

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

ПОЛУЧЕНИЯ БАЗОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АККУМУЛЯТОРНЫХ
БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

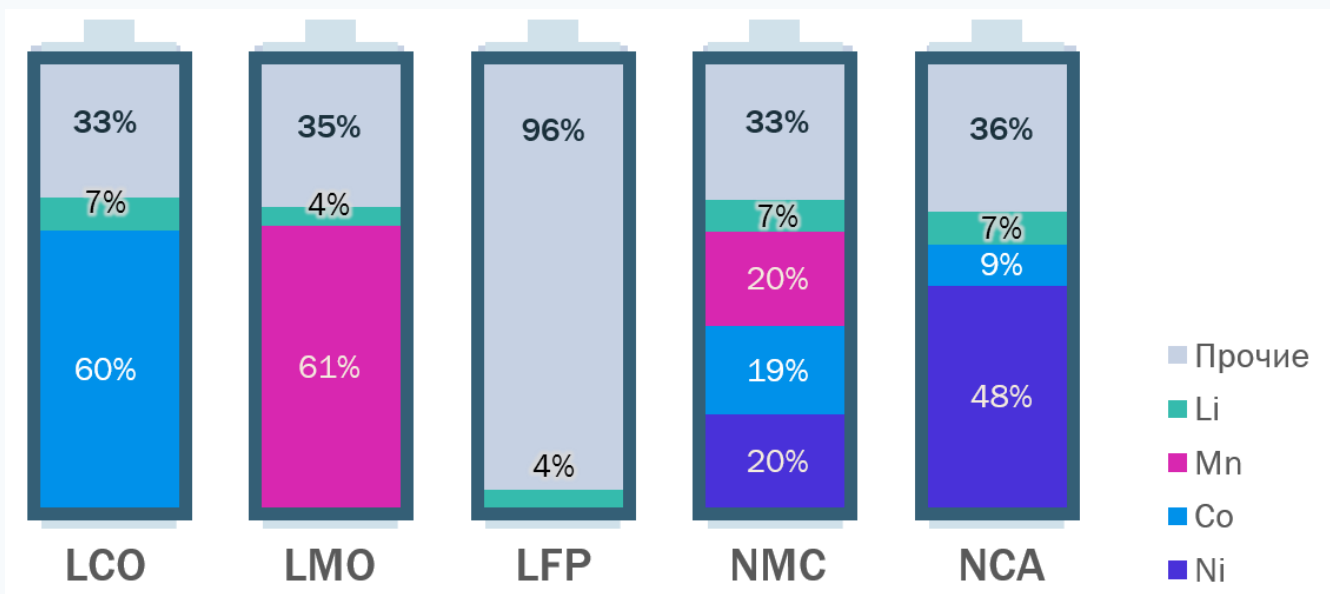
FOR OBTAINING BASIC MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BATTERIES BASED
ON DOMESTIC MINERAL RAW MATERIALS

Ануфриева Светлана Ивановна (*Svetlana Anufrieva*)

Заведующий технологическим отделом ФГБУ «ВИМС» (*Head, Technology Department, VIMS*)

Пермякова Н.А., Соколова В.Н., Иванова М.В., Курков А.В.

(*Nataliya Permyakova, Victoria Sokolova, Margarita Ivanova, Alexander Kurkov*)

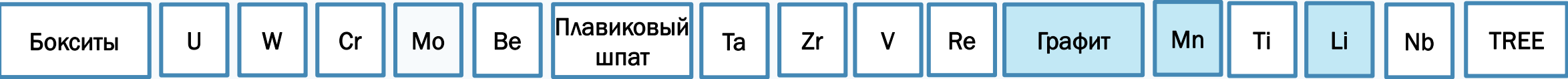


5 наиболее распространенных типов литий-ионных аккумуляторов (по составу **материала катода**):
LCO: литий-кобальт-оксидные
LMO: литий-марганец-оксидные
LFP: литий-железо-фосфатные
NMC: литий-никель-марганец-кобальт-оксидные
NCA: литий-никель-кобальт-алюминий-оксидные

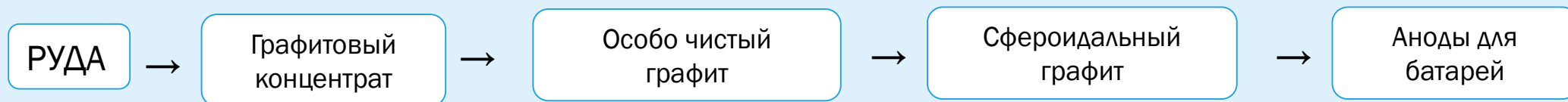
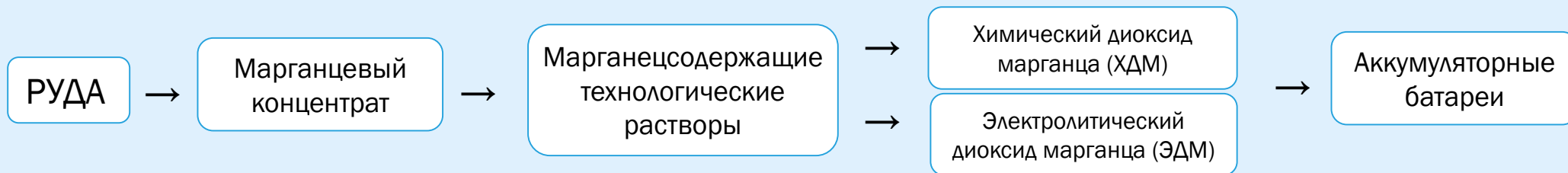
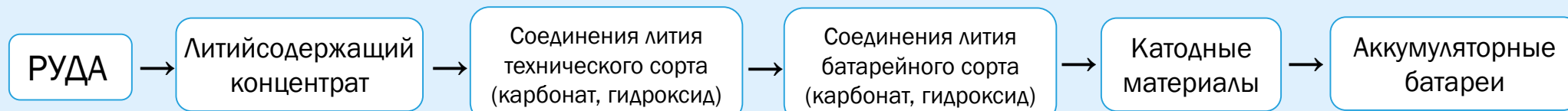
материал анода: графит

Источник: Avicenne, Macquarie research, 2019

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ¹, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЕФИЦИТНЫЕ², ВИДЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



¹ Об утверждении перечня основных видов стратегического минерального сырья [Текст]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 августа 2022 г. № 2473-р // Собр. Законодательства РФ. – 2022. – № 36 (05 сент.) – ст. 6285.
² Об утверждении перечня дефицитных видов твердых полезных ископаемых и перечня продукции с высокой долей добавленной стоимости, производимой с использованием добытых дефицитных видов твердых полезных ископаемых [Текст]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2024 г. № 939-р // Собр. Законодательства РФ. – 2024. – № 17 (22 апр.) – ст. 2378.



Li

Литий

м.Колмозерское
Мурманская обл.

м.Полмостундровское
Мурманская обл.

м.Тастыгское
Тувинская автономная обл.

Отвалы м.Завитинское
Забайкальский край

Mn

Марганец

м.Усинское
Кемеровская обл.

Сейбинское рудопроявление
Красноярский край

м.Порожинское
Красноярский край

C

Графит

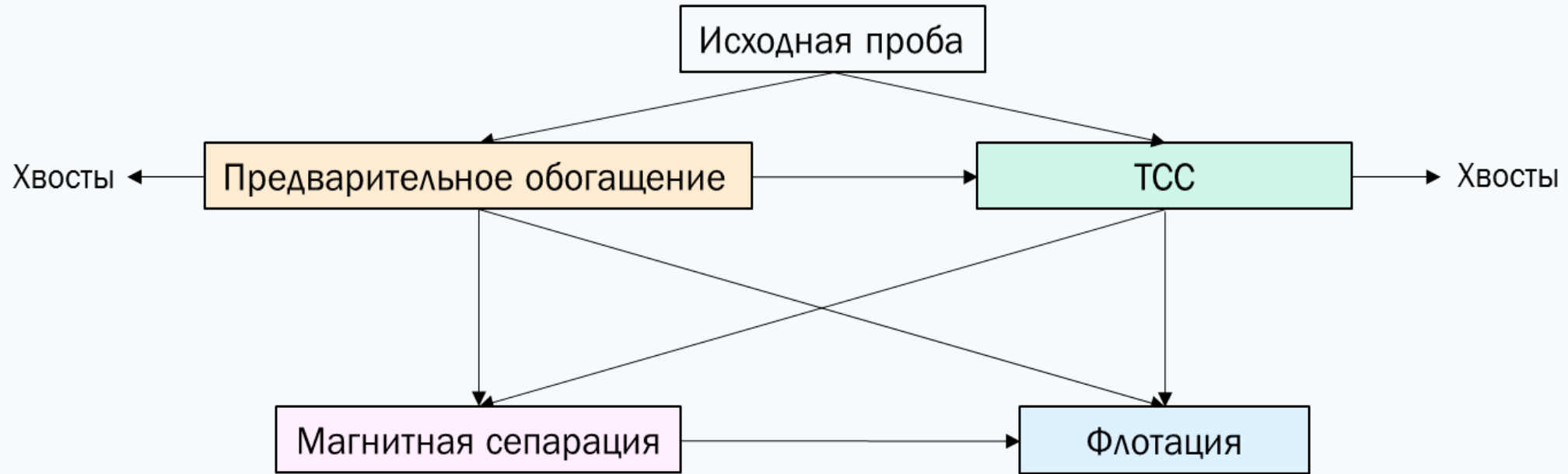
м.Союзное (уч.Тополихинский)
Еврейская АО

м. Мурзинское
Свердловская обл.

м. Центральное
Иркутская обл.

м.Надеждинское
Респ.Саха, Якутия

м.Ботогольское
Респ.Саха, Якутия



Предварительное обогащение

- получение продуктов, содержащих Cs, Rb

ТСС

- получение продуктов, содержащих Li

Магнитная сепарация

- получение продуктов, содержащих Ta, Nb

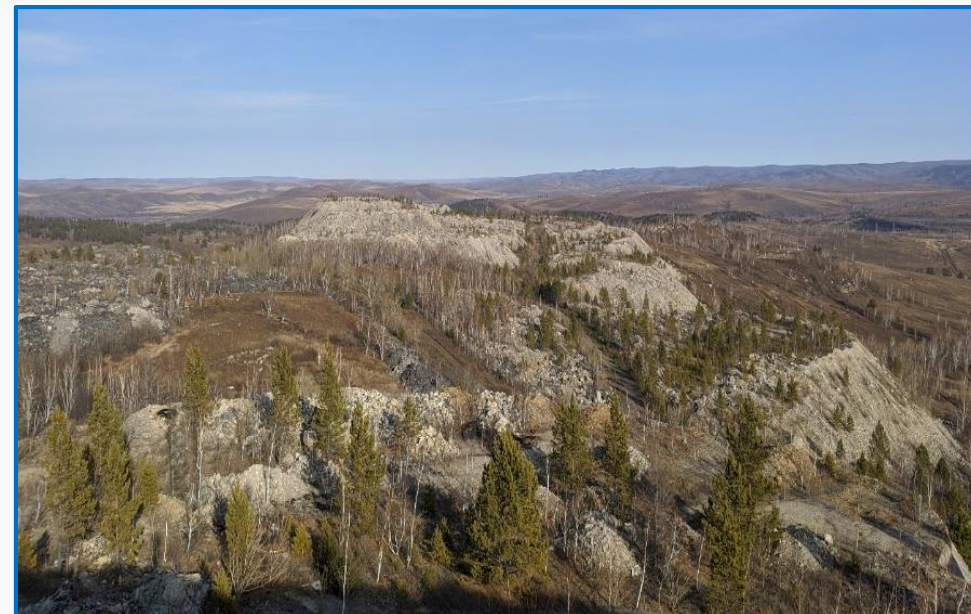
Флотация

- получение продуктов, содержащих Li, Ta, Nb, Be

- Забайкальский горно-обогатительный комбинат, старейшее предприятие Края.
- Разработка месторождения началась в **1937г.**, на котором помимо основного литиевого извлекались бериллиевый, танталовый, ниобиевый, оловянный и кварц-полевошпатовый концентраты.
- На месторождении на данный момент **отработано 52% числящихся балансовых запасов** его комплексных руд, однако сложившиеся сложные горно-геологические и гидрологические условия делают невозможным дальнейшую отработку запасов.
- На протяжении 40 лет с 1951 г формировались **отвалы забалансовой руды**, которые насчитывают **19 млн т** (содержание $\text{Li}_2\text{O} \sim 0,3\%$).



Общий вид затопленного карьера
с борта отвалов

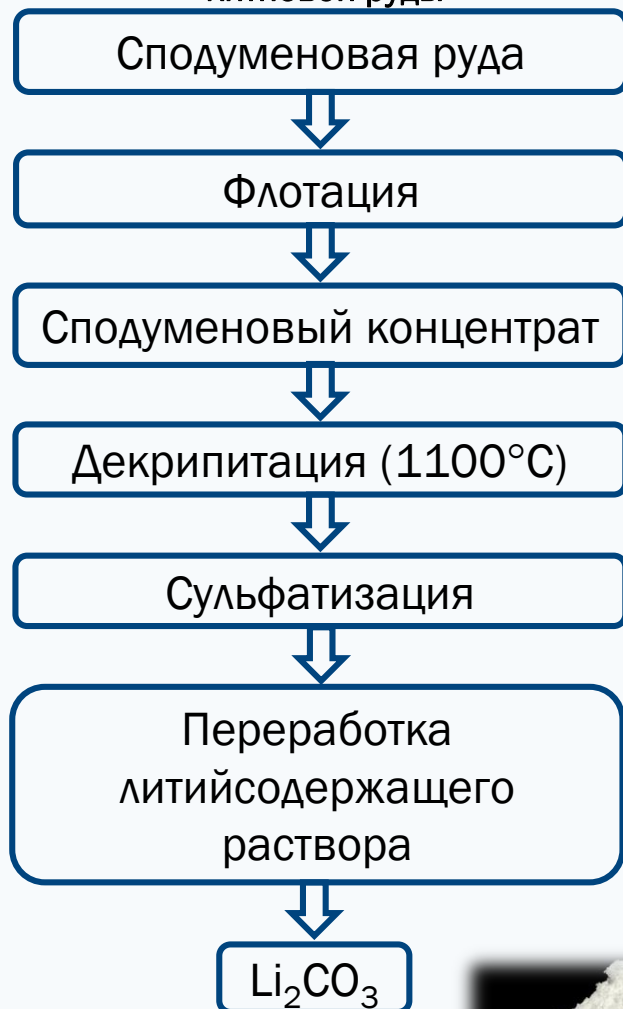


Общий вид отвалов

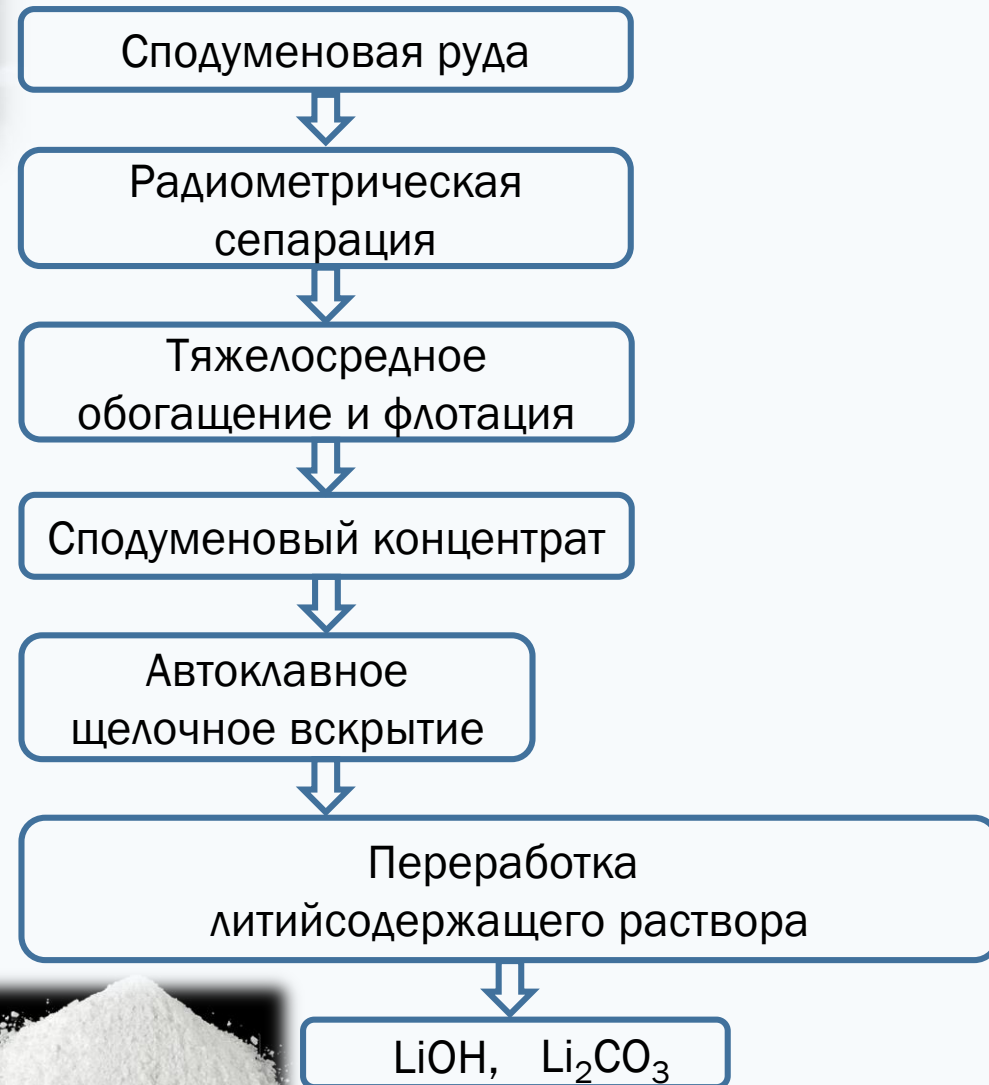
Тяжелосредная сепарация**Концентрат** $(\rho > 2,8 \text{ г/см}^3)$ **Промпродукт** $(2,7 < \rho < 2,8 \text{ г/см}^3)$ **Хвосты** $(\rho < 2,7 \text{ г/см}^3)$ **Магнитная сепарация****Концентрат:**немагнитная фракция
при разделении 1,1 Тл**Декрипитация** $t - 1100 \text{ }^\circ\text{C}, \tau - 1 \text{ ч}$

- Из отвалов Завитинского месторождения с исходным содержанием оксида лития менее 0,2% **ВОЗМОЖНО** получение **5-6% сподуменового концентрата**, пригодного для дальнейшей химико-металлургической переработки;
- При переработке **1 млн тонн отвалов** по принципиальной схеме годовые затраты составят около **300 млн руб/год** или **35,5 тыс. руб на 1 тонну концентрата** с содержанием Li_2O 5%, при выходе концентрата 8 тыс. тонн

Традиционная сернокислотная
технологическая схема переработки
литиевой руды



Принципиальная технологическая схема
переработки литиевой руды (ФГБУ «ВИМС»)



- **Самое крупное** месторождение марганцевого сырья в России
- **Открыто в 1939 г.** Расположено в Кемеровской области, в 60 км к северо-востоку от г. Междуреченска в горно-таежной местности.
- По состоянию на 01.01.2023г. балансовые запасы категорий А+В+С1+С2 месторождения составляют **127 696 тыс. т** марганцевой руды (45,1% запасов РФ).
- **Содержание марганца** в балансовых рудах (кат. А+В+С1) по месторождению составляет **20,21%**. Более 95% запасов относится к карбонатному типу.
- В 2007 г. составлено ТЭО временных кондиций, подсчитаны и приняты на госбаланс запасы окисленных и карбонатных руд Усинского месторождения (протокол ГКЗ Роснедра от 31.08.2007 № 1441-оп). В 2012 г. утвержден технический проект разработки марганцевых руд Правобережного и Левобережного участков месторождения в количестве 29 351 тыс. т руды (протокол № 035 от 21.05.2012 ЦКР-ТПИ Роснедра). Оработка предполагалась открытым способом. Добытую руду планировалось поставлять на обогатительную фабрику для получения марганцевых концентратов (800 тыс. т в год), потребителем которых позиционировался проектируемый *Енисейский ферросплавный завод* (в 12 км севернее г. Красноярск). Проект включал строительство завода по производству электролитического металлического марганца (80 тыс. т/год ЭММ чистотой 99,8%) в Республике Хакасия.



География проекта

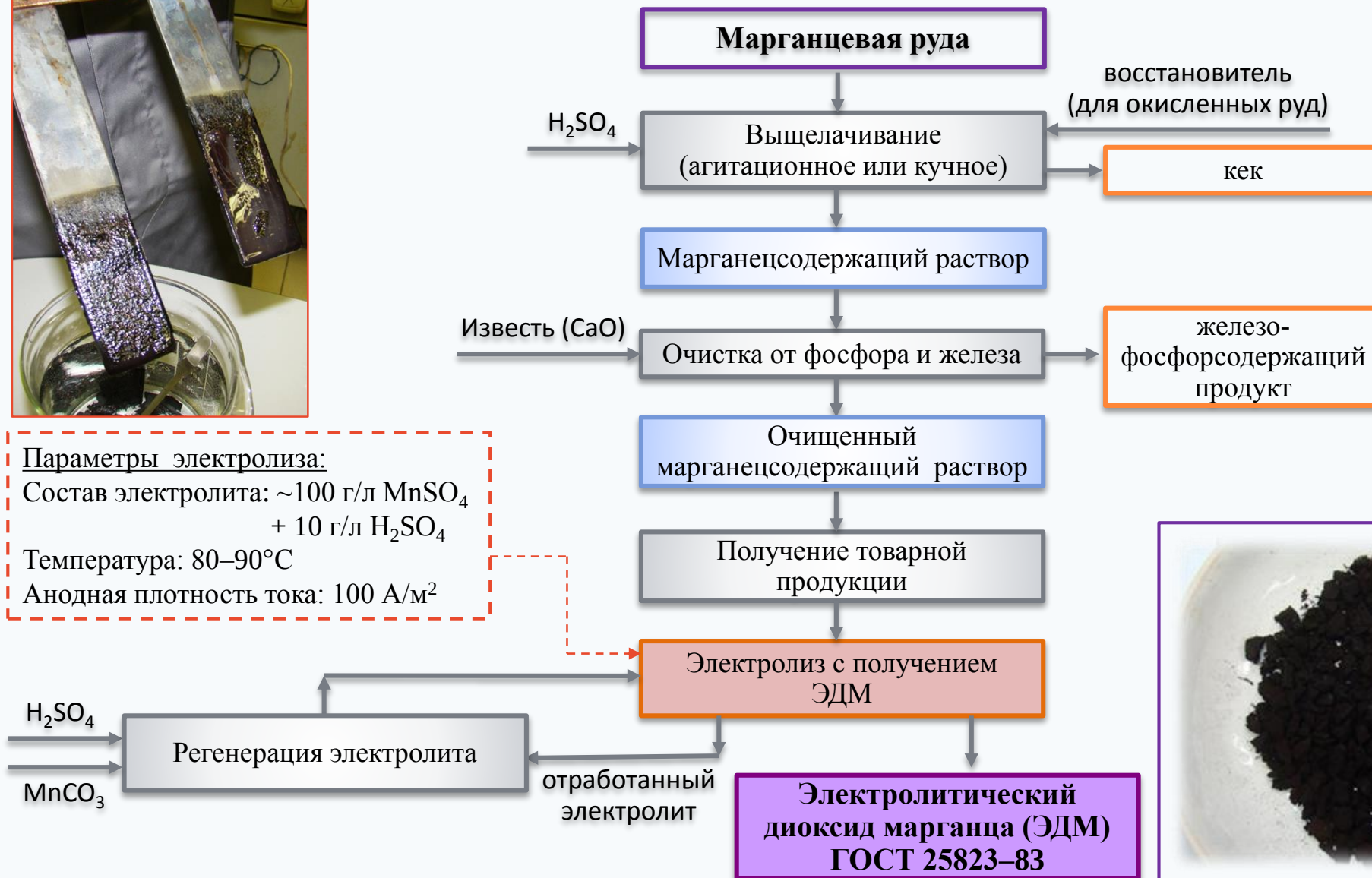


Общий вид месторождения

Анодные пластины

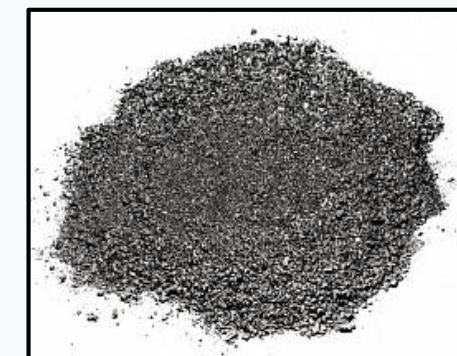
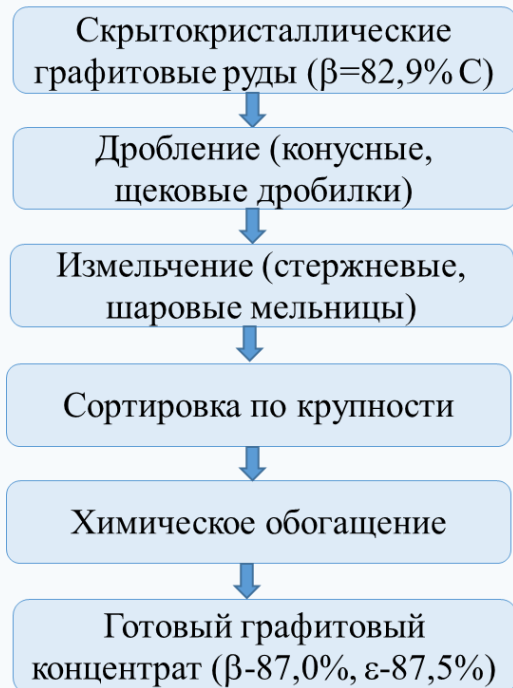


Параметры электролиза:
 Состав электролита: ~100 г/л MnSO_4
 + 10 г/л H_2SO_4
 Температура: 80–90°C
 Анодная плотность тока: 100 А/м²



60-63% Mn
0,02 % Fe
0,002 % P

*Курейское месторождение
(АО «Красноярскграфит», Красноярский край)*



*Графитовый концентрат
марки ГЛС-1
ГОСТ 52729-2007*

Особенности месторождения

- **открыто в 1859 г** и располагается по обоим берегам реки Курейки в 110 км от ее устья, между двумя крупными порогами;
- руда сложена на 80–95% графитовым углеродом и 5–20% минералами–примесями (кварц, кальцит, полевой шпат, пирит и др.); в естественном виде может использоваться в качестве **товарного графита**; средняя зольность по месторождению составляет 17,2%;
- загруженность технологической линии весьма низкая и составляет всего 30–50%, т.к. добыча идет с периодичностью 1-2(3) года, что обусловлено сложной логистикой и неустойчивым спросом на выпускаемую продукцию;
- **предприятие выпускает марочный скрытокристаллический графит** литейных марок и реализуется преимущественно на внутреннем рынке из-за невысокого качества продукции

ПОТРЕБИТЕЛИ ГРАФИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

ПАО «Северсталь», ОАО «НЛМК», ОАО «ММК», ОАО «НТМК», ОАО «ЗСМК» и машиностроительными предприятиями для производства литейных форм и огнеупорных изделий, а также предприятиями по производству смазочных материалов, изделий из технической резины и др.

*Тайгинское месторождение
(ООО «Карьер», Челябинская область)*

Чешуйчатые графитовые руды
($\beta=3,2\%$ С)

Дробление (конусные,
щековые дробилки)

Измельчение (стержневые,
шаровые, самоизмельчения
мельницы)

Классификация (спиральные
классификаторы,
гидроциклоны)

Флотация

Химическое обогащение

Готовый графитовый
концентрат ($\beta=92,0\%$, $\varepsilon=90,0\%$)



Чешуйки графита в породе



*Графитовый концентрат
марки ЭУТ-III
ГОСТ 10274-79*

Особенности месторождения:

- расположено в Челябинской области Уральского федерального округа. Это крупнейшее месторождение, которое находится в 12 км к югу от Кыштыма. Добыча графита осуществляется с 1942г.;
- в связи с наличием тонкой вкрапленности графита в сульфидных минералах (пирит, пирротин), слюдах, кварце, хлорите и сериците на месторождении выделены легко-, средне- и труднообогащаемые руды, что предопределяет необходимость шихтовки для получения смешанной руды с целью стабилизации качества и технологических свойств, поступающего на обогатительную фабрику исходного сырья;
- обогащение ведется по флотационной схеме с большим количеством перечистных операций с целью снижения зольности получаемого концентрата.

**ПОТРЕБИТЕЛИ ГРАФИТОВОГО
КОНЦЕНТРАТА**

производители огнеупоров: ПАО «Комбинат магнезит», ОАО «Динур»; предприятия нефтегазодобычи: ОАО «Сургутнефтегаз», «Управление производственно-технологической комплектации», ООО «Газпромбурение»; Машиностроения: ОАО «Фритекс»

Применение нового селективно действующего измельчительного **оборудования**, с целью сохранения природной размерности «чешуек» графита

Применение комплексного механохимического **способа** с последующим микробиологическим выщелачиванием, что позволит снизить зольность получаемых графитовых концентратов до 2-5%, а серы до 0,05-0,1%

Применение **новых флотационных реагентов** и **режимов**, усовершенствование операций доводки (например, применение окислительного выщелачивания)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!
