ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ РАСТВОРА НА СКОРОСТЬ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ВОДОРОДА В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ −40 °C ДО +80 °C

Буряковская О.А. (ОИВТ РАН)

Способы электропитания беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) легкого класса

Для БПЛА легкого класса используют электродвигатели

Аккумулятор

Топливный элемент с источником водорода

Удельная энергоемкость различных систем электроснабжения

- энергоемкость литий-ионных аккумуляторных батарей равна 250 Вт·ч/кг (у лабораторных образцов – до 400 Вт·ч/кг)

Топливный элемент
+
источник водорода

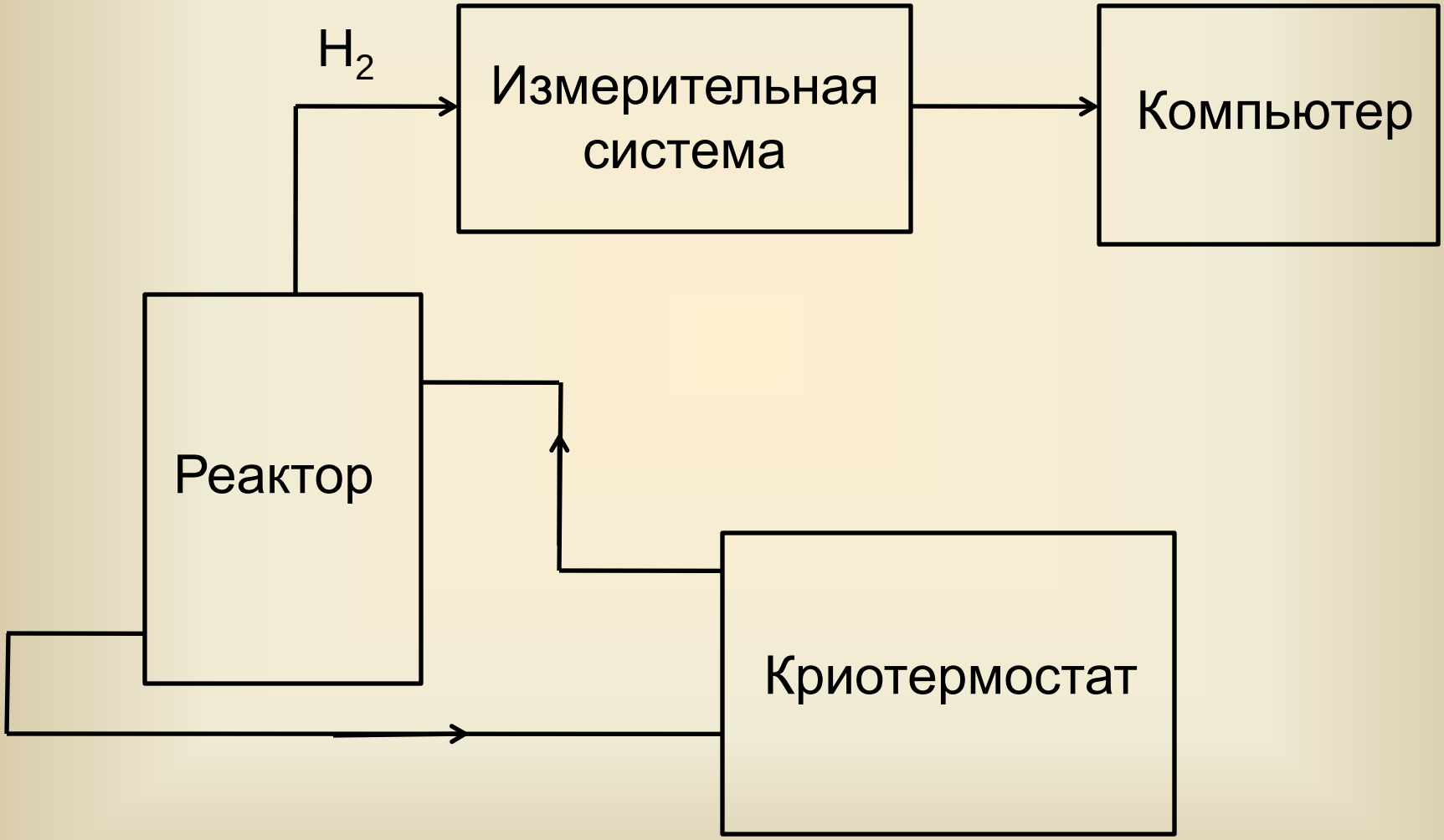
Источник водорода	Содержание водорода, % (масс.)	Энергоемкость на 1 кг массы источника, Вт·ч/кг (*при КПД топливного элемента 50%)
Баллоны высокого давления	≤ 5	≈ 1000
Металлогидридные соединения	≤ 7,6	≈ 1500
Алюминий	**≤ 11,1**	**≈ 2200**

Цель исследования – разработка способа генерации водорода в условиях низких температур на основе химической реакции между алюминием и водой в составе морозоустойчивого раствора.

Задачи:

- выявление растворов, пригодных для использования при низких температурах,
- экспериментальная проверка эффективности этих растворов для окисления алюминия,
- получение кинетических кривых реакции и выбор наиболее эффективного раствора,
- исследование влияния температуры на скорость реакции,
- предложение способов генерации водорода для создания генератора водорода, работающего в широком диапазоне температур.

Схема экспериментальной установки



Материалы, использованные в экспериментах

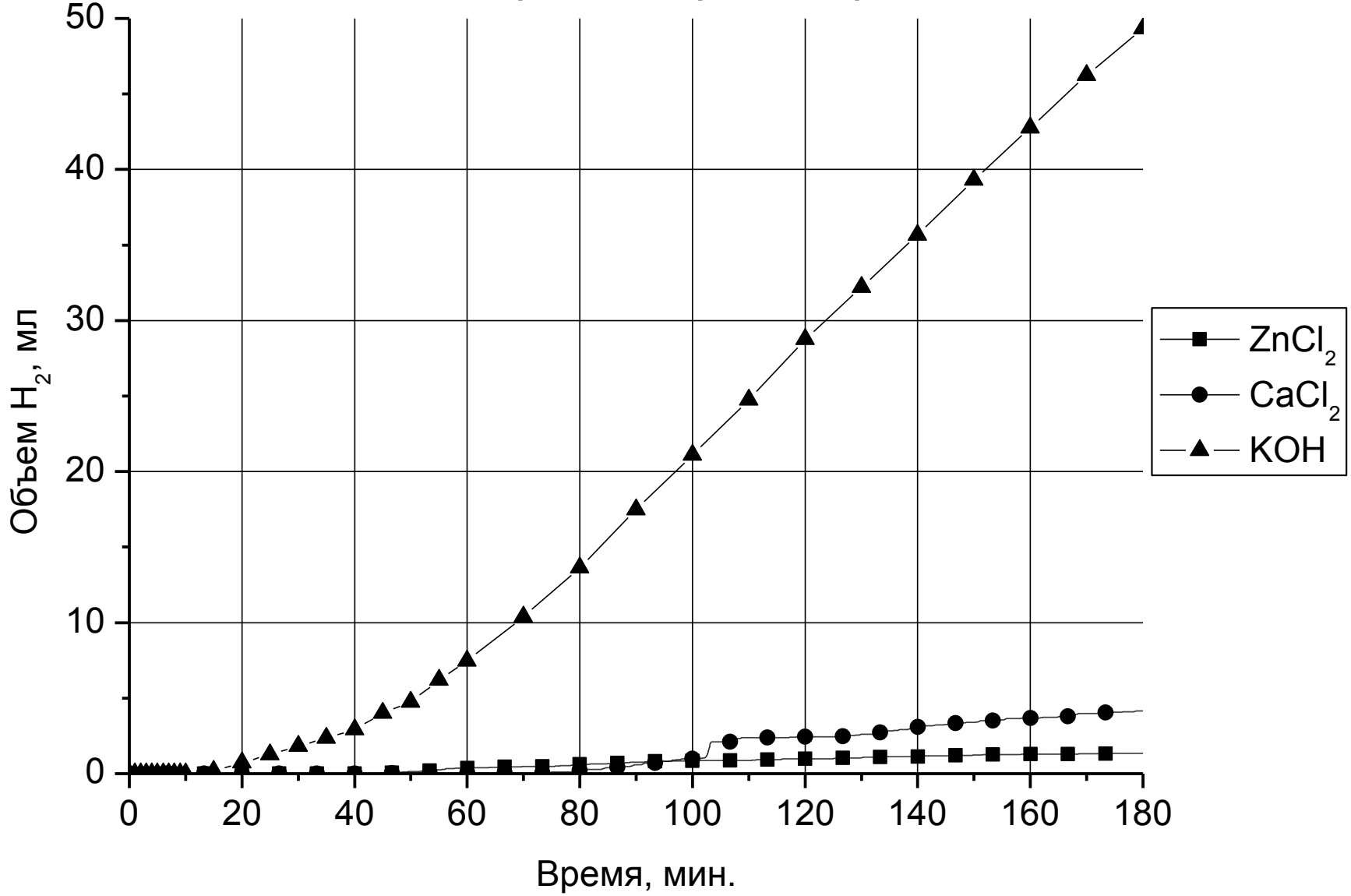
Алюминий:

механохимически активированный в виде порошка дисперсностью 100 мкм
гранулы алюминия (99,96% масс.) диаметром 0,5 см
порошок АСД-0
фрагменты банок (сплав 3104) размером 1 х 1 см

Водные растворы:

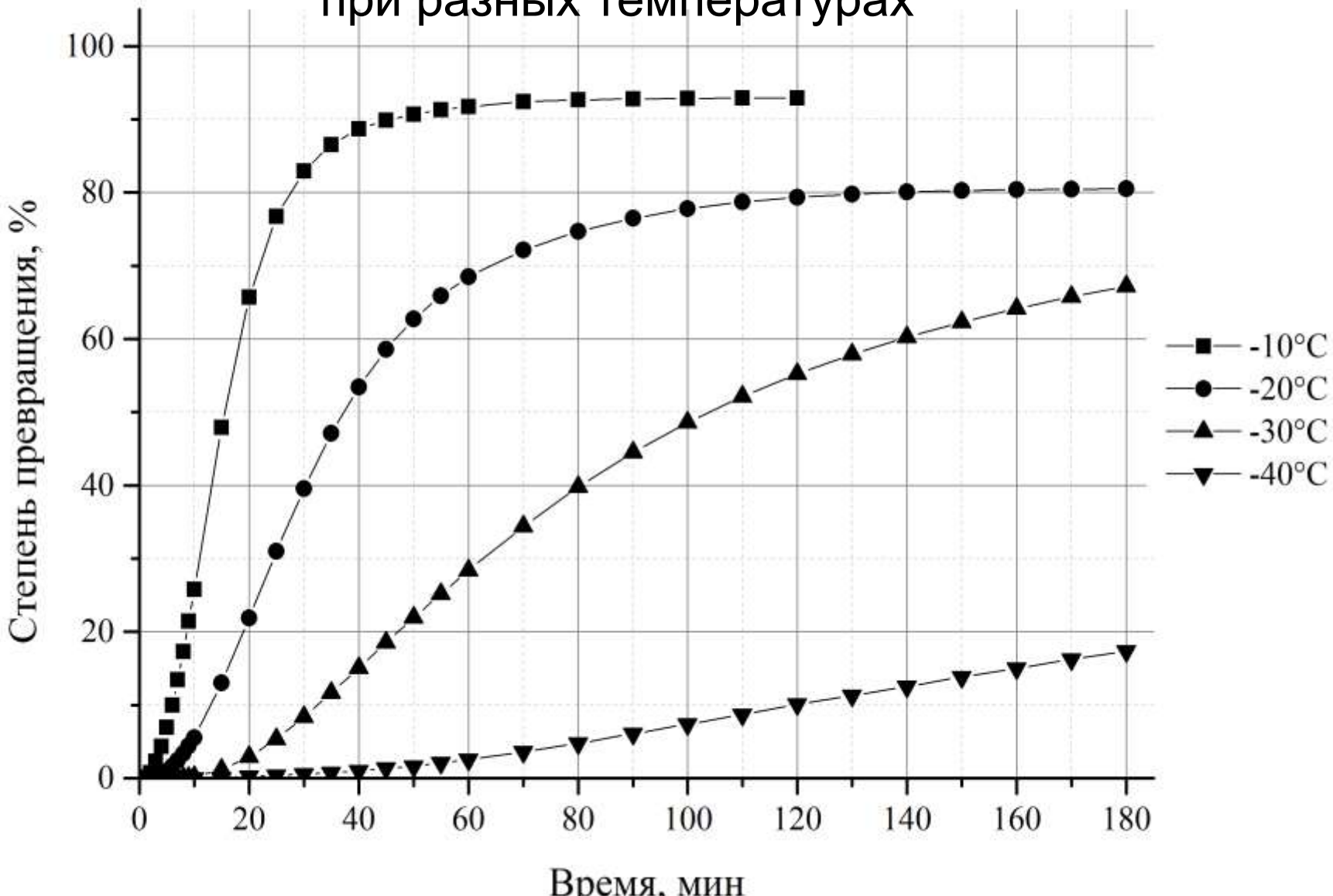
Вещество	Концентрация, г/100г H_2O	$T_{замерз}$, °C
$CaCl_2$	43,9	-50
$ZnCl_2$	104,1	-62
$AlCl_3$	33,9	-55
KOH	51,7	-78
$FeCl_3$	49,5	-55
HCl	28,2	-60

Окисление порошка активированного алюминия при T = −40°C
Зависимости объема водорода от времени для разных растворов

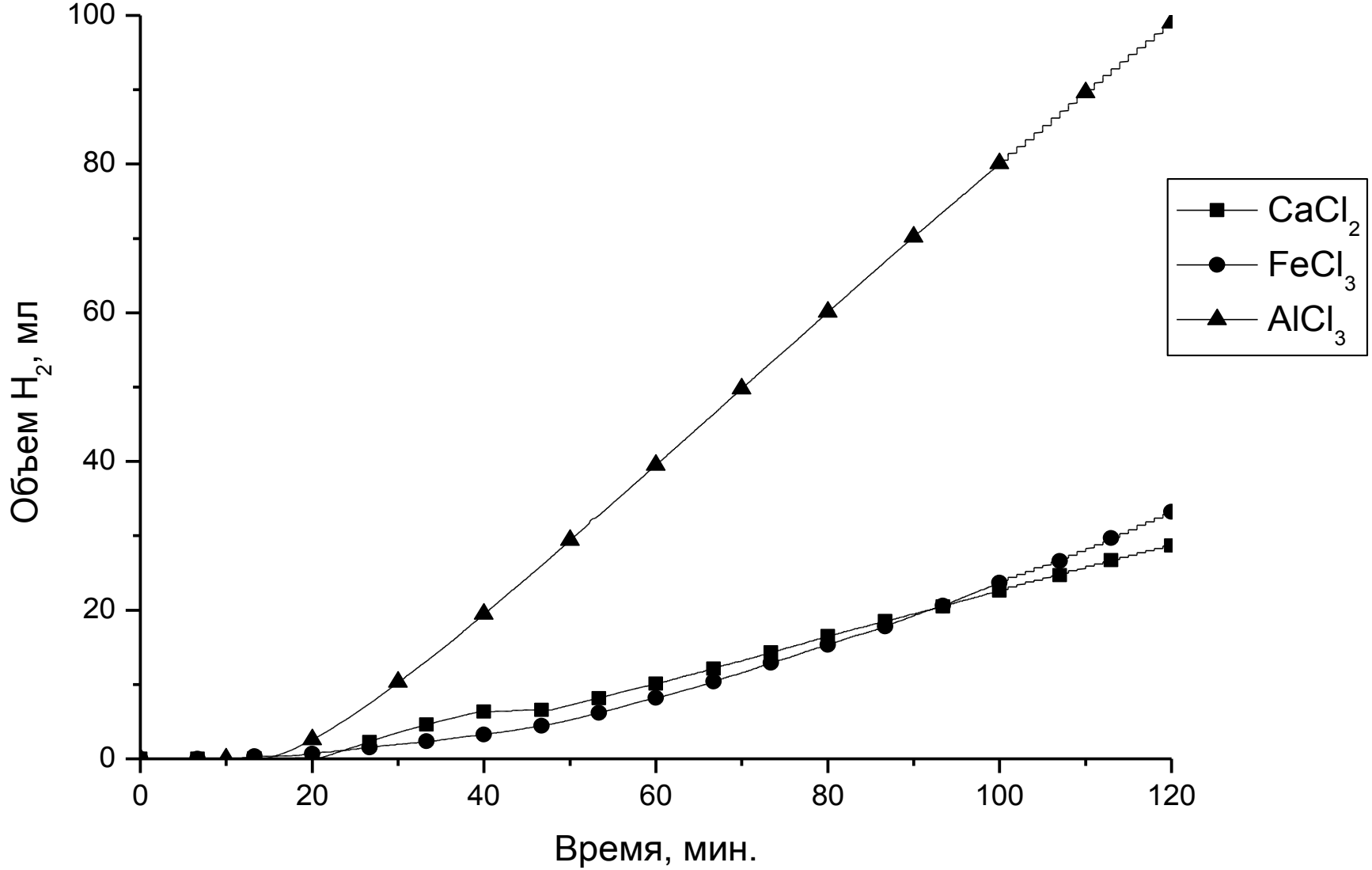


Окисление порошка активированного алюминия в растворе КОН

Зависимости степени превращения алюминия от времени при разных температурах

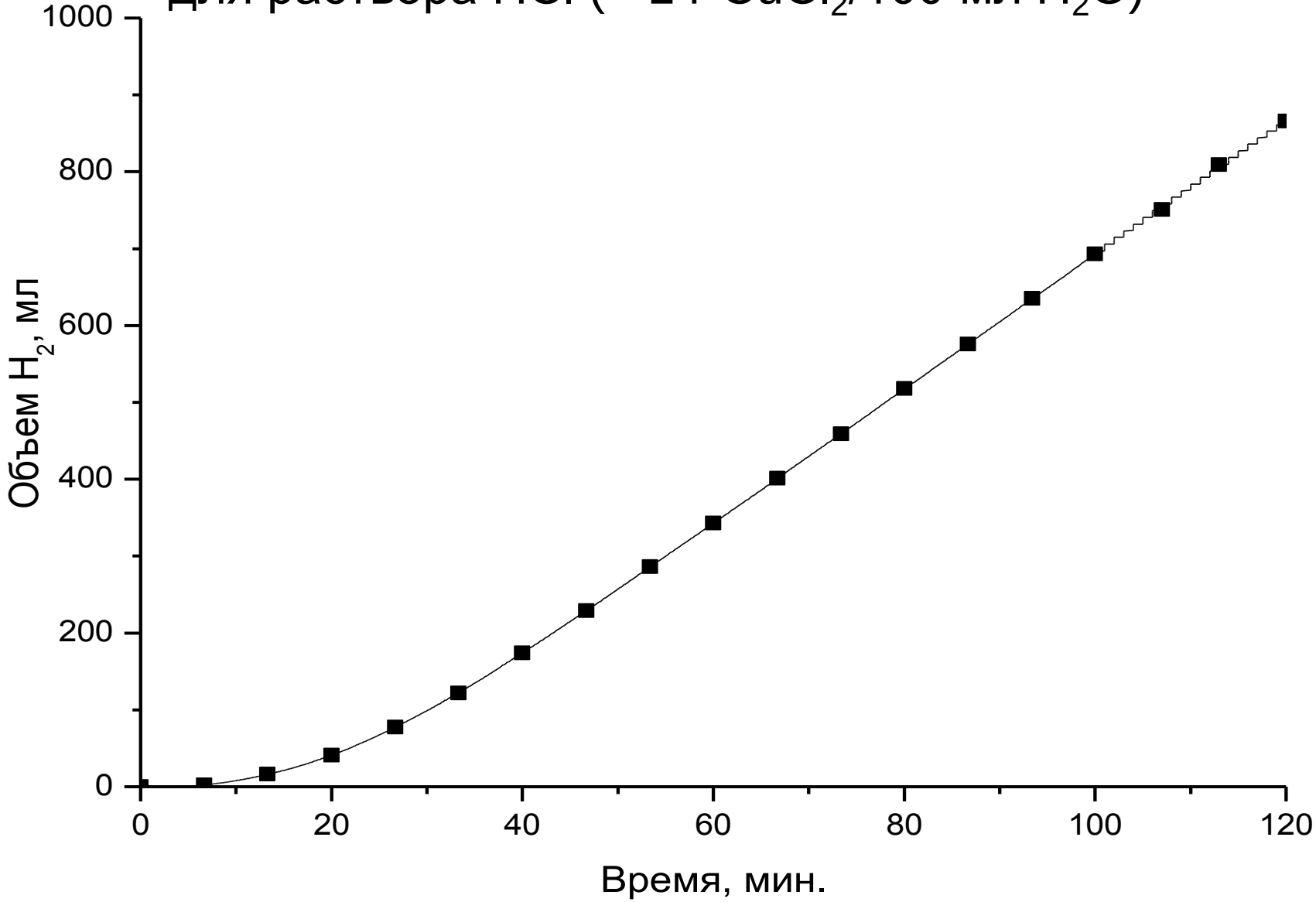


Окисление гранул алюминия при T = −40°C
Зависимости объема водорода от времени для разных растворов

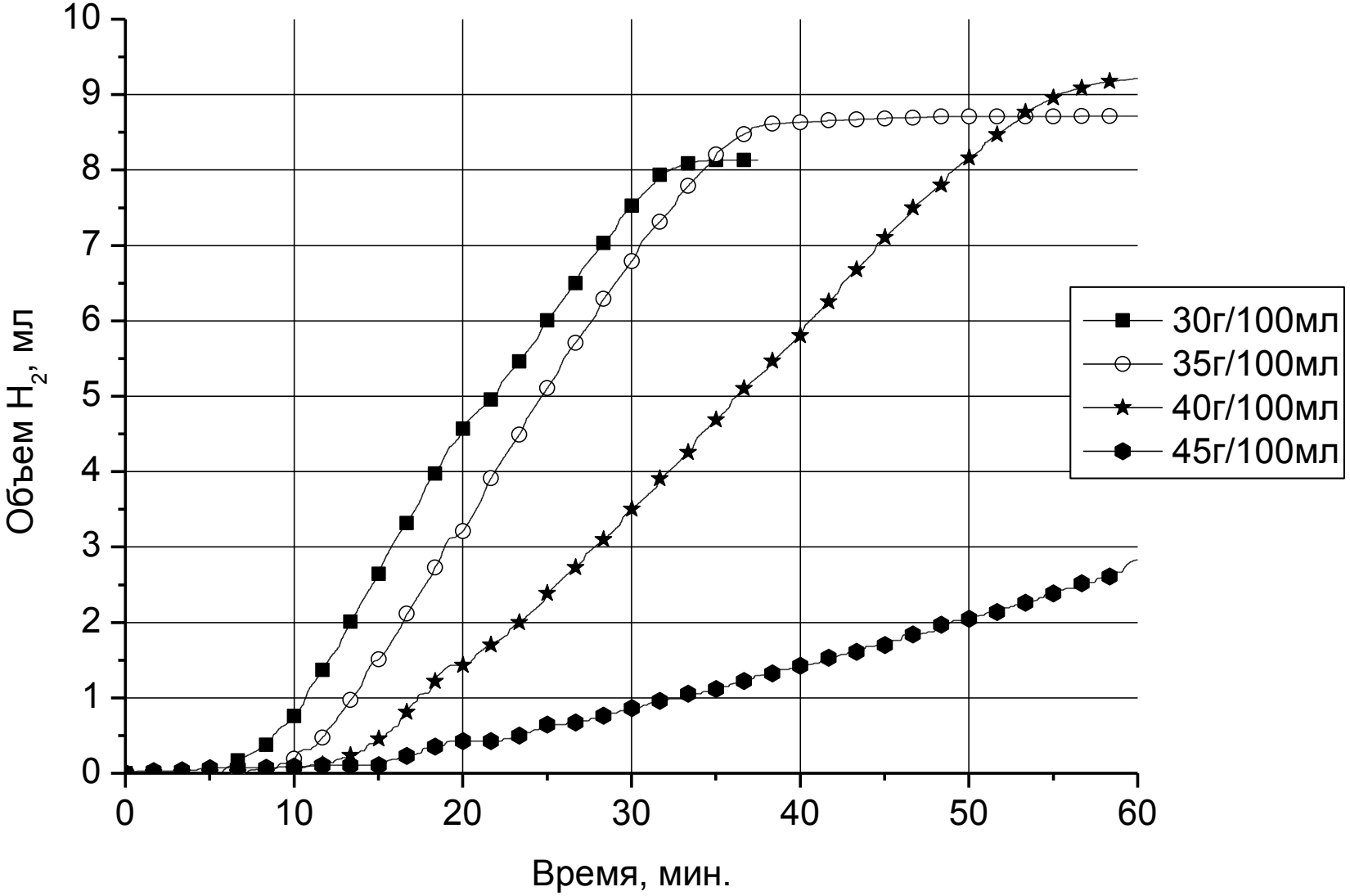


*$CaCl_2$: +1 г $CuCl_2$/100 мл H_2O. **$AlCl_3$: +10 г $CuCl_2$/100 мл H_2O.

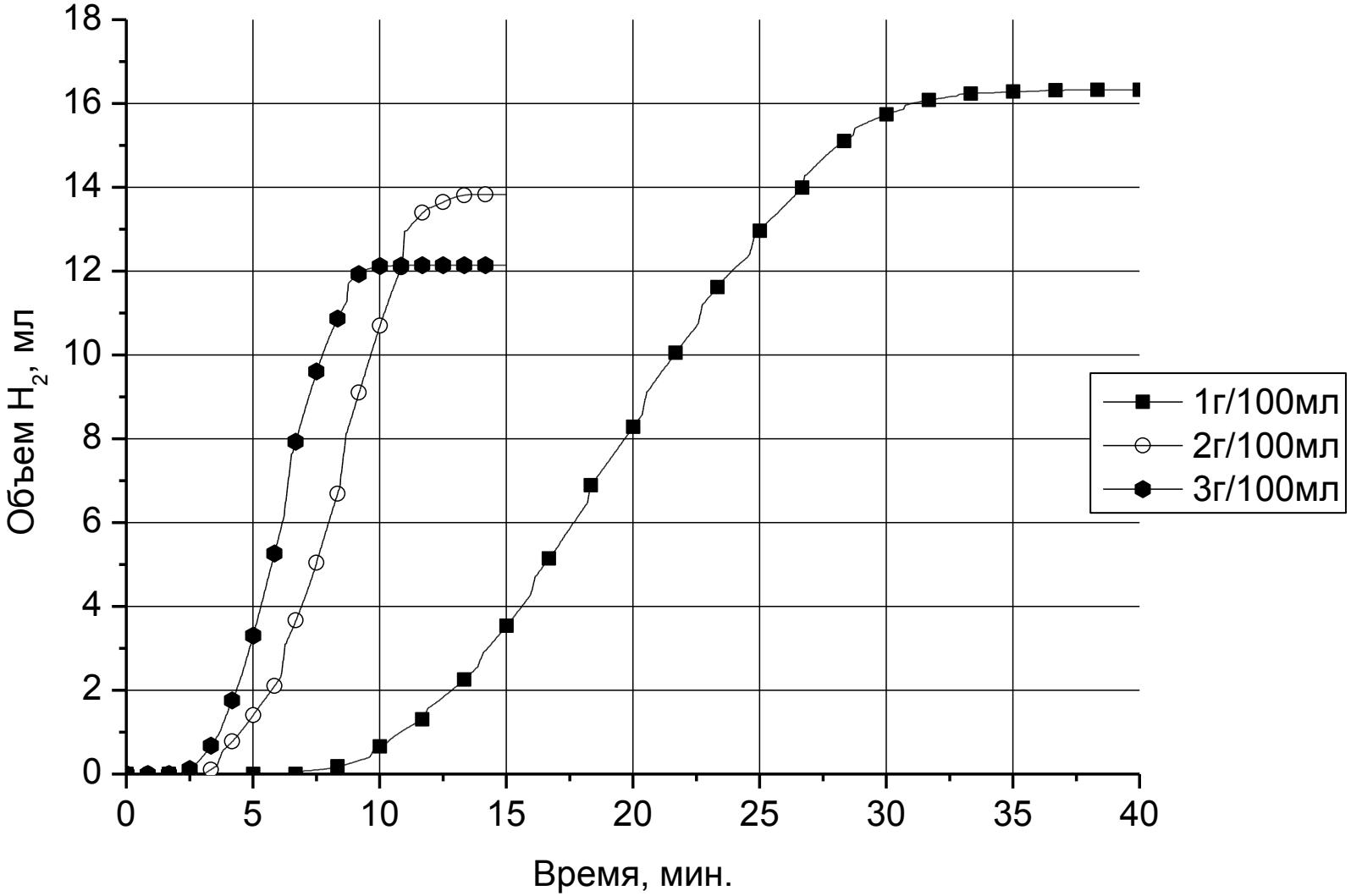
Окисление гранул алюминия при T = −40°C
Зависимость объема водорода от времени
для раствора HCl (+ 1 г $CuCl_2$/100 мл H_2O)



Окисление алюминиевых отходов при T = 20°C и C_{CuCl2} = 3 г/100 мл
Зависимости объема водорода от времени для разных значений C_{AlCl3}

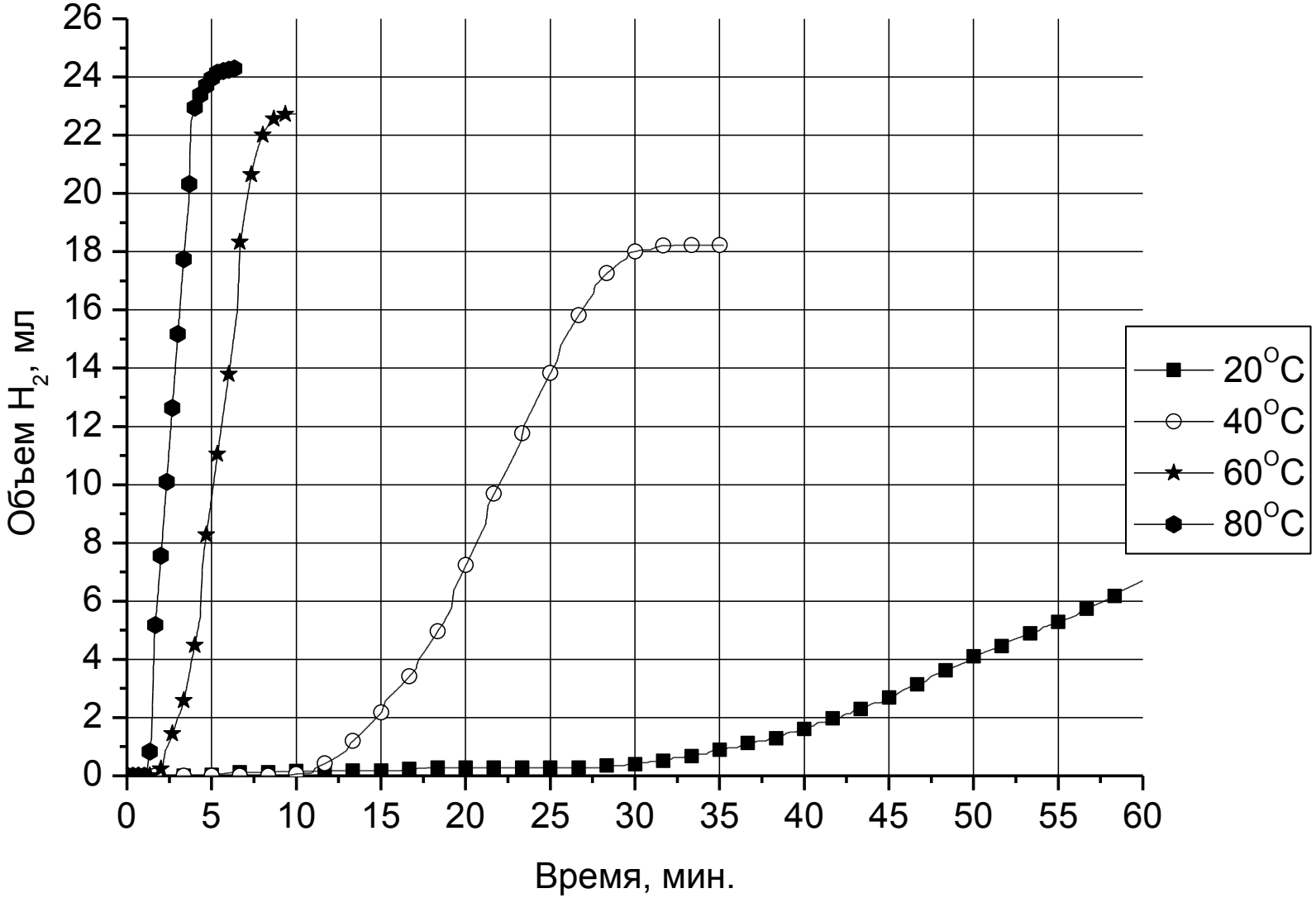


Окисление алюминиевых отходов при T = 40°С и C_{AlCl3} = 30 г/100 мл
Зависимости объема водорода от времени для разных значений C_{CuCl2}



Окисление алюминиевых отходов при C_{AlCl3} = 35 г/100 мл и C_{CuCl2} = 1 г/100 мл

Зависимости объема водорода от времени для разных температур



Итоги работы

- предложены способы генерации водорода при отрицательных температурах на основе реакции между алюминием и водой в составе морозоустойчивых водных растворов,

- предложен способ получения водорода с использованием алюминиевых отходов и водного раствора солевой композиции хлористого алюминия и хлористой меди,

- построены кинетические кривые, которые могут быть использованы для расчета скорости выделения водорода при разработке генератора водорода,

- даны общие рекомендации по созданию генератора водорода.