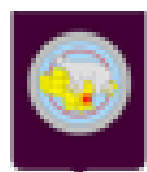


**ВСЕЛЕННАЯ  
БЕЛОГО МЕДВЕДЯ**  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО  
ОКРУГА



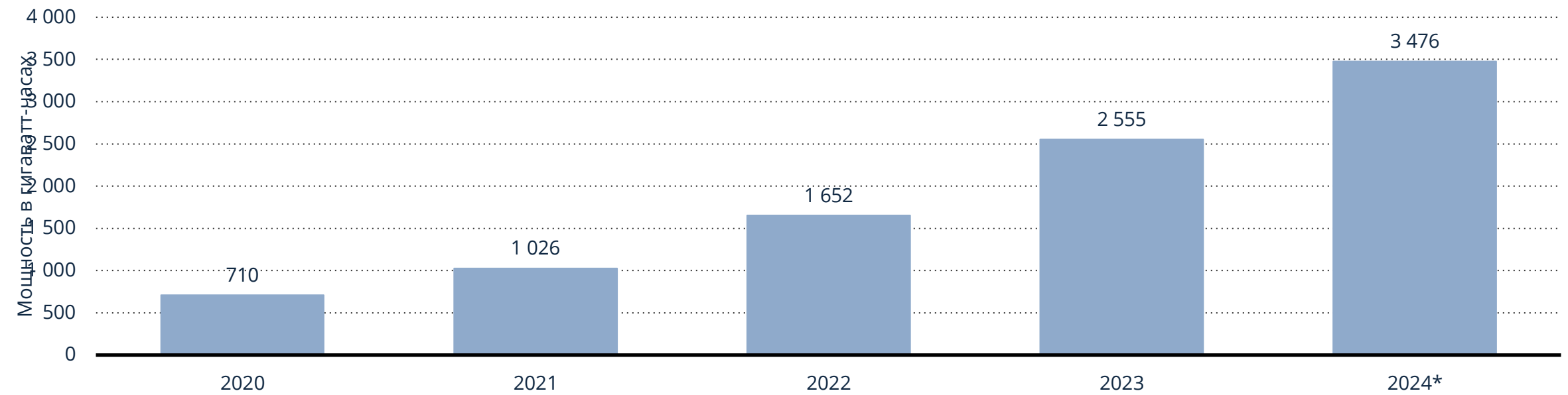
МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ  
РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# Вторичная переработка И утилизация литий-ионных аккумуляторов и систем накопления энергии на их основе

Докладчик: Сергей Федорович Козлов  
Генеральный директор Конструкторского  
бюро «КБ «Энергия»

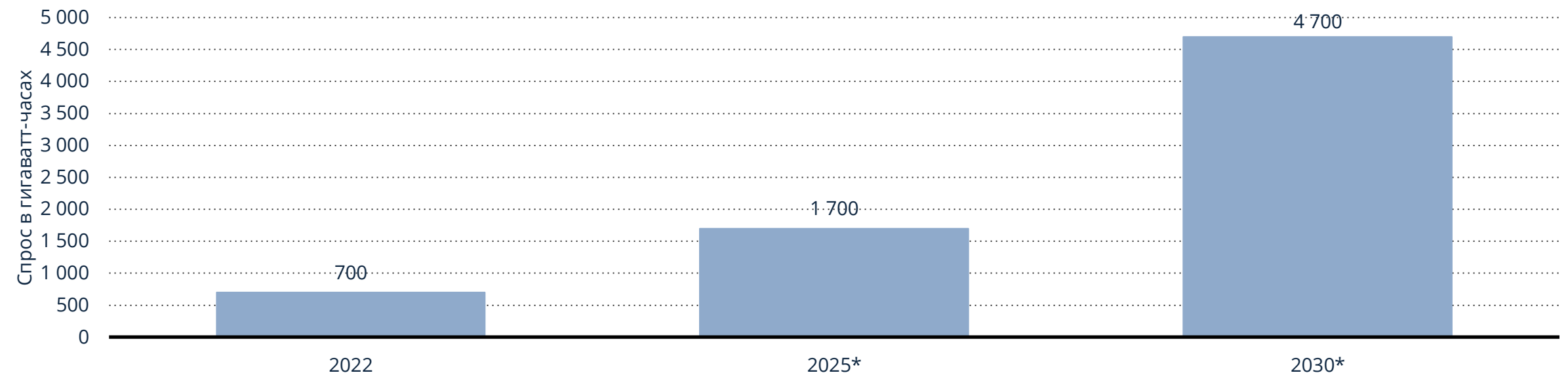


# МИРОВАЯ ЕМКОСТЬ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ 2020-2024



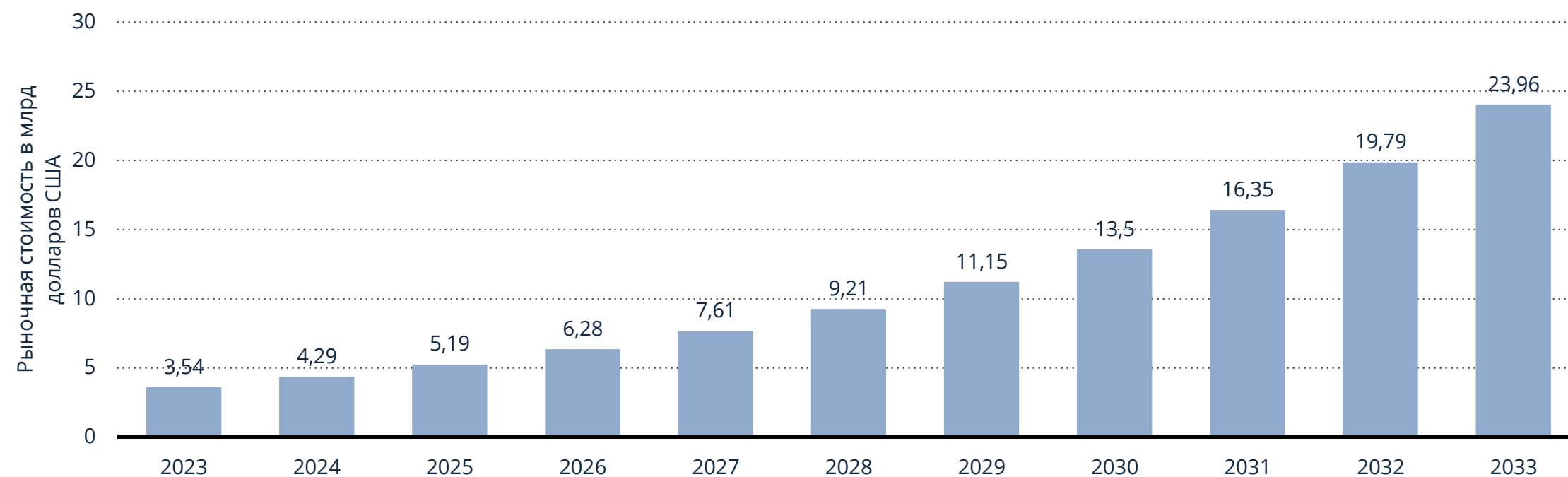
\* Прогноз  
Источник: Benchmark Minerals; Visual Capitalist

# ПРОГНОЗИРУЕМЫЙ СПРОС НА ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ВО ВСЕМ МИРЕ В 2022–2030



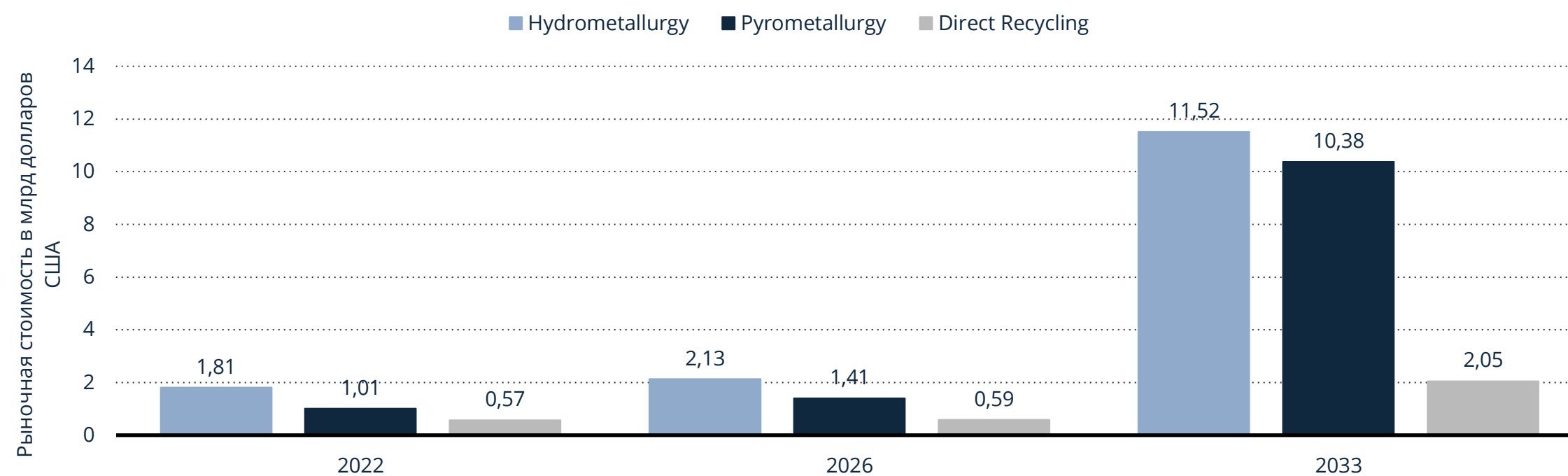
\* Прогноз  
Источник: McKinsey & Company

## ОБЪЕМ МИРОВОГО РЫНКА ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ 2023–2033



Источник: Исследования BIS

## МИРОВОЙ РЫНОК ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ 2022-2033 ПО ПРОЦЕССАМ



Источник(и): Исследования BIS

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

и утилизации литий-ионных аккумуляторов (ЛИА),  
систем накопления энергии, включая электромобильные

## ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ

Извлечение металлов 98-99%

Переработка использованных ЛИА методом HLS позволяет с высокой эффективностью и низкими затратами, получить в промышленный оборот цветные металлы в виде:

Медь – катодный осадок Cu.

Алюминий – хлорид алюминия или металлический Al методом расплава в электролизере при +650°C.

Никель, кобальт, марганец, литий в виде солей, востребованных промышленностью либо в пастообразной пластичной массе с заданной технологией содержанием металлов (морфологией, дисперсностью), готовой к использованию в катодах при производстве новых ЛИА.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

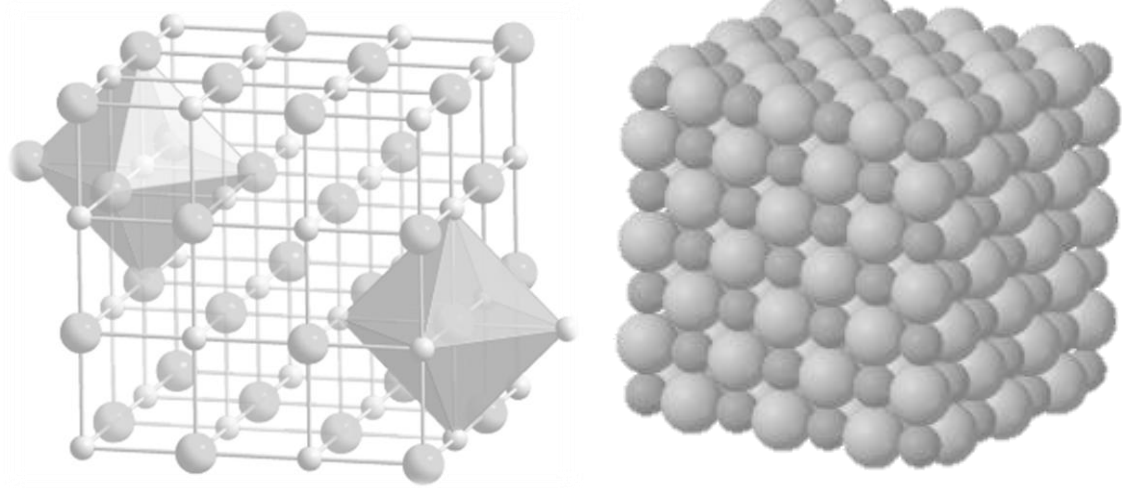
Растущая проблема утилизации и вторичной переработки ЛИА в РФ и мире

Литий превращается в стратегическое сырье, сравнимое с нефтью

Необходимость возврата лития, кобальта, меди, алюминия, марганца и др. в товарные металлы и сырье для производства новых аккумуляторов

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Сравнение предлагаемых ионных гидрохимических технологий с гидрометаллургическими процессами – аналогами по наиболее существенным качественным показателям и необходимой стадийности операционного цикла



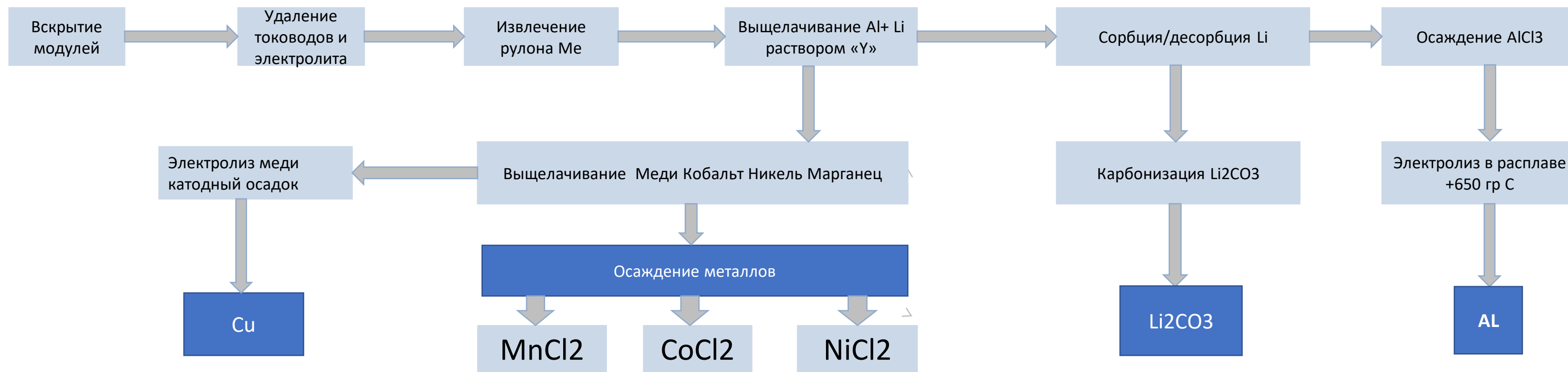
Пространственная интерпретация ионных связей в форме кристаллической структуры хлорида натрия (NaCl).

Каждый из ионов  $\text{Cl}^-$  окружён шестью ионами  $\text{Na}^+$  в октаэдрической конфигурации.

Таким образом, ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  образуют плотно упакованную гранецентрированную кубическую кристаллическую структуру.

Наименование	Ионные гидрохимические технологии (предлагаемое решение)		Гидрометаллургические технологии (существующее решение)	
Измельчение в мельницах	Нет	✓	Присутствует	✗
Флотация	Нет	✓	Присутствует	✗
Сгущение/фильтрация	Нет	✓	Присутствует	✗
Выщелачивание/отмывка	Присутствует	✓	Присутствует	✓
Совместная переработка сульфидных и окисленных руд	Присутствует	✓	Нет	✗
Сорбция/экстракция	Присутствует	✓	Присутствует	✓
Химическое обезвреживание реагентов	Нет	✓	Присутствует	✗
Оборотная технология	Присутствует	✓	Нет	✗
Электролиз	Присутствует	✓	Присутствует	✓
<b>Вторичная применимость отходов процесса</b>	Присутствует	✓	Исключено	✗
<b>Необходимость получения промежуточных концентратов</b>	Нет	✓	Присутствует	✗
<b>Необходимость последующего применения пирометаллургии</b>	Нет	✓	Присутствует	✗

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УТИЛИЗАЦИИ ЛИА



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ

## РАБОТА СТЕНДОВОЙ (ПИЛОТНОЙ) УСТАНОВКИ

Рабочая колонна выщелачивания диаметром 120мм  
с пульсационной камерой диаметром 80мм  
Подача минерального сырья 25 кг/ч  
Подача раствора 60л/мин  
Соотношение т:ж=1:1



\* Представлен вид пилотной установки. Конечный вид установки для переработки аккумуляторов адаптируется под производственную линию и будет отличаться от пилотной

ТЕХНОЛОГИЯ  
ГАЛОГЕНОВОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ  
вторичная переработка

РЕЗУЛЬТАТЫ НИОКР  
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
МЕТАЛЛОВ ИЗ ЛИА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ HLS.

**Сокращенная стадийность операционного цикла:**

- оптимизация CAPEX за счет существенно меньшего количества аппаратных единиц
- оптимизация OPEX за счет снижения затрат на энергию и обслуживание

**Улучшенная кинетика протекающих процессов выщелачивания:**

- Значительное повышение эффективности

**Экологичность:**

- Организация более экологичного производства за счет замкнутого цикла и минимального выброса вредных паров

ПОКАЗАТЕЛИ НА ПЕРЕРАБОТКУ ЛИТИЙ-ИОННОГО СЫРЬЯ В ГОД	СУММА, USD на 100 тонн сырья	СУММА, USD на 300 тонн сырья
<b>Производственные расходы,</b>	<b>813 282,5</b>	<b>2 241 693,9</b>
<b>в т.ч.:</b>		
- реагенты:	152 770,5	458 311,5
- сопутствующие расходы:	660 512,0	1 783 382,4
<b>Стоимость товарной продукции *:</b>		
<b>из сырья с высоким содержанием цветных металлов (80% от общего кол-ва сырья в РФ),</b>	<b>5 028 705,5</b>	<b>15 086 116,5</b>
<b>в т.ч.:</b>		
- лом черных металлов	17 420,5	52 260,5
- цветные металлы	5 011 285	15 033 855
<b>из сырья с низким содержанием цветных металлов (20% от общего кол-ва сырья в РФ),</b>	<b>3 218 410,5</b>	<b>9 655 231,5</b>
<b>в т.ч.:</b>		
- лом черных металлов	17 420,5	52 260,5
- цветные металлы	3 200 990	9 602 970

\* Расчет по рыночной цене металлов на декабрь 2024 (LME)

ТЕХНОЛОГИЯ  
ГАЛОГЕНОВОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ  
вторичная переработка

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ

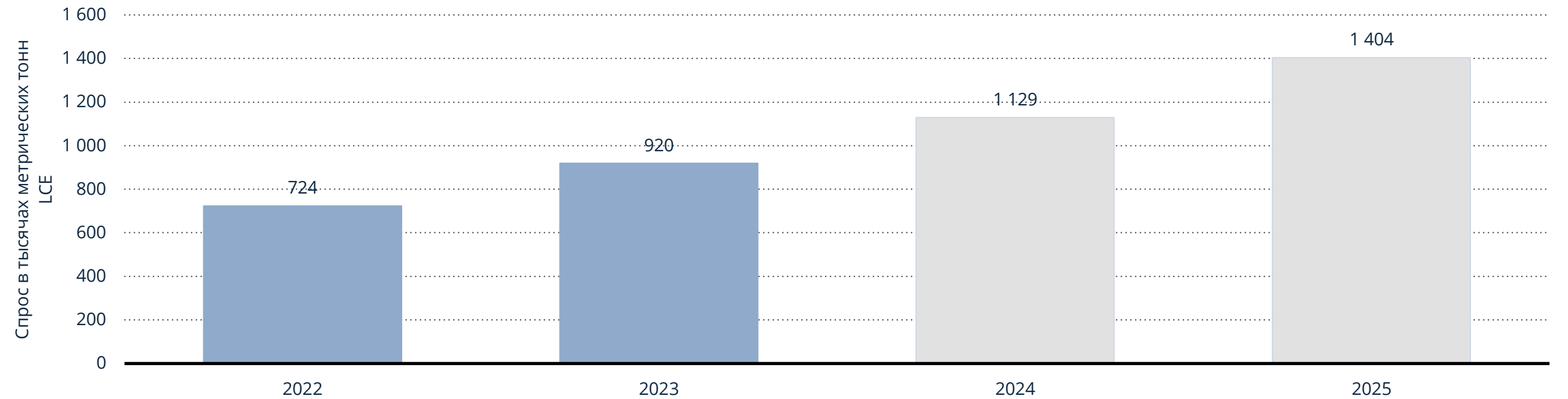
Расчет на каждые **100 тонн**  
литий-ионного сырья  
с высоким содержанием  
цветных металлов (80%  
от общего кол-ва сырья  
в России).

При увеличении объема  
переработки более 300 тонн  
в год сопутствующие расходы  
уменьшаются на ~10%.

№ п/п	Наименование статей затрат на переработку батарей общей массой 100 т.	Цена, за 1 кг	Кол-во, кг	Сумма, ВСЕГО
		\$ USA	В год	\$ USA
1	Вес батарей: 100%		100 000,0	
1.1.	Металлический корпус :22.6%	0,25	22 600,0	5 537,0
1.2.	Углеродная намазка: 14.3 %	0,65	14 300,0	9 223,5
1.3.	Сепаратор: 13.3 %	0,20	13 300,0	2 660,0
Итого лом ЧМ: 50.2 %			50 200,0	17 420,5
ВСЕГО стоимость черных металлов:				17 420,5
2	Цветные Ме: 49.8 %			
2.1.	Al = 29 %	28,00	14 442,0	404 376,0
2.2.	Cu = 23.5 %	90,00	11 703,0	1 053 270,0
2.3.	Оксид Me(Li,Ni,Co,Mn)O2 = 47.5%		23 655,0	-
Итого цветные Ме: 100 %			49 800,0	1 457 646,0
3	Me(Li,Ni,Co,Mn), в том числе:			
3.1.	Li (Литий), цена за 1 кг карбоната лития		2 757,0	1 451 053,0
3.2.	Ni (Никель)	158,50	7 451,0	1 195 248,0
3.3.	Co (Кобальт)	259,00	3 502,0	907 018,0
3.4.	Mn (Марганец)	0,27	1 193,0	320,0
Итого Me (K=0.63) = (Li+Ni+Co+Mn)			14 903,0	3 553 639,0
ВСЕГО стоимость цветных металлов*:				5 011 285,0
Производственные расходы				
4	Рабочий оборотный раствор:			
4.1.	Реагент «Х»	3,60	1 350,0	4 860,0
4.2.	Реагент «У»	7,55	1 710,0	12 910,5
4.3.	Соляная кислота	0,45	300 000,0	135 000,0
Итого реагенты:				152 770,5
5	Сопутствующие расходы			
5.1.	Содержание аппарат ИТР 10 чел.			302 000,0
5.2.	Амортизация зданий и сооружений			5 532,0
5.3.	Электроэнергия			250 000,0
5.4.	Охрана труда			8 510,0
5.5.	Инвентарь малоценный			4 470,0
5.6.	Амортизация оборудования		15,0%	90 000,0
Итого сопутствующие расходы:				660 512,0
ВСЕГО производственные расходы:				813 282,5
<b>Стоимость переработки 1 т. батарей</b>				<b>8 132,8</b>
6	Стоимость товарной продукции:			
6.1.	Лом черных металлов			17 420,5
6.2.	Цветные металлы			5 011 285,0
ВСЕГО Доходы:				5 028 705,5
<b>Стоимость продукции с 1т. батарей</b>				<b>50 287,1</b>
7	НИР/ ОКР			100 000,0
8	Стоимость оборудования			600 000,0

\* Расчет по рыночной цене металлов  
на декабрь 2024 (LME)

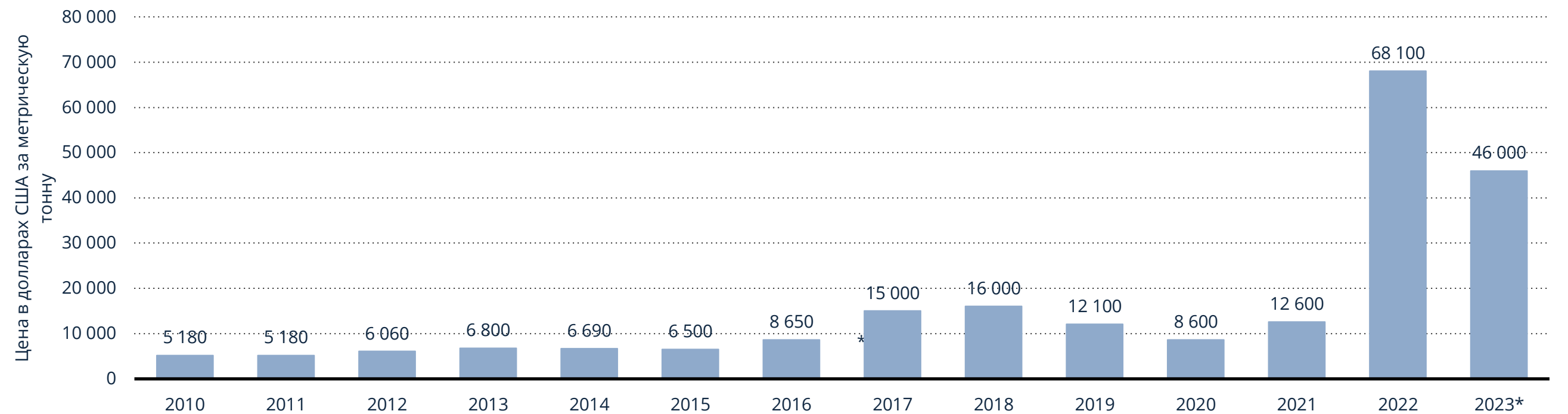
## СПРОС НА ЛИТИЙ В МИРЕ 2022-2025



\* прогноз.

Источник: Чилийская комиссия дель Кобре.

## СРЕДНЯЯ ЦЕНА НА КАРБОНАТ ЛИТИЯ 2010-2023



\* Расчетная. В 2024 году средняя цена Lithium Carbonate вернулась к средним значениям 2017-2021

гг.

Источник: Benchmark Minerals; Геологическая служба США, investing.com

## СЦЕНАРИИ МОНЕТИЗАЦИИ

1

### ПРОДАЖА ЛИЦЕНЗИЙ НА ОТКРЫТИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Лицензия на запуск кластера переработки ЛИА фиксированной мощности.

Кластер – производственная линия с мощностью переработки определенного количества исходного сырья.

При увеличении мощности переработки проект масштабируется под единой архитектурой.

2

### СОВМЕСТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Договор на создание производства в виде совместного предприятия с якорным инвестором - производителем ЛИА.

Лицензия на кластер в виде вклада в предприятие.

Авторский надзор производства на территории РФ всех компонентов технологического процесса.

3

### ПРОДАЖА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Продажа оборудования для оснащения производственного кластера.

Данный сценарий - сопутствующий для других бизнес-моделей.

## ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ЗАПРОС

Цель:

Реализация первого этапа создания кластера по переработке 100 тонн литий-ионного сырья

Необходимые инвестиции - 97 млн. рублей без НДС

Планируемые результаты после года работы:

1. Технология замкнутого цикла по переработке сырья
2. Технологическая линия в российском железе
3. Зарегистрированная заявка на изобретение

## КОМПЕТЕНЦИИ КОМАНДЫ

Потемкин  
Анатолий Алексеевич

Технология галогенового  
выщелачивания (HLS)  
Организация производства  
на основе технологии HLS

Козлов  
Сергей Федорович

Технологии генерации,  
накопления, распределения  
энергии  
Производство ЛИА

Кирнос  
Андрей Эдуардович

Инвестиционный анализ  
Финансы  
Стратегическое развитие  
GR

Черноок  
Илья Владимирович

Коммерциализация  
Маркетинг  
Управление проектами  
АСУ ТП

# ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Для обсуждения вопросов сотрудничества и уточнения компетенций  
в проектах переработки минеральных ресурсов  
с использованием инновационных технологических решений  
[info@magnum-cg.com](mailto:info@magnum-cg.com)

