчет. Московский энергетический центр. Б1. Апрель 2023

НИКЕЛЬ В ПОРТФЕЛЕ НОРНИКЕЛЯ

Производство нержавеющей стали остается основной отраслью применения никеля (порядка 65% от общего объема потребления) в 2022 году (Рисунок 5 и 6). Добавление никеля в качестве легирующего элемента для стабилизации аустенитной структуры придает стали усиленную коррозионную устойчивость, жаропрочность, свариваемость, пластичность и устойчивость в агрессивных средах[5].

[3] Обзор рынка металлов. Никель. Годовой отчет 2022. Норникель. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni
[4] Nickel CBS August 2023 – Prices drop; China's refined nickel capacity expands. S&P Global. 31 Aug 2023. URL: https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/research/nickel-cbs-august-2023-prices-drop-china-s-refined-nickel-capacity-expands
[5] Обзор рынка металлов. Никель. Годовой отчет 2022. Норникель. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

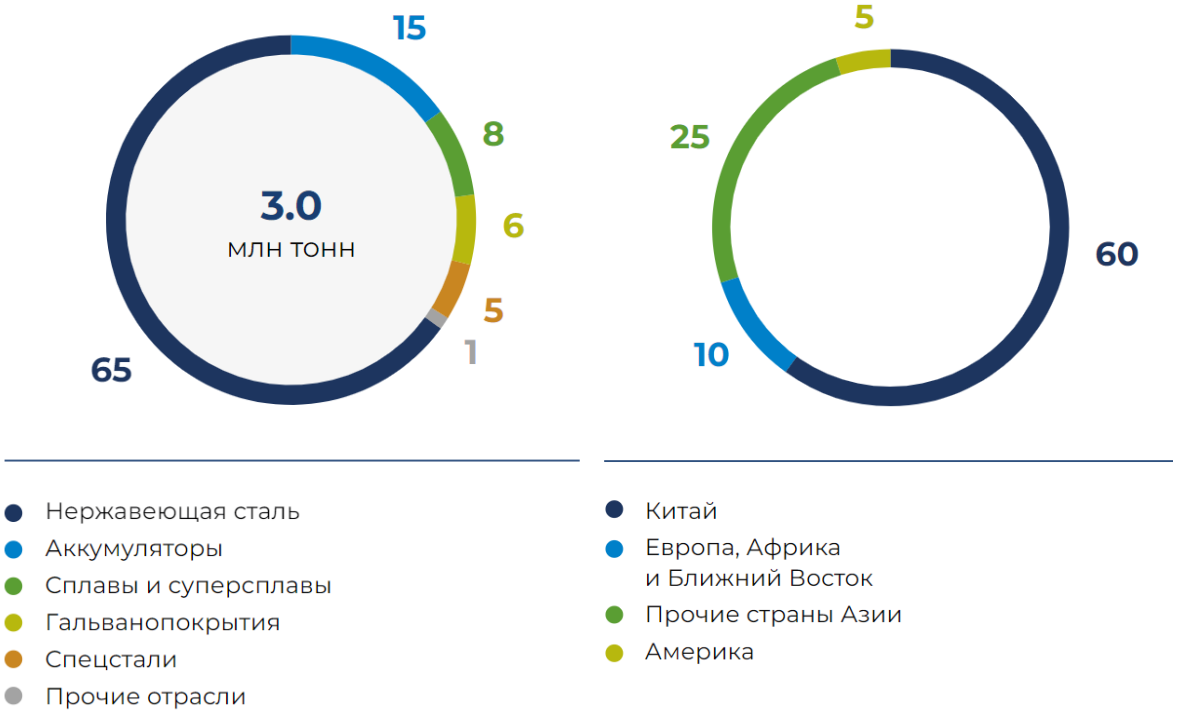


Рисунок 2. Потребление никеля по отраслям в 2022 году (%)
Источник: данные Норникеля.

Рисунок 3. Потребление первичного никеля по регионам (%)
Источник: данные Норникеля.

После шквала санкций, обрушившихся в 2022 году, для Норникеля были закрыты традиционные рынки Европы и Северной Америки. А на азиатских рынках в традиционных секторах сбыта Норникеля (производители нержавеющей стали) серьезная конкуренция. Например, много проектов реализуется в Индонезии по производству чернового ферроникеля и продуктов гидрометаллургического передела после переработки окисленных никелевых руд (Рисунок 7).

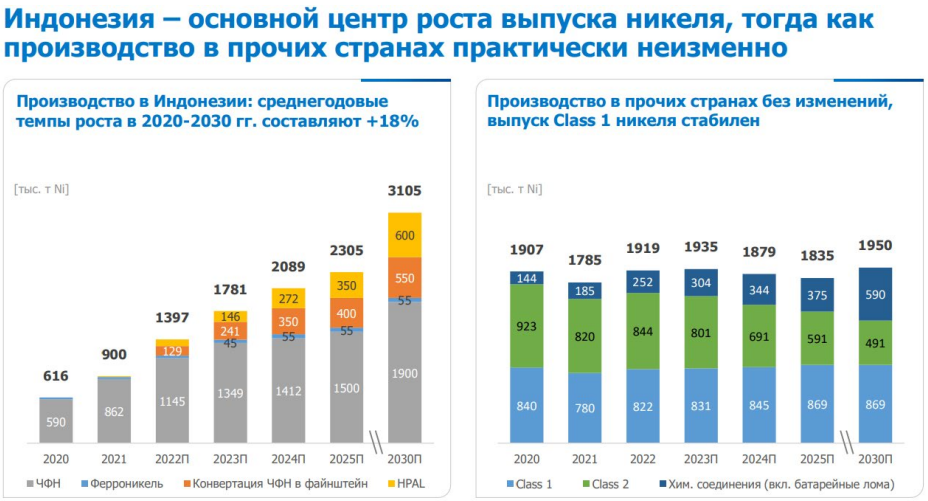


Рисунок 7. Анализ производства никеля в Индонезии и прочих странах

Источник: данные Норникеля.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

«Раньше считали, что рынок нержавейки Европы и Северной Америки будет всегда», - рассуждает Иван Семенов. «Цена нержавеющей стали достаточно высокая и, соответственно, цена на никель для производства нержавейки долгие годы оставалась приличная. Но с закрытием западных рынков пришлось выходить на азиатский, где есть собственные производители никеля и высокая конкуренция».

«В мире производится примерно три миллиона тонн никеля в год. Из них более 800 тысяч – это никель металлический электролитный, либо карбонильный. Так называемый Class 1 Nickel, с содержанием никеля 99,98% и выше (Рисунок 8). Остальной никель производится в форме никелевых промпродуктов. Это могут быть промежуточные файнштейны, так называемый NPI – nickel pig iron или никелевый чугун, ферроникель или черновой, железистый никель. И эти продукты, они также используются, особенно в Азии, как и чистый никель, например, в сталелитейной промышленности для производства нержавеющей стали для строительных конструкций, корабельного металла, листового металла. И это массовый рынок. То есть, здесь никель высокой чистоты Class 1, основной продукт Норникеля, конкурирует с никелевыми промпродуктами, у которых более низкая себестоимость производства и конечная. Тут class 1 явно проигрывает. Но это наибольшая доля рынка. Может быть, это 70% рынка или 80%».

Рисунок 8. Производство первичного никеля по продукции в 2022 году (%)
Источник: данные Норникеля.

Действительно, при производстве нержавеющей стали применяются практически все типы никельсодержащего сырья (за исключением таких специфических форм, как порошок и химические соединения никеля). Поскольку качество используемого никеля практически не влияет на качество нержавеющей стали, свою потребность в нем сталелитейные предприятия преимущественно удовлетворяют за счет более дешевых низкосортных видов никеля, таких как ЧФН, ферроникель и оксид никеля. С этим связано снижение доли потребления

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

высокосортного никеля при производстве нержавеющей стали в последние годы[6].

Рисунок 9. Эволюция производства никеля в Китае и Индонезии

Источник: данные Норникеля.

Эволюция производства никеля в Китае и Индонезии значительно влияет на рынок никеля и портфель продуктов (Рисунок 9). В период 2015-2020 годов в Индонезии было запущено масштабное производство ЧФН – чернового ферроникеля. Это способствовало формированию дисконтов на ЧФН против цены на никель Лондонской биржи металлов. В 2021-2022 годах началась конвертация чернового ферроникеля в никелевый файнштейн сульфат никеля, запущен проект производства HPAL для сектора электромобилей. Это сформировало дисконт на сульфат никеля против цен Лондонской биржи металлов. А в 2023 году в Китае и Индонезии освоен выпуск никелевых катодов из произведенного из чернового феррониеля файнштейна. Как итог – ребалансировка рынка, переток профицитов из низкосортного к высокосортному никелю.

Но никель применяется не только для сталелитейной промышленности (Рисунок 10). В **аккумуляторной промышленности** никель (вернее сульфат никеля) используется в качестве одного из основных компонентов при производстве катодного материала (CAM – cathode active material) для аккумуляторных батарей. Содержание никеля в CAM достигает 47%. В 2022 году потребление никеля продолжило расти и увеличилось на 32%, до 468 тыс. тонн, на фоне внедрения во всем мире политики поддержки электромобилей, динамичного развития зарядной инфраструктуры и оптимизации стоимости аккумуляторных батарей. Ключевым типом аккумуляторов являются литиево-ионные аккумуляторы благодаря высокой энергоемкости и сохранению емкости батареи после относительно большого количества перезарядок. Увеличение производства литиево-ионных аккумуляторов обусловлено прежде всего электрификацией автотранспорта. В 2022 году продажи электромобилей (автомобилей на аккумуляторных батареях и подключаемых

[6] Обзор рынка металлов. Никель. Годовой отчет 2022. Норникель. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

гибридов) выросли более чем на 60%, до 11 млн ед., а с 2015 по 2022 год среднегодовой темп роста составил более 50%[7]. Выход на этот рынок можно было бы рассматривать, но в краткосрочной перспективе это нереально – технологии синтеза уникальны, тщательно охраняются ведущими компаниями, технологические цепочки создания таких материалов крайне сложны и требуют специфического оборудования, а сегмент продаж уже заполнен ведущими мировыми производителями, причем созданы устойчивые закрытые цепочки поставок «Производитель CAM – Производитель электромобиля», вклиниться в которые с новым продуктом, не проверенным на рынке, крайне сложно.

Одновременно, в секторе нержавеющей стали и аккумуляторах наблюдается устойчивое вытеснение Class 1 никеля более дешевыми полупродуктами (Рисунок 10). Эта тенденция, помноженная на значительный прирост мощностей по производству полупродуктов на Филиппинах и Индонезии, делает эту нишу для портфеля Норникеля менее привлекательной.

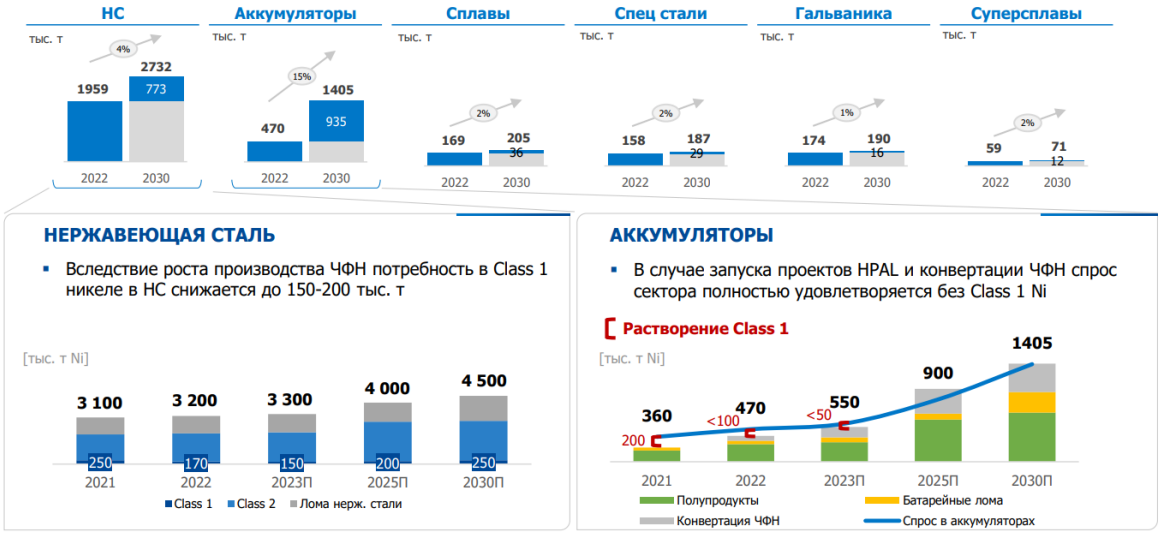


Рисунок 10. Основные тенденции спроса: вытеснение Class 1 в нержавеющей стали и аккумуляторах

Источник: данные Норникеля.

Также никель применяется для изготовления высокочистых **суперсплавов**, **гальванопокрытий, спецстали** для жаропрочных турбин, лопаток турбин, элементов двигателей самолётов, реактивных систем, где требуется высокая частота. Как показывают аналитические данные Норникеля, потребление никеля в этих сферах увеличилось в 2022 году на 8% (на 43 тыс тонн) на фоне устойчивого посткоронавирусного восстановления промышленного спроса и сильной экономической конъюнктуры в аэрокосмической, нефтегазовой и промышленной отраслях. Общая доля этого рынка никеля в 2022 году составила 20% (Рисунок 11). Ниша требует металла более чистого, отличающегося по форме от обычных катодных листов. И это наиболее привлекательная ниша для Норникеля, с учетом объективной реальности и сжатых сроков для вывода на рынок новых видов

[7] Обзор рынка металлов. Никель. Годовой отчет 2022. Норникель. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni

конкурентоспособной продукции.

«Но на текущий момент наше качество для этого сектора не дотягивает», - пометил себе Иван. «Конкуренты имеют более низкие показатели по примесям, у 80% конкурентов выше качество, 2/3 продукции в малых формах. А потребители, когда мы им предлагаем свою продукцию, они, конечно, говорят, что как минимум вы должны быть не хуже, а дальше мы будем смотреть. А текущая технологическая цепочка производства на КГМК не дает возможности произвести требуемый продукт».

Рисунок 11. Текущие позиции продуктового портфеля Норникеля

Источник: данные Норникеля.

А тут еще пришли новости от маркетинговой службы Норникеля. Новые китайские и индонезийские катоды не уступают или превосходят по качеству и разнообразию форм в сравнении с продукцией Норникеля. Новое производство Class 1 Ni в Китае и Индонезии значительно снизит потребность в импортном никеле, особенно из РФ. Химический состав и качество поверхности китайского никеля Claass 1 находятся на уровне мировых производителей и подходят для большинства отраслей применения. Высокая толщина позволяет поставлять в сектор гальваники.

КОЛЬСКАЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ: ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ

Иван понимал, что решение задачи обновления продуктового портфеля находится в Кольском дивизионе компании, потому что именно здесь находится никелерафинировочный центр всего Норникеля.

Акционерное общество «Кольская горно-металлургическая компания» (далее КГМК) — дочернее предприятие Норникеля. Это ведущий производственный комплекс Мурманской области, созданный на базе старейших предприятий региона — комбинатов «Североникель» и «Печенганикель». КГМК представляет собой

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

горно-металлургическое производство по добыче сульфидных медно-никелевых руд и производству цветных металлов.

Подразделения КГМК территориально удалены друг от друга. Они находятся в центре Кольского полуострова — в городе Мончегорске (ранее — комбинат «Североникель») и на самом северо-западе Мурманской области — в посёлке Никель и городе Заполярном (ранее — комбинат «Печенганикель»), в непосредственной близости от российско-норвежской границы. По отношению ко всем этим населенным пунктам компания является градообразующим предприятием.

Видео о КГМК: https://youtu.be/MalvxAMxWRc

В КГМК и её дочерних предприятиях трудятся около 13 тыс. человек[8].

Доля КГМК в 2020 году в общих объёмах выпуска Норникеля составляет: по никелю — 76%; по меди — 5 %, 58% от всего выпуска металлов платиновой группы (МПГ)[9].

Руководство КГМК старается уделять внимание экологии. Ведь площадки КГМК соседствуют с уникальными особыми природоохранными территориями — приграничным заповедником «Пасвик» (20 км) и Лапландским государственным природным биосферным заповедником (17 км). За период 2020-2025 года запланированы проекты общей стоимостью 4,7 млрд руб. В частности, прекращено производство меди по устаревшей технологии электролиза медных анодов в Мончегорске, полное закрытие плавильного цеха в п. Никель, модернизация обогатительной фабрики в г. Заполярном, строительство нового современного производства с использованием технологии электроэкстракции.

ДОБЫЧА

Кольский дивизион разрабатывает месторождения, расположенные в 25-километровой полосе между п. Никель и г. Заполярный на западе Мурманской области (Рисунок 12). Дивизион добывает медно-никелевые сульфидные вкрапленные руды (руды, содержащие 5–30% сульфидов. Содержание полезных компонентов составляет: никель – 0,2–1,5%, медь – 0,3–2,0%,), содержащие никель, медь и другие полезные компоненты.

[8] Приложение 2. Анализ вовлеченности сотрудников КГМК
[9] Кольский дивизион. Норникель. URL: https://www.nornickel.ru/business/assets/kola-division-russia/

Добывающие активы:

- Западный рудный узел. Месторождения Ждановское, Заполярное, Быстринское, Тундровое, Спутник и Верхнее разрабатываются рудником «Северный». Разработка ведется с 1930-х годов. 7,13 млн т объем добычи руды в 2020 году
- Месторождения Котсельваара-Каммикиви и Семилетка разрабатываются шахтой «Каула-Котсельваара». Разработка ведется с 1960 года. 0,52 млн т объем добычи руды в 2020 году

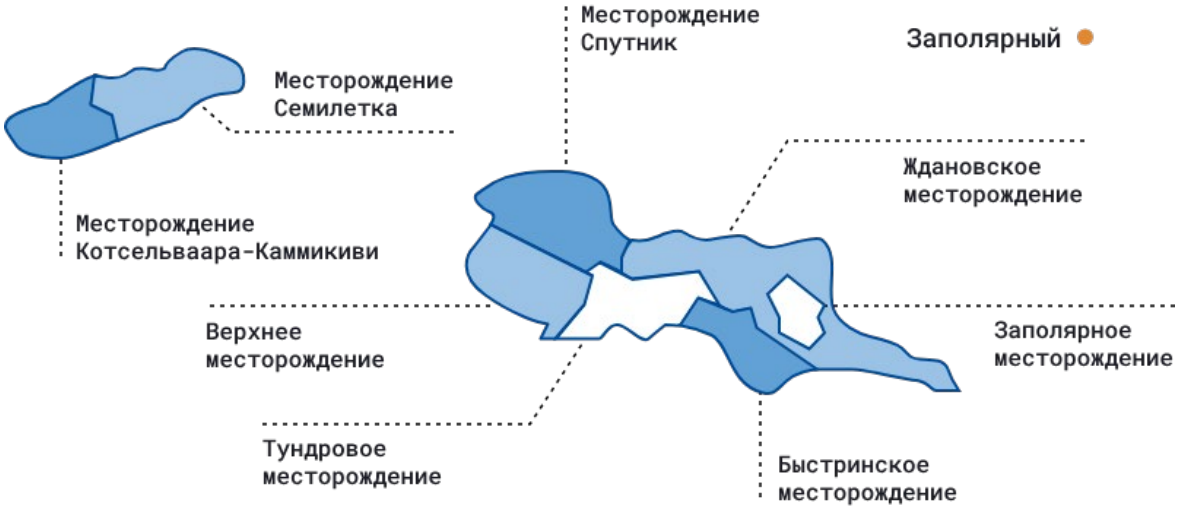


Рисунок 12. Добывающие активы Кольского дивизиона Норникеля

Источник: https://www.nornickel.ru/business/assets/kola-division-russia/

ОБОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Все добытые руды перерабатываются на Обогатительной фабрике г. Заполярный. В 2020 году фабрика переработала 7,96 млн т руды. Получаемая продукция — медно-никелевый концентрат, который реализуется на азиатские рынки и не участвует в дальнейшей никельрафинировочной цепочке КГМК.

На производственных мощностях КГМК в г. Мончегорске перерабатывается файнштейн Заполярного филиала. Конечной продукцией КГМК (Рисунок 13) являются катодный никель, карбонильный никель, электролитный кобальт и серную кислоту. Компания также производит товарные полуфабрикаты: кобальтовый концентрат, концентраты драгоценных металлов, дробленый файнштейн и никелевый штейн (концентрат разделения файнштейна) для Nornickel Harjavalta, медный штейн (концентрат разделения файнштейна) для медного завода Заполярного филиала и никелевый штейн для продажи на азиатский рынок.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

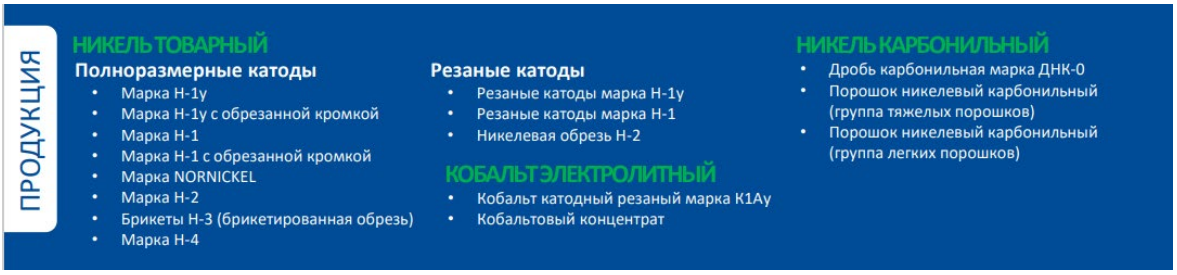


Рисунок 13. Продукция КГМК

Источник: данные Норникель.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ АКТИВЫ КГМК. ПРОДУКЦИЯ

И вот Иван задумался, как реконфигурировать наши никеле-рафинировочные мощности? Какую предложить стратегию технологического развития, как распределить объемы выпускаемой продукции: соли, компактные никели, резаные рондели, катоды?

Рисунок 14. Производственная схема КГМК.

Источник: данные Норникель.

Иван Семенов десять лет отработал в производственных подразделениях КГМК и прекрасно представляет технологическую цепочку (Рисунок 14). Вот как он ее описывает[10]:

*На входе файнштейн из Заполярного филиала Норникеля попадает **в отделение разделения файнштейна рафинировочного цеха (РЦ)**, где идет*

[10] Приложение 3. Описание технологической схемы производства АО «Кольская ГМК».

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

разделение файнштейна для получения промпродуктов. Файнштейн делится на медные и никелевые концентраты. Часть никелевого концентрата подвергается обездраживанию, то есть, убираются драгметаллы при помощи магнитной сепарации. Магнитная фракция идет в наши технологические процессы, а выхолощенный концентрат отправляется в Норникель Харьявалта. И еще часть выхолощенного никелевого концентрата уходит на продажу. Медный концентрат, который мы получили от разделения файнштейна, мы возвращаем в Норильск. Заполярный филиал перерабатывает его на медном заводе до катодного металла, так как КГМК свое медное производство остановил.

*Далее следует **обжиговое отделение РЦ**, где никелевый концентрат в печах кипящего слоя обжигают, убирая серу, газы уходят на производство серной кислоты, а огарок печей кипящего слоя направляют в трубчатые печи на восстановление никеля, и получают никелевый порошок трубчатых печей.*

*Все полуфабрикаты РЦ поступают в **цех электролиза никеля (ЦЭН)**. Именно тут мы производим основную готовую никелевую и кобальтовую продукцию, которую продаем.*

*Часть никелевого порошка трубчатых печей уходит в **анодное отделения РЦ** для получения чернового анодного никеля в анодных печах и гранулированного сплава.*

*Гранулы идут в **отделение карбонильного никеля цеха электролиза никеля (ЦЭН)**. Мы получаем никелевые порошки и никелевую дробь путем карбонилирования. Это чистый никель, такие порошки идут в лакокрасочную промышленность, в химическую. А дробь сверхчистая, подходит для гальваники и суперсплавов, но имеет более высокую себестоимость производства относительно катодного никеля, а значит менее привлекательна для потребителя (Рисунок 16).*

Производство катодного никеля осуществляется по двум технологиям – классической старой технологии электрорафинирования и современной технологии электрокстракции. Обе технологии обеспечены вспомогательными переделами очистки от загрязняющих никель примесей, которые в целом имеют общие основы физико-химических процессов, но разную последовательность и глубину очистки.

На электрорафинирование, поступает анодный никель, который кроме никеля содержит повышенные содержания примесей меди, железа, кобальта, а также микропримеси цинка и свинца. Под действием электрического тока в растворе электролита (анолита) ионы металлов с анода переходят в раствор и восстанавливаются на катоде. Для того, чтобы снизить загрязнение готового катодного никеля примесями, основу будущего катода помещают в диафрагменную ячейку из ткани, куда постоянно подают очищенный раствор (католит). Анолит вытесняется из ячейки католитом, поступает на переделы очистки от примесей, после чего в виде католита поступает вновь на электролиз. Также при электрорафинировании образуются оборотные продукты – скрап и никелевая осыпь, которые возвращают в РЦ на переплавку.

Катоды по технологии электрорафинирования получаются с большим количеством дендритов - наростов, а существующая система очистки растворов не может обеспечить необходимого качества катодов по примесям (особенно для

сектора гальваники и суперсплавов). Это ухудшает их потребительские свойства. Клиент хочет покупать гладкие и более чистые катоды. В технологическом отделении электрорафинирования действует старая автоматическая линия резки, которая режет карточки из катодов, полученных по технологии электрорафинирования размером 50х50 мм и 100х100 мм. Готовые карточки упаковывают в стальные бочки собственного производства.

Рисунок 16. Перспективные особо чистые формы никеля КГМК.

Источник: данные Норникеля. URL: https://youtu.be/MalvxAMxWRc

*На новую схему **электроэкстракции ЦЭН** (Рисунок 17) идет большая часть никелевого порошка. Порошок растворяют хлором, получают концентрированные насыщенные растворы. Эти растворы очищают от примесей кобальта, железа, меди, цинка, свинца, и уже чистые растворы направляют на электроэкстракцию с нерастворимыми анодами. В процессе электроэкстракции выделяется хлор, мы его забираем себе на растворение, плюс покупной хлор. Катоды полученные по данной технологии имеют лучший товарный вид – без дендритов и пониженное содержание примесей. Правда в настоящий момент, здесь получают только полноразмерные катоды, т.к. в период модернизации старое оборудование для резки катодов было демонтировано, а из-за разных размеров катодов, полученных по старой технологии электрорафинирования и новой технологии электроэкстракции, где размер катода больше, невозможно применять действующую линию резки электрорафинирования. В 2020 году, понимая прогнозы развития спроса малых форм никеля, запущена реализация проекта линии резки, в новой технологии электроэкстракции, на которой минимальный размер карточек будет уже не 50х50 мм, а 25х25, причем в характеристики линии заложен запас по толщине резки до 15 мм (при рядовом металле толщиной 5-7 мм). Проект находится в завершающей стадии, в режиме отладки программного обеспечения и*

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

пуско-наладочных работ «под нагрузкой» [11].

Рисунок 17. В цехе электролиза никеля КГМК

Источник: данные Норникеля, URL: https://youtu.be/MalvxAMxWRc

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ РАЗВИЛКИ ПО РАЗВИТИЮ НИКЕЛЬРАФИНИРОВАЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ

Иван Семенов вспоминает командировку на КГМК в начале 2023 года. У Ивана была не самая приятная миссия, озвучить конкретные ориентиры по производству готовой продукции КГМК в цифрах на ближайшие годы. Для КГМК это снижение выпуска традиционной готовой продукции и замещение данного объема полуфабрикатами на продажу в связи с проблемами со сбытом рядовых марок никеля.

В частности, в 2024 году для Норникеля складываются не самые приятные перспективы по реализации катодного никеля. Формируется профицит размером до 70 тыс тонн никеля (или 45-55 тыс. тонн для КГМК). Это означает серьезную недозагрузку до 60% рафинировочных мощностей КГМК (Таблица 1).

[11] В цехе электролиза никеля КГМК. URL: https://youtu.be/MalvxAMxWRc

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Таблица 1. Выпуск никеля до 2030 года на КГМК в % от максимального запланированного к выпуску Ni в никелевой готовой продукции и полуфабрикатах на площадке Мончегорск в период 2024-2030

Наименование	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
ГОТОВАЯ ПРОДУКЦИЯ, в т.ч.:	50	48	51	51	51	51	51
Никель карбонильный	2	2	2	3	3	3	3
Никель электролитный (плановый выпуск)	48	46	46	46	46	46	46
Высокопремиальные марки	2	5	9	9	9	9	9
"Рядовые" марки	46	41	37	37	37	37	37
Ni в сульфате никеля	0	0	1	1	1	1	1
Ni в CAM/pCAM	0	0	2	2	2	2	2
ТОВАРНЫЕ И ОБОРОТНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ, в т.ч.:	31	43	44	47	46	49	36
Ni в Ni концентрате ОРФ на продажу	8	20	21	24	22	25	12
Ni в Ni концентрате ОРФ на NNH	17	17	17	17	17	17	17
Ni в файнштейне на NNH	6	6	6	6	6	6	6
ВСЕГО Ni в никелевой ГП и п/ф пл. Мончегорск	81	91	96	99	97	100	87

Источник: данные Норникеля.

Какие есть альтернативы? Их три:

1. Изготавливаем запланированный объем катодов и реализуем их с дисконтом
2. Замещаем часть объема продаж катодов продажами полуфабриката
3. Развиваем высокопремиальные марки никеля для гальваники и суперсплавов

- **Изготавливаем запланированный объем катодов и реализуем их с дисконтом**

Реализация катодов с дисконтом возможна как альтернатива следующим продуктам:

1. В качестве альтернативы никелевому файнштейну. Потребуется предоставление дисконтов до 3000 долларов/т.
2. В качестве альтернативы сульфата никеля. Дисконты до 4000 долл/т
3. В качестве альтернативы ЧФН. Дисконты до 9000 долл/т
4. В качестве альтернативы ломов нержавеющей стали. Дисконт до 10 000 долл/т.

Ивану не понравилась ни одна альтернатива. Все варианты означали значительное снижение маржинальности продукции КГМК. При том, что конкуренты на альтернативные продукты затратили гораздо меньшее количество средств.

- **Замещаем часть объема продаж катодов продажами полуфабриката**

Вариант быстрый в реализации, так как чтобы получить дополнительный объем полуфабриката на продажу, его достаточно не отправлять на рафинировочные мощности. Вариант не несет прямых финансовых потерь, но означает недополучение добавленной стоимости на никелерафинировочных мощностях.

Иван рассуждал, что в долгосрочной перспективе этот вариант означает потерю доли рынка высокосортного никеля Class 1 и потерю маржи. При таком сценарии компании придется отказаться от части выпуска никеля Class 1, закрыть

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

часть производств и просто продавать полупродукт. Для Норникеля и КГМК это ещё будет создавать риски зависимости от ключевых покупателей полупродуктов, которых в мире всего несколько компаний. Товарный никель продается на свободном рынке, где много покупателей, где цены прозрачным образом регулируются. В случае поставок никелевого полупродукта Норникель рискует попасть в зависимость от нескольких компаний-покупателей, которые могут начать диктовать свои цены и условия.

«Надо учитывать неподсчитанные риски того, что ты превратишься в сырьевой придаток и у тебя не будет возможности маневра», - думал Иван. «И даже если кажется, что вроде бы сейчас выгодно идти в эту нишу, надо всегда стратегически просматривать, чем это кончится. Конкурировать на финальных продуктах на широком рынке всегда проще, чем конкурировать в сырьевом придатке».

Хорошим вариантом он считал освоение производства высокочистого никеля для гальваники и суперсплавов. Но как быстро освоить новую технологию?

- **Развиваем высокопремиальные марки никеля для гальваники и суперсплавов**

Таблица 2. Корректировка требований к качеству никеля

Наименование элемента	Требования сектора гальванопокрытий (Ni - %, примеси – г/т)		Требования сектора суперсплавов (Ni - %, примеси – г/т)	
	Протокол ИК от 20.02.2023 № ГМК/3-пр-010	Письмо НМИ от 07.06.2023 № НМИ/759-исх	Протокол ИК от 20.02.2023 № ГМК/3-пр-010	Письмо НМИ от 07.06.2023 № НМИ/759-исх
Ni	≥ 99,95	**≥ 99,97** ↑	≥ 99,99	≥ 99,99
Cu	≤ 50	≤ 50	≤ 30	≤ 30
Co	≤ 300	**≤ 200** ↓	≤ 30	≤ 30
Fe	≤ 15	**≤ 40** ↑	≤ 15	≤ 15
Zn	≤ 2	**≤ 8** ↑	≤ 5	**≤ 3** ↓
Pb	≤ 3	**≤ 8** ↑	≤ 1	**≤ 3** ↑

Источник: данные Норникеля.

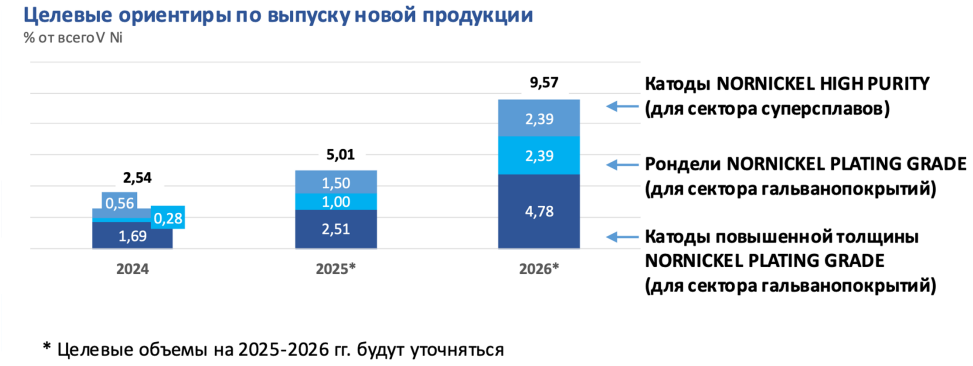


Рисунок 19. Целевые ориентиры по выпуску новой продукции.
Источник: данные Норникеля.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Высокочистый никель для суперсплавов и никель для гальванических покрытий отличается от рядовых катодных листов. Он должен быть более чистым по примесям. В никеле содержится достаточно много примесей. Если 99,97 содержание никеля или 99,98, в нем всегда будет какое-то количество меди, серы, фосфора, железа, цинка, свинца. Это будут десятитысячные доли процента, так называемый ppm, parts per million. И примеси изменяются в ppm. Например, никель рядового качества содержит 10 ppm цинка, 10 ppm свинца. И вполне себе он пригоден. Это качественный металл для сталелитейной промышленности. Но для того, чтобы продать никель в сектор гальванопокрытий, нужно иметь содержание цинка и свинца менее 8 ppm, желательно на уровне 5-6 ppm, как у конкурентов.

Требуется, чтобы содержание меди, если оно базовое, 60 ppm, было не более 50 для гальваники, а для суперсплавов ниже 30 ppm. А если мы говорим о сплавах высокочистых для производства жаростойких конструкционных материалов, деталей двигателей, то это уже счет не на десятки ppm, а на единицы ppm. Содержание цинка и свинца должно быть ниже 3 ppm, желательно ближе к 2, это уже уровень мировой, признанный для суперсплавов. Содержание железа должно быть снижено ниже 15 ppm, желательно оно должно находиться на уровне 5-10 ppm. Вот это требования к никелю для суперсплавов.

Самое главное, технологии получения такого металла у конкурентов являются know how, они не открыты, патенты не опубликованы. Поэтому заходя в эту зону рынка, надо разработать технологии, добиться исследований, в испытаниях результатов. Нельзя взять учебник и прочитать, как изменить производство, чтобы получить никель большой толщины и более высокой частоты для гальванопокрытия или суперсплавов.

Требования к содержанию металлов в сплаве – это только часть требований качества к продукции. Особое значение имеет также форма и размер слитков. Иван понимает, что сектор гальваники и суперсплавов требует толстые катоды, рондели. Такой форм фактор удобнее использовать конечному потребителю.

Иван рассуждал, что новые high tech продукты – это большой вызов для КГМК. При чем это не только инженерная задача, получать более чистый никель. Ведь этот металл необходимо еще и по-другому упаковать. Надо его подтвердить поставщикам, предоставить образцы, провести тестовые поставки, получить отзывы, скорректировать свойства. То есть это еще и маркетинговая работа. Надо убедить потребителей, что этот металл не хуже, а еще и лучше, чем у конкурентов.

Как решить эту одновременно и инженерную и маркетинговую задачу? Ведь тот человек, который продает металл в офисе где-нибудь в Шанхае, помимо знания языка должен владеть спецификацией этого металла, его отличиями, теми улучшениями, которые отличают его от металла конкурентов, чтобы убедить покупателя приобрести этот металл?

Вообще первый шаг – понять, что рынку нужно. Причем не в целом мировому, а туда, куда мы хотим зайти и где есть емкость рынка. Зачем добиваться качества намного лучше, чем качество конкурентов, если это очень затратно и займет много времени? Надо понять, какое качество является приемлемым для входа в конкретный сегмент рынка. Для этого его надо изучить, исследовать, съездить,

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

посмотреть, что поставляют конкуренты и что хочет покупатель. Ведь не факт, что то, что поставляют конкуренты, является сейчас идеальным для покупателя. Может быть, он хочет что-то чуть-чуть изменить, и это даст преимущество металлу. В общем, изучение рынка, куда необходимо зайти, является первым важным шагом. После изучения рынка появляются сформулированные требования, какой состав должен быть у металла, какая у него должна быть форма, размер, толщина. Это ведь тоже отличительное свойство от рядового. Рядовой металл толщиной 5-6 мм, а для сектора гальванопокрытий металл должен быть толщиной от 13 до 20 мм. И он должен быть при этом ровным, не страшным, без дендритов, наростов, которые выглядят страшно, и ни один покупатель не возьмёт такой металл.

При этом есть еще третий аспект - упаковка. Стандарты упаковки одинаковые, они достаточно простые. Кладется пленка сверху на пакет, перевязывается двумя лентами вдоль металлическими, двумя лентами поперек. Вот и вся упаковка для рядового металла. Для металла премиального, конечно, упаковка должна быть другая, потому что свойства его надо сохранить. Например, металл для суперсплавов, он должен быть порезан на карточки определённых размеров. Есть стандарты в мире, это 100х100 мм, 50х50 мм, 25х25 мм, квадратные. И он должен быть упакован в бочки, герметично закрытые крышками, чтобы туда не попадали посторонние примеси, пыль, влага и так далее.

Причём бочки должны быть такие, чтобы они не ржавели изнутри и это не загрязняло металл. Это вот для суперсплавного. Для металла гальванического качества действуют те же стандарты резки 100х100 мм, 25х25 мм, 50х50 мм. Но допустимо также продавать его в виде полноразмерных катодов. Здесь вопрос маржинальности. То есть за резку металла доплачивается дополнительная премия. Допустим, она составляет 150-200 долларов на тонну для карточек самых мелких размеров. И компания должна для себя определить, что выгоднее. Продать листовой металл без дополнительных операционных затрат на резку. Или всё-таки порезать металл, если это стоит, допустим, 50 долларов на тонну совокупно затрат. И продать его с маржой дополнительной, как резаный. Это точка выбора. А может быть и точка выбора рынка. Если есть ёмкость для резанного металла, куда можно продать дополнительный объём, не продавая вообще полупродукты.

ПИЛОТНЫЙ ВЫПУСК ВЫСОКОПРЕМИАЛЬНЫХ МАРОК НИКЕЛЯ

Весной 2023 года вместе под руководством главного инженера Цеха электролиза никеля КГМК состоялся пилотный проект. Произвели пробные партии высокопремиальных марок, выполнив переоснастку на части своего производства, на части электролизных ванн.

Это достаточно трудозатратно. Например, для того, чтобы сделать никель для гальванопокрытий, при этом толстый, пришлось одну из четырёх серий электролизного цеха разобрать на две трети, вынув оттуда ванны. В результате увеличили межэлектродное расстояние, чтобы наращивание металла шло более равномерно. Но это же и повлияло на снижение производительности. И при этом пришлось подбирать экранирующие, защитные рамки, которые позволяют избежать роста дендритов. И при этом пришлось подбирать определённые режимы

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

наращивания, токовые нагрузки. И состав электролита должен быть такой, чтобы наращивание шло с наименьшим перепадом напряжения. Значит, надо повысить проводимость этого электролита, выдерживать определённый состав. Но и работать с этим металлом сложно, ведь он не рядовой, он очень толстый. И растёт он неравномерно, от кромки к середине толщина увеличивается.

А итоговый катод (лист) металла нужно загибать. Если лист просто раньше загибался, ушками укладывался, 6-мм, здесь такой металл надо обрезать. Он не может быть продан целиком листом, потому что кромки тонкие, а покупателю нужен толстый лист. Значит, тонкие кромки надо обрезать с четырёх сторон. А эта толщина уже 15 мм, это мощные ножницы нужны. А дальше надо его ещё нарезать на карточки. Это целая линия, это целый ряд оборудования нужен. И упаковать в герметичные бочки. Соответственно, это всё инвестиционные затраты. Это проектирование, инжиниринг. То есть это нельзя сделать по щелчку, просто изменив какой-то состав или рецептуру.

Одну из четырех секций электролизного цеха для пилота перестроили, а после вернули назад. Потому что надо производить рядовой металл, есть контракт, есть план поставок.

Еще одно направление для пилотов – никеля в форме монеток или ронделей. За такой форм-фактор покупатели готовы доплачивать по 500 долларов на тонну. Рондели удобные, сыпучие, их приятно держать в руках, дозировать. Их удобно засыпать в корзины для гальваники. Покупатели этим пользуются. На КГМК технически уже сделали опытные партии, они ушли к покупателям, и мы ждём отклика.

Какие еще могут быть направления для развития продуктовой линейки? «Считаю, что Кольская должна специализироваться на расширении ассортимента никелевой продукции под каждый сегмент рынка», - рассуждал Иван. «Причем я думаю, нужно поизучать, а есть ли спрос в России на определенные виды продукции, которые ранее поставлял Запад и которые незаслуженно забыты, куда можно зайти и увеличить сбыт именно в России. Или развить рынок России. К примеру, у нас очень мощная нефтегазовая промышленность, и для ее работы требуется приобретать специальный вид высокостойкой стали. Это стали с высоким содержанием никеля, 24-26%. Их поставляли из-за рубежа. И сейчас в России нет производства такой стали. А нефтегазовая промышленность работает, завозит их окольными путями. Ведь можно организовать такое производство».

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Существует значительный риск нереализации существенной части произведенной продукции уже в 2024 году из-за ухудшения рыночной ситуации и усиления конкуренции. Для реализации всего объема продукции может потребоваться предоставление больших дисконтов и переход на выпуск полупродуктов.

Необходимо определиться с приоритетной стратегией выпуска продукции и распределить объемы по продуктовому портфелю:

- продажа профицитных катодов с дисконтом,
- замещение продажи катодов продажей полуфабрикатов,
- запуск высокопремиальных марок никеля.

Для снижения рисков и удержания текущих рыночных позиций необходим план мероприятий по поддержанию стабильного качества продукции.

Особенно важен запуск производства новой высокочистой продукции для гальваники и суперсплавов, в виде толстых резаных катодов малых форм и ронделей:

- с заданными требованиями по качеству, низкими затратами и минимальным выпуском брака
- в кратчайшие сроки
- со строгим сохранением производственной дисциплины.

Помогите подготовить Ивану Семенову и команде стратегический план развития никельрафинировочных мощностей КГМК.

Пару месяцев назад Иван Семенов проводил фокус-группу по внедрению новых продуктов на КГМК вместе с главным инженером и начальниками цехов. Коллеги обсуждали новые требования (Рисунок 19), сформулированные к качеству продукции Норметимпексом, сбытовым офисом Норникеля. Более того, уже сформулированы целевые ориентиры по объему выпуска новой продукции (Таблица 2).

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

ГЛОССАРИЙ

Анод - электрод электронного или электротехнического прибора или устройства, характеризующийся тем, что движение электронов во внешние цепи направлено от него.

Гальваника - раздел электрохимии, который изучает процессы осаждения металлов на определенной поверхности. Так проводят золочение, серебрение, никелирование и др.

Дендрит - ветвящееся и расходящееся в стороны образование, возникающее при ускоренной или стеснённой кристаллизации в неравновесных условиях.

ЗФ – Заполярный филиал Ноникеля

Катод - электрод электронного или электротехнического прибора или устройства, характеризующийся тем, что движение электронов во внешней цепи направлено к нему.

КГМК – Кольская горно-металлургическая компания

Кек - твёрдый осадок на фильтрующей поверхности после фильтрации суспензий, обычно содержащий 12–18 % жидкости

Концентрат - продукт обогащения руды с повышенным содержанием извлекаемого минерала. Концентрат называют по преобладающему в нем металлу (медный, никелевый и так далее).

НМИ – Норметимпекс, сбытовой офис Норникеля.

НПТП – Никелевый порошок трубчатых печей – продукт окислительного обжига (удаляется сера), а затем восстановительного обжига (оксид никеля переходит в металлическую форму) никелевого концентрата от разделения файнштейна. Содержание никеля 84-85%.

Рондель - никель в виде отдельных шара или шаров, полученный путем осаждения на катодную основу.

Сепарация - процесс разделения смешанных объёмов разнородных частиц, смесей, жидкостей разной плотности, эмульсий, твёрдых материалов, взвесей, твёрдых частиц.

Суперсплавы - это высокопрочные сплавы со сложным составом из различных металлов и других элементов, которые выдерживают воздействие высоких температур. Своей повышенной прочностью при более высоких температурах суперсплавы обязаны сложному сочетанию элементов железа, никеля, платины, хрома или кобальта.

Файнштейн - полупродукт металлургического производства, получаемый при конвертировании штейнов. По химическому составу различают файнштейн медный, никелевый и медно-никелевый.

Флотация - один из методов обогащения полезных ископаемых, который основан на различии способностей минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловленный различием в удельных поверхностных

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

энергиях. Гидрофобные (плохо смачиваемые водой) частицы минералов избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от гидрофильных (хорошо смачиваемых водой) частиц. При флотации пузырьки газа или капли масла прилипают к плохо смачиваемым водой частицам и поднимают их к поверхности.

ЧФН – черновой ферроникель

Электроэкстракция - электрохимический процесс, протекающий в электролизной ванне, в которой находится очищенный от примесей электролит (католит), катоды (матрицы для осаждения никеля) и анодные ячейки. Анодная ячейка - это сборная конструкция, состоящая из диафрагменного элемента, в котором располагается нерастворимый анод. Для электроэкстракции никеля можно использовать электролиты, содержащие сульфат никеля и серную кислоту.

Электрорафинирование - электролитическое рафинирование, электрометаллургический метод очистки черновых металлов с использованием электролиза. Включает анодное растворение загрязнённого примесями металла и одновременное катодное осаждение в том же электролизёре чистого (рафинированного) металла. При получении электроотрицательного металла, например, Ni, примеси могут переходить в раствор и выделяться на катоде совместно с основным металлом. Поэтому катодное пространство отделяют от анодного фильтрующей диафрагмой. В промышленных масштабах электрорафинирование используют для очистки Cu, Ag, Au, Pb, Sn, Zn, Bi и Ni[12].

Class 1 nickel – металл, содержащий 99,98% и более никеля

Class 2 nickel - металл, содержащий менее 99,98% никеля

MHP – Mixed hidroxides precipitate (смешанный осадок гидроксидов цветных металлов, после автоклавного выщелачивания латеритовых руд)

NNH – Nornickel Harjavalta (Финляндия)

NPI - Nickel pig iron, низкосортный ферроникель. Изобретен в Китае в качестве более дешевой альтернативы чистому никелю для производства нержавеющей стали. В процессе производства NPI используются латеритные никелевые руды вместо чистого никеля, продаваемого на мировом рынке. Альтернатива была разработана в ответ на высокую цену чистого никеля.

HPAL – High Pressure Acid Leach, высокотемпературное серноксилотное автоклавное выщелачивание является вторым по распространенности в мире процессом, предназначенным для производства никеля из окисленных никелевых руд, и обеспечивает возможность извлечения в товарную продукции до 90% и более никеля и основную часть кобальта. Это процесс, в котором никель и кобальт из латеритной руды выщелачиваются серной кислотой при высоких давлении (40 атмосфер) и

[12] URL: https://bigenc.ru/c/elektrorafinirovanie-af9572

температуре (230-240 С). Из раствора выщелачивания после очистки его от примесей либо осаждают смешанные сульфиды и гидроксиды никеля и кобальта, либо ведут процесс с использованием жидкостной экстракции и электроэкстракции до получения металлических никеля и кобальта. Технология реализована на двух заводах компании Sherrit на Кубе и Мадагаскаре, а также предприятиях Sumitomo (Coral Bay) на Филиппинах, Vale (Goro) в Новой Каледонии, Glencore и First Quantum Minerals Ltd (MurrinMurrin и Ravensthrope соответственно) в Австралии, Ramu NiCo Management (MCC) Ltd (Basamuk) в Папуа-Новой Гвинее[13].

Ppm – parts per million, частей на миллион

[13] ИТС-12-2019. Производство никеля и кобальта. М.: Бюро НДТ. 2019

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ИТС-12-2019. Производство никеля и кобальта. М.: Бюро НДТ. 2019
2. Цветные металлы. Аналитический отчет. Московский энергетический центр. Б1. Апрель 2023
3. Обзор рынка металлов. Никель. Годовой отчет 2022. Норникель. URL: https://ar2022.nornickel.ru/strategic-report/commodity-markets/ni
4. Nickel CBS August 2023 – Prices drop; China's refined nickel capacity expands. S&P Global. 31 Aug 2023. URL: https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/research/nickel-cbs-august-2023-prices-drop-china-s-refined-nickel-capacity-expands
5. Цветные металлы. Аналитический отчет. Московский энергетический центр. Б1. Апрель 2023
6. В рафинировочном цеху КГМК. URL: https://youtu.be/MalvxAMxWRc
7. Quintessentially Nickel. Market research team. Norcickel. 4 Dec 2023.
8. 5 Things You Need to Know about Class 1 & 2 and Intermediate Nickel. Crux Investor. 20.01.2024.
9. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum-Group Metals. Коллектива авторов под редакцией Frank K. Crundwell, Michael S. Moats, Venkoba Ramachandran, Timothy G. Robinson, William G. Davenport, издательского дома Elsevier 2013 года.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

ПРИЛОЖЕНИЯ

О компании «Норникель»

«Норникель» — российская горно-металлургическая компания, крупнейший в мире производитель никеля и палладия. Обладает наибольшими запасами никелевой руды. Производит также платину, медь, серебро, золото, кобальт и другие цветные металлы.

- 17% - доля на мировом рынке выскокосортного никеля (№1)
- 43% - доля на мировом рынке палладия (№1)
- 12% - доля на мировом рынке платины (№4)
- Более 70 тыс.работников
- >1% - вклад Норникеля в ВВП РФ
- 8,7 млрд. $. EBITDA в 2022 году

Также Норникель производит:

- Родий (8% мирового рынка), №5 производитель в мире
- Медь (2% мирового рынка), №12 производитель в мире
- Кобальт (2% мирового рынка)
- Золото
- Серебро
- Иридий
- Селен
- Рутений
- Теллур
- Сера

Конкурентные преимущества:

1. Полный цикл производства металла
   - 1.1. Геологоразведка
   - 1.2. Добыча и переработка полезных ископаемых
   - 1.3. Производство металлов
   - 1.4. Логистика и сбыт
   - 1.5. НИОКР
2. Доступные активы
   - 2.1. 7 рудников и 2 карьера
   - 2.2. Доказанные вероятные запасы – 742,8 млн т руды (8,7 млн т никеля)

2.3. Оцененные и выявленные ресурсы – 2018,6 млн т руды (13,5 млн т никеля)

2.4. Обеспеченность ресурсами – более 75 лет

3. Реализация – около 400 компаний-партнеров в 37 странах приобретают продукцию Норникеля

Финансовые результаты за 1 полугодие 2023 года[14]:

- 7,2 млрд $ выручка
- 3,4 млрд $ EBIDTA
- 47% рентабельность EBIDTA

Структура выручки от реализации металлов в млрд долларов США:

- 39% палладий
- 21% никель
- 22% медь
- 4% платина
- 14% другие

Стратегические цели до 2030 года:

- Рост добычи руды в 1,8 раза
- Рост производства металлов на 20-30% по никелю и меди, на 40-50% по МПГ (металлы платиновой группы в комплексе или в любом сочетании платины, палладия, родия, рутения, осмия и иридия). В свою очередь это обуславливает необходимость повышения эффективности и модернизации мощностей.

[14] Бизнес модель. Официальный сайт Норникеля. URL: https://www.nornickel.ru/business/business-model/

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Анализ вовлечённости сотрудников на КГМК

Ситуация на Кольской ГМК не простая. По результатам опроса вовлеченности в 2023 году в Цеху электролиза никеля составила 62%, это лучше, чем показатель 22 года – 54% (Рисунок 23).

Рисунок 23. Уровень вовлеченности персонала на КГМК, Цех электролиза никеля

Источник: данные Норникеля.

В рамках анализа вовлеченности Иван Семенов посетил цеха КГМК, повстречался с рабочими, присутствовал на фокус-группе. Рост показателя вовлеченности в 2023 с 54% до 62% и переход в нейтральную зону не нашел отражения в настроениях фокус-группы. Участники высказывались в основном в нейтральном тоне, отмечали области внимания, им было сложно выделить какие-либо значимые позитивные аспекты.

В качестве положительных явлений за прошедший год были отмечены:

- Проведение индексации заработных плат.
- Общекорпоративная единоразовая выплата.
- Улучшения в работе столовой.

Наиболее значительная область внимания лежит в зоне фактора **«Условия для успеха»** (Рисунок 24). Аспекты данного фактора многократно упоминались в ходе фокус-групп, что свидетельствует о его актуальности для работников.

Рисунок 24. Анализ вовлеченности сотрудников КГМК. Фактор вовлеченности

Источник: данные Норникеля.

Участники фокус-группы упомянули следующие негативные моменты:

- Ухудшилась ситуация с поставками комплектующих (запчасти на импортные насосы, расходомеры, клапаны, запорная арматура и т.д.). Участники объясняют это общей сложной политической ситуацией и санкциями.
- Некоторое, даже новое, оборудование ломается, либо не работает (например, на фильтр-прессах сломались каретки, сотрудники вынуждены вручную двигать плиты). Доведение информации до руководства не дало результатов.
- Основные фонды ветшают: здание цеха старое, были случаи обрушений.
- В условиях оптимизации штата остро ощущается нехватка кадров. Вопросы, связанные с этим аспектом, часто упоминались в ходе фокус-группы. Аспект проявляется следующим образом:
- Штат считается укомплектованным, а на практике людей не хватает. Это приводит к невозможности выстраивать эффективный график, повышает нагрузку на отдельных сотрудников в смене и негативно сказывается на вовлеченности.
- Растет нагрузка на старших и сменных мастеров. Некоторые сотрудники, придя на должность мастера, сталкиваются с такой нагрузкой, не выдерживают и уходят.
- По причине нехватки «рабочих рук» на оборудование могут поставить недостаточно обученный персонал (аппаратчик, рабочий) – это увеличивает вероятность поломок. Наставничество для такого персонала носит скорее формальный характер.
- Некоторые сотрудники были мобилизованы, а на их место никого не взяли.
- Периодически производятся командировки работников из других цехов. Этот

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

формат участники не считают эффективным: по их мнению, командированные сотрудники не стремятся выполнять возложенные на них задачи.

По фактору **«Высшее руководство»** сотрудникам пока сложно сформировать четкую позицию, так как нынешний генеральный директор не так давно вступил в должность. Восприятие фактора – сдержанно-нейтральное. Выводы по итогам фокус-группы:

- Те сотрудники, которые работают посменно, практически не сталкиваются с управленцами (кроме своего сменного мастера).
- Наиболее «близкое» руководство – это старший мастер. Какие-либо специфические комментарии по взаимодействию со старшим и сменным мастерами в ходе фокус-группы озвучены не были.
- Начальник отделения. Участники отметили, что руководители на данной позиции сменяются достаточно часто (4 раза за 3 года). Из положительных примеров в деятельности текущего начальника отделения сотрудники отметили наведение порядка в производственных помещениях. Из негативных моментов упоминался его строгий подход к подчиненным: были отмечены наказания сменных мастеров, вплоть до лишения премий, если они что-то не успевают из-за своей загруженности.
- Коммуникация с начальником отделения может проходить в формате коллективных встреч (для сотрудников, работающих в дневную смену). Также участники сообщили о возможности зайти к начальнику отделения в индивидуальном порядке для решения каких-либо вопросов.
- Начальник цеха. Недавно произошла смена в связи выходом предыдущего руководителя на пенсию. Нынешнего начальника сотрудники знают хорошо, так как он работает давно. Из позитивных моментов в его деятельности было отмечено проведение ремонтов, но сотрудники не уверены, что это именно его инициатива.
- Оценить коммуникацию с начальником цеха участники затруднились, так как пока не сталкивались с ней. Было заметно, что они не уверены в необходимости проведения отдельных коллективных встреч: участники полагают, что на встречах работники не будут высказываться откровенно в присутствии своего непосредственного начальства. В этой связи полезной представляется возможность личной встречи с начальником цеха. Но есть опасения: считается, что руководителю будет сложно выделить время в силу своей загрузки. Кроме того, нет желания нарушать субординацию: возникший вопрос нужно сначала решить со старшим мастером, с начальником отделения, и только затем обращаться к начальнику цеха, если на более низких уровнях решение не достигнуто.
- Участники знают о возможности задать вопрос начальнику цеха посредством QR-кода, но ею не пользовались, так как не было необходимости.
- Генеральный директор. Относительно директора КГМК сотрудники затруднились выделить какие-либо позитивные или негативные моменты, так как он лишь недавно вступил в должность.
- Оценить коммуникацию пока затруднительно, сотрудники не смогли

вспомнить информацию о встречах с генеральным директором, кроме его визита после обрушения потолка. Практика проведения встреч высшего руководителя с сотрудниками кажется им эффективной, так как они видели результаты от встреч прошлого гендиректора с мастерами.

Будущее компании представляется участникам фокус-группы в положительном свете: компания будет продолжать занимать лидирующие позиции по производству никеля. А с совершенствованием технологии высока вероятность стать единственным лидером в отрасли.

Фактор **«Карьерные возможности»** воспринимается противоречиво: с одной стороны, формально возможности для развития есть. Но для многих участников имеющиеся ограничения перевешивают существующие возможности (Рисунок 25).

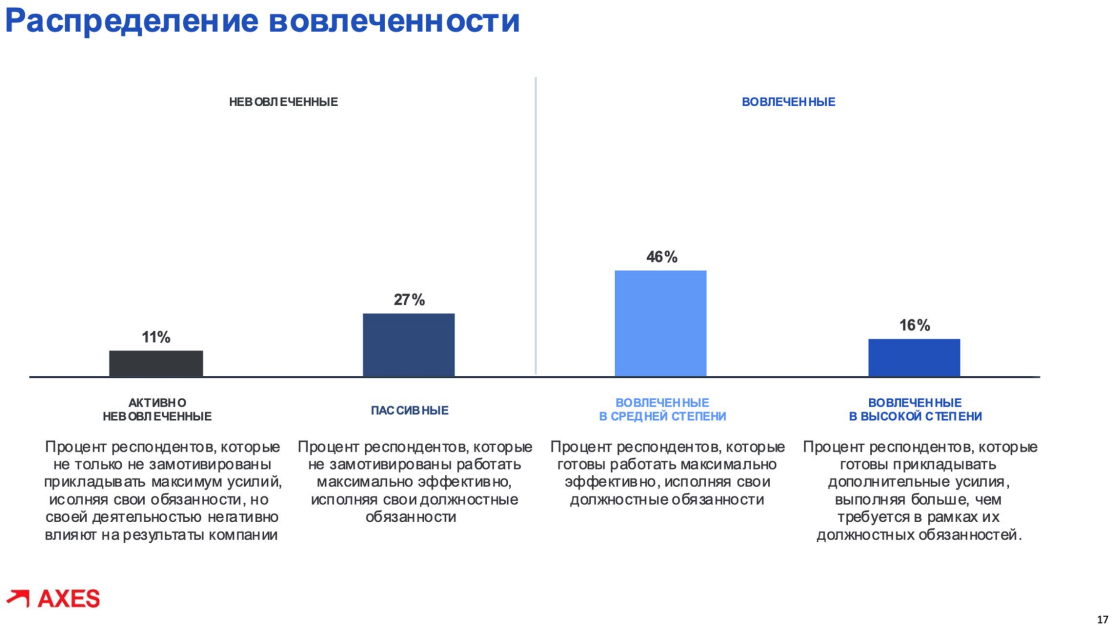


Рисунок 25. Распределение вовлеченности сотрудников на КГМК

Источник: данные Норникеля.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Описание технологической схемы производства АО «Кольская ГМК»

АО «Кольская ГМК» является предприятием, традиционно перерабатывающим сульфидное медно-никелевое сырье:

- собственное рудное сырье Печенгского района;
- файнштейн медно-никелевый производства Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»;

Товарной продукцией, производимой из собственного рудного сырья, является концентрат никелевый сульфидный.

Основной товарной продукцией, производимой в результате переработки файнштейна являются:

- никель первичный;
- никель карбонильный;
- кобальт электролитный;
- кобальтовый концентрат;
- штейн медный;
- штейн никелевый;
- файнштейн никелевый;
- концентраты драгоценных металлов.

Попутно с цветными и драгоценными металлами в АО «Кольская ГМК» извлекается сера в форме серной кислоты.

При переработке сульфидного медно-никелевого сырья, в силу технологических особенностей производства, часть металлов извлекается в потери и отходы, извлечение из которых при существующем уровне развития техники и технологии невозможно или экономически нецелесообразно.

К отходам относятся:

- отвальные хвосты обогатительной фабрики (от переработки собственного рудного сырья);
- отвальные железистые кеки цеха электролиза никеля (от переработки медно-никелевого файнштейна).

К потерям относятся полупродукты, безвозвратно теряющиеся по неучтённым каналам, механические потери:

- стоки электролизных цехов;
- аэрозоли;
- пыли, не улавливаемые системами газоочистки, в т.ч. с неорганизованными выбросами;
- отходящие газы,

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

а также неизвлекаемые потери с готовой продукцией – кобальтовым концентратом.

Технологическая схема АО «Кольская ГМК» включает в себя следующие основные операции:

1. Рудник «Северный»: добыча сульфидных медно-никелевых руд.

2. Обогатительная фабрика: обогащение сульфидных медно-никелевых руд и производство товарного полуфабриката – концентрата никелевого сульфидного, отгружаемого потребителям.

3. Рафинировочный цех, отделение разделения файнштейна: дробление покупного файнштейна, отгрузка части дробленого файнштейна потребителю.

4. Рафинировочный цех, отделение разделения файнштейна: измельчение и флотационное разделение медно-никелевого файнштейна с получением штейна медного, отгружаемого потребителям, и никелевого концентрата.

5. Рафинировочный цех, отделение разделения файнштейна: магнитная сепарация части никелевого концентрата и отгрузка немагнитной фракции (штейна никелевого) потребителю.

6. Рафинировочный цех, обжиговое отделение: окислительно-восстановительный обжиг никелевого концентрата и магнитной фракции от производства штейна никелевого с получением порошка никелевого трубчатых печей (далее ПНТП) и восстановленной закиси никеля. Производство товарного полуфабриката – немагнитной фракции ПНТП.

7. Цех электролиза никеля, отделение растворения и дегазации, гидрометаллургическое отделение № 2, отделение электроэкстракции: хлорное растворения ПНТП, очистка полученного раствора от примесей, электроэкстракция никеля из сульфат-хлоридных растворов с получением никеля электролитного. Производство остатка хлорного выщелачивания – внутреннего полуфабриката, содержащего драгоценные металлы. Производство товарных полуфабрикатов: меди цементной, зачисток ОРиД. Производство отвального железистого кека.

8. Рафинировочный цех, электропечное отделение: плавка восстановленной закиси никеля с получением анодов никелевых и гранулированного никелевого сплава. Производство товарных полуфабрикатов – шлака никелевого и пыли РЦ.

9. Цех электролиза никеля, технологическое отделение: электролитическое рафинирование анодов никелевых с получением никеля первичного, очистка анолита электролизных ванн от примесей. Производство полуфабрикатов меди цементной и кобальтового кека, а также отвального железистого кека.

10. Цех электролиза никеля, кобальтовое производство: переработка кека очистки анолита и растворов хлорного растворения ПНТП от кобальта в хлоридных растворах, экстракция, реэкстракция кобальта и электроэкстракция кобальта с получением кобальта электролитного.

11. Цех электролиза никеля, отделение карбонильного никеля: синтез тетракарбонила никеля из гранулированного никелевого сплава в колоннах синтеза высокого давления. Ректификация сырого карбонила никеля, термическое

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

разложение с получением готовой продукции – карбонильных никелевых порошков и дроби, а также товарного полуфабриката – огарка обжига остатков синтеза.

12. Химико-металлургический цех: химико-металлургическое производство концентратов драгоценных металлов из никелевых шламов и остатков хлорного растворения ПНТП.

Краткое описание технологии

1. Горно-обогатительное производство (пл. Заполярный - Никель)

Включает в себя следующие подразделения:

- Рудник «Северный»;
- Обогатительная фабрика (ОФ).

1.1. Обогатительная фабрика (пл. Заполярный)

Обогатительная фабрика предназначена для обогащения вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд, поступающих с рудника «Северный».

Обогащение руды осуществляется по коллективной флотационной схеме с получением медно-никелевого концентрата, содержащего до 10,0 % никеля и 4,5 % меди.

Технологическая схема фабрики предусматривает трёхстадиальное дробление руды, измельчение и флотацию. Дробление осуществляется в конусных дробилках до крупности примерно 23% +16мм. Измельчение руды производится в шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле с классификаторами и гидроциклонами. Слив классификаторов крупностью не менее 38% -0,071мм поступает на межцикловую флотацию, в которой флотируются свободные зерна сульфидов меди и никеля, а также богатые сростки этих сульфидов.

Хвосты межцикловой флотации доизмельчают до крупности 78% -0,071мм и направляют на основную флотацию, где доизвлекают вскрытые зерна сульфидов и богатые сростки. Камерный продукт основной флотации проходит контрольную флотацию для доизвлечения остатков сульфидов цветных металлов. Полученные отвальные хвосты направляются в хвостохранилище.

Пенные продукты межцикловой и основной флотации поступают в узлы доводки, где производится их перечистка с получением коллективного медно-никелевого концентрата.

Промежуточные продукты в схеме флотации также доперечищаются, при этом пенные продукты операций направляются в основные перечистки, а камерные продукты направляются в головные операции схемы. Так на I, II перечистную операцию поступает концентрат операций контрольной флотации, а на промпродуктовую поступают хвосты основных перечисток.

Полученный коллективный концентрат трёх секций флотации направляется на узел доводки концентрата. Хвосты узла доводки концентратов разделяются в пульподелителе и направляются в операцию классификации в насос-гидроциклонные установки (НГЦУ) секций измельчения и флотации. Полученный концентрат является товарным сульфидным концентратом фабрики и направляется

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

на сгущение и фильтрацию в отделение отгрузки концентрата.

Обезвоженный после фильтрации кек концентрата, поступающий с пресс-фильтра помещается в контейнеры для отгрузки.

2. Металлургическое производство (пл. Мончегорск)

Сырье:

- привозной файнштейн Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель»,

Основные подразделения металлургического производства пл. Мончегорск:

- рафинировочный цех (РЦ);
- химико-металлургический цех (МЦ);
- цех электролиза никеля (ЦЭН).

Бедные оборотные продукты, получаемые при рафинировании медно-никелевого файнштейна, направляются на переработку в Заполярный филиал ПАО «ГМК «Норильский никель».

2.1. Рафинировочный цех.

В состав цеха входят:

- отделение разделения файнштейна;
- обжигово-восстановительное отделение;
- электропечное отделение;
- отделение пылеулавливания;
- сернокислотное отделение.

Отделение разделения файнштейна

Предназначено для флотационного разделения медно-никелевых файнштейнов, поступающих из ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», и получения никелевого и медного концентратов.

Блоки файнштейна массой 25-27 тонн подвергаются дроблению в три стадии. Продукт крупностью -25 мм поступает на двухстадиальное измельчение в шаровые мельницы, работающие в замкнутом цикле с классификаторами. Контрольная классификация проводится в гидроциклонах. Измельченный файнштейн (85-90% класса -0,045 мм) в виде пульпы поступает на флотационное разделение, осуществляемое во флотомашинах камерного типа. Процесс ведется в щелочной среде (pH 11-12,5). В качестве флотореагентов используются бутиловый ксантогенат калия и каустическая сода. Флотация включает три основные, три контрольные и четыре перечистные операции.

Пульпа никелевого концентрата сгущается до содержания твердого 50% и перекачивается в сгустители обжигово-восстановительного отделения. Частично, никелевый концентрат в виде пульпы подается на магнитные сепараторы. магнитная часть возвращается на перефлотацию. Немагнитная часть обезвоживается на пресс-

фильтре, затаривается в контейнеры и отгружается потребителям как готовая продукция (штейн никелевый (файнштейн никелевый в форме концентрата).

Пульпа медного концентрата сгущается до содержания твердого 65%, обезвоживается на фильтр-прессе отделения разделения файнштейна и отгружается потребителям как готовая продукция (штейн медный (файнштейн медный в форме концентрата).

Обжиговое отделение

Предназначено для подготовки никелевого концентрата к производству порошка никелевого трубчатых печей.

Поступающий никелевый концентрат сгущается до содержания твёрдого в пульпе 72-78%, фильтруется на барабанном вакуум-фильтре и в виде кека с влажностью 6-9% направляется на окислительный обжиг в печи кипящего слоя (ПКС). В отделении установлены три печи с площадью пода 24 ÷ 25 м2. Обжиг ведут при температуре 1050-1250оС при подаче в печь воздуха, обогащенного кислородом. В результате окисления сульфида никеля получается огарок, представляющий собой закись никеля с содержанием серы менее 0,1%. Сера в виде сернистого ангидрида переходит газовую фазу. Газ направляется в отделение производства серной кислоты.

Горячий огарок из ПКС самотеком разгружается в трубчатую вращающуюся печь-реактор (ТПР) длиной 20 м и диаметром 2,2 м. Сюда же загружают восстановитель (каменный уголь) в количестве 12-15%. Печь отапливается мазутом, температура в печи 1050-1150оС. В этих условиях около 95% закиси никеля восстанавливается до металла. Полученный продукт подвергается магнитной сепарации. Полученная магнитная фракция – порошок никелевый трубчатых печей (ПНТП) направляется в цех электролиза никеля на хлорное растворение, а также проведения операции медеочистки. Немагнитная фракция направляется в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». Дополнительно, частично-восстановленная закись никеля после ТПР направляется в электропечное отделение на производство никелевых анодов.

Электропечное отделение

Поступающая на данный передел частично-восстановленная закись никеля, а также никелевый анодный скрап и другие обороты плавятся с добавкой восстановителя (кокса) в дуговых электропечах переменного тока ОКБ-892 и РКЗ-10,5.

Расплавленный металл доводится по содержанию углерода (не боле 0,15%), переливается в миксеры и из них разливается в изложницы, установленные на карусельной машине. Полученные никелевые аноды отправляются в ЦЭН. При плавке образуется небольшое количество анодного шлака и пыли, улавливаемой рукавным фильтром, которые отправляется в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

В отделении также получают никелевые гранулы, которые направляются для дальнейшей переработки в карбонильное производство. По условиям карбонилирования гранулы должны содержать 2-3% серы, поэтому в состав шихты, кроме перечисленных выше компонентов, входит также расчетное количество

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

никелевого концентрата. Плавку ведут в дуговой электропечи постоянного тока «Свинделл». Готовый расплавленный металл тонкой струей выливают в наполненный водой грануляционный бассейн, куда предварительно помещают специальную «корзину» для сбора гранул. Извлеченные гранулы сушат горячим воздухом и отправляют в отделение карбонильного никеля ЦЭН.

Отделение пылеулавливания

В отделении производится очистка газов всех печей рафинировочного цеха. Богатые по содержанию серы газы после очистки от пыли направляются в сернокислотный цех, бедные газы после очистки от пыли через дымовую трубу сбрасываются в атмосферу.

Сернокислотное отделение

Предназначено для утилизации отходящих газов печей кипящего слоя с получением серной кислоты. Получение серной кислоты осуществляется традиционным контактным способом.

2.2. Цех электролиза никеля

В состав цеха входят:

- отделение растворения и дегазации;
- отделение электроэкстракции;
- технологическое отделение;
- гидрометаллургическое отделение;
- кобальтовое отделение;
- отделение готовой продукции;
- отделение карбонильного никеля.

В цехе электролиза никеля производят электролитный никель, электролитный кобальт, карбонильный никель, кобальтовый концентрат.

Отделение растворения и дегазации (входит в контур электроэкстракции)

Сырьем для электролизного отделения является ПНТП, производимый в рафинировочном цехе. ПНТП растворяется в сульфат-хлоридных растворах и газообразном хлоре. Раствор, насыщенный никелем, предварительно очищается от меди методом цементации на ПНТП и направляется в гидрометаллургическое отделение (ГМО) цеха, где проводится очистка от железа, цинка, меди, кобальта. Зачистки реакторов ОРиД направляются на переработку в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Гидрометаллургическое отделение (входит в контур электроэкстракции)

Вытекающий из ванн анолит поступает на передел железоочистки. Очистка от железа осуществляется гидролитическим методом в последовательно соединенных между собой переливными желобами четырех пачуках емкостью 130 м3 каждый. Растворы подогреваются в двух параллельно пачуках. Железо окисляется кислородом воздуха и осаждается в виде гидроокиси при pH 3,8-4,0. Необходимый

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

кислотный режим поддерживается подачей карбоната никеля. Полученная пульпа отфильтровывается на свечевых фильтрах и выгружается на передел репульпации железистых кеков. На переделе репульпации железистых кеков проводится кислотная и водная отмывка цветных металлов с целью получения отвального железистого кека. Отмытый железистый кек отгружается на полигон захоронения. Часть очищенного от железа раствора направляется на передел цинкоочистки, где экстракционным способом производится выведение из него примеси с получением чистого рафината, направляемого на медеочистку, и кека, отправляемого на полигон хранения отходов.

Оставшаяся часть фильтрата свечевых фильтров железоочистки направляется на передел медеочистки. Медеочистка проводится в цементаторах методом цементации меди на никелевом порошке трубчатых печей, поступающим из рафинировочного цеха. Пульпа после цементатора II группы отфильтровывается на свечевых фильтрах. Фильтрат поступает на передел кобальтоочистки, а цементная медь с влажностью до 15% направляется на переработку в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»;

Фильтрат медеочистки поступает на передел кобальтоочистки. Кобальтоочистка осуществляется гидролитическим методом. В качестве окислителя используется хлор. Для поддержания значения pH (3,8-4,0), необходимого для формирования осадка 3-х валентной гидроокиси кобальта, подается карбонат никеля. Процесс ведется в шести пачуках, четыре из которых соединены между собой последовательно переливными желобами на уровне 130 м3. Кобальтовый кек отфильтровывается на свечевых фильтрах и направляется на производство электролитного кобальта. Фильтрат доводится серной кислотой до pH 2,0-2,2 и является католитом, который подается обратно в ванны.

На карбонатном переделе получают карбонат никеля, используемый на операциях железо- и кобальтоочистки для поддержания необходимого значения pH, путем осаждения никеля из сульфатно-хлоридных растворов кальцинированной содой. Фильтрат проходит очистку хлорированием для осаждения никеля, контрольную фильтрацию и сбрасывается в промышленную канализацию.

Отделение электроэкстракции

Очищенный от примесей раствор (католит) возвращается из ГМО в полимербетонные электролизные ванны ящичного типа. В качестве анодов в электролизных ваннах по технологии электроэкстракции используются нерастворимые титановые аноды со спецпокрытием, предотвращающим коррозию титана в присутствии газообразного хлора. Аноды установлены в специальные ячейки из диафрагменной ткани и полимерных материалов с целью обеспечения эвакуации газообразного хлора, образующегося в процессе электролиза никеля, от анода. Обедненный раствор (анолит) частично сливается через специальные сливные карманы в ваннах в систему циркуляции. Оставшийся анолит через систему хлороудаления анодной ячейки на передел дегазации, где происходит вакуумное разделение хлор-газа и анолита.

Обедненный анолит направляется на передел хлорного растворения и передел производства карбоната никеля. Хлор-газ используется на переделе растворения

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

ПНТП.

Полученный катодный никель промывается водой и поступает на склад готовой продукции. Полноразмерные катоды складируют в пакеты, упаковывают стальной лентой и отправляют потребителю. На завершающей стадии запуска находится реализация проекта Автоматической линии резки с современным роботизированным, программируемым оборудованием, позволяющим выпускать резанный никель с размером карточек от 25х25 мм до 100/100 мм и толщиной металла до 15 мм.

Технологическое отделение (электрорафинирование)

Исходным сырьем служат никелевые аноды. Электролитическое рафинирование ведут в полимербетонных ваннах и железобетонных ваннах, футерованных кислотоупорным кирпичом. Электролит – сульфатно-хлоридный. Катоды помещены в диафрагменные ячейки с целью предотвращения попадания примесей к катоду из анодного пространства за счет поддержания уровня католита (очищенный от примесей электролит) выше уровня анолита (загрязненный примесями электролит при растворении анодов). В каждую катодную ячейку подается католит. Вытекающий из ванны анолит направляется на очистку от примесей железа, меди, кобальта в гидрометаллургическое отделение и после этого вновь возвращается в ванны.

Полученный катодный никель промывается водой и поступает на склад готовой продукции. Часть катодного никеля подвергается резке на карточки размером 50х50 и 100х100 на автоматической линии резки, эксплуатируемой с 1993 года, резанный никель упаковывают в бочки и отправляют потребителям. Работа линии имеет ряд ограничений как по производительности, по техническому состоянию, так и по габаритным размерам катодов в трех измерениях (длина, ширина, толщина до 10 мм). Также линия не позволяет выпускать карточки меньшего размера. Остававшуюся часть полноразмерных катодов складируют в пакеты, упаковывают стальной лентой и также отправляют потребителю.

Не растворившуюся часть анодов (анодный скрап) направляют в рафинировочный цех на переплавку в анодные печи. Шлам, осевший на дне ванны и содержащий драгоценные металлы, направляется на дальнейшую переработку в химико-металлургический цех для производства концентратов драгоценных металлов.

Продуктами очистки анолита от примесей является отвальный железистый кек и полуфабрикаты – цементная медь, которая направляется в Заполярный филиал, и кобальтовый кек, который направляют на кобальтовое производство.

Кобальтовое производство

Сырьем для получения кобальта служит первичный кобальтовый кек, поступающий из гидрометаллургического отделения. Он подвергается выщелачиванию оборотным солянокислым раствором в присутствии твердофазного восстановителя - (ПНТП). При этом цветные металлы переводятся в раствор в виде хлоридов.

Полученный осветленный раствор корректируется по концентрации кобальта,

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

никеля, хлорид-ионов и направляется на жидкостную экстракцию третичными аминами. Выделенный в ходе экстракции раствор хлорида кобальта (реэкстракт) после гидролитической доочистки примесей направляется на электролитическое осаждение кобальта с применением нерастворимых анодов.

Выделяющийся в ходе электролиза в при анодном пространстве хлор эжектируется из анодных ячеек и используется на переделе кобальтоочистки.

Весь объем катодного кобальта подвергается резке на карточки размером 50х50 и 100х100 на автоматической линии резки.

Отделение карбонильного никеля (предназначено для получения карбонильного никеля)

На переделе синтеза получают тетракарбонил никеля путем карбонилирования гранулированного никелевого сплава, поступающего из РЦ, окисью углерода, которую получают газификацией пекового кокса, с последующей утилизацией образующихся отходов. Процесс ведется в колоннах синтеза при температуре 180-250оС и давлении 100-180 атм. Выходящий из колонн реакционный газ, содержащий пары карбонила, проходит через выносной пылевой фильтр и направляется в холодильник-конденсатор, где за счет снижения температуры конденсируется. Разделение жидкой и газовой фазы происходит в сборниках-отделителях. Остатки синтеза прокаливают в трубчатой печи при температуре 900оС и направляют на доработку в РЦ.

Жидкая фаза поступает на передел ректификации, где в две стадии проводится разделение смеси тетракарбонилов цветных металлов и железа. В кубе I стадии ректификации происходит нагрев продукта водой до температуры 55-58оС. Смесь паров карбонилов металлов поступает в колонны ректификации насадочного типа (насадка – керамические кольца Рашига) I стадии, где за счет разной температуры кипения и охлаждения происходит конденсация паров тетракарбонила никеля. Пары карбонила никеля конденсируются и направляются на передел разложения, кубовые остатки направляются на перегонку в колонны II стадии ректификации, где происходит нагрев паром до температуры 100-106 оС. Кубовые остатки II стадии ректификации подвергается термической дегазации в печи дожигания. Остатки дожигания направляются на доработку в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». Конденсат тетракарбонила никеля направляется на передел разложения.

На переделе разложения жидкий тетракарбонил никеля поступает в испаритель и далее в разложитель, где получают готовую продукцию карбонильный никель и оксид углерода. Изменяя условия разложения, можно получать металл в виде дроби или порошков, обладающих необходимыми свойствами. Газ (оксид углерода) проходит очистку от порошка на фильтрах и возвращается в процесс.

2.3. Химико-металлургический цех

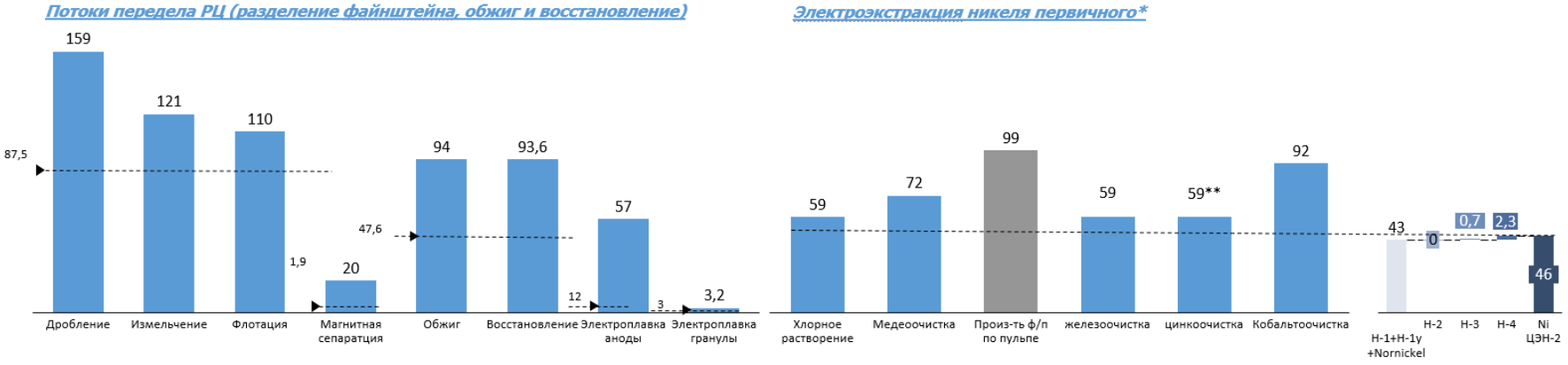
Предназначен для переработки никелевых шламов цеха электролиза никеля (передел электрорафинирования) и остатка хлорного выщелачивания порошка никелевого трубчатых печей (далее – ОХВ) ЦЭН.

Полученные концентраты драгоценных металлов отправляют на аффинажные производства для получения химически-чистых металлов.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Баланс мощностей по производству никеля, кобальта электролитного на примере 2023 года, %/год

НОРНИКЕЛЬ
КОЛЬСКАЯ ГМК



Примечания/условные обозначения:
** - на переделе осуществляется очистка растворов от примесей (Fe, Cu, Co, Zn, Mg, Mn, Pb, As, Sb, Sn, Al); мощности, достаточные для производства рядового состава никеля первичного;*
*** - цинкоочистка обеспечивается путем переработки 50% потока растворов на электроэкстракцию.*
1,9 *загрузка производственной мощности в пересчете на готовую продукцию в процентах от максимального выпуска 2029 года*

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Реализуемая инвестиционная программа на КГМК и предложения по ее корректировке

№ п/п	Наименование проекта программы/ проекта	Цель программы/ проекта	Срок завершения ПНР	Стоимость проекта, млн. у.е.	Фактическая потрачено, млн. у.е.	Текущий гейт (прогресс) проекта	Предложения
1	Программа ТП ОНП	Выпуск 59,5 % (т/год) электролитного никеля в ЦЭН-2, в т.ч. 11,8% (т/год) никеля высокопремиальных марок	26.06.2026 (ЦЭН.ЦО2)	149,4	20,4		
1.1	ЦЭН. 5-й этап медеочистки /ЦЭН.МО-5/	Улучшение качества раствора после медеочистки, качества цементной меди. Создание резерва цементаторов на переделе медеочистки ОРиД для возможности вывода на ППР или технологическую	06.06.2025	12,3	4,5	Проект на фазе «Реализация», в связи с отсутствием финансирования подготавливаются документы на ИПК ОБ о приостановке, с последующим принятием решения ИК о завершении проекта 06.01.2026. ОДЦИ	Продолжить реализацию проекта, вывести из периметра Программы технического перевооружения. Необходимо: Установка дополнительного блока цементаторов медеочистки на втором этапе растворения.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

		чистку без увеличения нагрузки на работающие оборудование. Реализация технологических решений, направленных на снижение образования гарнисажа.				поставлено, выполнены СМР в части монтажа, АКЗ и футеровки - сборника V-80м3 709(9) из 6 единиц емкостного оборудования, установлены насосы– 12 из 12 шт., остальное оборудование сдано на склад.	Перенос узла набора цементной меди с отметки +9,300 на отметку +5,400 и изменение транспортной схемы в здании второго этапа передела хлорного растворения НПТП ОРиД ЦЭН. Монтаж вторых сливных карманов цементаторов медеочистки. Монтаж схемы размыва гарнисажа цементаторов медеочистки. Монтаж противоточной схемы работы цементаторов

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

							медеочистки.
1.2	ЦЭН. Техническое перевооружение передела цинкоочистки. Этап 1 /ЦЭН.ЦО-1/	Расширение производительности существующего передела цинкоочистки до 48 $м^3$/ч по раствору	14.06.2025	4,1	0,6	Разработана и принята РД. Выполнена ЭПБ. Поставлено ОДЦИ. Проект на фазе «Планирование». Приостановлен.	Завершить реализацию проекта в объеме уже выполненных мероприятий. По итогам разработки технологических исходных данных на новую конфигурацию никелевого производства принять решение о необходимости

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

							расширения производительности передела цинкоочистки до 80 м3/ч по раствору.
1.3	ЦЭН. Модернизация передела цинкоочистки. Этап 2 /ЦЭН.ЦО-2/	Обеспечение проектного объема выпуска электролитного никеля по технологии электроэкстракции в объеме не менее 59,5% (т/год), соответствующего требованиям сектора суперсплавов (5 г/т Zn), а также не менее чем на 20 % от выпускаемого объема соответствующего требованиям гальванического сектора (2 г/т	14.04.2026	54,2	0,0	Выполнена частичная приёмка работ по ТР и ССР. Проект на фазе «Инициирование»	Приостановить работу над проектом. По итогам разработки технологических исходных данных на новую конфигурацию никелевого производства принять решение о необходимости расширения производительности существующего передела цинкоочистки до 80 м3/ч по раствору без строительства нового здания.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

		Zn).					
1.4	ЦЭН.ТП. Этап 1-модернизация основной системы железоочистки /ЦЭН.ЖО.ТП1/	Обеспечение требуемого качества никеля по примеси железа.	25.08.2025	8,1	0,2	Разработана и принята РД. Проект на фазе «Планирование»	Продолжить реализацию проекта в составе Программы технического перевооружения. Необходимо реализовать: - подогрев исходного раствора, поступающего на железоочистку, в теплообменнике; - распределенную подачу пульпы чистого и грязного карбоната никеля в пачуки железоочистки поз. 101-103; - замену эрлифтов для перемешивания пульпы в пачуках поз. 102, 103

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

							циркуляционным и насосами; - модернизацию схемы автоматического контроля и регулирования расхода реагентов в пачуки железоочистки; - замену промводы на католит на промывке первичного железистого кека на пресс-фильтрах.
1.5	ЦЭН.ТП. Этап 2-модернизация основной системы железоочистки /ЦЭН.ЖО.ТП2/	Снижение содержания Fe в готовой продукции до уровня не более 20 г/т за счет установки дополнительного пресс-фильтра. Повышение	15.04.2025	8,1	0,9	Выполняется разработка РД Выплачен аванс 875,4 тыс. у.е. за поставку фильтров Латам в феврале 23г Проект на фазе «Планирование» Поставка ОДЦИ	Продолжить реализацию проекта в составе Программы технического перевооружения. Оптимизировать периметр проекта. Установка пресс-

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

		надёжности оборудования передела железоочистки за счет резервирования.				на 4 кв. 23г.	фильтра, F фильтрации = 150м2, 1 шт.
1.6	ЦЭН. ЭО-2. Создание пилотной установки электроэкстракции никеля /ЦЭН.МКВ/	Создание пилотной установки электроэкстракции никеля для выбора оптимального варианта анодной ячейки и последующего исключения недостатков, выявленных в процессе эксплуатации существующих нерастворимых анодов.	31.05.2023	7,2	4,6	Проект завершен	Проект реализован. Включение в актуализированную Программу технического перевооружения не требуется.
1.7	ЦЭН. Узел приготовления и подачи раствора пероксида	Повышение эффективности процесса ликвидации	13.10.2022	41	40	Проект завершен	Проект реализован. Включение в актуализированн

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

	(перекиси) водорода в анолит электролизных ванн /ЦЭН.УПВ/	остаточного активного хлора в растворе после вакуумной дегазации за счёт реализации узла приготовления и подачи пероксида водорода взамен сульфита натрия. Повышение производительности отделения электроэкстракции никеля за счёт исключения риска получения некондиционного по содержанию серы катодного никеля, а также проскоков активного хлора с раствором на ванны электроэкстракции.					ую Программу технического перевооружения не требуется.
1.8	ЦЭН. Подача	Обеспечение	01.08.2022	50	47	Проект завершен	Проект

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

	соляной кислоты на растворение /ЦЭН.ПСК/	отделения растворения и дегазации (ОРиД) соляной кислотой, подаваемой со склада соляной кислоты кобальтового производства					реализован. Включение в актуализированную Программу технического перевооружения не требуется.
1.9	ЦЭН. Подача сухого хлора на растворение /ЦЭН.ПСХ/	Дополнительное обеспечение передела хлорного растворения ОРиД сухим хлором, в связи с недостаточным количеством влажного хлора, подаваемого на участок растворения после компримирования.	01.08.2025	129	100	Проект на фазе Реализация. СМР, но в связи с негативной конъюнктурой возникла необходимость перепроектирования газоанализаторов (изначально предусмотрены Polytron 7000 - 6 шт.). Планируется запрос о переносе сроков завершения реализации проекта в мае 2024 года.	В связи с высокой степенью завершенности, предлагается исключить проект из периметра актуализированной Программы технического перевооружения и завершить его реализацию.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

1.10	ЦЭН. Расширение производительности передела фильтрации /ЦЭН.РППФ/	Исключение риска срыва выполнения производственной программы по выпуску всего объема никеля и драгоценных металлов за счет резервирования фильтровального оборудования ключевого головного передела ЦЭН.	17.03.2025	2 306	167	Разработана и принята РД Осуществляется приёмка ПД Приняты БИ и ДИ, 2 фильтр-пресса поставлены в июле. Проект на фазе «Планирование»	Продолжить реализацию проекта со снижением количества фильтр-прессов до 2 шт., вывести из периметра Программы технического перевооружения. Необходимо установить 2 фильтр-пресса площадью 100 м2 с размером фильтровальных пластин 1200х1200 в осях О-Л, 1-4.
1.11	ЦЭН. Выпарная установка /ЦЭН.ВУ/	Снизить профицит водного баланса и снизить расход МТР за счет частичной упарки фильтрата кобальтоочистки	05.03.2025	743	309	Разработано ТР и ССР Разрабатывается РД и ПД Осуществлена поставка ОДЦИ (выпарная установка 2,7 млн. у.е.)	Продолжить реализацию проекта, вывести из периметра Программы технического перевооружения. Необходимо установить и

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

		ГМО-2 ЦЭН.				Проект на фазе «Планирование»	пустить в эксплуатацию выпарную установку с целю реализации вакуумного самоиспарения никелевого католита – фильтрата кобальтоочистки раствора ХВ с последующим подогревом, с использованием тепла передела ХВ НПТП, и направлением в ЭО на электроэкстракцию никеля.
1.12	ЦЭН. Модернизация передела подготовки ПНТП в РЦ /РЦ.МПП/	Переход на выпуск ПНТП фракции -2,5 мм с целью обеспечения возможности его переработки в полном объеме	24.11.2024	511	70	Разработана и принята РД Осуществлена поставка ОДЦИ (сепаратор магнитный, узел дробления). Проект на фазе	Продолжить реализацию проекта, вывести из периметра Программы технического перевооружения. Необходимо

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

		после останова ЦЭН-1				«Планирование», приостановлен.	смонтировать оборудование узлов дробления и сепарации к моменту останова ЦЭН-1 и ЭПО РЦ.
1.13	ЦЭН. Техническое перевооружение переделов хлорного растворения и медеочистки /ЦЭН.ОРИД/	Реализация комплекса отдельных мероприятий, позволяющих стабилизировать технологические процессы в ОРиД, повысить производительность оборудования и снизить потери цветных металлов и ДМ (установка насосов, средств автоматизации и другие мероприятия).	29.07.2025	560	17	Разработана и принята РД Проект на фазе «Планирование», приостановлен.	Приостановить работу над проектом. Отдельные точечные улучшения реализовать в рамках текущей деятельности.
1.14	ЦЭН. Техническое	Стабилизация процесса	21.01.2026	104	13	Проект на фазе Реализация,	Приостановить работу над

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

	перевооружение передела электроэкстракции никеля /ЦЭН.ЭО.ТП/	электроэкстракции никеля за счет автоматизации управления разрежением на вакуумных коллекторах ванн и процесса подачи католита в ванны				приостановлен.	проектом. Выполнить отдельное мероприятие по техническому перевооружению ванн, задействованных в производстве высокопремиальных видов готовой продукции
2	Расширение и технологическое развитие никелевого производства /КГМК.ЦЭН/	Выпуск 59,5 т/год электролитного никеля в ЦЭН-2, в т.ч. 42% т/год никеля высокопремиальных марок	30.12.2025	5 123	0	Проект на фазе «Инициирование». Идет приемка частично завершенных: ТР с ОКЗ – ИГН; РД ОПУ - РРМ	Пересмотреть периметр проекта и продолжить его реализацию в составе Программы технического перевооружения Пересмотреть периметр предусматриваемых проектом технологических мероприятий исходя из изменения целей

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

							по объемам и качеству готовой продукции.
3	ЦЭН. Модернизация основной схемы очистки от примесей /ЦЭН.МСОП/	Обеспечение очистки электролита от кобальта и свинца с целью соблюдения требований по данным примесям в высокопремиальных марках никеля, а также снижение содержания твердых взвесей в электролите с целью улучшения качества поверхности всего объема производимого никеля	17.08.2026	2 858	9	Проект на фазе «Инициирование» Приняты ТР и ССР. Подготавливаются материалы для выхода на ИПК/ИК	Продолжить реализацию проекта в составе Программы технического перевооружения Необходимо реализовать: Установка теплообменников перед каждой стадией кобальтоочистки, установка дополнительного пачука, а также реализация ряда технических решений, направленных на очистку электролита от кобальта, свинца и твердых взвесей.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

4	ЦЭН. Участок получения ронделей из ванн электроэкстракции /ЦЭН.РНД/	Выпуск нового вида готовой продукции, востребованного на рынке	09.09.2026	1 102	7	Проект находится на фазе «Инициирование». Разработаны и приняты технические решения с оценкой капитальных затрат по проекту для организации пилотного участка с производительностью 2%*т/год. Ведется подготовка технического задания на корректировку ТР для выпуска Ni ронделей в объем 2 %*/год.	Продолжить реализацию проекта в составе Программы технического перевооружения
5	ЦЭН. Автоматизированная линия обработки и подготовки основ никелевого	Механизация и автоматизация операций обработки и подготовки основ с целью	02.06.2026	2 257	0	Проект находится на фазе «Планирование». Организована закупочная процедура для	Продолжить реализацию проекта за рамками Программы технического

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

	производства /ЦЭН.ЛПО/	повышения безопасности труда, повышение ТЭП за счет Снижение выхода из строя диафрагменной ткани, повышение выручки от реализации готовой продукции за счет повышения сортности и перехода на выпуск продукции гальванического качества				организации поиска поставщика оборудования (ОДЦИ) по проекту. Срок завершения закупочной процедуры – 22.11.2023	перевооружения Реализация проекта необходима для обеспечения требований СанПиН 1.2.3685-21 в части массы грузов, перемещаемых персоналом и поднимаемых персоналом с пола в течение смены.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Предложения по корректировке периметра проекта /КГМК.ЦЭН/

№ п/п	Технологическое решение в рамках проекта	Цель, достигаемая данным технологическим решением	Предложения
Технологические решения, изначально заложенные в периметр проекта:			
1	Железоочистка с применением хлора	Повышение глубины очистки католита от железа до уровня 0,08 мг/л	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам высокопремиального никеля с 42 до 9 %* в год, а также снижением требований к содержанию Fe в никеле «гальванического» качества с 15 до 40 г/т
2	Тонкая медеочистка железным порошком	Повышение глубины очистки католита от меди до уровня 0,39 мг/л	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам высокопремиального никеля с 42 до 9 %* в год
3	Экстракционная очистка от кобальта и цинка	Повышение глубины очистки католита от кобальта до уровня 0,31 мг/л и от цинка до уровня 0,02 мг/л	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам высокопремиального никеля с 42 до 9 %* в год а также снижением требований к содержанию Zn в никеле «гальванического» качества с 2 до 8 г/т
4	Гидролитическая очистка от свинца	Повышение глубины очистки католита от свинца до уровня 0,02 мг/л (с учетом последующей глубокой сорбционной очистки)	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам высокопремиального никеля с 42 до 9 %* в год, а также снижением требований к содержанию Pb в

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

			никеле «гальванического» качества с 3 до 10 г/т, а в никеле для сектора суперсплавов – с 1 до 3 г/т
5	Глубокая сорбционная очистка от свинца	Повышение глубины очистки католита от свинца до уровня 0,02 мг/л	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам высокопремиального никеля с 42 до 9 %* в год, а также снижением требований к содержанию Pb в никеле «гальванического» качества с 3 до 8 г/т, а в никеле для сектора суперсплавов – с 1 до 3 г/т
6	Техническое перевооружение передела РЖК	Расширение производительности передела РЖК в связи с увеличением поступления железа в систему за счет внедрения тонкой медеочистки железным порошком	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи с отказом от реализации тонкой медеочистки железным порошком
7	Создание передела производства ронделей на объем 30 тыс. т/год	Обеспечение выпуска востребованного на рынке нового вида готовой продукции в соответствии с требованиями к объемам и качеству	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи со снижением требований к объемам выпускаемых ронделей с 14 до 2 тыс. %* в год (без учета технологического запаса) и реализации соответствующих технических решений в рамках проекта /ЦЭН.РНД/
8	Опытно-промышленная установка	Пилотирование всего проекта на малом масштабе (~ 30 кг/ч Ni) с целью недопущения ошибок проектирования, которые могут возникнуть при прямом переходе от лабораторных исследований к промышленному производству	**Исключить техническое решение из периметра проекта** В связи с тем, что конфигурация ОПУ предполагала пилотирование технологической схемы, основанной на тех технологических решениях, которые исключаются из проекта.

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

Новые технологические решения, предлагаемые к включению в проект /КГМК.ЦЭН/ взамен исключаемых			
9	Техническое перевооружение электролизного отделения	1. Организация участка электроэкстракции никеля в виде ронделей путем установки требуемой оснастки на необходимое количество ванн. 2. Организация участка электроэкстракции никеля в виде катодов повышенной толщины путем установки шин с требуемым межэлектродным расстоянием, а также подключения выделенных ванн к отдельному преобразовательному агрегату малой мощности.	**Включить технологическое мероприятие в периметр проекта /КГМК.ЦЭН/** После разработки исходных данных выпустить технические решения с оценкой капитальных и операционных затрат
10	Глубокая сорбционная Zn-очистка раствора, поступающего на ванны наращивания никеля для сектора суперсплавов	Обеспечение глубокой очистки католита для никеля повышенной чистоты от твердых взвесей, цинка и остаточной органики.	**Включить технологическое мероприятие в периметр проекта /КГМК.ЦЭН/** После разработки исходных данных выпустить технические решения с оценкой капитальных и операционных затрат. Справочно: при выпуске 8%* в год никеля для сектора гальванопокрытий (8 г/т Zn) планируется выпускать 2%* в год никеля для сектора суперсплавов, требования к содержанию цинка в котором ужесточились по сравнению с предыдущей продуктовой стратегией (снижение норматива с 5 до 3 г/т).
11	Отдельная циркуляция, и	Обеспечение возможности частичного оборота глубоко очищенного от цинка	**Включить технологическое мероприятие в периметр проекта /КГМК.ЦЭН/**

Данный файл предназначен только для ознакомительных целей. Для получения текста учебного кейса и текста методических указаний оформите заявку: https://gsb.hse.ru/csc/collection

	дегазация анолита	раствора, что позволит снизить требуемую мощность узла сорбции.	После разработки исходных данных выпустить технические решения с оценкой капитальных и операционных затрат.

Себестоимость

Наименование	ед. изм.	никель первичный (общая Электрорафинирование+эектроэкстракция)	никель первичный Электроэкстракция	никель первичный Электрорафинирование	никель карбонильный	никелевый штейн	
						на продажу	в Харьвалту
Полная себестоимость (от руды Норильск+КГМК). Доля от рыночной цены	%	67,00	71,00	61,00	88,00	47,00	45,00
Справочно:							
себестоимость сырьевой части. Доля от рыночной цены	%	43,00	43,00	43,00	58,00	39,00	39,00
себестоимость КГМК. Доля от рыночной цены	%	24,00	28,00	18,00	30,00	8,00	6,00