



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Научный семинар

МЕТАЛЛОГИДРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОРОДНОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Проект НУТ «Создание и исследование перспективных материалов для водородной энергетики»

**Участник проекта
Сафронов Геннадий Сергеевич**

Москва, 2024

Актуальность НИР

Важнейшими проблемами современной энергетики являются разработка экологически чистых источников энергии, переход к «безуглеродной» энергетике, создание ресурсосберегающей технологии сглаживания естественных колебаний в объёмах производства и потребления электроэнергии, повышение эффективности использования возобновляемых источников энергии.

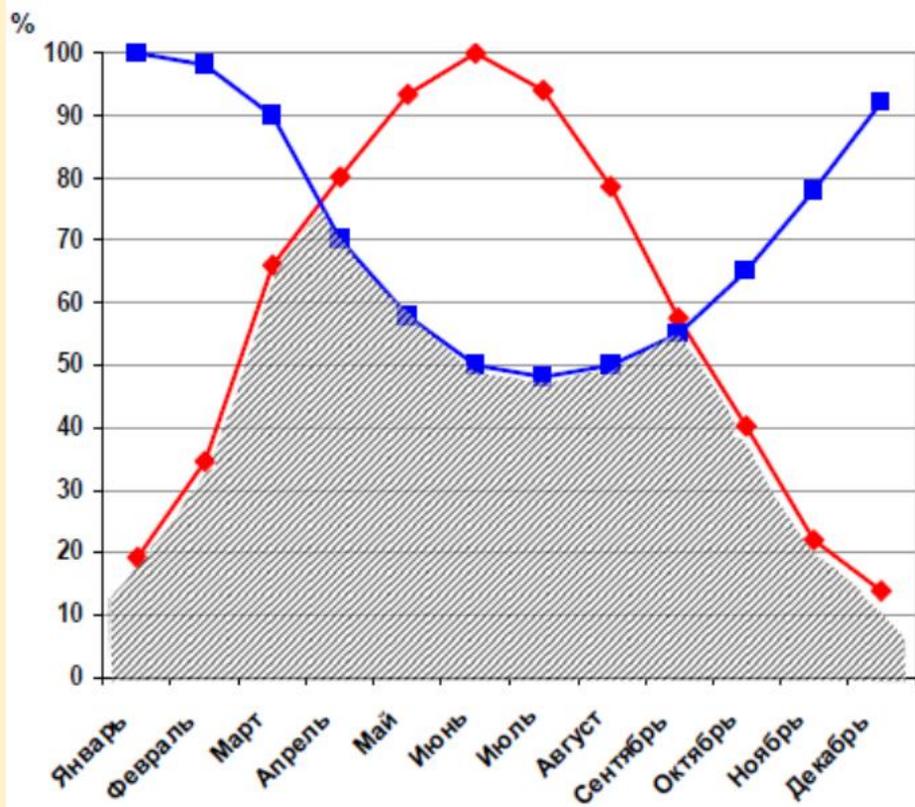
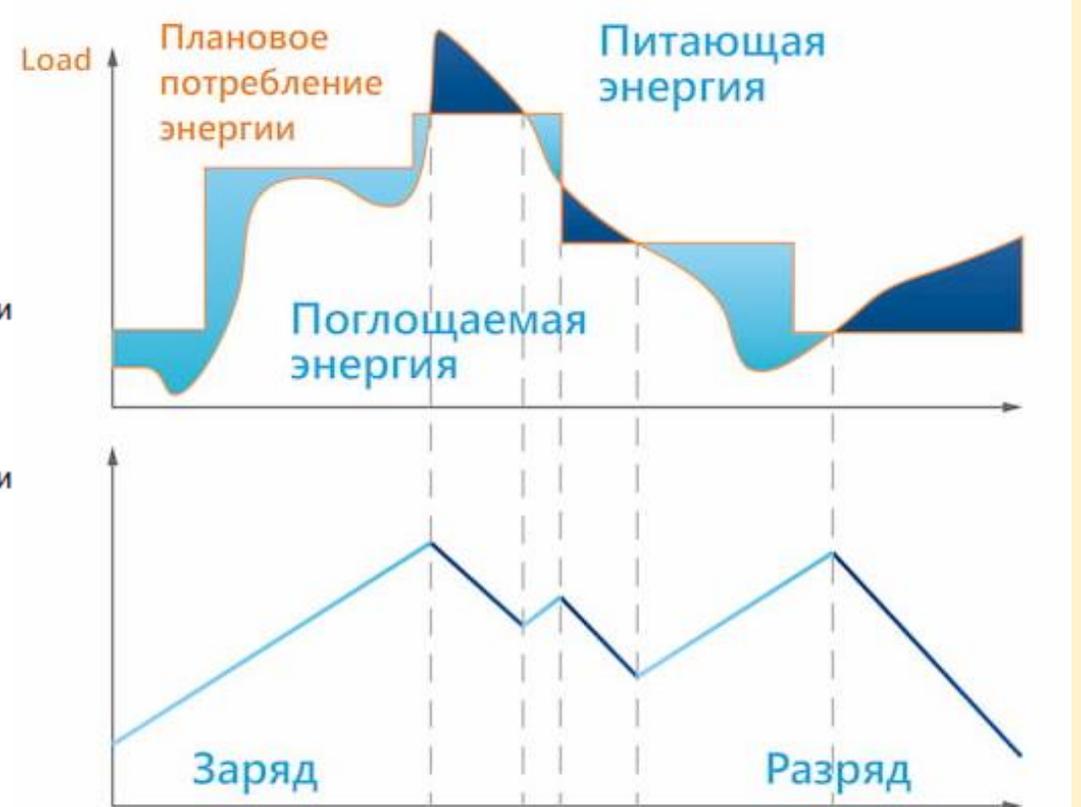


График выработки-потребления электроэнергии



Сглаживание пиковых значений

Вариант решения проблемы – создание водородных систем аккумулирования энергии

Металлогидридный материал для систем водородного аккумулирования электроэнергии

Электролизер HydroGen
HG PRO (6.0) 1500



Топливный элемент
Ballard FCgen-1020ACS



Возможность гидрирования разрабатываемых материалов электролизным водородом:

Обеспечение питанием водород-воздушного топливного элемента:

Электролитическая ячейка	Многослойная с полимерной мембраной
Количество слоев	5
Чистота водорода, %	>99.99999
Выходное давление, атм	16
Максимальный поток водорода, л/мин	1.5
Мощность, Вт	750

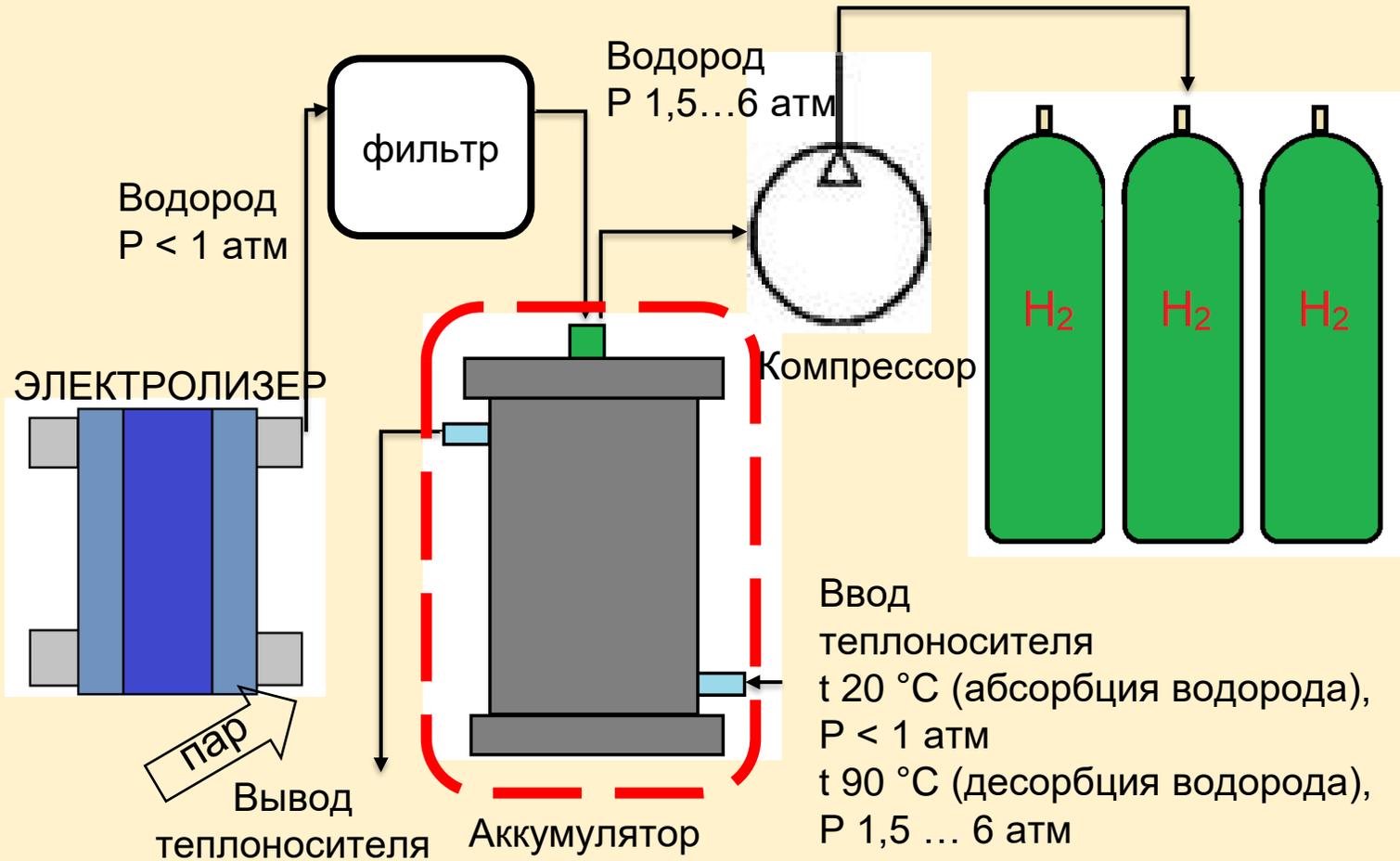
Тип ТЭ	Низкотемпературный, протоннообменный
Мощность, Вт	1260
Количество ячеек, шт	28
Давление водорода на входе, атм	1.16–1.56 атм
Расход водорода, л/мин	13

Водородная система аккумулирования электроэнергии из солнечных генераторов с металлгидридным аккумулятированием водорода

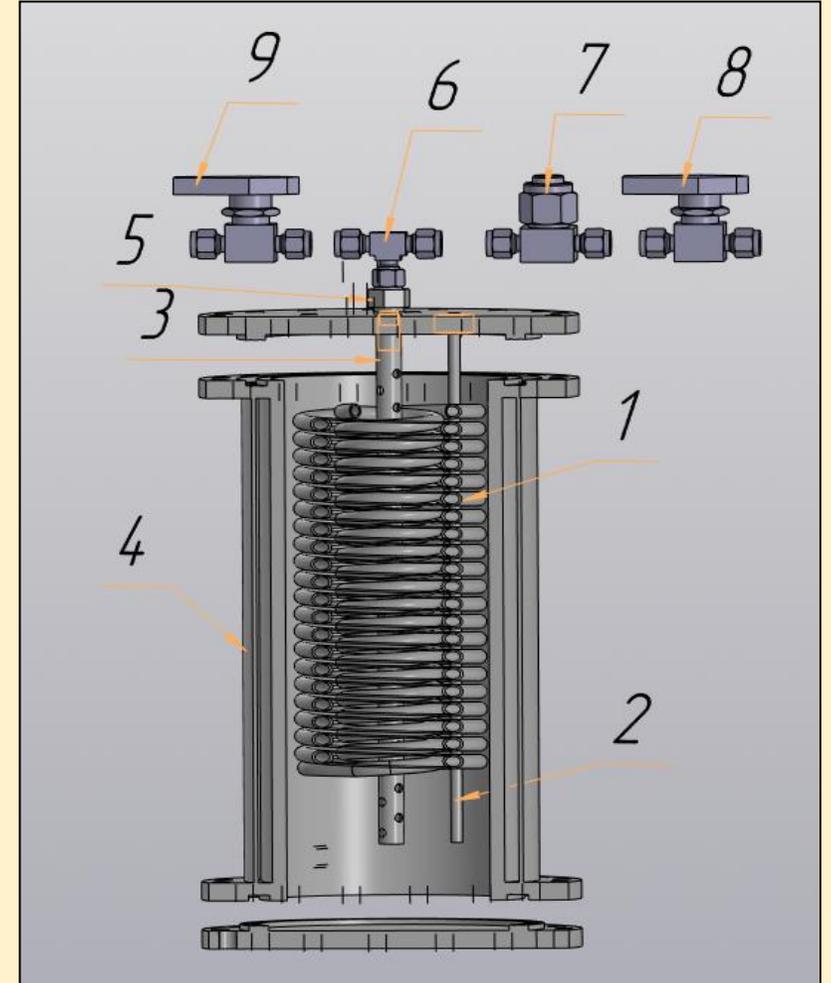


1 – Солнечные панели SRP-280-BPB, 2 – Контроллер заряда Wipanda MPPT Solar Charge Controller, 3 – Инвертор EPsolar Epever SH1000-22, 4 – Аккумуляторы Delta HRL 12-55, 5 – генератор водорода HG Pro 1500, 6 – Металлогидридный аккумулятор водорода, 7 – Топливный элемент Ballard FCGen 1020ACS.

Разработка металлгидридного накопителя водорода из высокотемпературного электролизного генератора

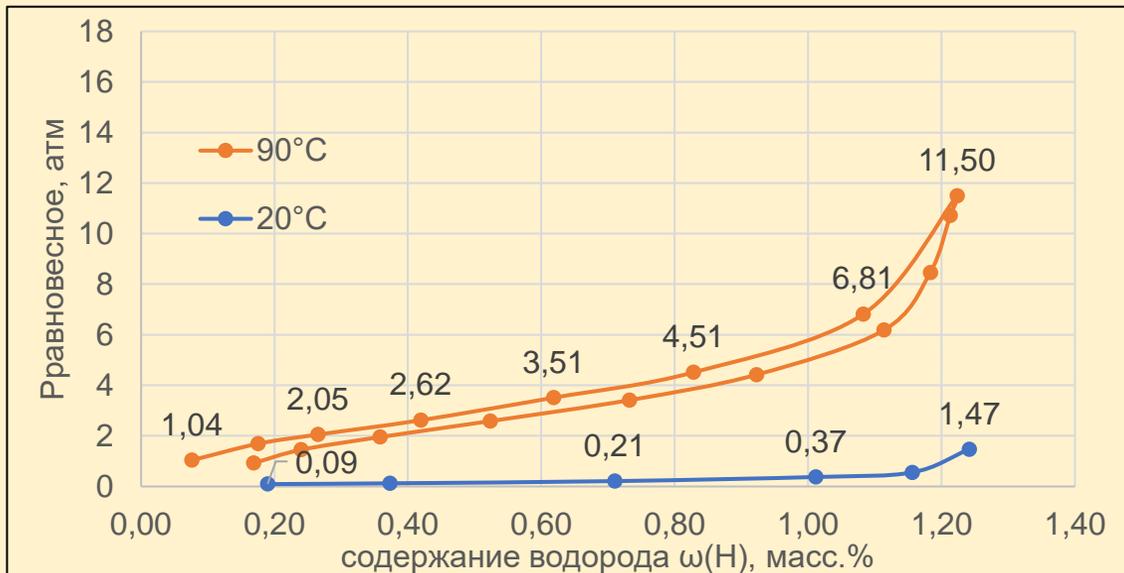


Интегрированная система производства водорода: высокотемпературный электролизный генератор – металлгидридный накопитель водорода – компрессор – баллоны водорода»

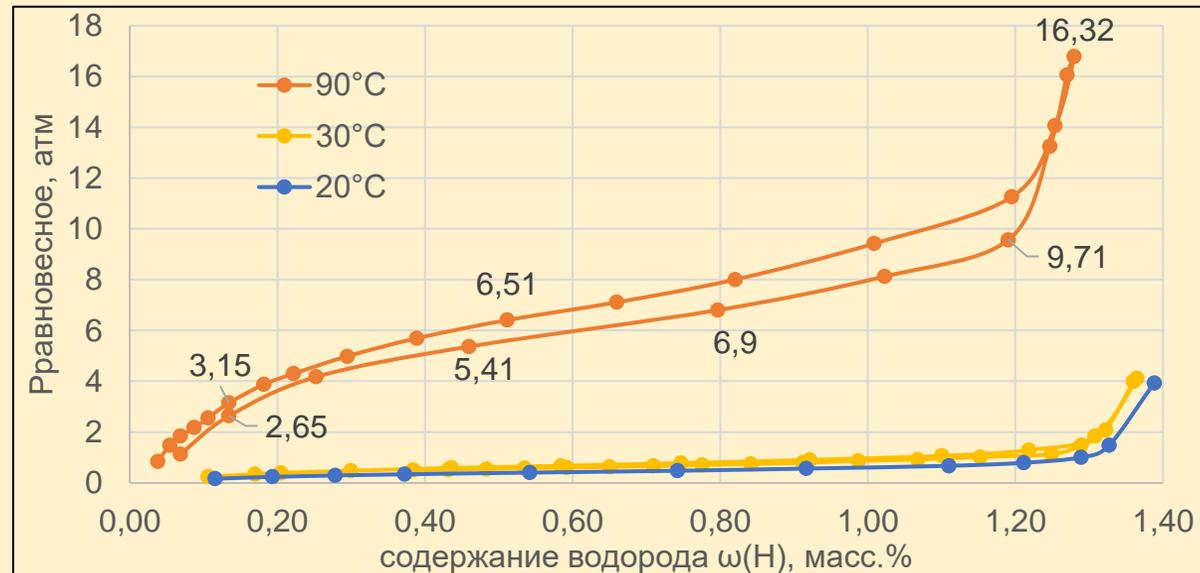


Конструкция металлгидридного аккумулятора водорода: 1 – медный змеевик, 2 – термопары, 3 – трубка, 4 – рубашка, 5 – переходник, 6 – тройник, 7 – фильтр, 8 и 9 – вентили.

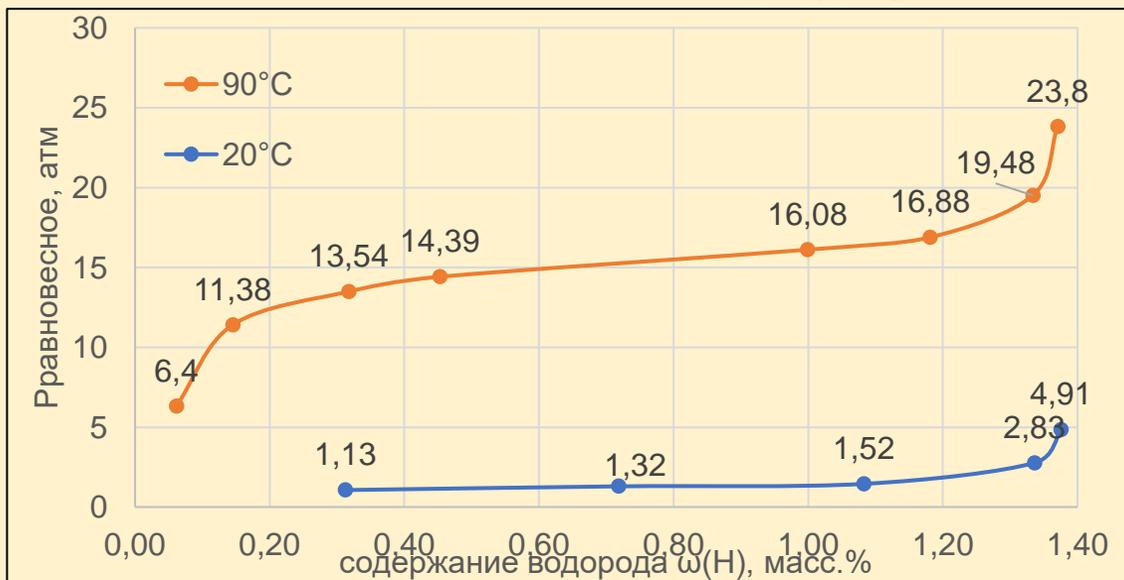
Выбор гидридообразующего материала



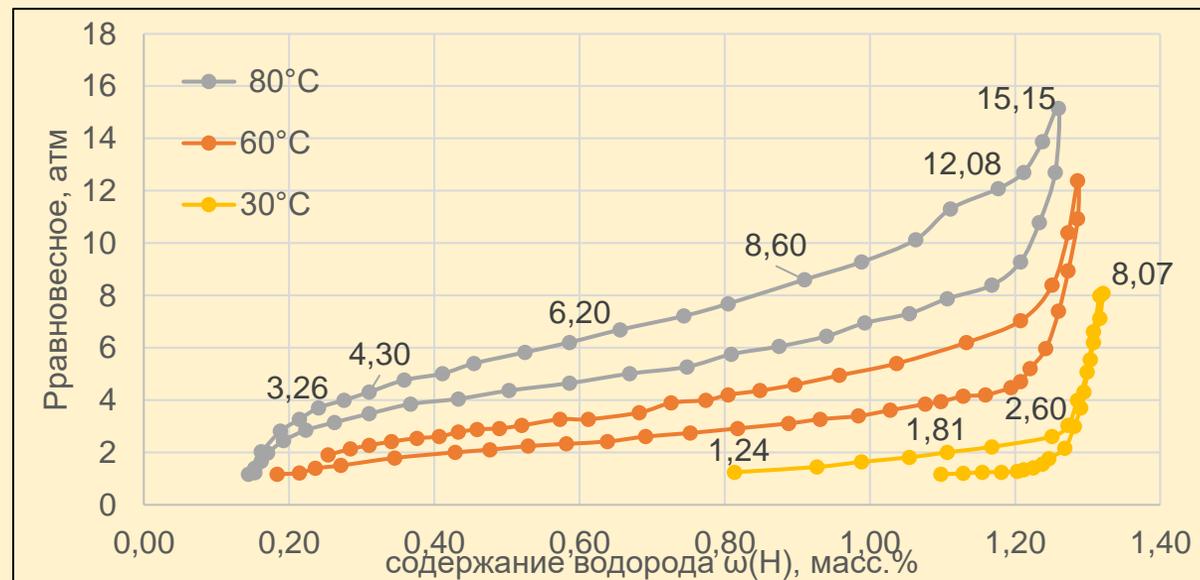
Изотермы для системы $\text{LaNi}_{4.45}\text{Al}_{0.55}\text{-H}_2$



Изотермы для системы $\text{LaNi}_{4.6}\text{Al}_{0.4}\text{-H}_2$



Изотермы для системы $\text{LaNi}_{4.7}\text{Al}_{0.3}\text{-H}_2$



Изотермы для системы $\text{LaNi}_{4.8}\text{Al}_{0.2}\text{-H}_2$

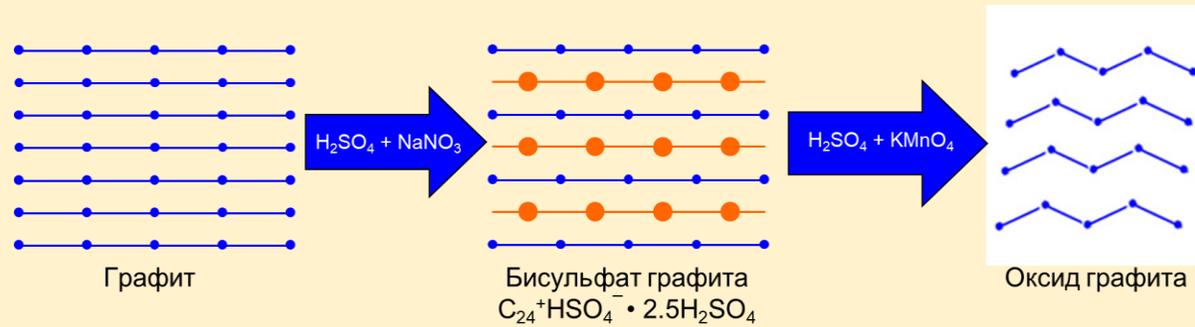
Получение никель-графенового катализатора

Синтез оксида графита:

Обработка графита смесью $H_2SO_4 + NaNO_3$

Окисление графита $KMnO_4$

Отмывка оксида графита дист. водой центрифугированием

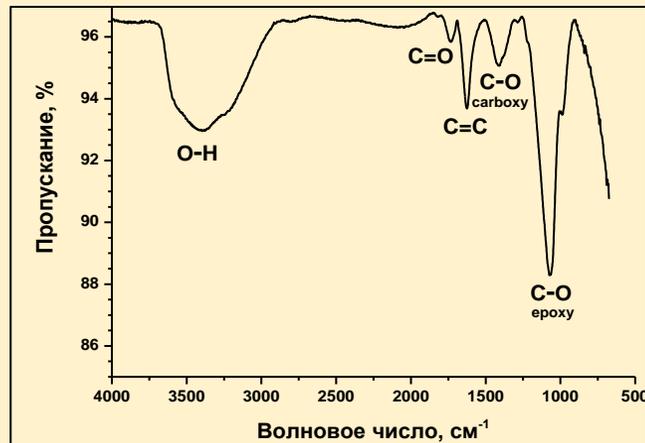
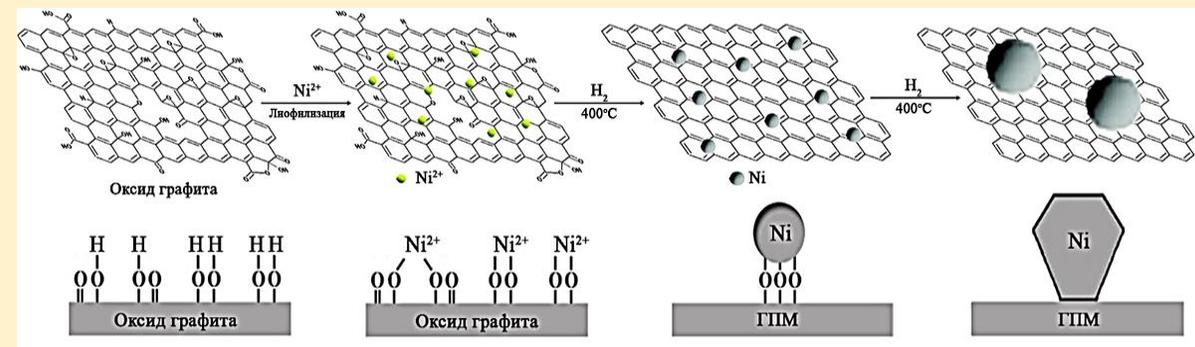


Формирование Ni/ГПМ:

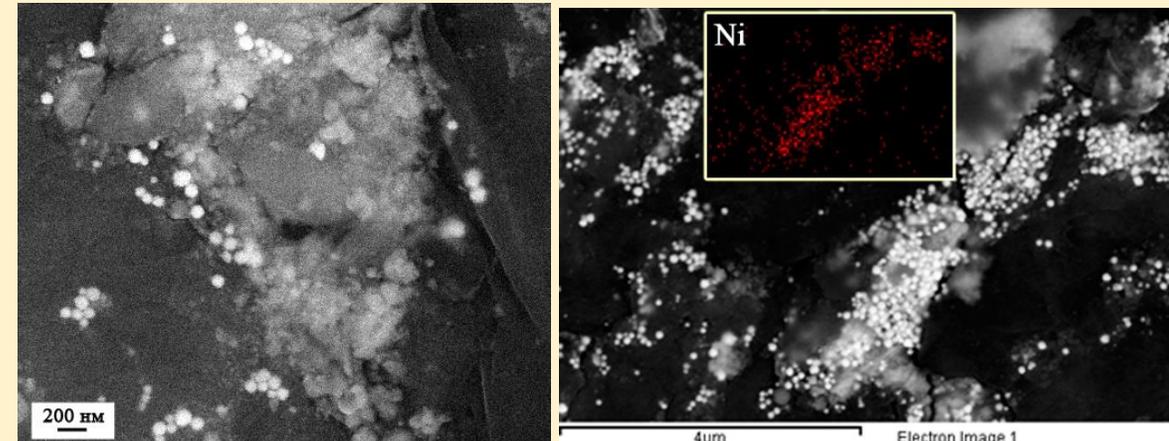
Водная суспензия ОГ + $Ni(CH_3COO)_2$

Сушка при $90^\circ C$

Восстановление H_2 ($400^\circ C$)

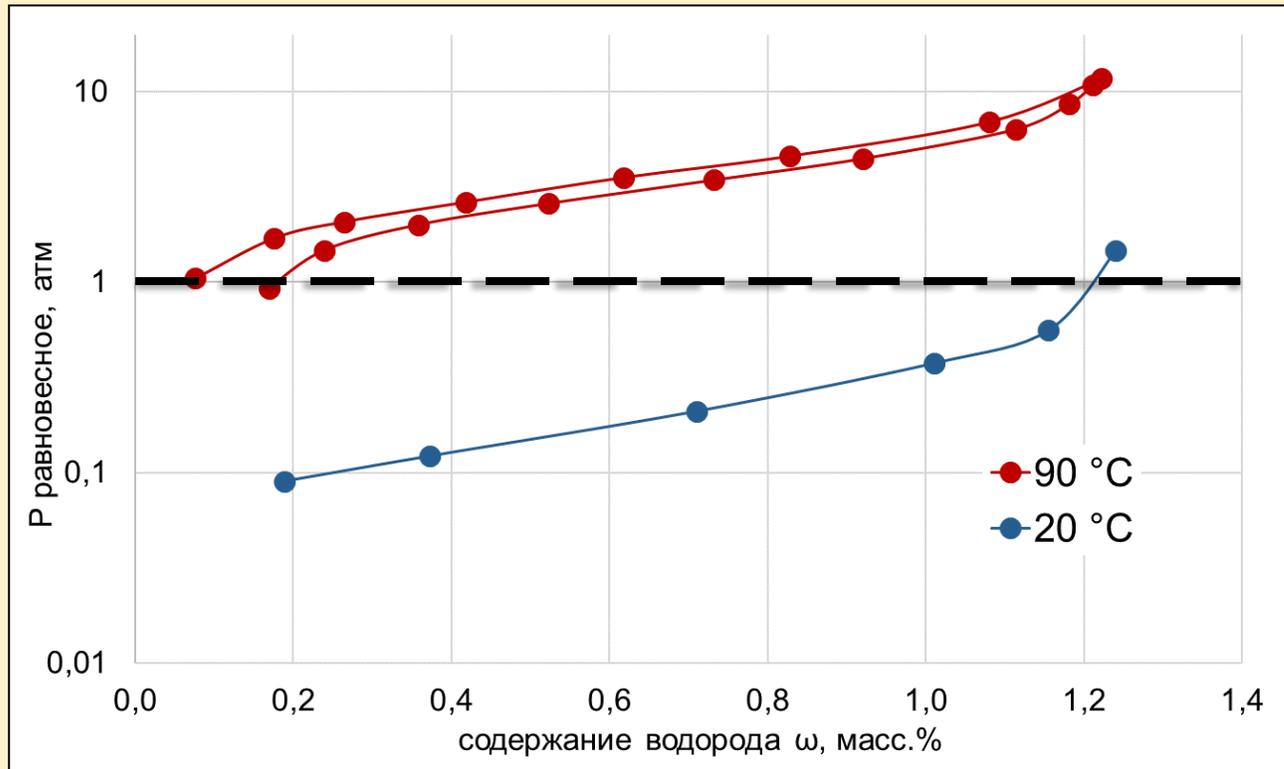


Элементный анализ:
C – 53.2%, H – 1.7%, O – 45.1%



Элементный анализ:
C – 62.1%, H – 2.1%, O – 16.1%, Ni – 19.7%

Водород-аккумулирующие характеристики сплава $\text{LaNi}_{4.45}\text{Al}_{0.55}$ и формирование композита

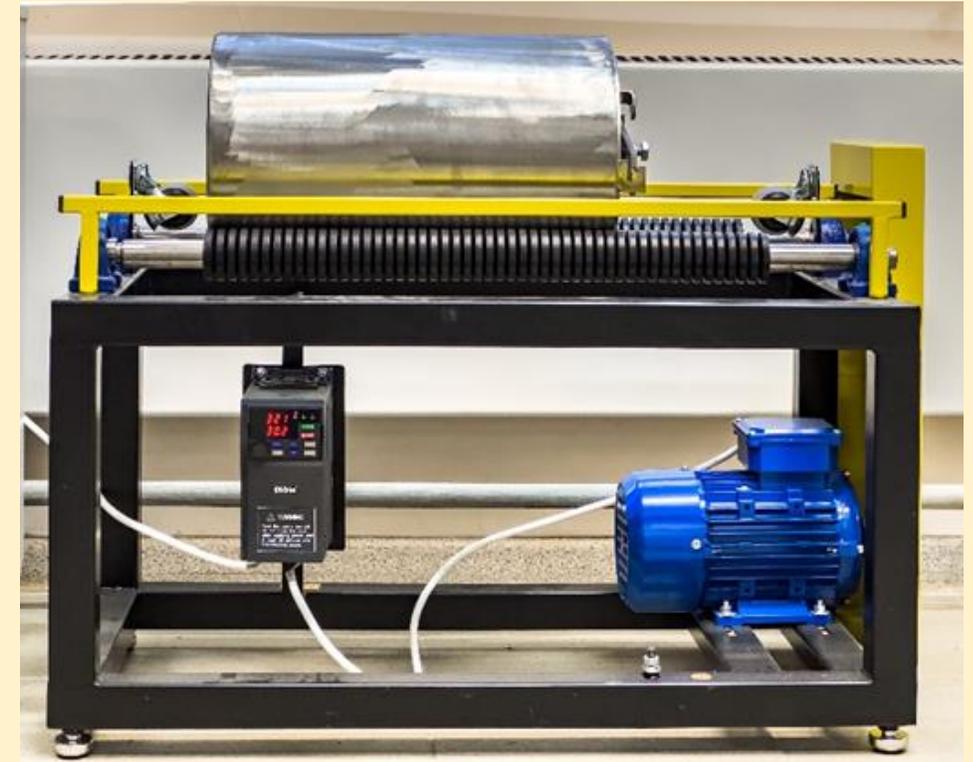


Изотермы в системе $\text{LaNi}_{4.45}\text{Al}_{0.55}\text{-H}_2$

Вывод:

Выплавленный сплав отвечает требованиям по равновесному давлению сорбции и десорбции водорода в заданном диапазоне температур:

- при 20°C поглощение H_2 при давлении менее 1 атм,
- при 90°C выделение при давлении выше 2-3 атм



Приготовление 9 кг композита $\text{LaNi}_{4.45}\text{Al}_{0.55}$, содержащего 1 мас. % Ni/ГПМ

Результат испытаний композита:

- скорость поглощения водорода при 15-20°C и 1 атм около 10 л/мин;
- Скорость выделения водорода при 80-90°C под давлением 3-5 атм около 8 л/мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Определены водород-аккумулирующие характеристики сплавов $\text{La}_{1-x}\text{Ce}_x\text{Ni}_5$ и LaNi_{5-x} ($x=0-1$).**
- **Синтезирован Ni-графеновый композитный материал восстановлением оксида графита и солей никеля водородом.**
- **Выбраны наиболее перспективные сплавы и композиты для металлгидридных аккумуляторов водорода с требуемыми характеристиками;**
- **Разработан металлгидридный аккумулятор с емкостью по водороду 3 м^3 . при комнатной температуре поглощающий водород при давлении 10 атм и выделяющий водород под давлением 2 атм .**
- **Металлогидридный аккумулятор испытан в разработанной ИПХФ РАН системе «солнечная панель – электролизный генератор водорода – металлгидридный аккумулятор – топливный элемент» и показал высокую эффективность.**
- **Разработан металлгидридный аккумулятор с емкостью по водороду 1200 л. , поглощающий водород при $15-20^\circ\text{C}$ при давлении 1 атм и выделяющий водород при $80-90^\circ\text{C}$ под давлением $3-5 \text{ атм}$.**
- **Изготовленный металлгидридный аккумулятор испытан в интеграции с твердооксидным электролизным генератором, разработанным в ИФТТ РАН, и показал высокую эффективность работы.**