

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ  
(НИЦ-2 ФТПЭ)**

**ИТОГИ 2017 ГОДА**





# НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ (НИЦ-2)

(235 чел. (+2), в том числе 114 научн. сотр. (+3))

## 2.1 ОТДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ

(171 чел. (+2) в т.ч. 75 научн. сотр. (+3))

2.1.1 Отдел проблем теплоэнергетики  
(к.т.н. Косой А.С.)  
(55 чел. в т.ч. 26 научн. сотр.)

2.1.2 Отдел теплофизических проблем  
ядерной энергетики (д.т.н. Свиридов В.Г.)  
(17 чел., в т.ч. 8 научн. сотр.)

2.1.3 Отдел распределенных энергетических  
систем (д.т.н. Зайченко В.М.)  
(53 чел., в т.ч. 26 научн. сотр.)

2.1.4 Отдел прикладной электрофизики  
(к.ф-м-н. Гавриков А.В.)  
(41 чел. в т.ч. 15 научн. сотр.)

2.1.5 Макетный участок  
(В.Л. Коконин.) (5 чел.)

## 2.2 ОТДЕЛЕНИЕ МАГНИТОПЛАЗМЕННОЙ АЭРОДИНАМИКИ И МГД-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

(64 чел. , в т.ч. 39 научн. сотр.)

2.2.1 Отдел гиперзвуковой магнитоплазмен-  
ной аэродинамики (д.ф-м-н Бочаров А.Н.)  
(22 чел. в т.ч. 12 научн. сотр.)

2.2.2 Отдел физики и химии гетерогенных  
плазменных потоков (д.ф-м-н Климов А.И.)  
(11 чел., в т.ч. 9 научн. сотр.)

2.2.3 Отдел плазменной аэродинамики и  
стимулирования горения (к.ф-м-н. Моралев И.А.)  
(14 чел, в т.ч. 7 научн. сотр.)

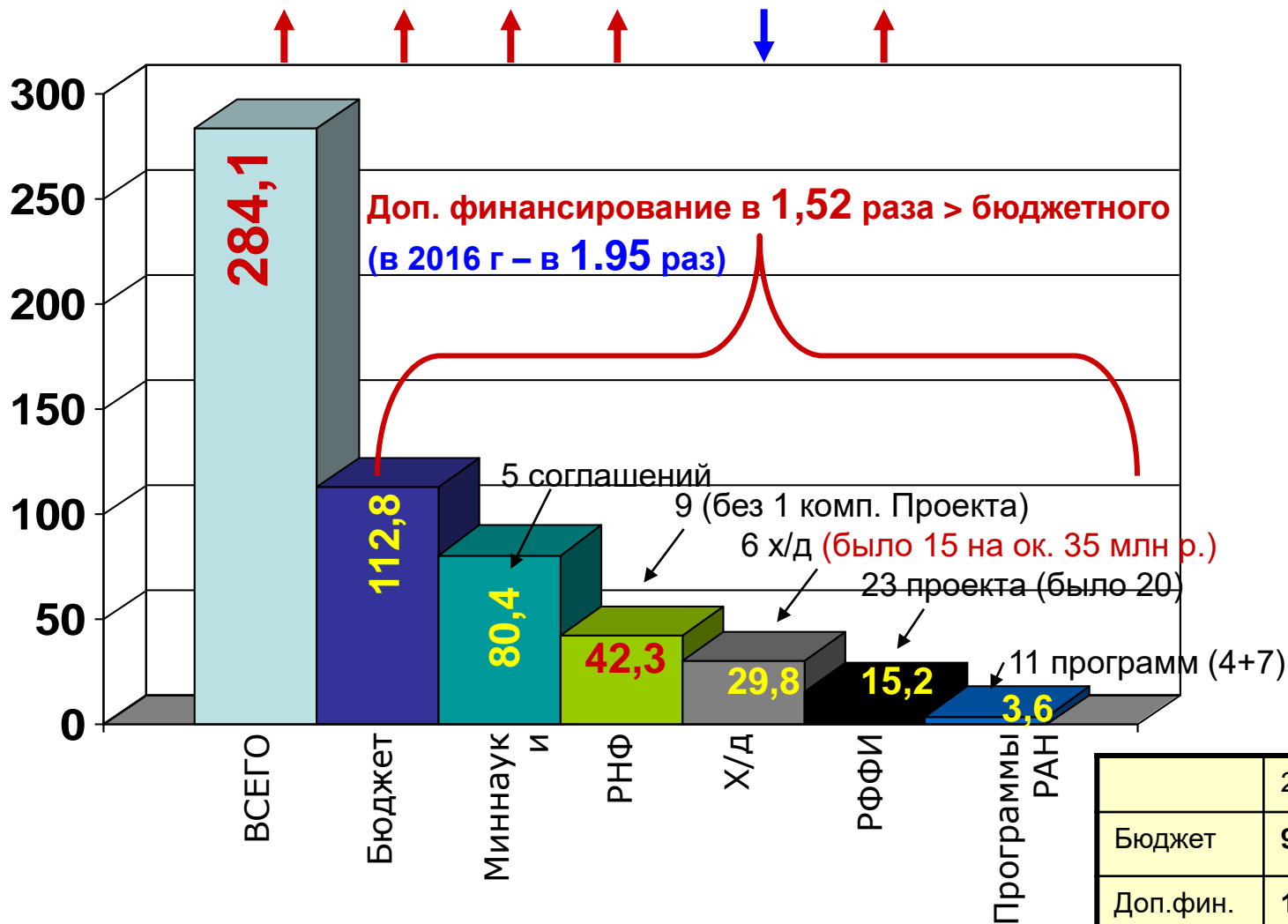
2.2.4 Отдел гидродинамических и тепловых  
процессов в двухфазных потоках  
(чл-корр. РАН Вараксин А.Ю.)  
(17 чел., в т.ч. 11 научн. сотр.)

	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Средний возраст научных сотрудников, лет	52	50	49	49
Кол-во научных сотрудников	130	127	111	114
Молодые сотрудники (<35 лет), включая аспирантов и студентов	60	73	65	68
Средняя зарплата, тыс. руб./мес. - всех сотрудников - научных сотрудников	47,0 57,9	49,6 64,0	52,3 59,7	66,8 76,4
Средний ПРНД, в т.ч. - отделение 2.1 - отделение 2.2	48 34 77	45 38 65	59 55 66	
<b>ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ</b>				
Монографии, уч. пособия и др. книги	6	18	17	11
Статьи в реферируемых журналах	91 (0,7 на 1 н.с.)	118 (0,9 на 1 н.с.)	187 (1,7 на 1 н.с.)	186 (1,7 на 1 н.с.)
Статьи в журналах без импакт-фактора	21	46	32	15
Доклады на конференциях	269	190	196	258
Заявки на изобретения и регистр. программ ЭВМ и БД	11	13	13 + 5	12
Патенты (получено)	13	15	11	11
Защита диссертаций - докторские - кандидатские	0 1	1 1	0 1	0 3

## КНИГИ, НИЦ-2, 2017 г.

1. Альтов В.А., Желтов В.В., Копылов С.И., Копылова Л.Н. Расчёт и оптимизация трёхфазных ВТСП кабелей, Изд-во МЭИ, М.:, 2017, 64с. Учебное пособие.
2. Бушуев В.В., Мастепанов А.М., Первухин В.В., Шафраник Ю.К. Евразийская энергетическая цивилизация. К вопросу об «энергии будущего». – М.: ИЦ «Энергия», 2017 – 208 с.
3. "Инновационная электроэнергетика - 21" / под ред. В.М. Батенина, В.В. Бушуева, Н.И. Воропая. М: ИЦ «Энергия», 2017. — 584 с. с.216-227. ISBN 978-5-98908-457-9
4. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / Под общ. ред. А.Ю. Вараксина. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 678 с.
5. Зайченко, В.Н. Сокотущенко, В.М. Торчинский. Колебания и волны в газоконденсатных системах. – М.: ОИВТ РАН, 2017. – 146 с. ISBN 978-5-9500112-1-4, усл. печ. л 10.
6. Курганов В.А, Маслакова И.В. Режимы теплоотдачи при нагреве теплоносителей с переменными свойствами. Саарбрюккен: Lap Lambert Academic Publishing, 2017. 104 с.
7. Karpukhin V.T., Malikov M.M., Borodina T.I., Val`yano G.E., Gololobova O.A. Investigation of the effect of Surface-enhanced Raman spectroscopy on zirconium and molybdenum nanostructures synthesized under laser ablation in liquid environment // In book(s) Laser Ablation: Advances in Research and Applications, Chapter 6. P.179. Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-53612-405-7.
8. Голубев Н.В., Игнатьева Е.С., Кирсанова С.В., Клименко Н.Н., Тихомирова И.Н. Типовые диаграммы состояния трехкомпонентных систем: учебно-методическое пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. – 72 с.

# ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ НИЦ-2 в 2017 году, млн руб.



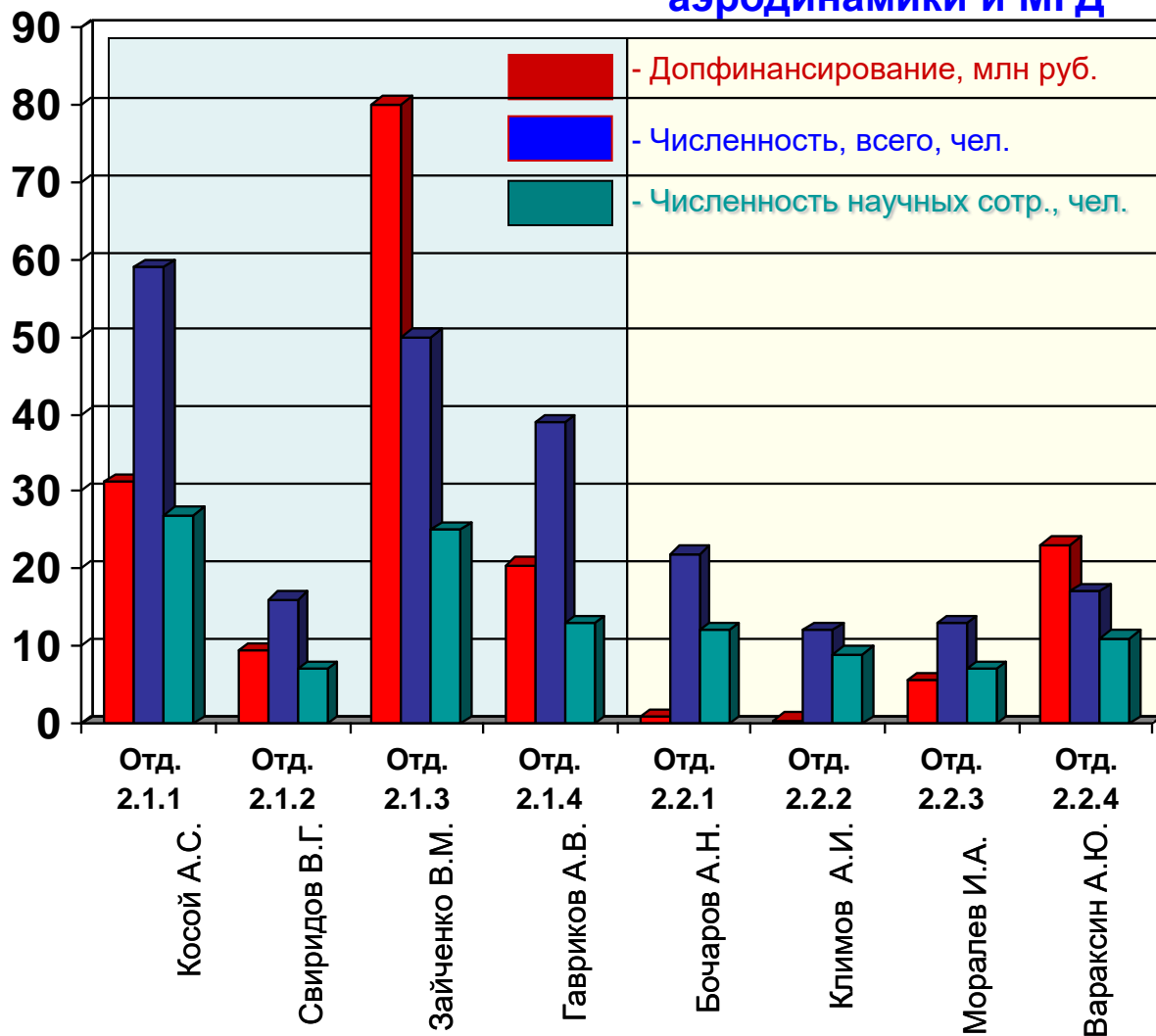
	2015	2016	2017
Бюджет	97,5	88,6	112,8
Доп.фин.	162,0	172,9	171,3
Всего	259,5	261,5	284,1

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ, ЧИСЛЕННОСТИ И ПРiД ПО ОТДЕЛАМ И ОТДЕЛЕНИЯМ НИЦ-2

## Отделение

## магнитоплазменной аэродинамики и МГД

## Отделение энергетики



Привлечение доп. финансирования в 2017 г. (млн руб.)

Отделение 2.1 (171 чел., в т.ч. 75 н.с.)	Отделение 2.2 (64 чел., в т.ч. 39 н.с.)
<b>141,5</b>	<b>29,8</b>
<b>0,83</b> млн руб./чел	<b>0,46</b> млн руб./чел
<b>1,9</b> млн руб./н.с.	<b>0,76</b> млн руб./н.с.

# ПОЗДРАВЛЯЕМ!



Премия  
Правительства Москвы  
молодым ученым

5 февраля 2018 г. в Государственном Кремлевском Дворце состоялось торжественное мероприятие, посвященное Дню науки Москвы. С приветственным словом выступили Мэр Москвы С.С. Собянин, Министр образования и науки РФ О.Ю. Васильева и Президент РАН А.М. Сергеев и состоялась церемония вручения дипломов лауреатов премии Правительства Москвы молодым ученым за 2017 год.

В номинации «Математика, механика и информатика»

Премии Правительства Москвы удостоены

**Казанский Павел Николаевич**

**Моралев Иван Александрович**

**Фирсов Александр Александрович**

«За существенный вклад в разработку фундаментальных основ плазменных технологий управления аэродинамикой перспективных летательных аппаратов»



Коллектив ОИВТ РАН поздравляет коллег с победой в конкурсе!



Shaping the Future of Aerospace

## ПОЗДРАВЛЯЕМ!

с присуждением

**Премии**

**Американского института  
аэродинамики и астронавтики**

**Битюрнина Валентина  
Анатольевича**

«В знак признания выдающейся профессиональной карьеры и вклад в теоретическое и экспериментальное исследование физики плазмы, магнитогидродинамического преобразования энергии и магнитоплазменной аэродинамики»



## ПОЗДРАВЛЯЕМ!

с присуждением премии  
имени В.М. Тучкевича

**Тарасенко Алексея Борисовича**

за работу

**Аморфный кремний: гетероструктурные  
солнечные элементы и электростанции**



Коллектив ОИВТ РАН

## ПОЗДРАВЛЯЕМ!

с присуждением медали  
Российской академии наук  
для молодых ученых  
по итогам конкурса 2017 года

**Власкина Михаила Сергеевича**  
**Кисленко Сергея Александровича**

за работу

«Атомистическое моделирование электродных процессов в перспективных электрохимических устройствах и разработка энергетических установок на их основе»



Коллектив Объединенного  
института высоких температур РАН



## Поздравляем!

Победителей конкурса

научных работ,

посвященного памяти академика Шейндлина А.Е.  
в номинации

**Студенческие работы**

**Первая премия**

**Цепляев В.И.** «Многомасштабное моделирование поведения дислокаций в ОЦК металлах»

**Вторая премия**

**Парамонов М.А.** «Восстановление изотропии разгрузки металлов на основе перовникитных расчетов»

**Смирнов В.С.** «Влияние растворителя на взаимодействие ионов лития и кислорода применительно к литий-воздушным аккумуляторам»

**Третья премия**

**Кисленко В.А.** «Атомистическое моделирование сегрегации примесей на поверхности  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ »

**Мальцев М.А.** «Термодинамические свойства двухатомных соединений с аргоном»

**Павлов С.В.** «Влияние морфологии углеродной поверхности на кинетику гетерогенных процессов в применении к Li-воздушным аккумуляторам»

**Селюков И.Н.** «Влияние добавок метана на процесс сажеобразования при пиролизе ацетилена за ударными волнами»

СОВЕТ ПО СТУДЕНЧЕСКИМ ПРЕЗЕНТАЦИЯМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
для поддержки молодых российских ученых, студентов и аспирантов

## ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Победителей конкурса 2017 года

по государственной поддержке молодых российских ученых-кандидатов наук

**Белиева Ивана Александровича**

«Экспериментальное исследование процессов МГД-теплообмена при течении жидкого металла применительно к переносной энергии»

**Лисина Евгения Александровича**

«Планетарный кристалл-4: разработка методики и дистанционное проведение эксперимента по изучению взаимодействия и процессов самоорганизации микрочастиц в комплексной плазме на борту Международной космической станции»

**Писарева Василия Вячеславовича**

«Динамика фазовых и структурных переходов в неравновесных средах»

**Саитова Ильнура Миннигазиевича**

«Самосогласованное описание электрических, оптических и термодинамических свойств разогретого плотного вещества»

**Фирсова Александра Александровича**

«Исследование двухстадийного механизма воспламенения и поддержания горения для сверхзвуковых камер сгорания в неравновесных средах»



## Конкурс

научных работ студентов

и молодых ученых ОИВТ РАН, посвященный  
памяти академика Шейндлина А.Е.

## Поздравляем!

с присуждением специальных премий

**За лучшую теоретическую работу**

**Минакова Дмитрия Вячеславовича**

«Первопринципное исследование теплофизических свойств веществ в широком диапазоне температур и давлений»

**За лучшую экспериментальную работу**

**Саакяна Сергея Арамовича**

«Двухфотонная спектроскопия газа ультрахолодных высоковозбужденных и частично ионизованных атомов лития-7»

**Премия им. Э.Э.Шпильрайна**

**Блинова Дмитрия Викторовича**

«Исследования тепловых процессов в металлгидридном реакторе очистки биогаза проточного типа для автономных систем энергообеспечения»



## Поздравляем!

Победителей конкурса

научных работ,

посвященного памяти академика Шейндлина А.Е.  
Работы аспирантов и молодых ученых без степени  
в возрасте до 28 лет

**Первая премия**

**Виноградов Д.А.** «Исследование структуры электровихревых течений под действием внешнего магнитного поля»

**Вторая премия**

**Антонов Н.Н., Усманов Р.А.** «Исследование дуговых разрядов с горючими катодами как источников плазмы для задач плазменной сварки»  
**Мартынова И.А.** «Влияние нелинейного экранирования на фазовые состояния комплексной плазмы»

**Третья премия**

**Быстрый Р.Г.** «Термоэлектронная эмиссия с поверхности наноплазмы»  
**Кондратьев Н.Д.** «Особенности диффузионных процессов в жидких углеводородах»  
**Лырик А.С.** «Численное моделирование термодинамических и кинетических свойств кулоновских систем частиц в рамках ваннеровской формулировки квантовой механики»

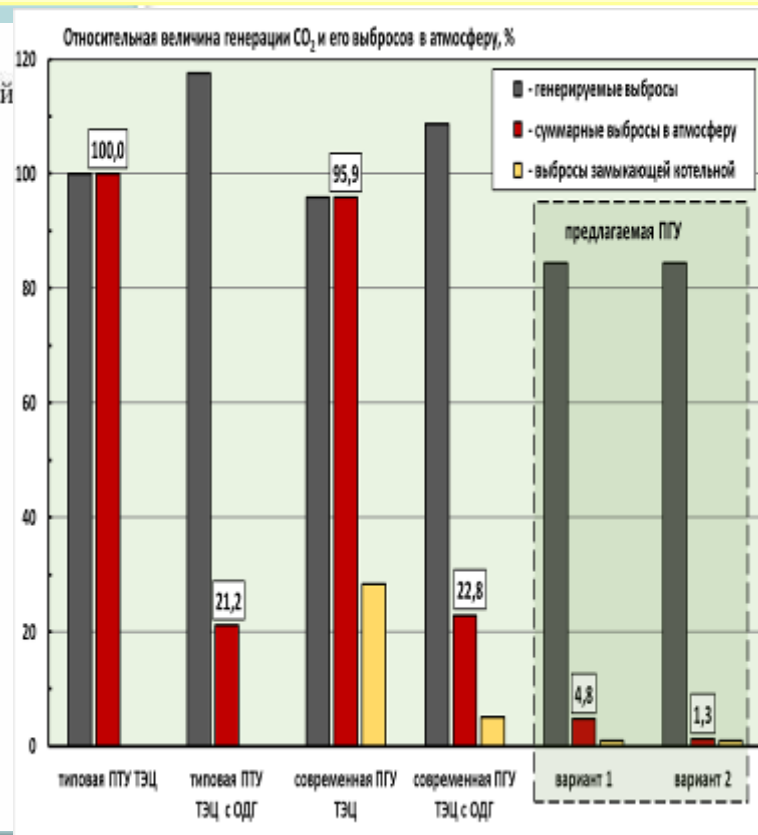
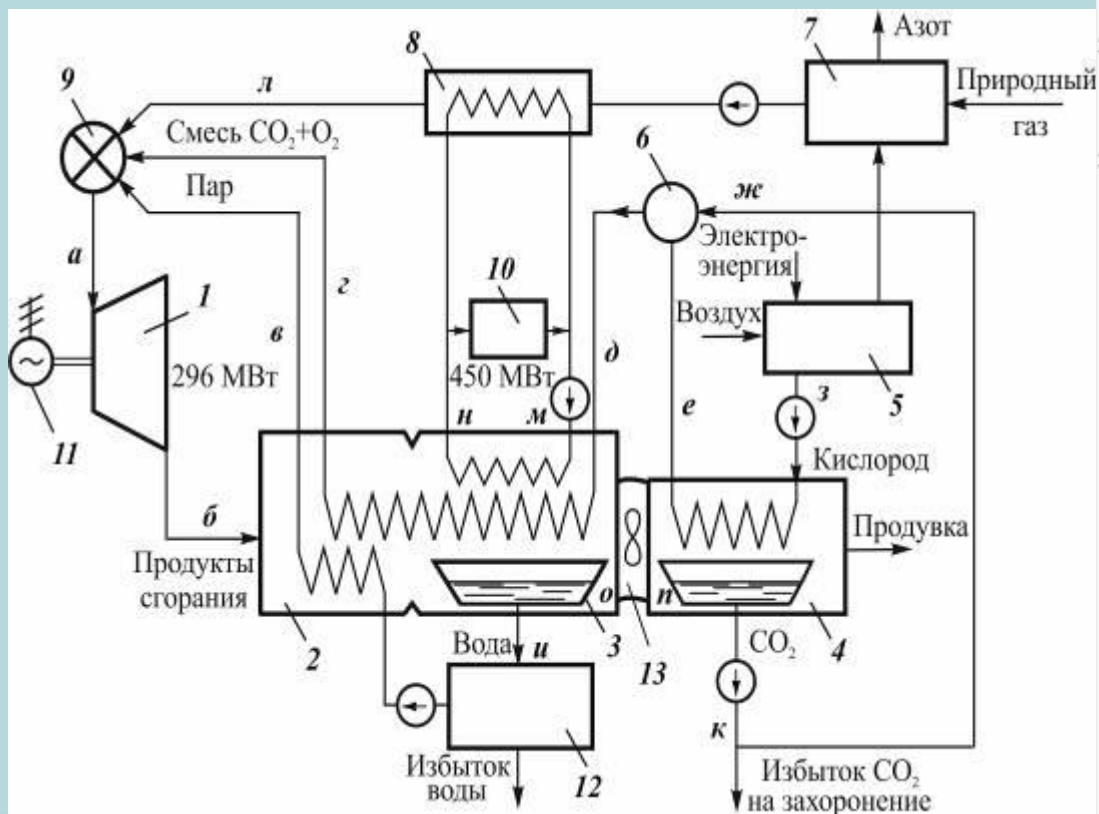
**КРАТКИЙ ОБЗОР  
ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НИОКР  
В 2017 ГОДУ  
ОТДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И  
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЙ  
НИЦ-2**





**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА БЕЗКОМПРЕССОРНОЙ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ С  
ПОЛНЫМ УЛАВЛИВАНИЕМ И ВЫВОДОМ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ  
ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ЦИКЛА**

*Рук. к.т.н. Синкевич М.В.*



- 1 – парогазовая турбина; 2 – котел-утилизатор; 3 – конденсатор-подогреватель сетевой воды; 4 – ожижитель CO<sub>2</sub>;  
5 – цех разделения воздуха; 6 – смеситель O<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>; 7 – ожижитель метана; 8 – подогреватель метана; 9 – камера сгорания;  
10 – потребитель тепла; 11 – электрический генератор; 12 – водоочистка; 13 – изотермический компрессор

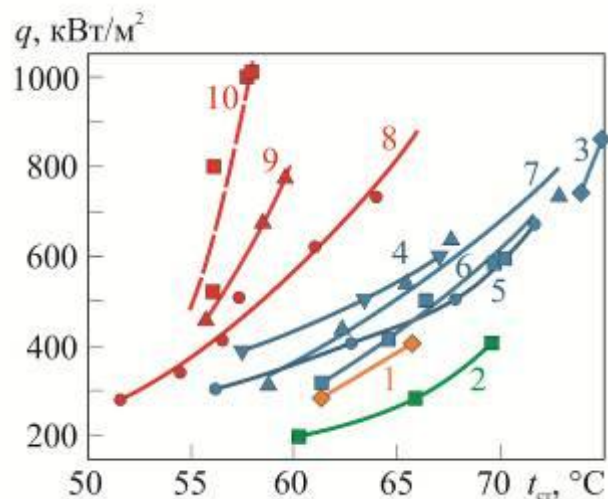


**ОХЛАЖДЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ**

*Рук. д.т.н. Зейгарник Ю.А.*



**Зависимость теплового потока на стенке от температуры поверхности нагрева (Noves 649)**



№	$t_{\text{ж}}, \text{°C}$	$\Delta t_{\text{н}}, \text{°C}$	$v, \text{м/с}$	$\rho_{\text{ср}}, \text{бар}$
1	24	28	6	1,11
2	30,8	22,4	6,6	1,16
3	20,4	33,8	6,7	1,19
4	20,5	33,5	6,6	1,18
5	21,5	32,5	6,5	1,19
6	21,2	32,5	6,5	1,18
7	21,5	32,8	6,5	1,19
8	13	36,5	6	1,03
9	16,5	35	6	1,10
10	15,5	34,4	7,4	1,04



## **МИКРОТУРБИННЫЕ АВТОНОМНЫЕ ЭНЕРГОИСТОЧНИКИ**

**Разработка высокоэффективного электрогенерирующего модуля мощностью 30 кВт  
для перспективных систем автономного энергоснабжения**

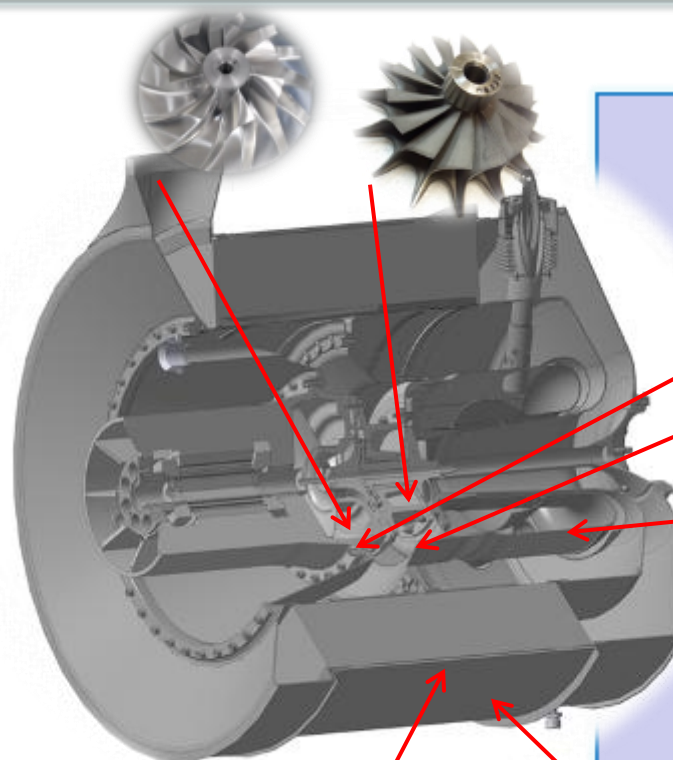
### **Проблемы автономного энергоснабжения**

Газопоршневые энергоустановки

1. Наличие систем подготовки и подачи смазки в двигатель
2. Необходимость частого сервисного обслуживания
3. Высокий уровень вибрации

### **Микротурбины**

1. Низкий по сравнению с поршневыми двигателями КПД



### **Решение**

Разработка высокоэффективного компрессора и турбины

Разработка эффективного диффузора за турбиной, обеспечивающего равномерное течение газа на входе в рекуператор

Разработка высокоэффективного рекуператора (степень рекуперации  $>90\%$ ; гидравлические потери давления  $<5\%$ )

### **Источники финансирования:**

Работа выполняется при финансовой поддержке АО «НПО «ЛЭМЗ»

**Ожидаемый результат**  
КПД разрабатываемого электрогенерирующего модуля не менее 35%



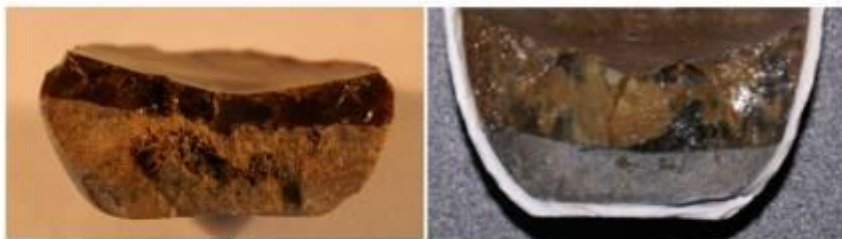
## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУДНОГО РЕДКОМЕТАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Руководитель работ:**  
**д.г.-м.н. Л.М. Делицын**

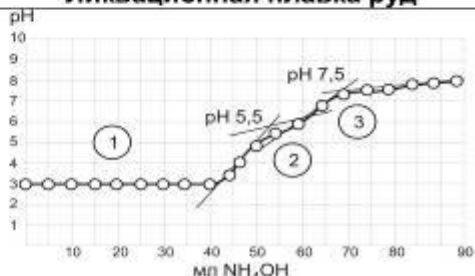
Цель проекта – снятие зависимости от импорта редких земель и феррониобия

Решаемая задача – получение концентратов редких земель и железо-ниобиевых сплавов из фосфатно-редкоземельно-ниобиевых руд.

*Источники финансирования: Программа Президиума РАН и грант РФФИ*



Ликвационная плавка руд



- 1 - фракция при pH3 – осаждение оксалатов RZ;
- 2 - фракция при pH5,5 – осаждение гидроксидов RZ;
- 3 – фракция при pH7,5 - 8 – осаждение гидроксидов RZ и др. (Al, Fe и т.д.)



Железный сплав под слоем силикатного шлака

- Выполнен комплекс физико-химических исследований несмесимости расплавов в силикатно-солевых системах, содержащих редкие земли и ниобий. Расплавы в данных системах распадаются на две несмешивающиеся жидкие фазы, разделённые плоской границей фазового раздела: фосфатно-солевую (нижний слой), являющуюся концентратом редких земель и железо-силикатную (верхний слой) – концентрат ниобия.

- Фосфатно-солевой расплав вскрывается слабыми растворами азотной кислоты при низких (12 – 20°C) температурах с переводом редких земель в продукционный раствор. Извлечение редких земель из раствора осуществляется методом дробного осаждения за счёт регулирования pH раствора. По данной технологии получены концентраты оксалатов редких земель и концентраты гидроксидов редких земель, пригодные для получения из них индивидуальных редких земель. Суммарное извлечение редких земель 92 – 95%.

- Разрабатывается технология получения железо-ниобиевых сплавов из железо-силикатного, ниобийсодержащего расплава, получаемого при ликвационной плавке редкоземельно-ниобиевых руд и из железо-ниобиевых руд Томторского месторождения. Работа проводится совместно с ИМЕТ РАН с применением карботермической плавки при температурах 1600-1700°C. Данное направление открывает возможности получения феррониобия и железо-ниобиевых сплавов.



# СТЕНДОВЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТОРРЕФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Рук. д.т.н. Зайченко В.М., лаб. 2.1.3.1 НИЦ-2

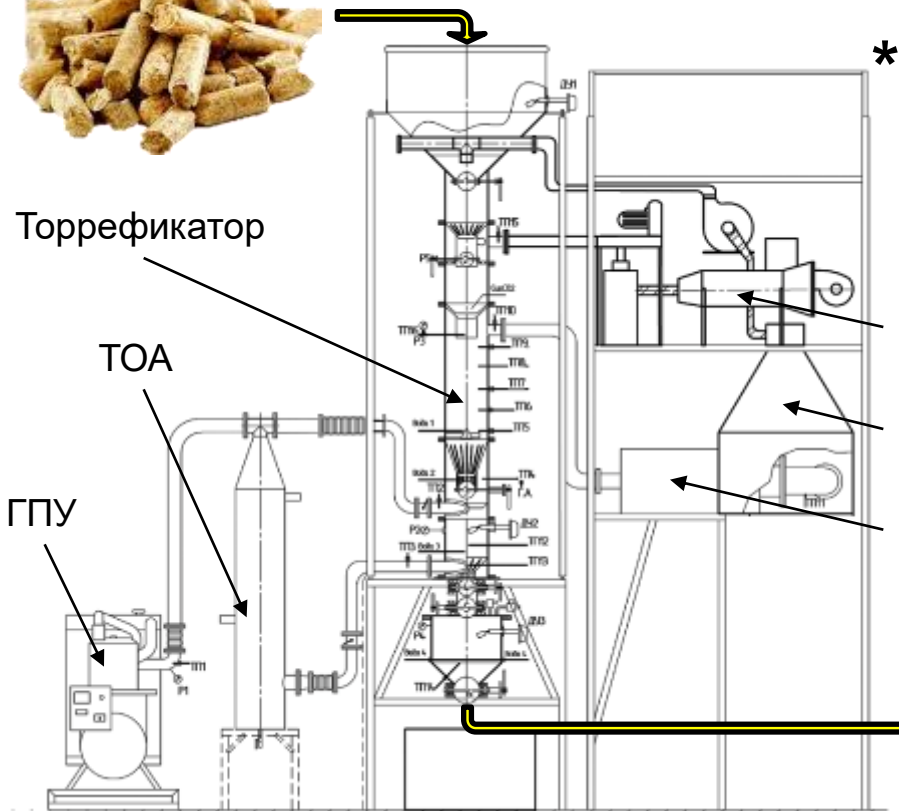
Экзотермический эффект (расчетный).  
Температура газа-теплоносителя 250 °С.



Торрефикатор

ТОА

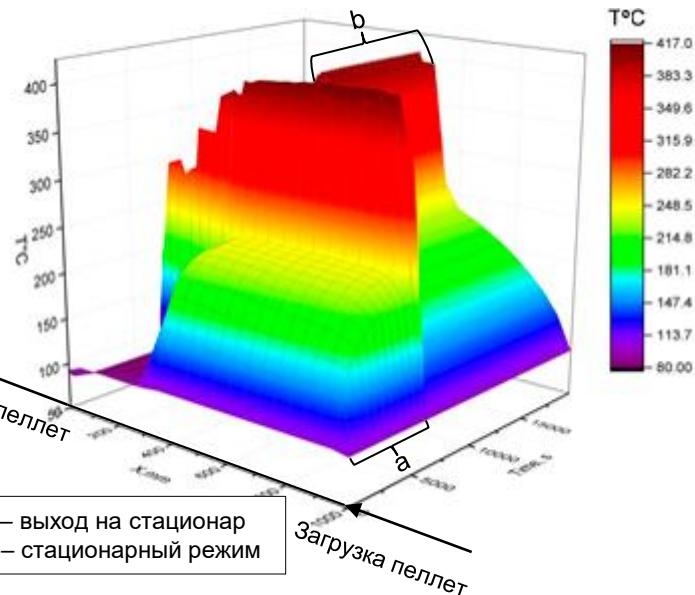
ГПУ



Воздуходувка

ТОА

Дожегатель



a – выход на стационар  
b – стационарный режим



\*

ГПУ – газопоршневой двигатель  
ТОА – теплообменный аппарат

- Мощность газопоршневой энергоустановки – 25 кВт.
- Номинальная производительность по исходному сырью – 30 кг/ч.

## Особенности технологии:

- Организация квазинепрерывного процесса торрефикации.
- Стабилизация температурного поля за счет выбора оптимальной частоты процесса выгрузки-загрузки.
- Интенсификация процесса торрефикации за счет частичного использования тепла, выделяющегося при термической деструкции растительной биомассы.
- Повышение производительности до 100 кг/ч за счет использования тепла экзотермических реакций.
- Организация воздушного затвора в зоне загрузки, который одновременно обеспечивает предварительную сушку сырья и препятствует поступлению высоковлажных продуктов сгорания в загрузочный бункер.





# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЯ ПРИ НЕПОЛНОТЕ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ (МЕТОД ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ)

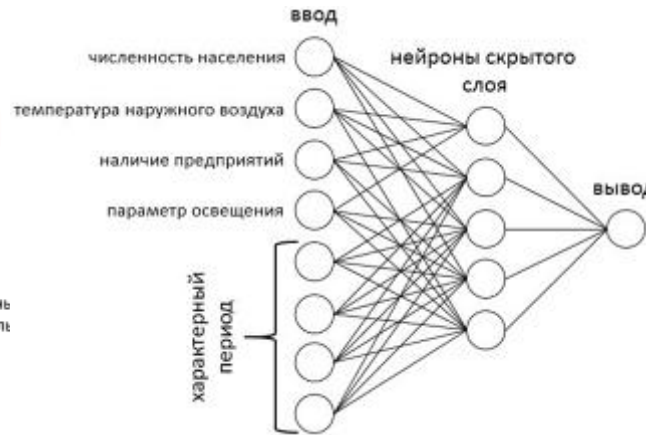
Рук. д.т.н. Директор Л.Б., лаб. 2.1.3.1 НИЦ-2

## Моделирование нагрузок



Метод искусственных нейронных сетей — эффективный инструмент для решения задач прогнозирования в условиях неполноты исходной информации

## Реализация метода



Структура нейронной сети прямого распространения

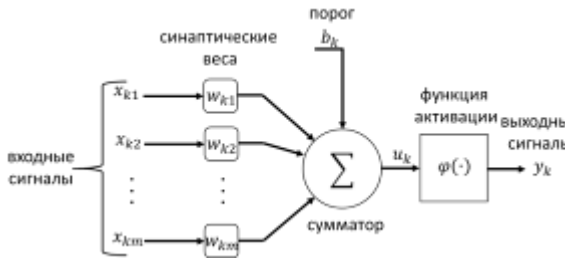
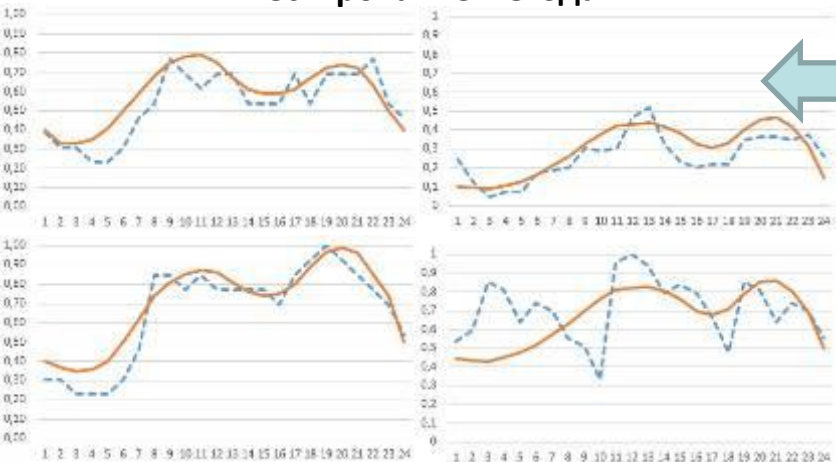


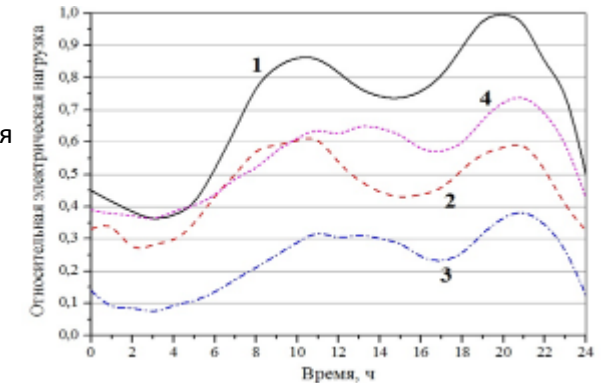
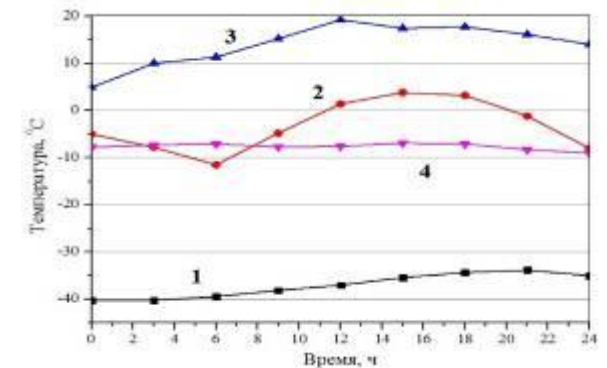
Схема функционирования отдельного нейрона  $k$  скрытого слоя

## Тестирование метода

Обучающая выборка - 26 реальных суточных графиков нагрузок населенных пунктов Якутии и Камчатки.



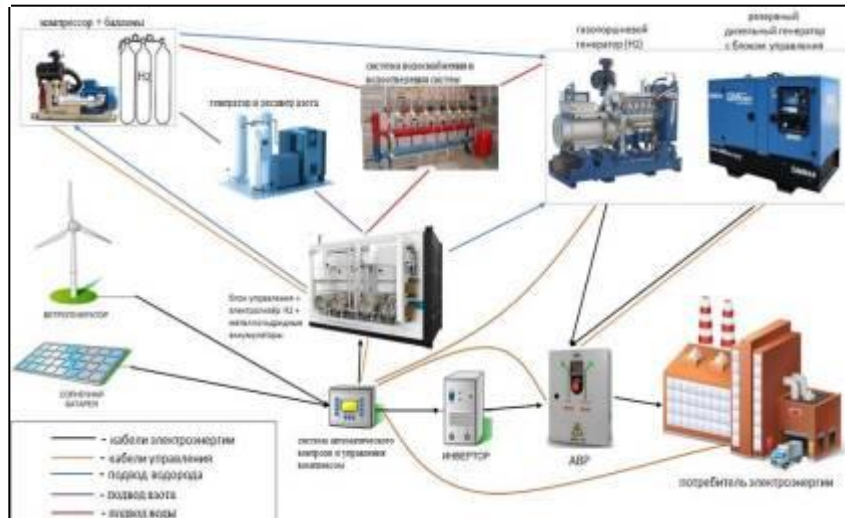
## Пример расчета



Результаты моделирования суточных графиков электрических нагрузок поселения Куокуйский наслег (Якутия): 1 – зима, 2 – весна, 3 – лето, 4 – осень.



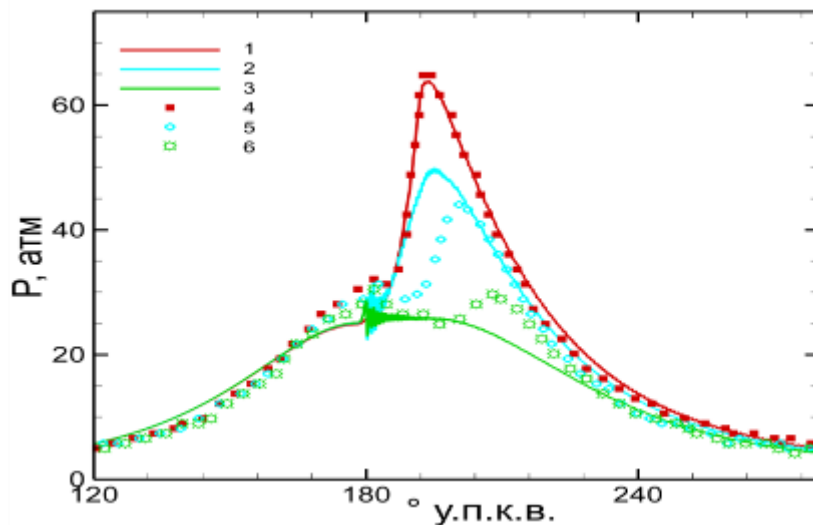
# Двигатель на водороде для гибридного энергокомплекса с водородным аккумулятированием (рук. д.т.н. Зайченко В.М., лаб. 2.1.3.1 и 4.3.1)



Структурная схема гибридного энергокомплекса

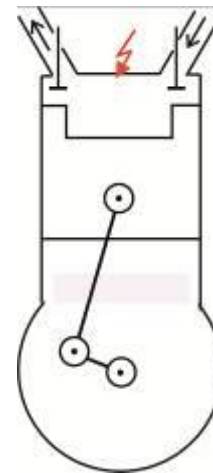


Стенд для испытаний водородного ДВС

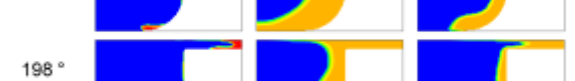


Индикаторные диаграммы для смесей «водород-воздух» при различных коэффициентах избытка воздуха.

Точки – эксперимент, линии – расчет, у.п.к.в. – угол поворота коленвала



$\lambda=2.0$  H<sub>2</sub>-воздух (17,4% H<sub>2</sub>, об.)  
 УОЗ - 0° у.п.к.в. до ВМТ  
 Мощность искры - 2 · 10<sup>12</sup> Дж/(кг·с)



$\gamma(\text{H}_2)$ : 0.01 0.04 0.07 0.1 0.13 0.16

Молярная концентрация водорода в цилиндре ДВС при сгорании водород-воздушной смеси (расчет)



# Разработка научных основ технологии получения жидких углеводородов из осадка сточных вод (ОСВ)

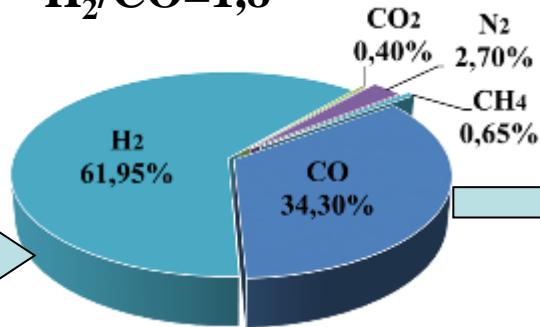
Руководитель д.т.н. Зайченко В.М., НИЦ-2

**1 кг ОСВ**

(влажность 3,3%)

Реактор двухстадийной пиролизической конверсии

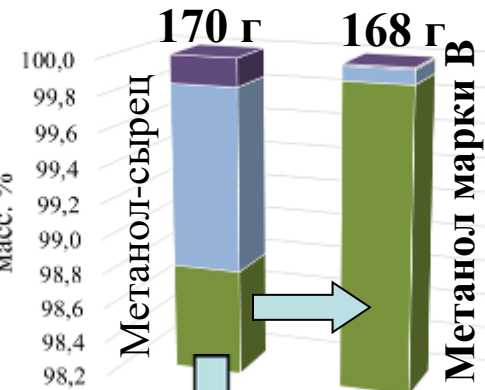
**1,07 нм<sup>3</sup> синтез-газа**  
**H<sub>2</sub>/CO=1,8**



Реактор синтеза метанола на металл-оксидном катализаторе (однопроходная схема)  
P=5 МПа  
T=205-225°C



■ метанол ■ H<sub>2</sub>O ■ микропримеси



В лабораторных условиях из газообразных продуктов пиролизической конверсии ОСВ получен метанол марки В и бензин экологического класса ЕВРО-5. Использование каскадной схемы из трех последовательных реакторов синтеза метанола позволит увеличить выход конечного продукта в 2,3 раза.

**67 г бензина**

с октановым числом 91,7  
(по исследовательскому методу)

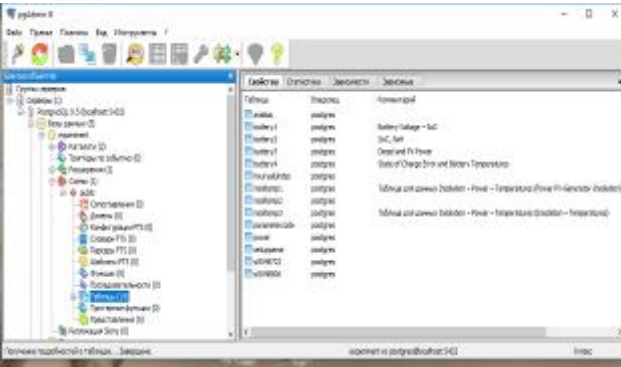


Реактор синтеза бензина на цеолитном катализаторе  
P=0,3 МПа  
T=350°C





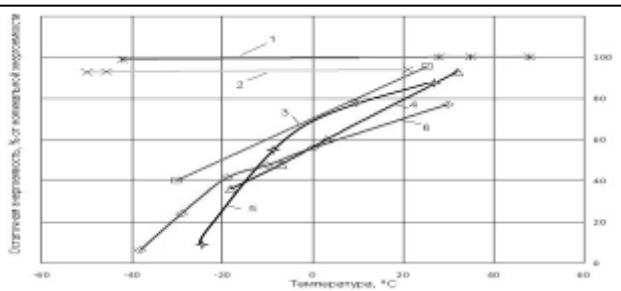
Отв. исполнители: А.Б. Тарасенко, С.В. Киселева



1. Для территории РФ создана и верифицирована база климатических и актинометрических данных с объемом данных 297 Гб. База содержит многолетние ряды данных измерений солнечной радиации и данные спутниковых наблюдений, а также базы данных нагрузок различных потребителей, результатов мониторинга работы солнечных энергоустановок в различных точках России, а также база данных по технико-экономическим характеристикам ключевых компонентов установок. Тем самым обеспечена исходными данными возможность моделирования и оптимизации установок различной конфигурации в интересах разработчиков установок.



2. Существенно развита экспериментальная база лаборатории на площадках ОИВТ РАН и Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова для отработки различных типов солнечных и гибридных энергоустановок, в том числе стенд для отработки контроллеров мощностью 7 кВт (в рамках НОЦ ОИВТ РАН – МЭИ) и экспериментальный образец проточного ванадий-редокс аккумулятора.



3. С использованием климатической камеры выполнен комплекс экспериментальных исследований энергетических характеристик современных коммерческих электрохимических устройств при отрицательных температурах. Предложены эффективные технические решения обеспечения высокой мощности при отрицательных температурах (пусковой режим) с использованием гибридных накопителей энергии, объединяющих преимущества аккумуляторов и суперконденсаторов.



4. Показано, что при продолжающемся быстром снижении стоимости фотоэлектрических преобразователей они становятся конкурентоспособными не только для производства электроэнергии для автономных потребителей, но и в системах горячего водоснабжения вместо электроводонагревателей). Начаты расчетно-аналитические и экспериментальные исследования в этой перспективной для практики области.

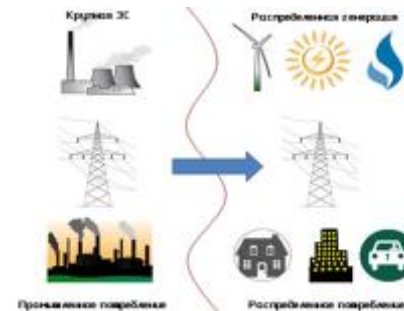
Источники финансирования: 2 РФФ, 1 РФФИ, контракт, ПП РАН «Арктика»



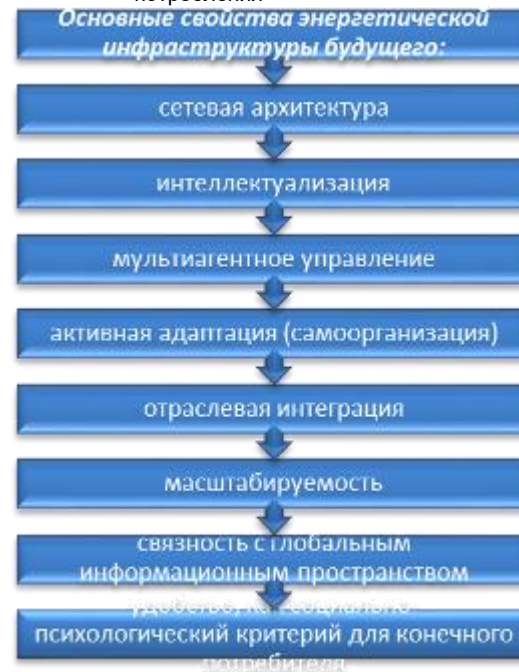
## РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ МЕТА-СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ. АДАПТАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ К ПРОБЛЕМАМ КОМПЛЕКСНОЙ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИИ И Г. МОСКВЫ. (д.т.н. В.В. Бушувев)

### Проект

### «Инновационная электроэнергетика 21»



Изменение типа генерации и потребления



Одной из главных целей новой энергетической политики России является курс на глубокую электрификацию всей экономики и социального сектора страны. Это предопределяет необходимость инновационного развития электроэнергетики, которая рассматривается не как отрасль, а как система систем, включающая и «электрический мир» потребителя, и «умную» инфраструктурную сеть, и энергоинформационное объединение ЕЭС-2.0.

Проект – «**Инновационная электроэнергетика 21**» содержит возможные направления мета-системного развития электроэнергетики и пути организации ее инновационного реформирования.

*Структура ЕЭС -2.0 - это сочетание цепочечных схем объединяемых энергосистем Урала, Сибири и Дальнего Востока, а также ячеистых схем по ходу объединения отдельных широтных и меридиальных направлений: вдоль Транссиба и ВСК, БАМа и газопровода «Сила Сибири», вдоль Севморпути и «Нового шелкового пути» в рамках общего Трансевразийского пояса развития.*

*Целью электроэнергетики нового поколения является как надежность и эффективность (экономическая, технологическая и социальная) всей системы энергоснабжения на территории страны, так и ее стимулирующая роль драйвера экономического развития регионов.*

*Главным инструментом достижения этого целевого развития электроэнергетики является инновационность, обеспечивающая качественно новый облик «электрического мира» потребителей и Единой энергетической системы ЕЭС - 2.0.*

**Внедрение:** результаты выполненных методологических работ были использованы: в формировании актуализированной Энергетической стратегии г. Москвы на период до 2030 г. , в доработке Проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года , в разработке проекта Прогноза НТП в энергетике на период до 2035 года (Минэнерго РФ).



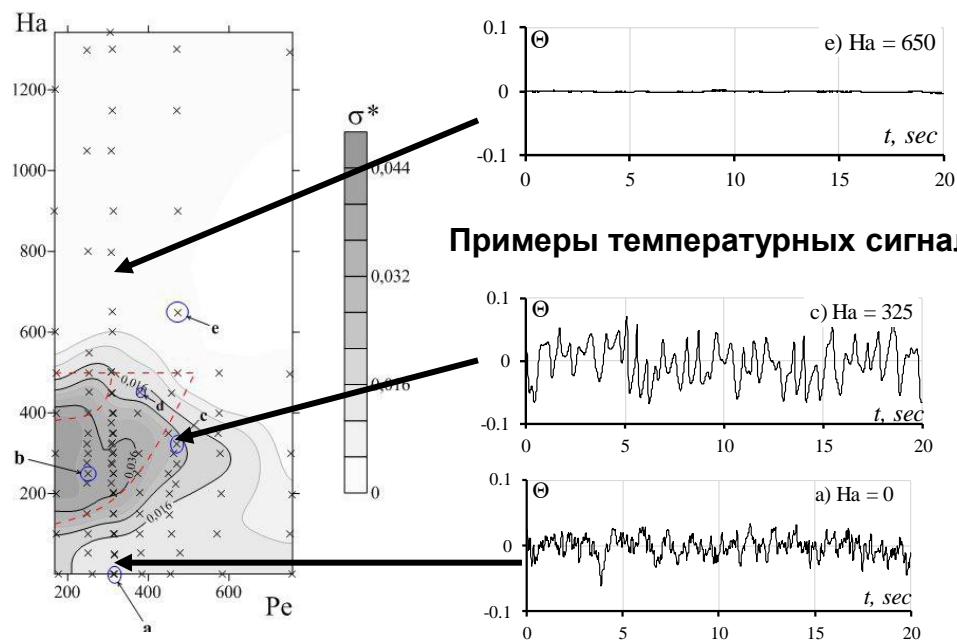
## ИССЛЕДОВАНИЕ МГД-ТЕПЛООБМЕНА ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



Руководитель работ: д.т.н. Свиридов В.Г.

Основные исполнители:

к.т.н. Беляев И.А., к.т.н. Бирюков Д.А., к.т.н. Мельников И.А.



Примеры температурных сигналов

Границы существования явления в  
круглых трубах

$$Gr = (0.5-1.2) \cdot 10^8$$

Источник финансирования:  
РНФ- № 14-50-00124 (направление Канеля  
Г.И.)

В 2017 г. получен мегагрант (МЭИ) и  
грант РНФ (для молодых ученых)

С использованием установки РК-3 получены данные о границах существования режимов течения сопровождающихся интенсивными пульсациями температуры, определены особенности переходов между различными режимами. Проведены оценочные расчеты влияния температурных пульсаций на ресурс реальных конструкций термоядерных реакторов.



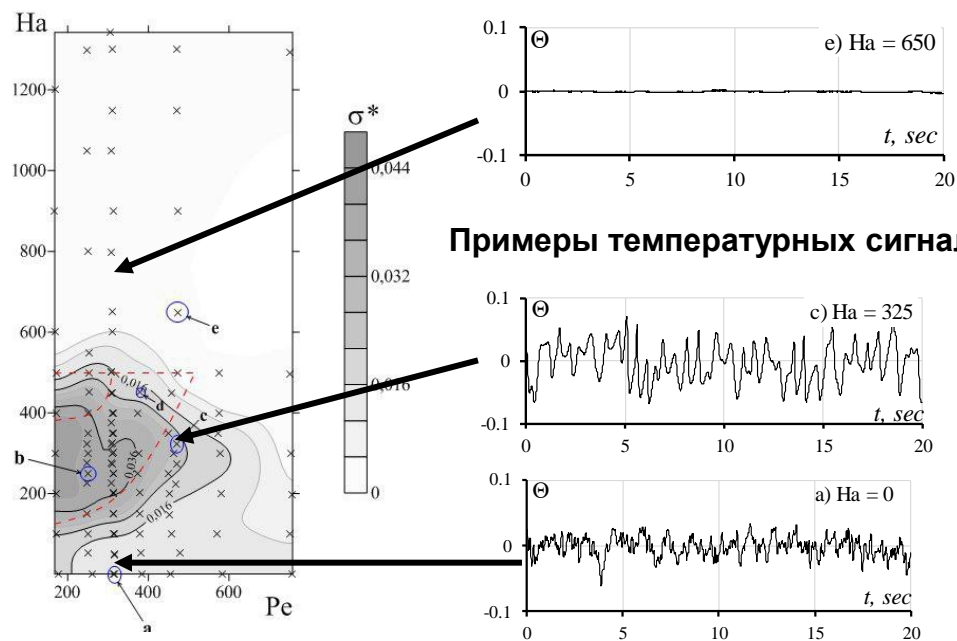
## ИССЛЕДОВАНИЕ МГД-ТЕПЛООБМЕНА ЖИДКИХ МЕТАЛЛОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЭНЕРGETИКЕ



Руководитель работ: д.т.н. Свиридов В.Г.

Основные исполнители:

к.т.н. Беляев И.А., к.т.н. Бирюков Д.А., к.т.н. Мельников И.А.



Примеры температурных сигналов

Границы существования явления в  
круглых трубах

$$Gr = (0.5-1.2) \cdot 10^8$$

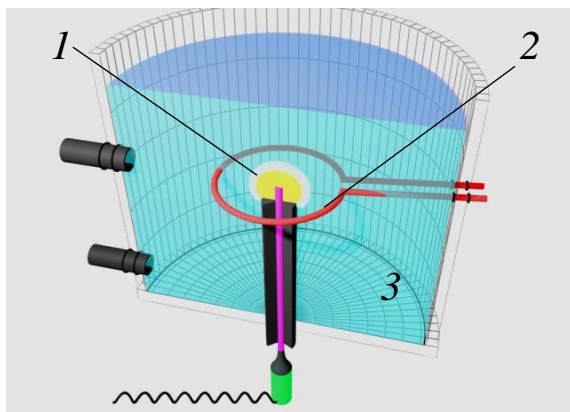
Источник финансирования:  
РНФ- № 14-50-00124 (направление Канеля  
Г.И.)

В 2017 г. получен мегагрант (МЭИ) и  
грант РНФ (для молодых ученых)

С использованием установки РК-3 получены данные о границах существования режимов течения сопровождающихся интенсивными пульсациями температуры, определены особенности переходов между различными режимами. Проведены оценочные расчеты влияния температурных пульсаций на ресурс реальных конструкций термоядерных реакторов.



**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ФРАГМЕНТАЦИИ ГОРЯЧЕГО РАСПЛАВА, ПОГРУЖЕННОГО В  
ОХЛАДИТЕЛЬ (РНФ14-50-00124, РФФИ 15-08-06145 исп. д.т.н. Ю.П. Ивочкин, д.т.н. Ю.А. Зейгарник)**

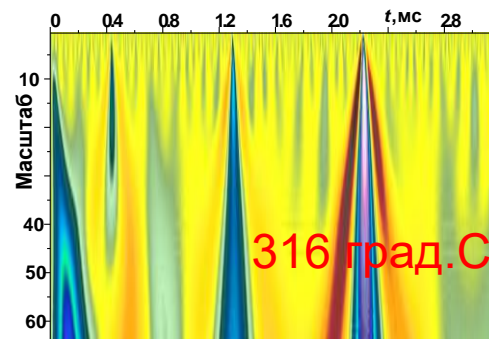
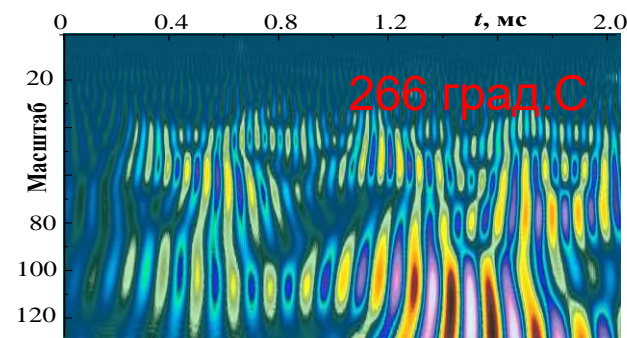
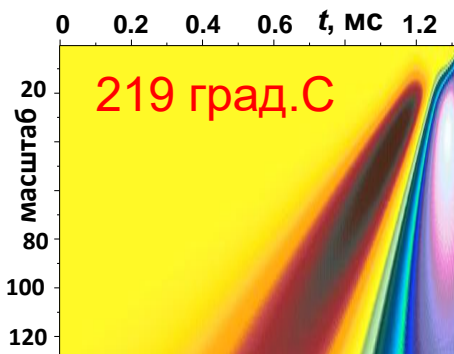


Получен новый материал по динамике развития контакта поверхности горячего тела (до 1600 °С), окруженного паровой оболочкой, с гидродинамическими волнами охладителя на границе пар – жидкость. С помощью вейвлет-анализа определены амплитудно-частотные характеристики процесса соприкосновения и выявлены особенности его протекания в зависимости от температуры нагретой стенки. Обоснована возможность применения кавитационно-акустической модели для описания процесса фрагментации.

Схема установки по исследованию фрагментации капле. 1 – жидкометаллическая капля, окруженная паровой оболочкой; 2 – индуктор; 3 - вода.



Вид осколков после фрагментации. (а) - тонкая фрагментация; (б) – полые фрагменты; (в) – застывшие струи.



Вейвлет образы осциллограмм электрического контакта охладителя с нагретой поверхностью при различных температурах стенки.



## ВОДОРОДНАЯ СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (ВСРЭ)

*Рук. к.т.н. Борзенко В.И.*



ВСРЭ  
блок хранения  
водорода

Электролизер  
H<sub>2</sub>box-300

300 норм. л/мин  
0.3 МПа

Компьютер

Металлогидридный  
реактор РХН

100 кг LaNi<sub>4.8</sub>Al<sub>0.2</sub>  
1.1%вес. H<sub>2</sub>  
при 40°C, 0.3 МПа  
воздушное и  
жидкостное охлаждение

Разработаны технические решения для обеспечения бесперебойной работы телекоммуникационного оборудования мощностью до 10 кВт в течение 10 ч за счет аккумулярования энергии в водороде путем электролиза воды, в том числе с использованием возобновляемых источников энергии, безопасного хранения водорода в твердофазном связанном состоянии и производства электроэнергии в топливных элементах.

*Проект выполнен при поддержке Минобрнауки РФ  
В 2016 г.: 1 патент + 2 заявки, 3 публикации + 2 в печати*

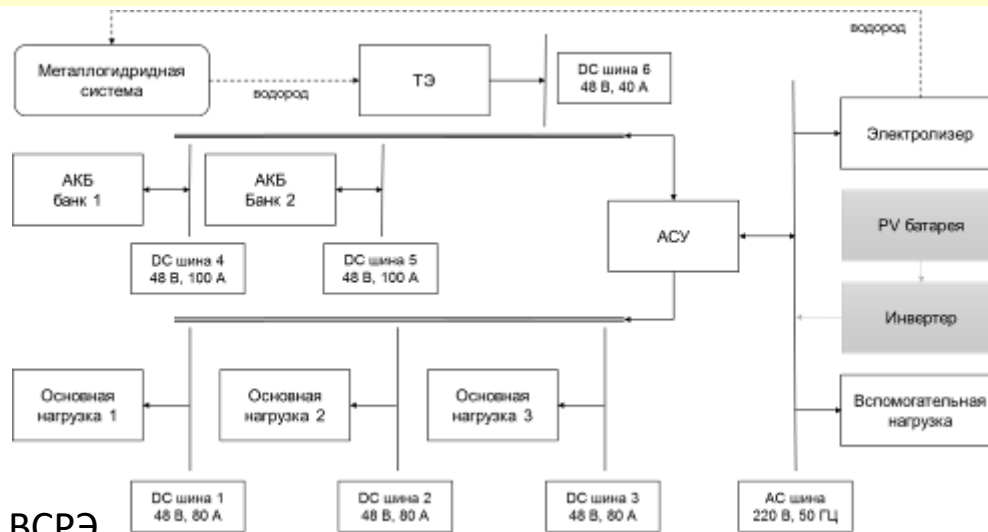
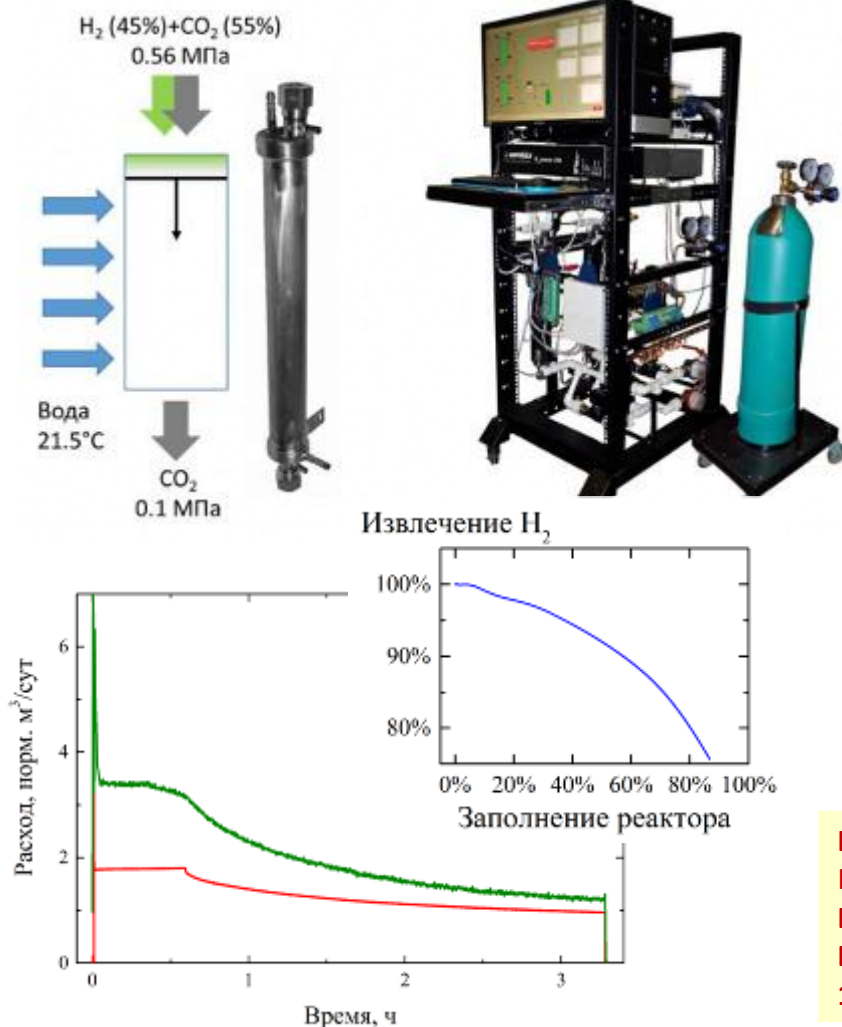


Схема ВСРЭ



## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЧИСТКИ БИОВОДОРОДА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

к.т.н. Борзенко В.И., к.ф-м.н. Дуников Д.О., к.т.н. Блинов Д.В.



### Решаемая задача:

Получение водорода биологическим путем, разработка методов извлечения водорода из сильно загрязненных газовых потоков.

### Решаемые научно-технические проблемы:

В водороде, производимом микроорганизмами

- высокое содержание примесей (до 50%об. CO<sub>2</sub> и выше)
- низкое парциальное давление (менее 1 атм) водорода.

### Новизна и преимущества:

Селективное поглощение водорода металлгидридами обеспечивает очистку водорода, содержащего газообразные примеси в количестве не менее 60%об., без дополнительной механической компрессии с коэффициентом извлечения водорода из смеси свыше 80%.

**Источники финансирования:** проект РФФИ

Международное сотрудничество: Feng Chia University (Тайвань)

**Внедрение:** учебный процесс «Сколтех»

**В 2016 г.: 1 патент, 2 публикации**

**1 диссертация кандидата наук: Блинов Д.В.**



ОИВТ РАН

НИЦ-2, Отделение Энергетики и  
энерготехнологий (2.1)

Отдел прикладной электрофизики (2.1.4)  
(зав. отд., к.ф.-м.н. Гавриков А.В.)

науч. рук. акад. Смирнов В.П., основной исполнитель м.н.с.  
Усманов Р.А. (лаб. 2.1.4.1)

## Диффузная вакуумная дуга на катоде из оксида церия, моделирующем процессы испарения и ионизации диоксида урана

- ✓ Впервые экспериментально реализован диффузный вакуумный дуговой разряд на катоде из непроводящего при комнатной температуре  $\text{CeO}_2$
- ✓ Исследованы параметры разряда и образующейся в нем плазмы

### Особенности диффузной вакуумной дуги как источника плазмы

- Низкая плотность тока на катоде —  $10^2 \text{ A/cm}^2$
- Отсутствие микрокапель в плазме
- Стабильное напряжение горения

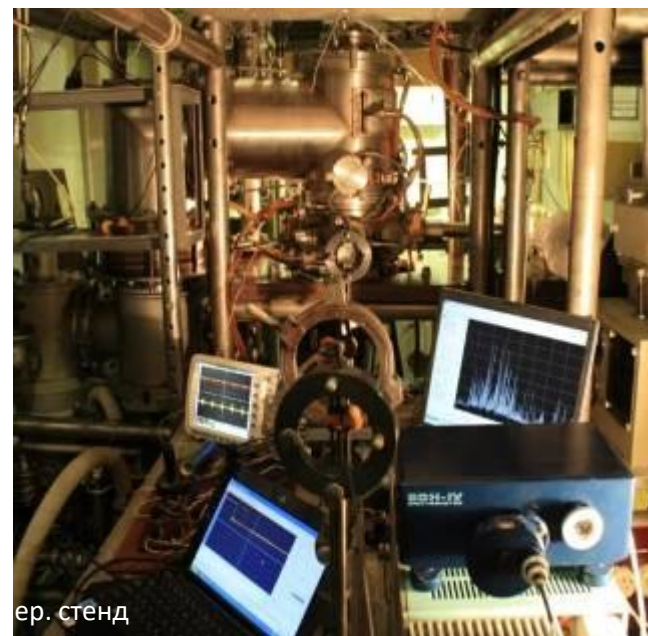
### Оксид церия - диэлектрик

$\text{CeO}_2$  порошок



Спекание  
в вакууме

$T = 2 \text{ кК}$   
 $t = 10 \text{ мин}$



### Параметры разряда

- температура катода  $2,15-2,3 \text{ кК}$
- напряжение  $9-13 \text{ В}$
- ток  $30-100 \text{ А}$
- мощность подогрева  $650-900 \text{ Вт}$
- Скорость испарения катода  $2-5 \text{ мг/с}$
- Температура электронов  $0,7-1 \text{ эВ}$
- Удельная эрозия  $0,02 \text{ ат/эл}$

### Основные результаты

- Определен диапазон параметров (напряжение, ток, температура катода) стабильного существования диффузного вакуумного разряда на катоде из оксида церия.
- Показано, что эффект управления параметрами образующейся в разряде плазмы выражен значительно слабее, чем в случае термоэмиссионных катодов.
- $\text{CeO}_2$  занимает промежуточное положение в ряду типичных термоэмиссионных и нетермоэмиссионных катодов согласно измеренным параметрам дуги.