

Объединенный институт высоких температур
Российской академии наук

Основные научные достижения НИЦ -3 в
2016 году

Ученый Совет Объединенного Института Высоких Температур РАН

24 апреля 2017 года

Содержание

- 1. Комбинированные электрохимические энергоустановки.** *А.В. Илюхина, Б.В. Клейменов, Г.В. Тарасов.*
 - 2. Модель сублимационного рафинирования корунда.** *А.З. Жук, П.П. Иванов.*
 - 3. Установка для исследования скоростей испарения примесей в многокомпонентных функциональных материалах при высоких температурах.** *Г.В. Беляев, А.З. Жук, М.А. Шейндлин*
 - 4. Разработка технологии получения порошка активного оксида алюминия с заданной структурой.** *Г. Н. Амбарян, М.С. Власкин, В.П. Захаров, Б.В. Клейменов.*
 - 5. Разработка изложницы с боковой поверхностью из алюминиевого сплава для разливки жидкого корунда.** *Г.В. Беляев, Ю.А. Зейгарник, С.В. Королев, В.И. Мирошниченко.*
-
- 6. Переработка ТБО с получением твердого топлива.** *М.С. Власкин, В.И. Ковбасюк, В.И. Мирошниченко*
 - 7. Получение бионефти из микроводорослей методом гидротермального сжижения.** *Киселева С.В., Чернова Н.И. (МГУ им. М.В. Ломоносова), Галкин А.С., Власкин М.С. (ОИВТ РАН)*
 - 8. Получение водорода при низких отрицательных температурах путем окисления неорганических энергоносителей в водных растворах.** *О.А. Буряковская., М.С. Власкин, С.С. Рыжкова.*
 - 9. Кинетика образования гидрата метана в присутствии ПАВ.** *М.С. Власкин, А.О. Дудолов.*

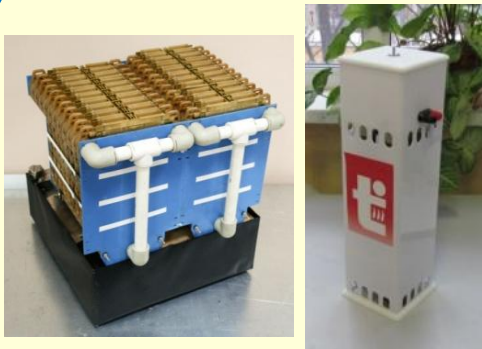
1. Комбинированные электрохимические энергоустановки.

Энергия отдельно, мощность отдельно.

А.В. Илюхина, Б.В. Клейменов, Г.В. Тарасов.

Многофункциональная комбинированная энергоустановка

Воздушно-алюминиевый электрохимический генератор



Литий-ионная аккумуляторная батарея



Удельная Энергоемкость – 245-300 Вт ч/кг;
Удельная мощность до 1000 Вт/кг

Потребители



Радиовышки



Электроинструменты



Станции сотовой связи



Источники энергии на транспорте

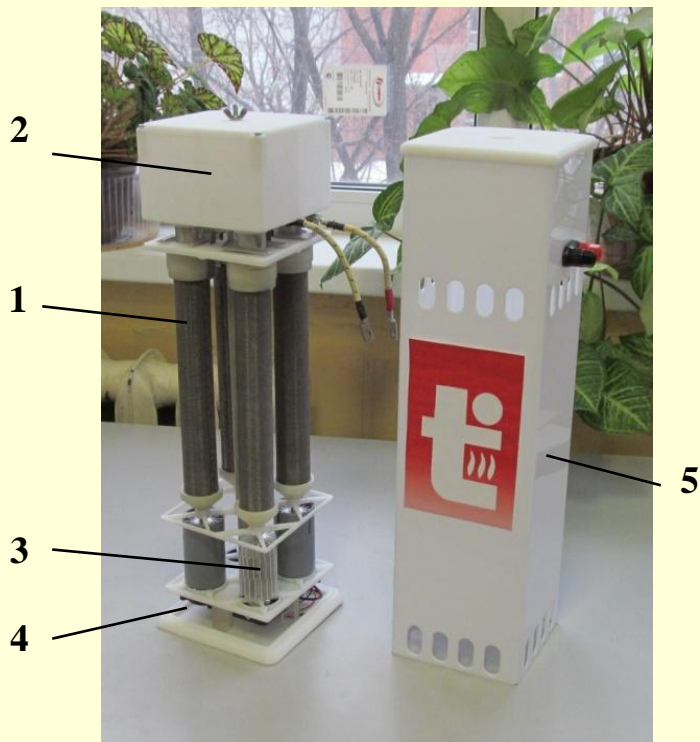


Специальное применение
(источники питания
портативных средств связи,
навигации, управления и
целеуказания)



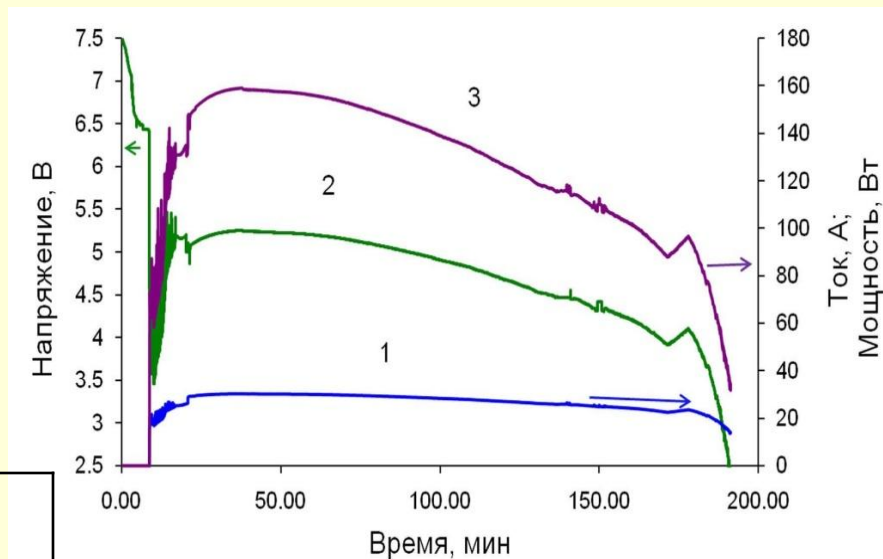
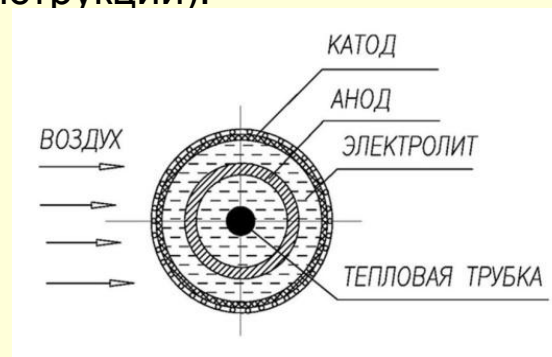
Резервное электроснабжение
коттеджей

Батарея с цилиндрическими воздушно-алюминиевыми элементами



1 – цилиндрический элемент; 2 – хранение электролита; 3 – радиатор тепловой трубки; 4 – вентилятор; 5 – кожух батареи.

Цель работы: увеличение удельных характеристик воздушно-алюминиевых элементов за счет снижения их весовых характеристик (изменение конструкции).

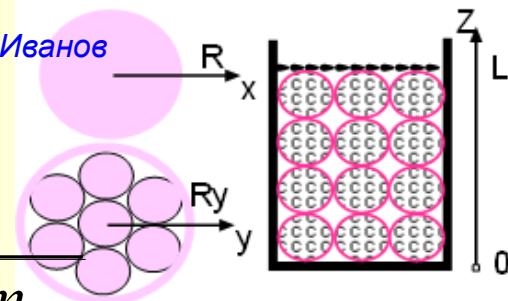


Разрядные характеристики батареи: ток (1), напряжение (2) и мощность (3)

Результаты:

Удельные характеристики:	Планарная конструкция	Цилиндрическая конструкция
Энергоёмкость, Вт·ч/кг	270	245
Мощность, Вт/кг	25	85

2. Сублимационное рафинирование корунда. А.З. Жук, П.П. Иванов



$$D \frac{\partial \rho_{Fe}}{\partial x} = -J_{Fe}$$

Граничные условия:

$$x = 0 \rightarrow J_{Fe}^0 = 0$$

$$\frac{\partial \rho_{Fe}}{\partial t} = -\frac{\partial J_{Fe}}{\partial x}$$

$$x = R \rightarrow J_{Fe}^M = \frac{\rho_{Fe}^M}{\rho_{Al_2O_3}} p_{Fe} \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}}$$

Аналитическое решение:

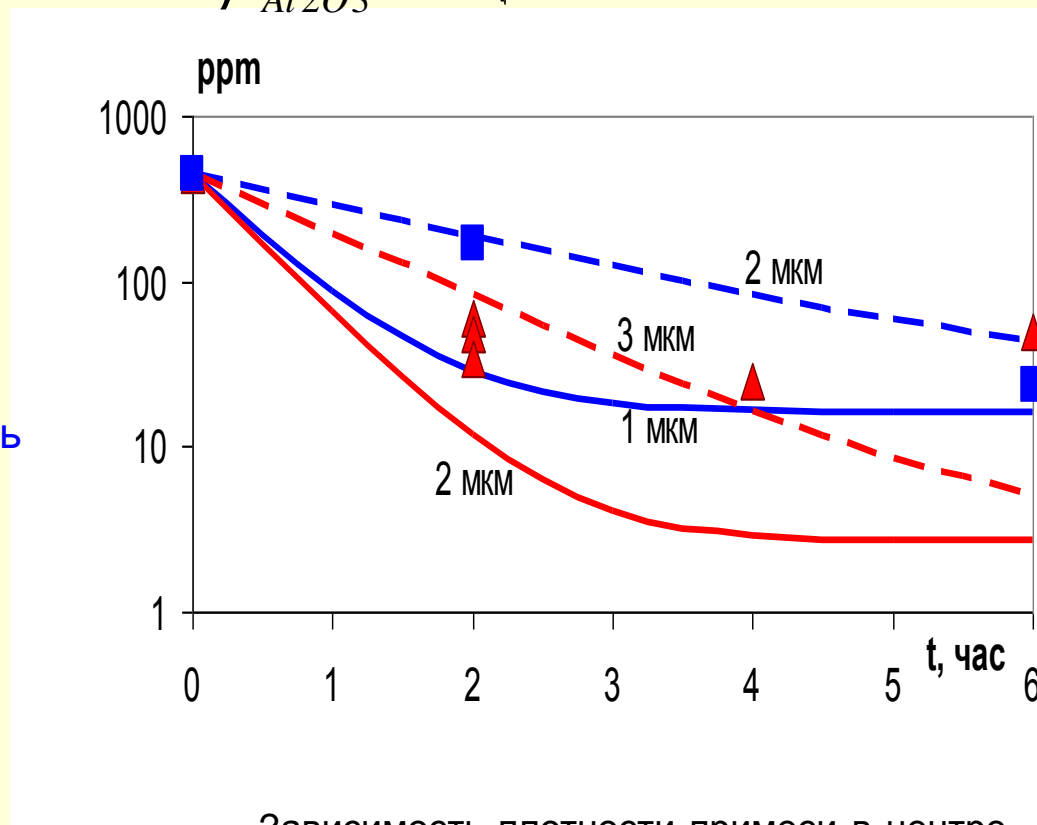
$$\rho_{Fe} = \rho_{Fe}^* \exp\left(-\frac{t}{\chi}\right)$$

$$\chi = \frac{R}{3} \left(\frac{R}{D} + \frac{\rho_{Fe}^* v_T}{p_{Fe}} \left(1 + \frac{3R_y}{8R} \right) \right)$$

Выводы:

- наблюдается сильная зависимость расчетных времен очистки гранул корунда от размера составляющих микрочастиц;

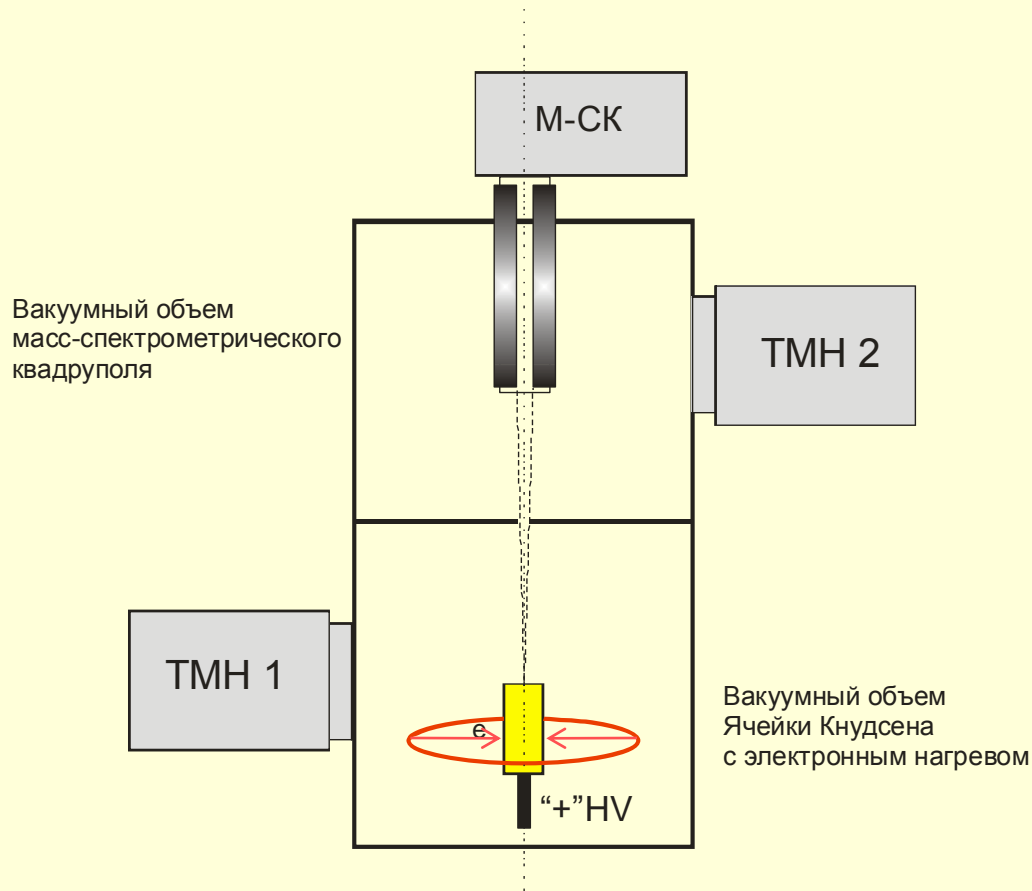
- экспериментальные точки (синие квадраты и красные треугольники) находятся в пределах расчетной области.



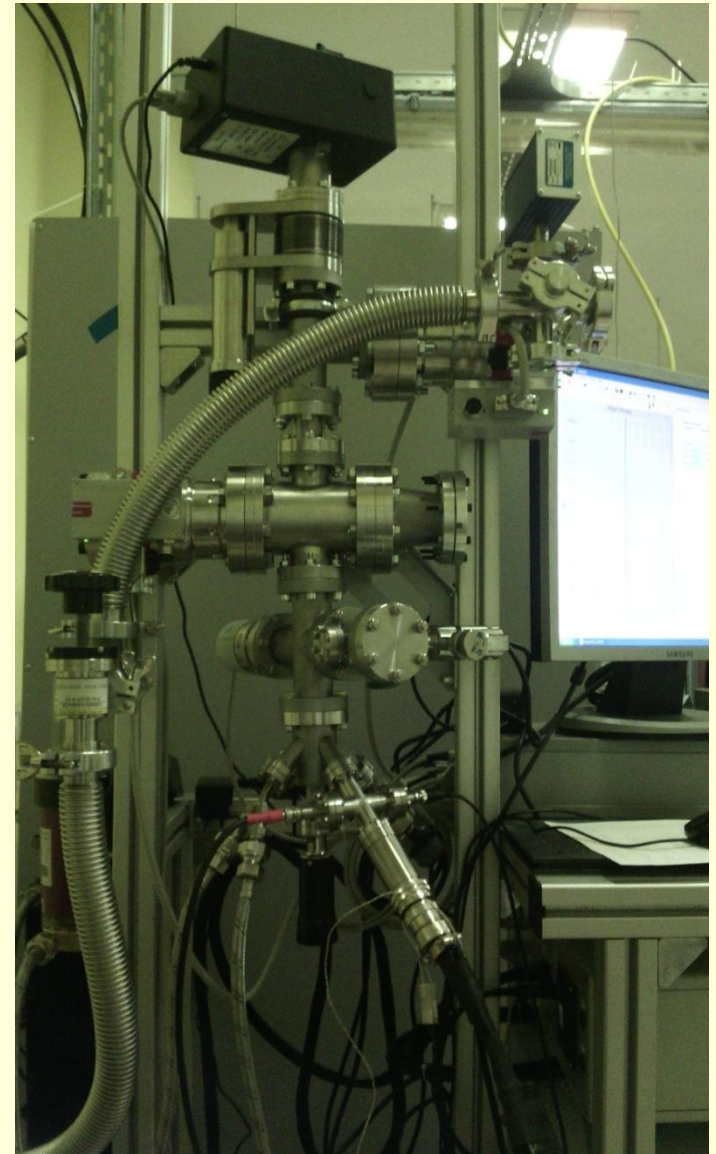
Зависимость плотности примеси в центре микрочастицы (радиус в микронах указан на кривых) от времени для 1600 С (синие кривые) и для 1750 С (красные кривые).

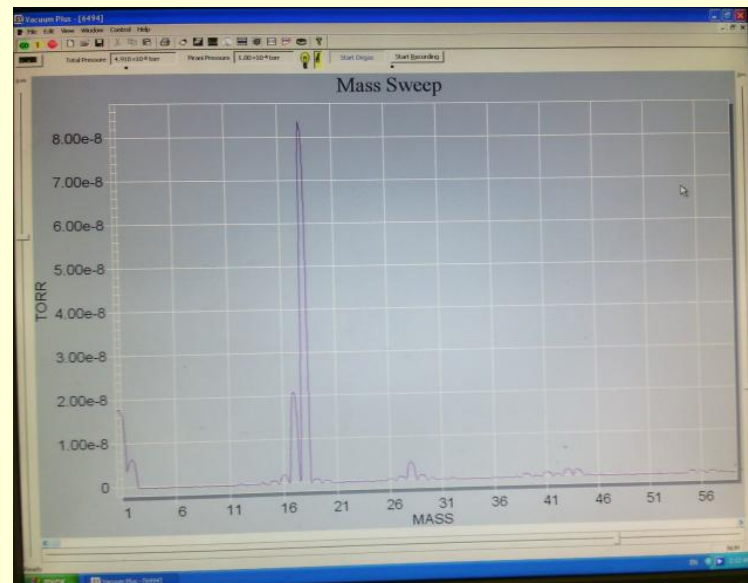
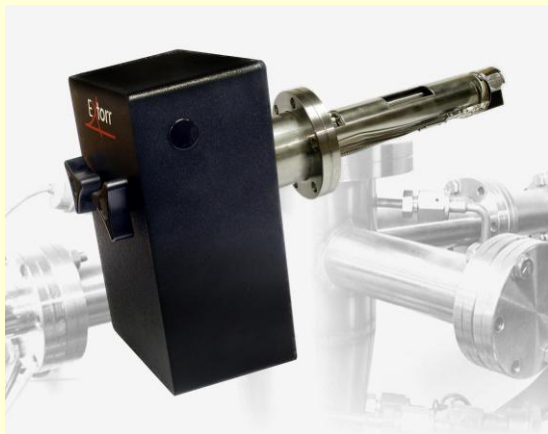
3. Установка для исследования скоростей испарения примесей в многокомпонентных функциональных материалах при высоких температурах .

Г.В. Беляев, А.З. Жук, М.А. Шейндлин

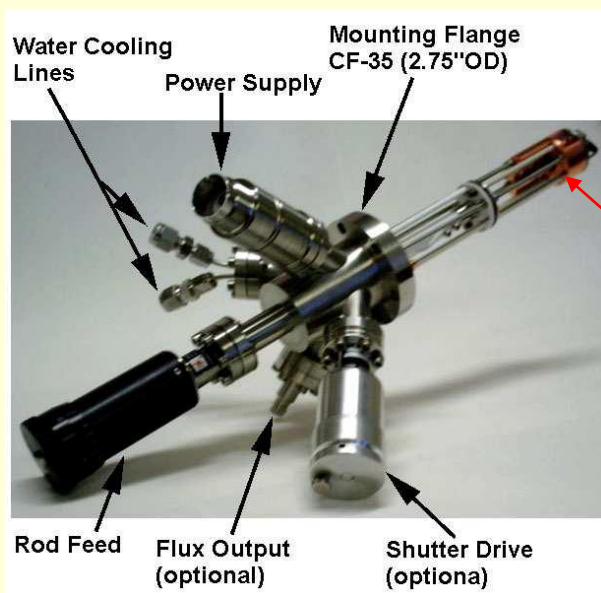


Принципиальная схема экспериментальной установки
Температура до 2700 К. Вакуум 10^{-6} – 10^{-8} торр.

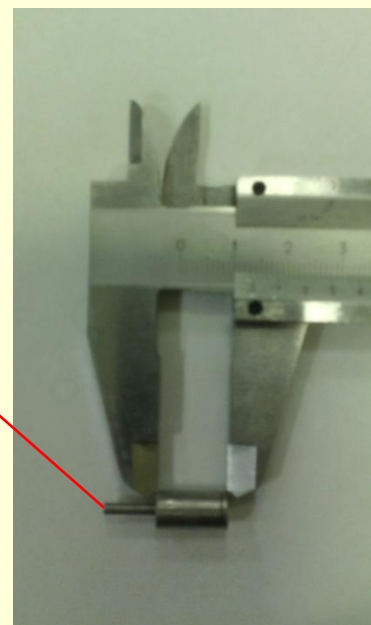




Масс-спектрометрический вакуумметр “Extorr RGA” (1÷310 а.е.м.)



Электронно-лучевой испаритель “Tectra e-flux”
(≤ 2500 K, $W_{\text{макс}} \approx 240$ Вт)



Молибденовая
ячейка Кнудсена или
ячейка Лэнгмюра

4. Разработка технологии получения порошка активного оксида алюминия с заданной структурой (Хоз.договор № Д-2329-16).

Г. Н. Амбарян, М.С. Власкин, В.П. Захаров, Б.В. Клейменов.

Цель работы: поиск физико-химических и инженерно физических подходов к созданию экологически чистой технологии производства псевдобемита и оксида алюминия с заданными кристаллическими и текстурными характеристиками, наиболее существенные из которых представлены в таблице:

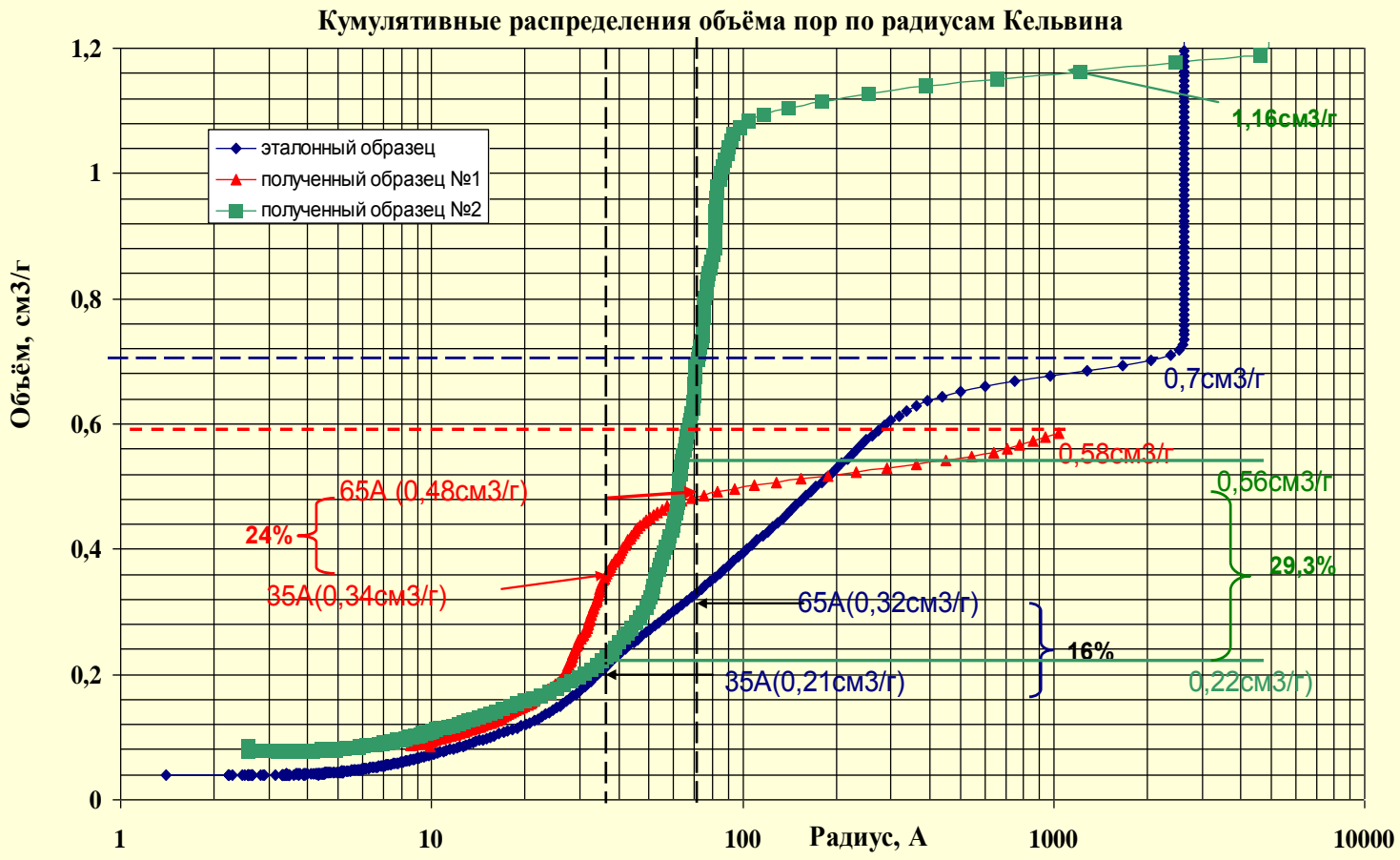
Текстурные характеристики порошка оксида алюминия	
Удельная площадь поверхности	Не менее 240 м ² /г
Объем пор	Не менее 0,6 см ³ /г
Средний размер пор	Не менее 8 нм
Процент пор с диаметром 7-13 нм	Не менее 40%

Были применены различные методы синтеза оксида алюминия :

- окисление гранулированного алюминия в водных растворах гидроксида калия (KOH) и гидроксида аммония (NH₄OH);
 - гидротермальная обработка гидроксида алюминия, полученного в результате окисления алюминия в водном растворе калиевой щелочи;
 - окисление порошкообразного алюминия в водном растворе гидроксида калия (KOH);
 - окисление гранулированного алюминия в водном растворе хлорида алюминия;
 - гидролиз хлорида алюминия в присутствии гидроксида калия (KOH) и гидроксида аммония (NH₄OH), а также метасиликата натрия (Na₂SiO₃);
 - **получение и гидролиз изопропилата алюминия.**
- На заключительной стадии продукт обжигался в муфельной печи при температуре 500-700 °С.

Результаты:

Методом гидролиза изопрропилата алюминия были получены образцы оксида алюминия с суммарным объемом пор $1.16 \text{ см}^3/\text{г}$ и объемом «нужных пор» (с радиусом от 3,5 до 6,5 нм), превосходящими аналогичные значения для «эталонного» образца (полученного от Заказчика). Удельный объем пор данного образца составил $1,16 \text{ см}^3/\text{г}$, при этом объем «нужных» пор (с радиусом от 3,5 до 6,5 нм) составил $0,34 \text{ см}^3/\text{г}$ (29,3 % от общего объема) соответственно. Удельная площадь поверхности $380 \text{ м}^2/\text{г}$



5. Разработка изложницы с боковой поверхностью из алюминиевого сплава для разливки жидкого корунда (Договор № Д-2305-16 от 26 мая 2016г.) .

Г.В. Беляев, А.З. Жук, Ю.А. Зейгарник, С.В. Королев, В.И. Мирошниченко.

Ожидается, что использование алюминиевой изложницы вместо стальной позволит исключить загрязнение слитка пригаром оксида железа.

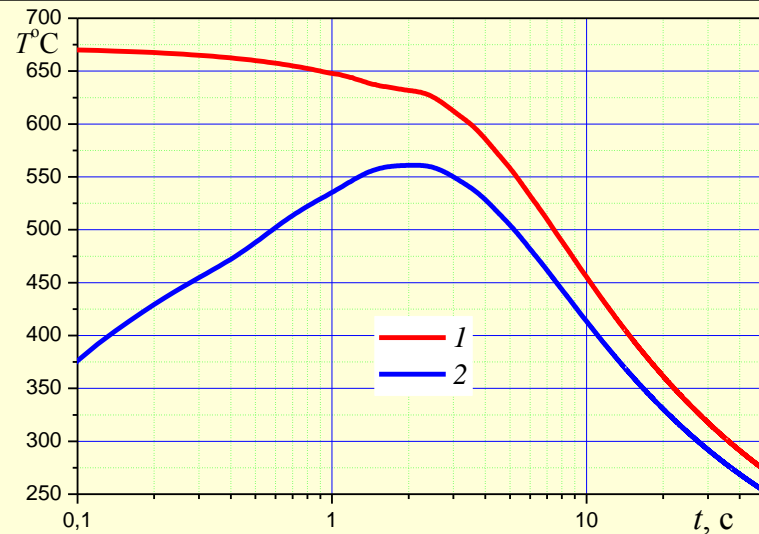


Слиток белого электрокорунда на подине с засыпкой после снятия кожуха.



Очистка боковой поверхности слитка от пригаров и обмазки

Тепловые потоки на уровне до **6÷8 МВт/м²** могут быть отведены кипящей водой, недогретой до температуры насыщения $\approx 120^\circ\text{C}$ (поверхностное кипение жидкости)



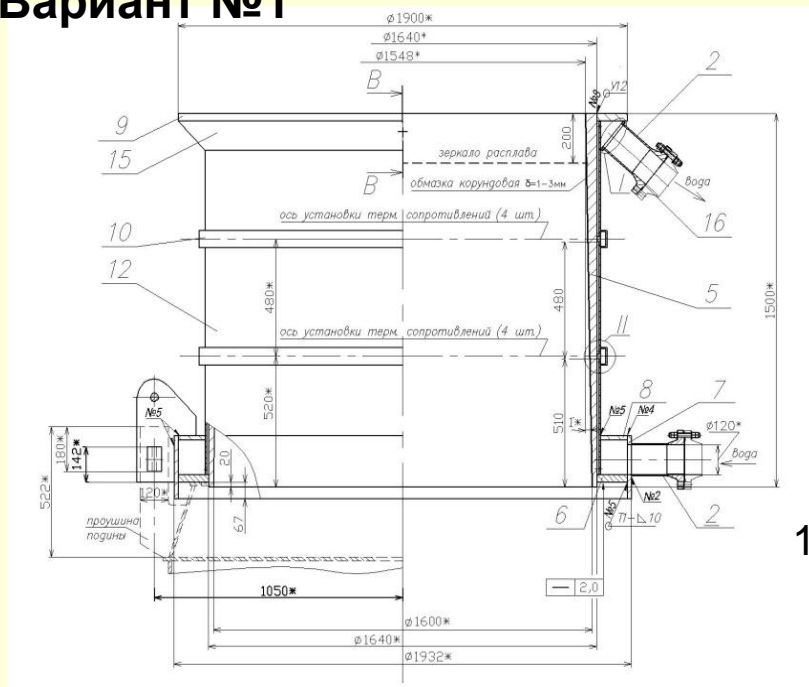
$T_{пл} \text{Al}_2\text{O}_3 - 2050^\circ \text{C}$
 $T_{пл} \text{Al} - 660^\circ \text{C}$

Расчет с $\alpha \approx 100 \text{ кВт/м}^2\cdot\text{К}$

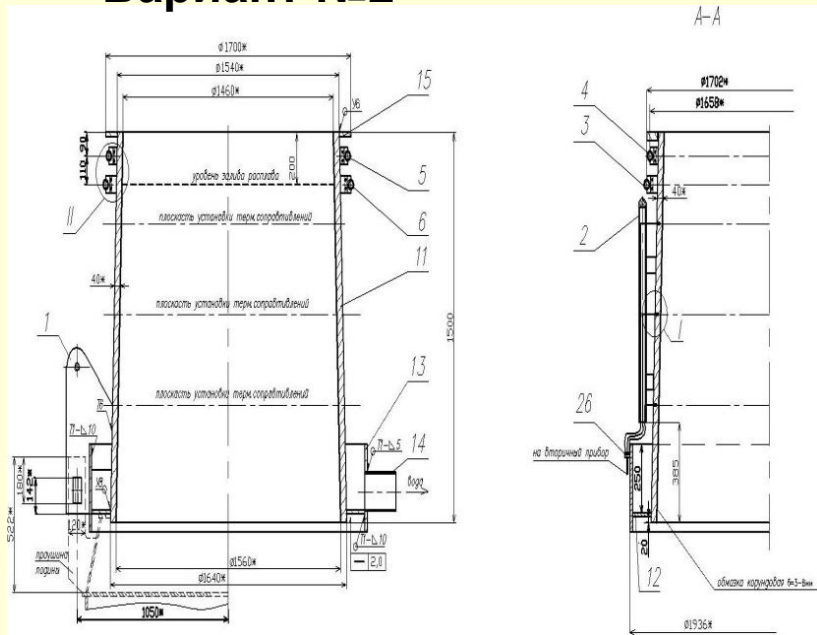
Температура внутренней поверхности (1) и на расстоянии 5 мм от внутренней поверхности (2) алюминиевой стенки изложницы.

Конструкция кожуха изложницы состоит из внутренней алюминиевой стенки с каналами охлаждения и внешнего бандажного слоя.

Вариант №1



Вариант №2



Варианты конструкции опытной изложницы.

Вариант №1 – с модернизированной системой охлаждения с организацией поверхностного кипения "недогретой" жидкости при ее принудительной прокачке по параллельным каналам.

Вариант №2 – с заводской системой охлаждения корпуса, и усиленной футеровкой (до 10мм)

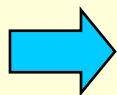
Результаты работ

1. Проведены расчетно-теоретические исследования теплового состояния корпуса изложницы на разных стадиях охлаждения корундового слитка: определены тепловые потоки к внутренней поверхности стенки изложницы из алюминиевого сплава, а также температурные поля в стенке с оценкой возникающих в ней термических напряжений.
2. Выполнен анализ эффективности систем охлаждения внешней стенки корпуса изложницы.
3. Разработана проектно-конструкторская документация для опытных образцов изложниц из алюминиевого сплава методика их проведения опытно-промышленных испытаний.

6. Переработка ТБО с получением твердого топлива

М.С. Власкин, В.И. Ковбасюк, В.И. Мирошниченко

Отходы



**Сортировка
ТБО**

**Извлечение
вторсырья**

Реактор

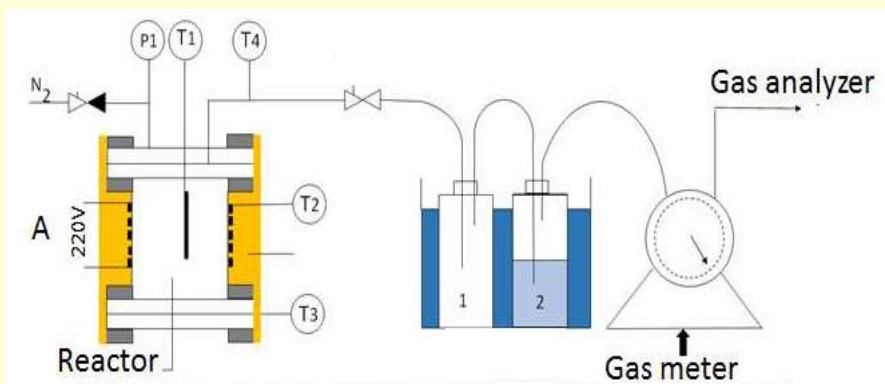
**Угледобное
вещество**



**Угольные
электростанции/ко
ТЕЛЬНЫЕ
добавка**
(как)

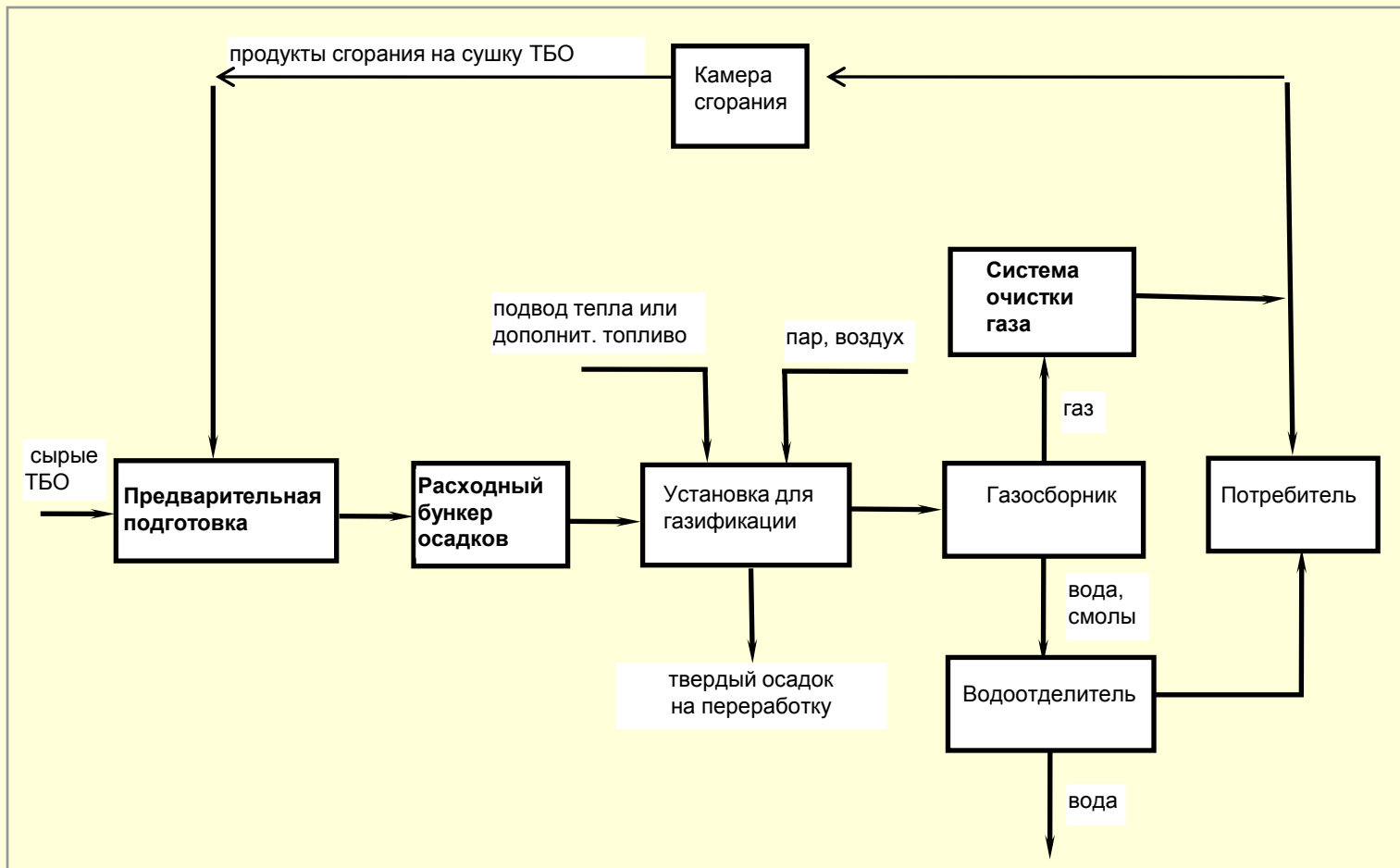


Получены экспериментальные образцы продуктов гидротермальной карбонизации из отдельных компонентов ТБО (пищевые отходы, бумага, дерево). Была проведена серия экспериментов с различной максимальной температурой процесса в насыщенном паре (200, 250 и 300 °С). Определено массовое отношение продукт/исходное сырье (в высушенном состоянии) для каждого исходного сырья и каждой температуры. С увеличением температуры процесса массовое отношение продукт/исходное сырье (выход) уменьшается. После гидротермальной карбонизации получается продукт – уголь, содержание углерода в котором выше, чем в исходном сырье. Для образцов угля, полученных при температуре 300 °С содержание углерода в продукте оказалось примерно на 20 % выше, чем в исходном сырье (по отношению к массе сухого обеззоленного образца). Содержание кислорода, наоборот уменьшается, с 43-46 % до 25 %. Массовая доля водорода практически не изменяется. Основным газообразным продуктом гидротермальной карбонизации является диоксид углерода за счет декарбоксилирования органических веществ, входящих в состав органических отходов.



Переработка ТБО с получением синтез-газа

Разрабатывается технология глубокой переработки широкого спектра коммунально-бытовых и др. органосодержащих отходов с производством энергоресурсов (синтез-газа и последующим производством тепловой и электрической энергии), в основе которой заложены термохимический процесс газификации ТБО, а также процессы подготовки синтез-газа (очистка, охлаждение) к использованию в качестве топлива газопоршневых и газотурбинных двигателей и/или паровых турбин (при сгорании синтез-газа в паровом котле). Повсеместное внедрение разрабатываемой технологии позволит из образующихся ежегодно в России 60-70 млн.т ТБО производить до 25-30 млрд. кВтч электроэнергии.



7. Получение бионефти из микроводорослей методом гидротермального сжигания

Киселева С.В., Чернова Н.И. (МГУ им. М.В. Ломоносова), Галкин А.С., Власкин М.С. (ОИВТ РАН)

Цель работы:

обоснованный выбор штаммов микроводорослей, условий их культивирования и параметров гидротермальной обработки, обеспечивающих наиболее полное преобразование энергии солнечного света в теплоту сгорания получаемого биотоплива (бионефти) при низком содержании азота и серы в продуктах сгорания.

Промежуточные результаты:

- Проведен аналитический обзор литературы (*Власкин М.С., Чернова Н.И., Киселева С.В., Попель О.С., Жук А.З.* Гидротермальное сжигание микроводорослей для получения биотоплив: современное состояние и перспективы развития. Теплоэнергетика. 2017).
- Получены образцы бионефти из различных микроводорослей и в различных условиях, определены значения выхода бионефти и других продуктов гидротермального сжигания;
- Масс-спектрометрия высокого разрешения (ионный циклотронный резонанс с преобразованием Фурье) образцов бионефти

Микроводоросли
(Spirulina)



Экспериментальная установка



Продукт
 («бионефть»)

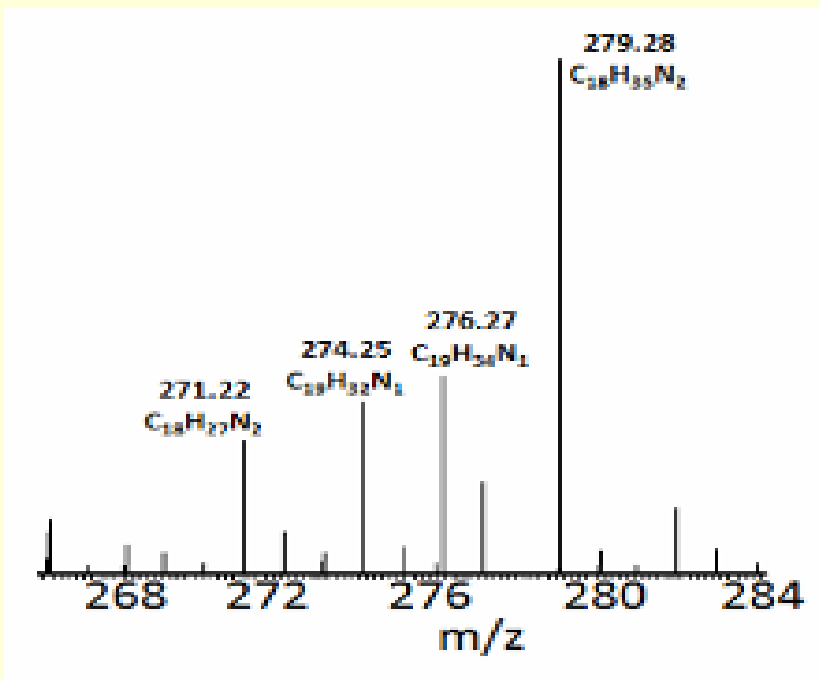


Масс-спектрометрия высокого разрешения (ионный циклотронный резонанс с преобразованием Фурье) образцов бионефти

Цель экспериментов:

идентификация основных классов гетероатомных соединений, входящих в состав бионефти; оценка хода химических реакций в процессе гидротермального сжигания микроводорослей

Масс-спектр
(266-284Da):



Результат:

Определены основные классы гетероатомных соединений и их интенсивности для масс-спектров полученных с использованием метода ионизации электроспрей. Определены классы азотсодержащих соединений, входящих в состав бионефти.

Установлено, что масс-спектр бионефти из микроводорослей наиболее близок к масс-спектрам полученным для дегтя. Дальнейшая работа будет направлена на уменьшение количества азота в бионефти.

Публикация: Y. Kostyukevich, M. Vlaskin, G. Vladimirov, E. Nikolaev et.al. European Journal of Mass Spectrometry Accepted 13 March 2017

8. Получение водорода при низких отрицательных температурах путем окисления неорганических энергоносителей в водных растворах

Цель работы:

исследование возможности использования магния для генерации водорода и тепла за счет реакции его взаимодействия с водой при низких отрицательных температурах (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Исследовались водные растворы NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2 , AlCl_3 , FeCl_3 , CuCl_2 , ZnCl_2 , CsCl

Результаты:

Рисунок 1 – Зависимости степени превращения порошка магния массой 1 г от времени при $T = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ для водных растворов разного состава:
1 – MgCl_2 , 2 – AlCl_3

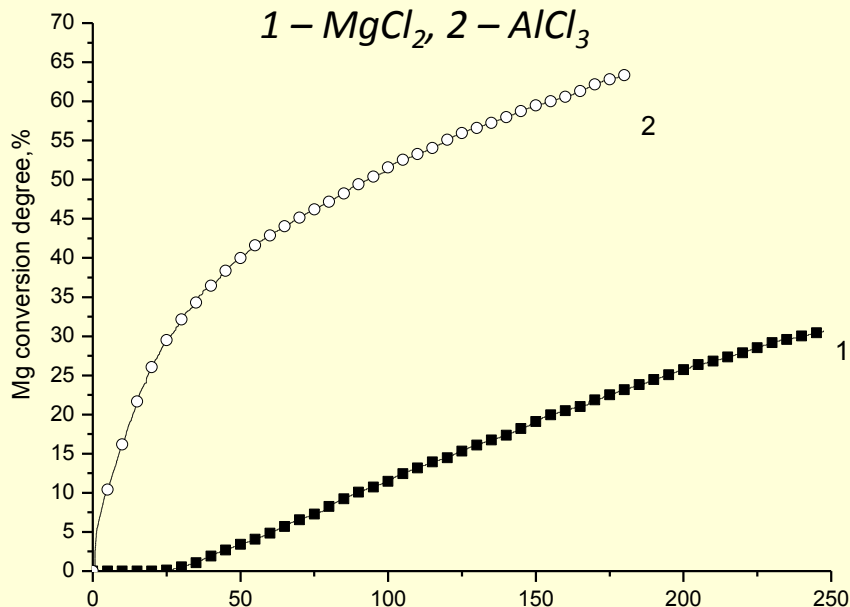
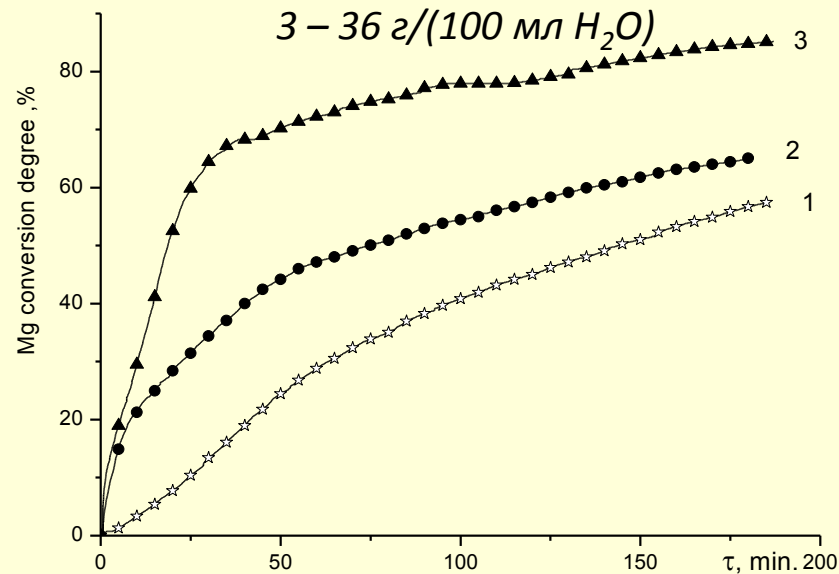


Рисунок 2 – Зависимости степени превращения порошка магния массой 1 г от времени

при $T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ для водных растворов с различной концентрацией AlCl_3 :
1 – 27 г/(100 мл H_2O), 2 – 30 г/(100 мл H_2O),
3 – 36 г/(100 мл H_2O)



Показана возможность «низкотемпературного» ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) получения водорода путем окисления Mg в водных растворах MgCl_2 и AlCl_3 . В водном растворе AlCl_3 реакция протекает более интенсивно.

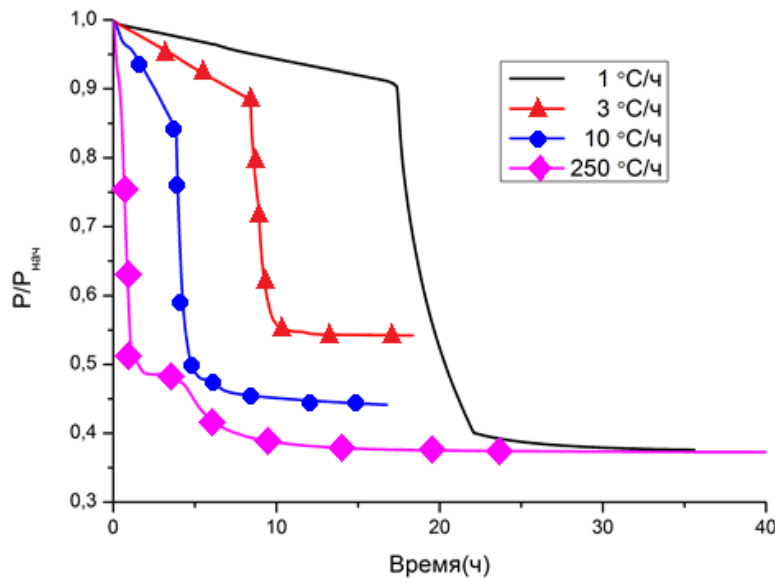
9. Кинетика образования гидрата метана в присутствии ПАВ

М.С.Власкин, О.А. Дудолодов

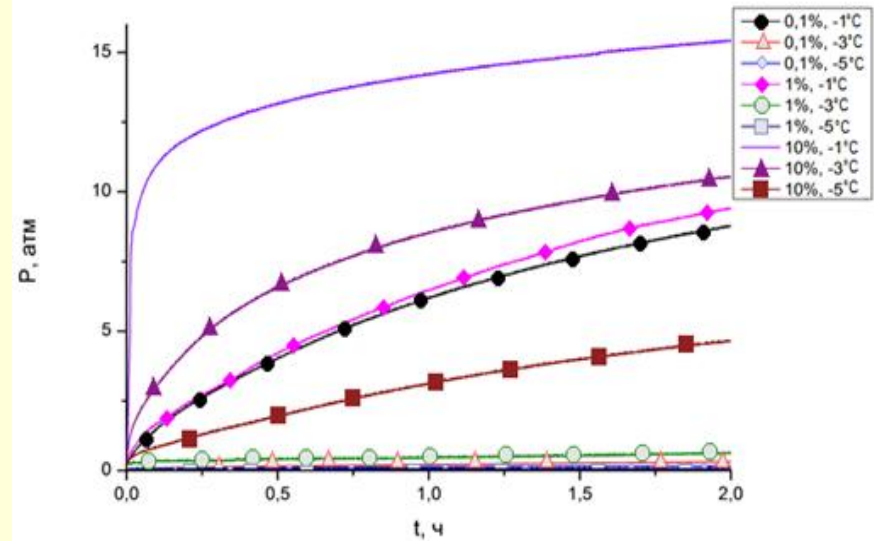
Цели:

- изучение кинетики образования метана в зависимости от таких параметров, как концентрация ПАВ (додецилсульфата натрия), скорость охлаждения реакционной системы, температура и отношение объемов газовой и жидкой фаз;
- исследование процессов диссоциации полученных газогидратов в зависимости от температуры и давления, определение абсолютного газосодержания;
- установление оптимальных параметров процесса гидратообразования.

Образование гидрата метана в растворах додецилсульфата натрия с различной скоростью охлаждения (с $T_0=+20^{\circ}\text{C}$ до минус 10°C)



Декомпозиция гидрата для различных температур и концентраций ПАВ



На основе полученных результатов как процесса гидратообразования, так и диссоциации гидрата, был сделан вывод, что наиболее оптимальной концентрацией додецилсульфата натрия в растворе является концентрация 0,1 % масс, при которой уже достигается интенсивное гидратообразование (практически с такой же скоростью, как и при концентрации 1% масс). При этом гидрат метана, полученный в присутствии ПАВ с данной концентрацией, стабилен при температуре -5°C и ниже.

Разложение гидрата и горение метана



Основные области применения:
Хранение и транспортировка газов.
Энергоснабжение (газоснабжение) Арктики.
Освоение малых газовых месторождений.

Подготовлена заявка на изобретение:
Жук А.З., Власкин М.С., Дудолодов А.О.
Установка для получения гидрата метана.

Спасибо за внимание.