



# РТУ МИРЭА

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАДИГМ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТИЙ- ИОННЫХ (NMC/NCA) И ЛИТИЙ-ЖЕЛЕЗО-ФОСФАТНЫХ ( $\text{LiFePO}_4$ ) АККУМУЛЯТОРОВ**

**Строителев Богдан Андреевич,  
Студент 2-ого курса кафедры конструирования и производства  
радиоэлектронных средств**

Москва, 2025



# Актуальность проводимого исследования



Рис.1 – Сгоревший электромобиль



Рис.2 – Сгоревший электромобиль

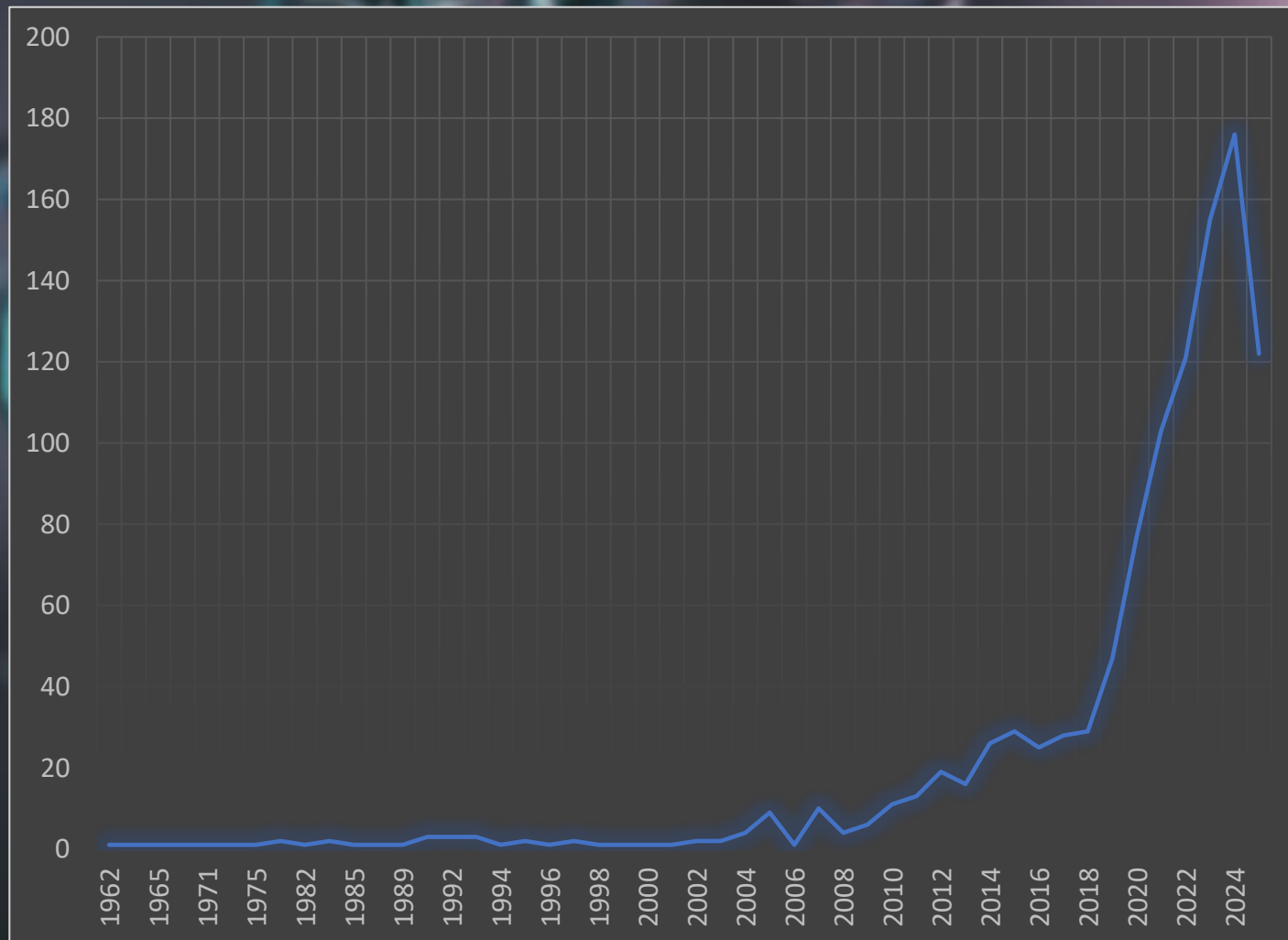


Рис.3 – динамика роста пожаров электромобилей





# Что именно сравниваем?

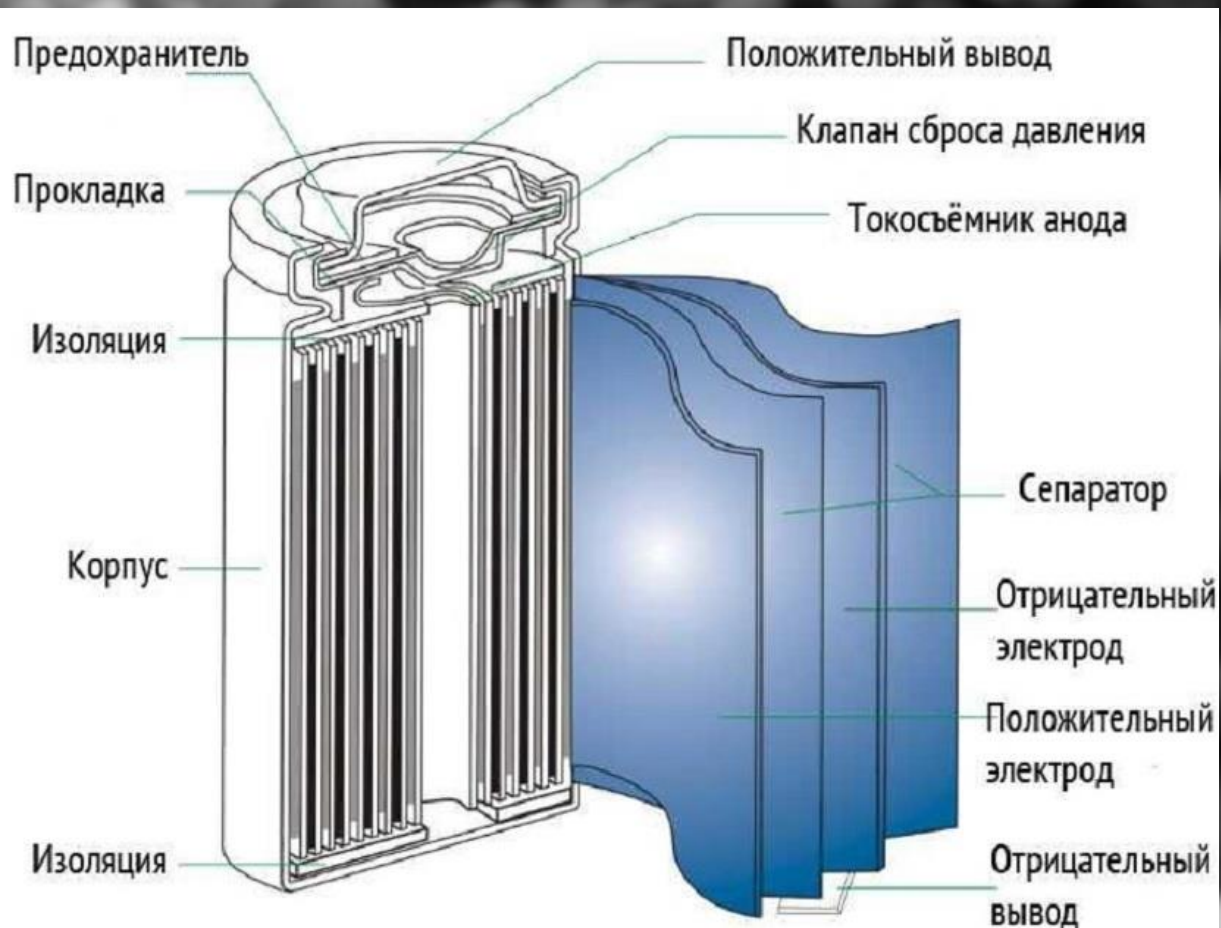


Рис. 4 – li-ion

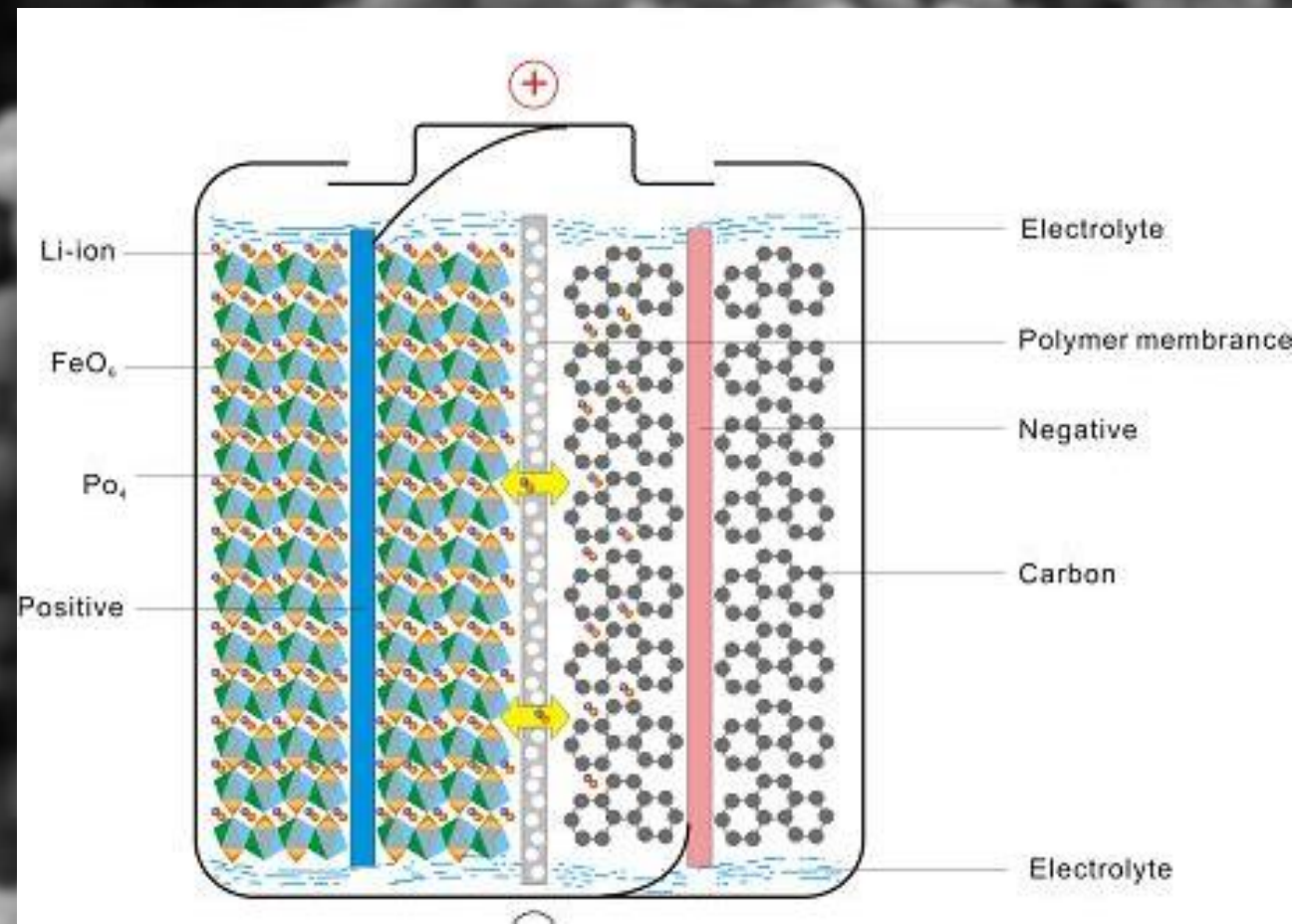


Рис. 5 – LiFePO<sub>4</sub>





# Примеры использования



Рис. 6 – BMW i3 (li-ion)



Рис.8. - Это Электробус ( $\text{LiFePO}_4$ )

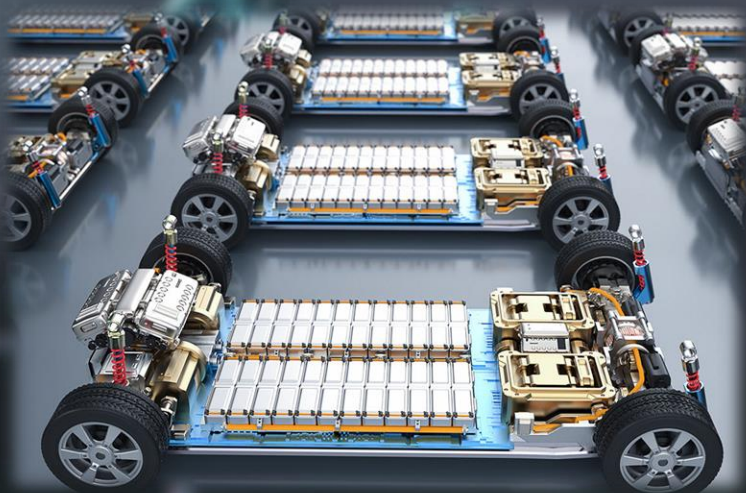


Рис.7 - Электроплатформа (li-ion)



Рис.9 – Головная батарея  $\text{LiFePO}_4$ .



# Методология

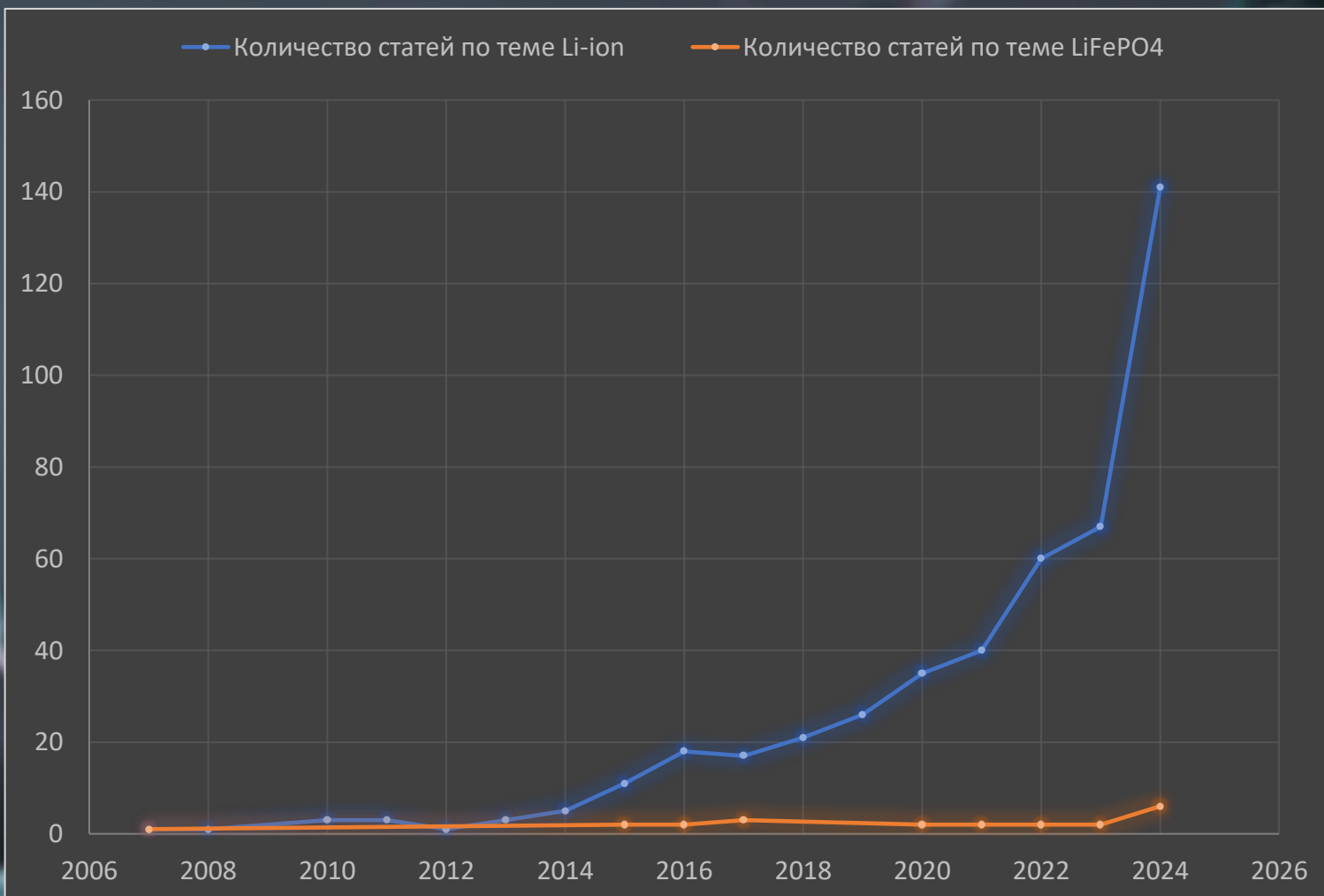


Рис.10 – динамика публикации статей (li-ion) и (LiFePO<sub>4</sub>)



Рис.11 – детальная динамика публикации статей (LiFePO<sub>4</sub>)



# Две парадигмы развития

Категория	Li-ion (NMC/NCA)	LiFePO <sub>4</sub>
<u>Основная проблема</u>	Химическая нестабильность, риск теплового разгона.	Низкая электропроводность, высокая стоимость.
<u>Цель разработки материалов</u>	Увеличение плотности энергии и безопасности одновременно.	Снижение стоимости и повышение долговечности.
<u>Первичная линия защиты</u>	Интеллектуальная BMS с предиктивными алгоритмами ИИ.	Физическая инертность и химическая стабильность материала.
<u>Ключевые стратегии устойчивого развития</u>	Высокотехнологичная переработка для извлечения дорогих металлов (Co, Ni).	Прямое вторичное использование (V2G) после оценки SOH.





# Кто исследует данные темы ?

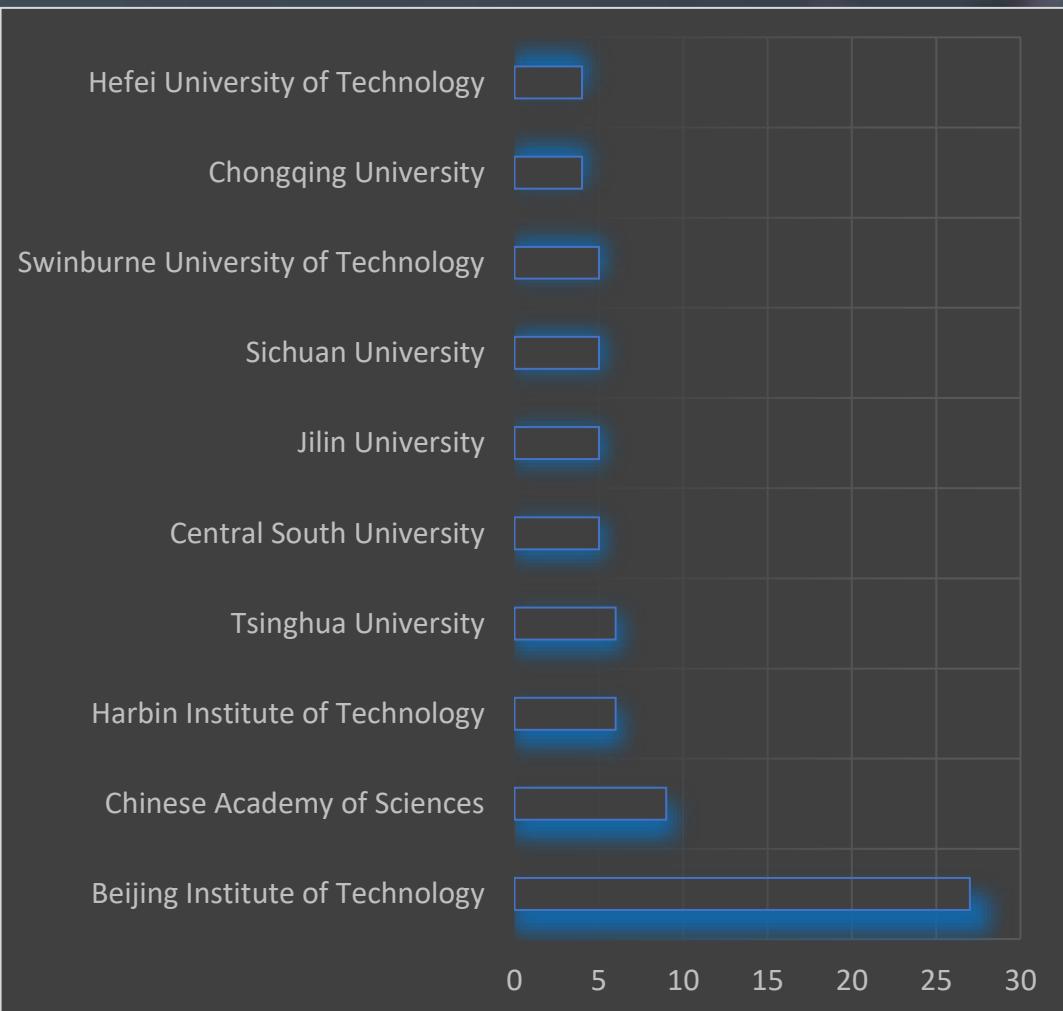


Рис.12 – Топ учреждений (li-ion)

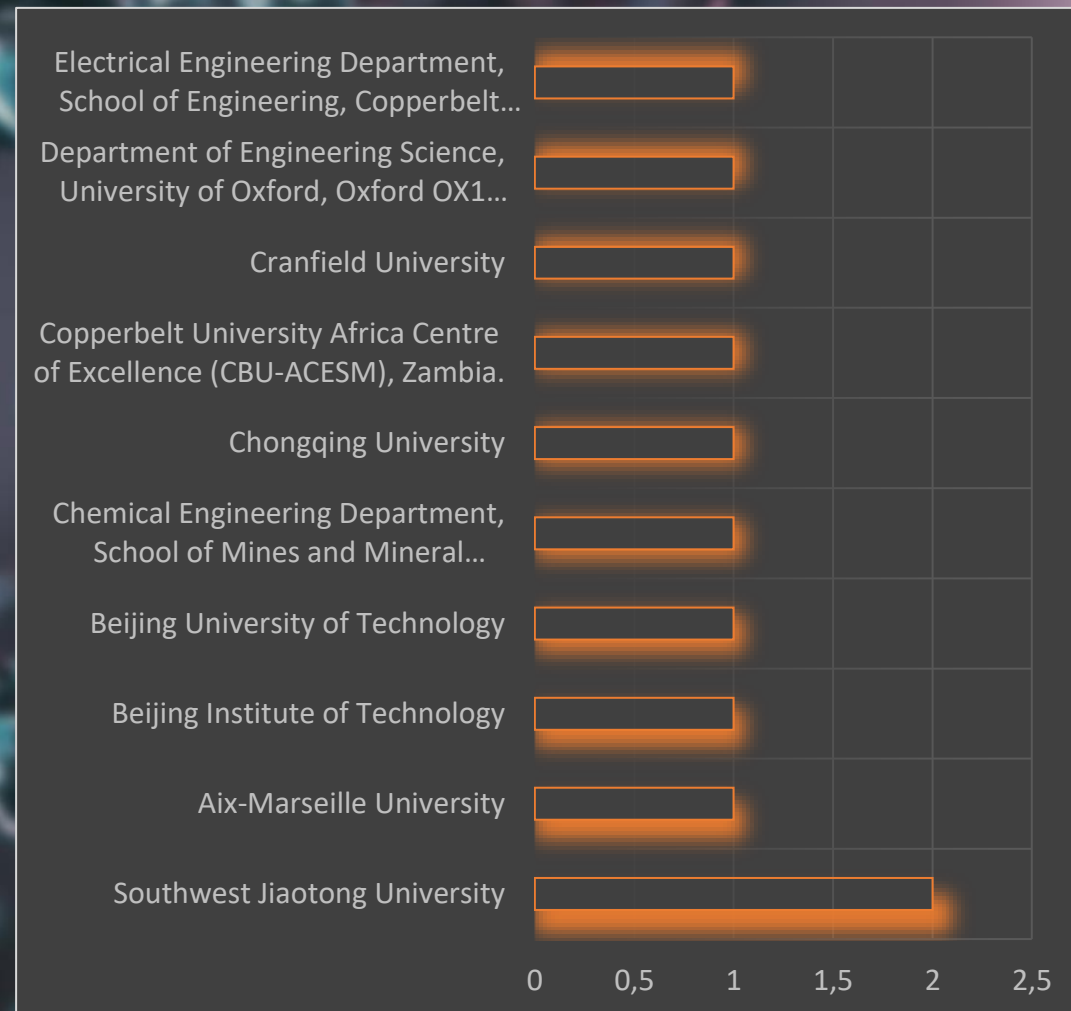


Рис.13 – Топ учреждений (LiFePO<sub>4</sub>)



# Страны исследователи



Рис.14 – Динамика публикаций по странам (Li-ion)



Рис. 15 – Динамика публикаций по странам (LiFePO<sub>4</sub>)

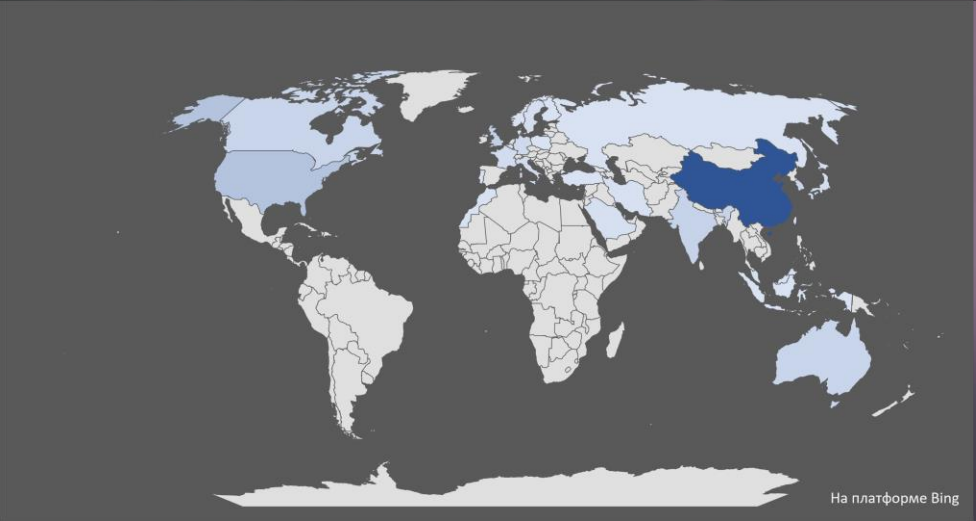


Рис.16 – Публикация по странам (Li-ion)

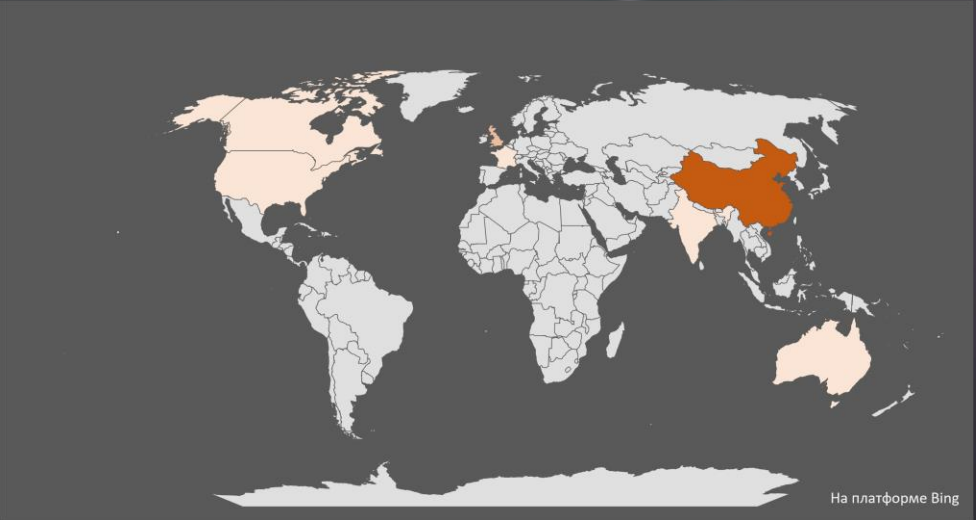


Рис. 17 – Динамика публикаций по странам (LiFePO<sub>4</sub>)





# Облако слов

Artificial intelligence (110)  
Lithium-ion battery (123)  
Chemistry (162) Organic chemistry (101)  
Quantum mechanics (218)  
Physics (293) Thermodynamics (87)  
Computer science (320)  
Ion (106) **Battery (electricity) (336)**  
Engineering (333) Electric vehicle (93)  
State of charge (109) Power (physics) (281)  
Materials science (202)  
Automotive engineering (160)  
Electrical engineering (122)

Рис.18 – Облако слов (li-ion)

Observer (quantum physics) (3)  
Artificial intelligence (3) Lithium-ion battery (5)  
Electrochemistry (5)  
Inorganic chemistry (2) Quantum mechanics (8) Organic chemistry (4)  
State of charge (8) Physics (9) Physical chemistry (4)  
Depth of discharge (2) Automotive engineering (9) Battery pack (4)  
Lithium battery (4) Lithium iron phosphate (13) Ionic bonding (3)  
Chemistry (5) **Battery (electricity) (16)** Fade (2)  
Electric vehicle (7) Engineering (15) Ion (6) Cathode (4)  
Electrode (4) Power (physics) (10) Nanotechnology (3)  
Voltage (3) Computer science (9) Lithium (4)  
Electrical engineering (4) Materials science (8) Composite material (2)  
Engineering physics (2) Control theory (5) Environmental science (4)  
Electronic engineering (4) Machine learning (2)  
Lithium vanadium phosphate battery (2) Ecology (2)

Рис.19 – Облако слов (LiFePO<sub>4</sub>)



# Заключение

1) NMC/NCA — парадигма «умного контроля над сложностью»

Основана на высокой энергетической плотности;

Безопасность достигается не химией, а инженерией: сложные системы управления, терморегулирование и ИИ-алгоритмы;

Доминирует в сегментах, где критичен запас хода — дальнемагистральный электротранспорт.

2)  $\text{LiFePO}_4$  — парадигма «оптимизации надёжности»

Безопасность встроена в химическую структуру катода;

Минимизирует риски теплового разгона, упрощает системы управления;

Фокус на снижении стоимости, продлении срока службы и вторичном использовании.

3) Синергия — ключ к устойчивому будущему

NMC/NCA остаётся выбором для производительности;

$\text{LiFePO}_4$  становится стандартом для массовой городской мобильности и стационарных АЭС;

Стратегическое развитие энергосистем требует понимания и баланса этих двух подходов — не конкуренции, а дополняемости.



Спасибо за внимание