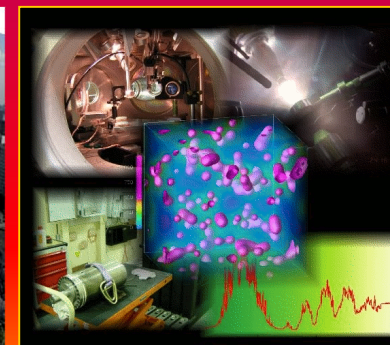
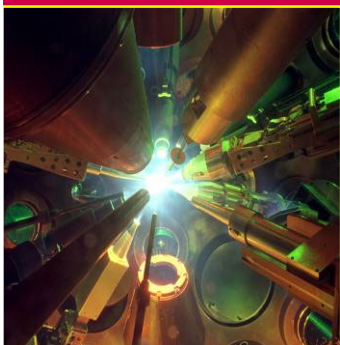


# Объединенный институт высоких температур РАН

## Основные научные результаты 2018 года



**World Research Institution Ranking (WRIR) - рейтинг мировых научных организаций по Российской Федерации.**

Рейтинг Европейской научно-промышленной палаты

**ОИВТ РАН занял первое место в номинации инженерные науки (A+) среди 324 организаций**

1	<a href="#">Объединенный институт высоких температур РАН</a>	A+
2	<a href="#">Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук</a>	A+
3	<a href="#">Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук</a>	A+
4	<a href="#">Ракетно-космическая корпорация (РКК) «Энергия» имени С. П. Королёва</a>	A+
5	<a href="#">Институт машиноведения им. А.А. Благонравова</a>	A+
6	<a href="#">Институт теплофизики УрО РАН</a>	A
7	<a href="#">Институт энергетических исследований Российской академии наук</a>	A
8	<a href="#">Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина»</a>	A
9	<a href="#">Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук</a>	A
10	<a href="#">Центральный научно-исследовательский институт машиностроения</a>	A

**ОИВТ РАН занял второе место в номинации Физика (АА+)  
среди 81 организаций**

1	<a href="#">Физический институт им. Лебедева РАН</a>	АА+
2	<a href="#">Объединенный институт высоких температур РАН</a>	АА+
3	<a href="#">Объединенный институт ядерных исследований</a>	АА+
4	<a href="#">Институт теоретической физики им. Ландау РАН</a>	АА+
5	<a href="#">Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук</a>	АА+
6	<a href="#">Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН (ИФМ УрО РАН)</a>	АА
7	<a href="#">Институт химической физики имени Н. Н. Семёнова РАН</a>	АА
8	<a href="#">Институт физики твердого тела РАН</a>	АА
9	<a href="#">Институт общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук</a>	АА
10	<a href="#">Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук</a>	А+

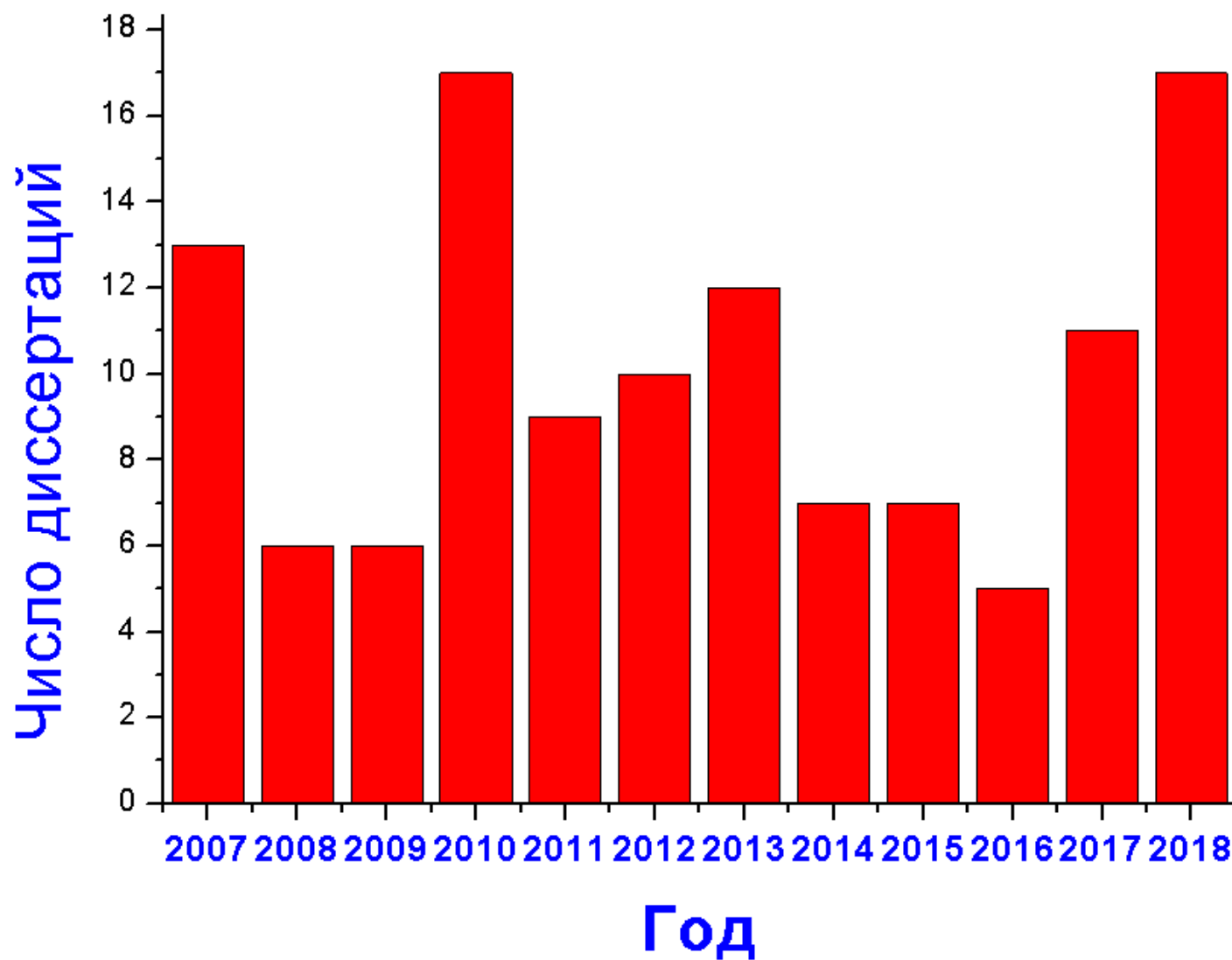
## Публикации ведущих институтов в 2018 году по базе Web of Science

Институт	Условная численность исследователей по базе Минобрнауки	Число публикаций в WOS в 2018 году	Число публикаций в WOS в 2018 г. на одного исследователя	Число статей в журналах, входящих в квартиль Q1	Доля публикаций в журналах, входящих в квартиль Q1
Институт сильноточной электроники СО РАН	113,5	166	1,46	14	8,4%
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН	929	1219	1,31	443	36,3%
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН	285,5	249	0,87	34	13,6%
ОИВТ РАН	560,3	483	0,86	70	14,4%
Институт прикладной физики РАН	200	474	2,37	94	19,8%
Институт проблем химической физики РАН	497,8	465	0,93	29	6,2%

## Научные кадры ведущих институтов в 2018 году

Институт	Условная численность исследователей по базе Минобрнауки	Доля исследователей $\leq$ 39 лет	Число сотрудников, имеющих публикации в 2018 г. в журналах квантиля Q1	Число сотрудников с индексом Хирша $\geq 20$	Число сотрудников имеющих цитируемость публикаций 2012-2018 годов $\geq 100$
Институт сильноточной электроники СО РАН	113,5	0,38	30	15	23
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН	929	0,22	255	84	76
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН	285,5	0,35	57	3	17
ОИВТ РАН	560,3	0,44	92	27	48
Институт прикладной физики РАН	200	0,46	141	39	38
Институт проблем химической физики РАН	497,8	0,29	57	27	48

## Динамика защит кандидатских диссертаций



# Ученые ОИВТ РАН

## защитившие диссертации в 2018 году

### Докторскую:

**Васильев Михаил Михайлович**, «Эволюция открытых диссипативных структур заряженных микрочастиц: методы диагностики и экспериментальные результаты»

Научный консультант академик Петров О.Ф.

### Кандидатские:

1. **Ананьев Сергей Юрьевич**, «Физико-химические превращения углеродных наноструктур и реакционных смесей при ударно-волновых воздействиях»

Научный руководитель д.ф.-м.н. Долгобородов А.Ю.

2. **Антонов Николай Николаевич**, «Формирование ионизированных потоков веществ для плазменного разделения компонентов, моделирующих отработавшее ядерное топливо, и исследование их распространение в буферной плазме со стационарным электрическим полем»

Научный руководитель к.ф.-м.н. Гавриков А.В.

3. **Беликов Роман Сергеевич**, «Экспериментальное исследование теплофизических свойств системы Мо-С эвтектического состава и графита при высоких температурах»

Научный руководитель к.ф.-м.н. Сенченко В.Н.

4. **Бивол Григорий Юрьевич**, «Влияния геометрии канала и покрытия стенок на распространение детонационных волн»

Научный руководитель д.ф.-м.н. Голуб В.В.

5. **Бузоверов Евгений Анатольевич**, «Выбор оптимальной мощности некогенерационных теплоисточников при реконструкции централизованных систем теплоснабжения»

Научный руководитель д.т.н. Зейгарник Ю.А.

6. **Дьячков Сергей Александрович**, «Квазиклассическая модель термодинамических свойств электронов с учетом состояний дискретного спектра и область ее применимости»

Научный руководитель к.ф.-м.н. Левашев П.Р.

7. **Иванин Олег Александрович**, «Оптимизация энергетических комплексов малой распределенной энергетики» - Научный руководитель д.т.н. Директор Л.Б.
8. **Ларкин Александр Сергеевич**, «Численное моделирование термодинамических свойств кулоновских систем частиц в вигнеровской формулировке квантовой механики»  
Научный руководитель д.ф.-м.н. Филинов В.С.
9. **Лизякин Геннадий Дмитриевич**, «Создание управляемого стационарного электрического поля в плазме масс-сепаратора» - Научный руководитель к.ф.-м.н. Гавриков А.В.
10. **Панов Владислав Александрович**, «Экспериментальные исследования электрического пробоя в газожидкостных средах» - Научный руководитель академик Сон Э.Е..
11. **Сыроватка Роман Александрович**, «Кулоновские структуры микрочастиц в электродинамических ловушках при атмосферном давлении»  
Научный руководитель д.ф.-м.н. Филинов В.С.
12. **Усманов Равилья Анатольевич**, «Испарение и ионизация веществ, моделирующих отработавшее ядерное топливо, в вакуумном дуговом разряде с подогреваемом катодом»  
Научный руководитель к.ф.-м.н. Гавриков А.В.
13. **Алхимова Марина Андреевна**, «Рентгеноспектральная диагностика плазмы, формируемой при воздействии сверхкоротких лазерных импульсов петаваттной мощности на твердотельные мишени»  
Научный руководитель к.ф.-м.н. Пикуз С.А.
14. **Васильев Николай Викторович**, «Экспериментальное исследование кипения при вынужденном течении недогретой жидкости» - Научный руководитель чл.-корр. РАН Вараксин А.Ю.
15. **Колотова Лада Николаевна**, «Моделирование фазовых и структурных превращений в сплаве уран-молибден под действием радиационных и термических воздействий»  
Научный руководитель к.ф.-м.н. Стариков С.В.
16. **Орехов Никита Дмитриевич**, «Многомасштабное моделирование плавления графита и графена»  
Научный руководитель д.ф.-м.н. Стегайлов В.В.
17. **Филиппов Евгений Дмитриевич**, «Рентгеновская диагностика сверхзвуковых лазерно-индуцированных плазменных потоков с астрофизическим подобием»  
Научный руководитель д.ф.-м.н. Скобелев И.Ю.

Премия  
Правительства Российской Федерации  
в области науки и техники

**Попель Олег Сергеевич**

Международная премия  
НАН Белоруссии  
имени академика А.В. Лыкова  
**Петров Олег Федорович**

Премия  
Правительства Москвы  
молодым ученым за 2018 год  
**Терешонок Дмитрий Викторович**  
**Панова Владислав Александрович**  
**Саргсян Микаэл Арменович**

# Направления деятельности

## **Программа фундаментальных научных исследований Государственных академий на 2013 – 2020 годы (Технические науки)**

**Пункт 17. Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая проблемы энергобезопасности, энергосбережения и рационального освоения природных энергоресурсов.**

**Пункт 18. Физико-технические и экологические проблемы энергетики; теплообмен; теплофизические и электрофизические свойства веществ; низкотемпературная плазма и технологии на ее основе**

**Пункт 19. Фундаментальные проблемы современной электротехники, импульсной и возобновляемой энергетики**

**Пункт 20. Междисциплинарные проблемы атомной, термоядерной, водородной, космической и нетрадиционной энергетики .**

**Пункт 22. Механика жидкости, газа и плазмы, многофазных и неидеальных сред, механика горения, детонации и взрыва.**

**Пункт 23. Механика деформирования и разрушения материалов, сред, изделий, конструкций, сооружений и триботехнических систем при механических нагрузках, воздействии физических полей и химически активных сред.**

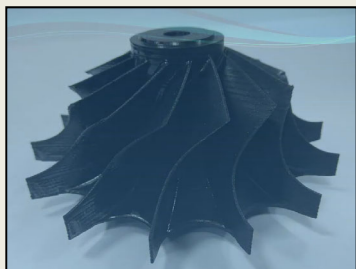
**Основы эффективного развития и функционирования энергетических систем на новой технологической основе в условиях глобализации, включая проблемы энергобезопасности, энергосбережения и рационального освоения природных энергоресурсов.**



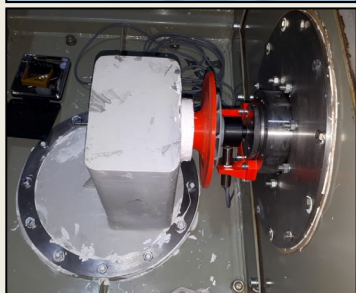
# СТЕНД ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В ОИВТ РАН разработан и введен в строй уникальный стенд физического газодинамического эксперимента, обеспечивающий возможность проведения ускоренных газодинамических испытаний макетов лопаточных машин, изготовленных по аддитивным технологиям из металлов и/или пластика на основе методов быстрого прототипирования. Эксперименты на макетах проводятся при криогенных температурах (80-90 K) с соблюдением подобия по критериям Маха и Рейнольдса, что позволяет в разы сократить продолжительность испытаний и затраты на разработку высокоэффективных компрессоров и турбин, в том числе, для микрогазотурбинных энергоустановок, освоение импортозамещающего производства которых планируется в России в кооперации с промышленным партнером НПО «Алмаз» в интересах оборонных и гражданских секторов экономики

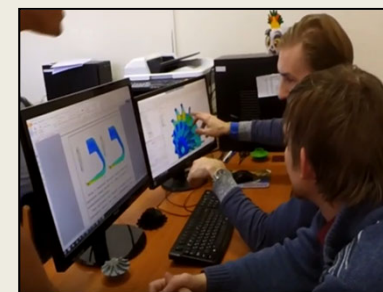
Отпечатанный на  
3-D принтере  
пластиковый  
макет турбины



Пластиковый  
макет турбины в  
испытательном  
боксе



Турбина  
газотурбинного  
двигателя,  
созданная на  
основе испытаний



Отдел теплоэнергетики. Зав. к.т.н. Косой Александр Семенович



# Технология получения топлива из местных топливно-энергетических ресурсов



Разработана технология получения топлива из местных топливно-энергетических ресурсов: древесных и сельскохозяйственных отходов, торфа, отходов жизнедеятельности различных видов газового с теплотой сгорания порядка 2800 ккал/м<sup>3</sup> не содержащего жидкой фазы.

В лабораторных условиях из газообразных продуктов пиролитической конверсии ОСВ получен метанол марки В и бензин экологического класса ЕВРО-5

Сырье для производства синтез-газа	Свойства синтез-газа	
	H <sub>2</sub> +CO, %	H <sub>2</sub> /CO
Древесные пеллеты	92	1
Торфяные пеллеты	90	1,2
Соломенные пеллеты	78	1
Пеллеты из лузги подсолнечника	80	1,2
Помётно-подстилочная масса	83	1,2
<b>Осадки сточных вод</b>	95	<b>1,8</b>
Опил (отходы целлюлозно-бумажного производства)	96	1
<b>Кора древесная</b>	92	<b>1,6</b>

**Лаб. 2.1.3.1. - распределенной генерации**

**Зав. лаб. д.т.н. Зайченко Виктор Михайлович**



# Получение бионефти из биомассы микроводорослей

## Биомасса



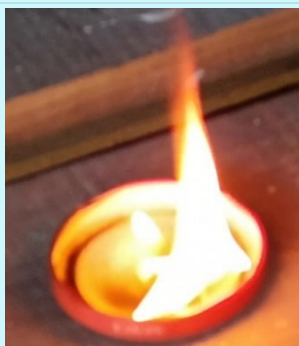
Суспензия



Сухая



Образцы бионефти, полученные при различных температурах обработки



Получение горючей бензиновой фракции

## Лабораторная установка



Реактор гидротермального сжижения биомассы и система управления



Лабораторный стенд по возгонке бионефти

## Исследования направлены на:

- увеличение выхода бионефти;
- улучшение качества бионефти (повышение содержания углерода, понижение содержания кислорода, азота и серы, увеличение содержания бензиновой фракции, понижение вязкости и плотности и др.);

## Результаты:

- получены образцы бионефти с выходом более 40 %;
- содержание бензиновой фракции в бионефти составляет около 30 %.
- теплота сгорания бионефти и ее бензиновой фракции составляют около 35 и 38 МДж/кг соответственно.

**Лаб. Энергоаккумулирующих веществ  
Зав. лаб. к.т.н. Власкин Михаил Сергеевич**

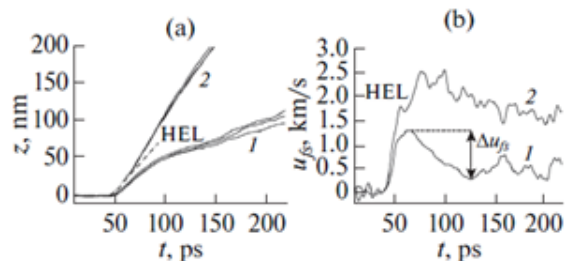
**Физико-технические и экологические  
проблемы энергетики; тепломассообмен;  
теплофизические и электрофизические  
свойства веществ; низкотемпературная  
плазма и технологии на ее основе**

# ЛАЗЕРНЫЙ ТЕРАВАТТНЫЙ ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ КОМПЛЕКС

Лаб. №1.2.3.1. – лазерного воздействия. Зав. лаб. д.ф.-м.н. Агранат Михаил Борисович

## НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ, УДАРНО-ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ, МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФЛИ

Новые данные о напряжениях течения, сдвиговой прочности и прочности на разрыв диборида титана при высоких скоростях  $\sim 10^9$  с<sup>-1</sup> растяжения



Профили смещения (a) и волновые профили скорости свободной поверхности (b)

## БИОМЕДИЦИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО КОГЕРЕНТНОГО ТГЦ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА  
Разработан экспериментальный стенд и методика измерений

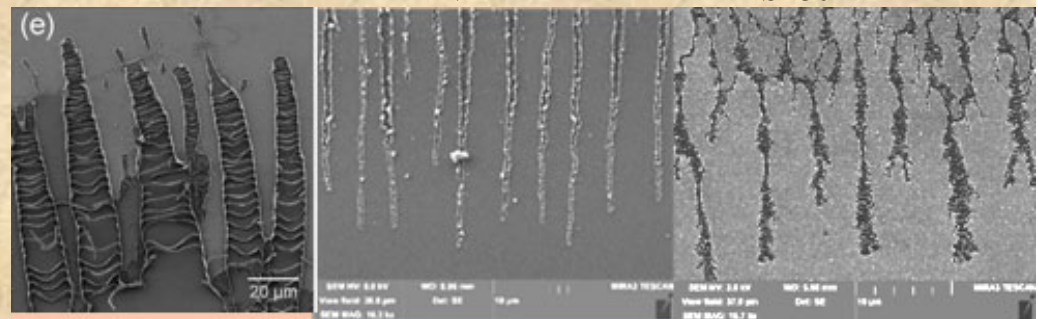
Вспомогательные репродуктивные технологии



Актуальная проблема - маркировка эмбрионов лазерным скальпелем J. of Assisted Reproduction and Genetics, USA принята в печать (редакция планирует поставить рисунок на обложку журнала – на эмбрионе гравировка JARG)

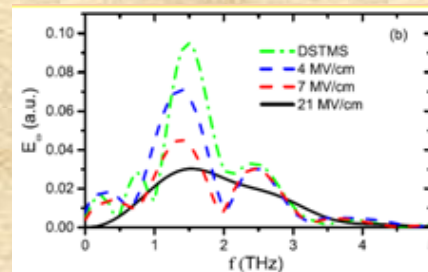
## РАЗРУШЕНИЕ ТГЦ ИМПУЛЬСАМИ ПЛЕНОК Al, Ni, СТАЛИ AISI 304 ПРИ МНОГОКРАТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Al Ni AISI 304

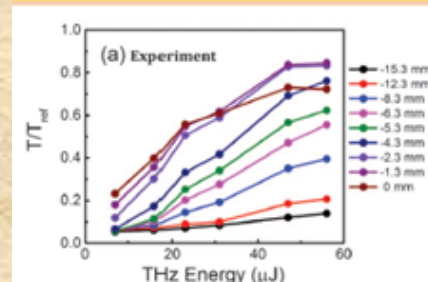


## НОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРИ СВЕРХВЫСОКИХ ПОЛЯХ

Нелинейное пропускание двухпериодного терагерцового импульса через непрозрачный p-легированный Si



Преобразование при пропускании двухпериодного ТГц импульса с напряженностью поля 21 МВ/см в однопериодный

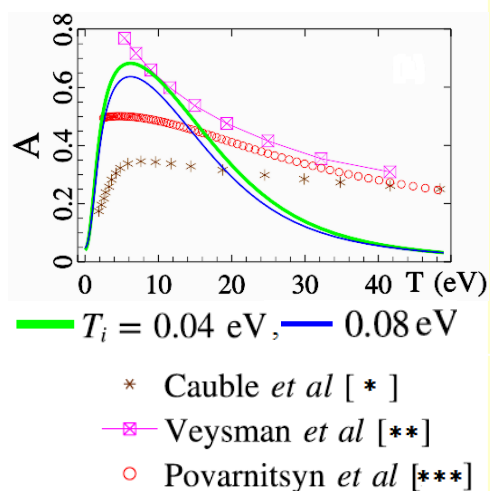


Нелинейное пропускание терагерцового импульса через InGaAs при напряженности поля до 3 МВ/см



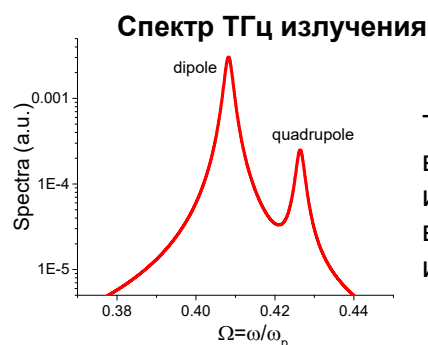
# Генерация релятивистских заряженных частиц и излучения при взаимодействии интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов с плазмой и структурированными мишенями

Для широких диапазонов частот лазерного излучения и температур построена аналитическая модель оптических свойств металлической плазмы, учитывающая электрон-фононные взаимодействия и процессы переброса.



Коэфф. поглощения  $A$  для  $\Omega_{\text{las}} = 0.4$  мкм, Al плазмы с  $\rho = \rho_{\text{solid}}$  как функция температуры электронов  $T_e$  для различных температур ионов  $T_i$  - сплошные линии. Маркеры - расчеты для неметаллической плазмы: [*\**] R. Cauble and W. Rozmus, PRE **52**, 2974 (1995); [*\*\**] M. Veysman, G. Ropke, et.al., PRE **94**, 013203 (2016). [*\*\*\**] полуэмпирическая модель M. Povarnitsyn *et al.*, App. Surf. Sci. **258**, 9480 (2012).

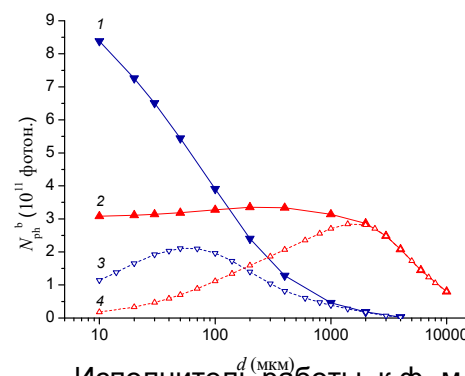
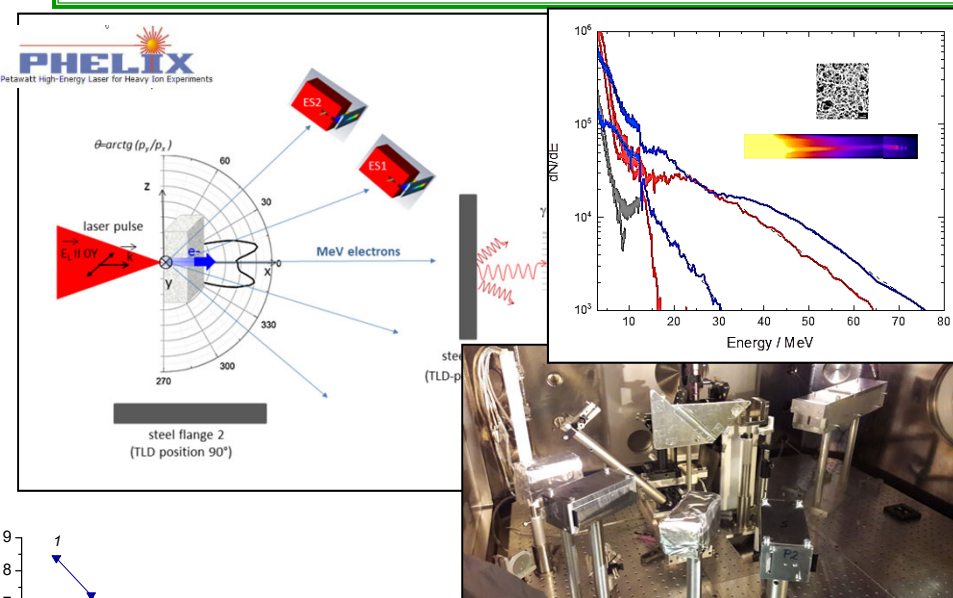
Исполнитель работы к.ф.-м.н М.Е. Вейсман



Теоретически предсказана возможность дипольного излучения ТГц волн при воздействии лазерного импульса на кластеры.

Исполнитель работы д.ф.-м.н А.А. Фролов.

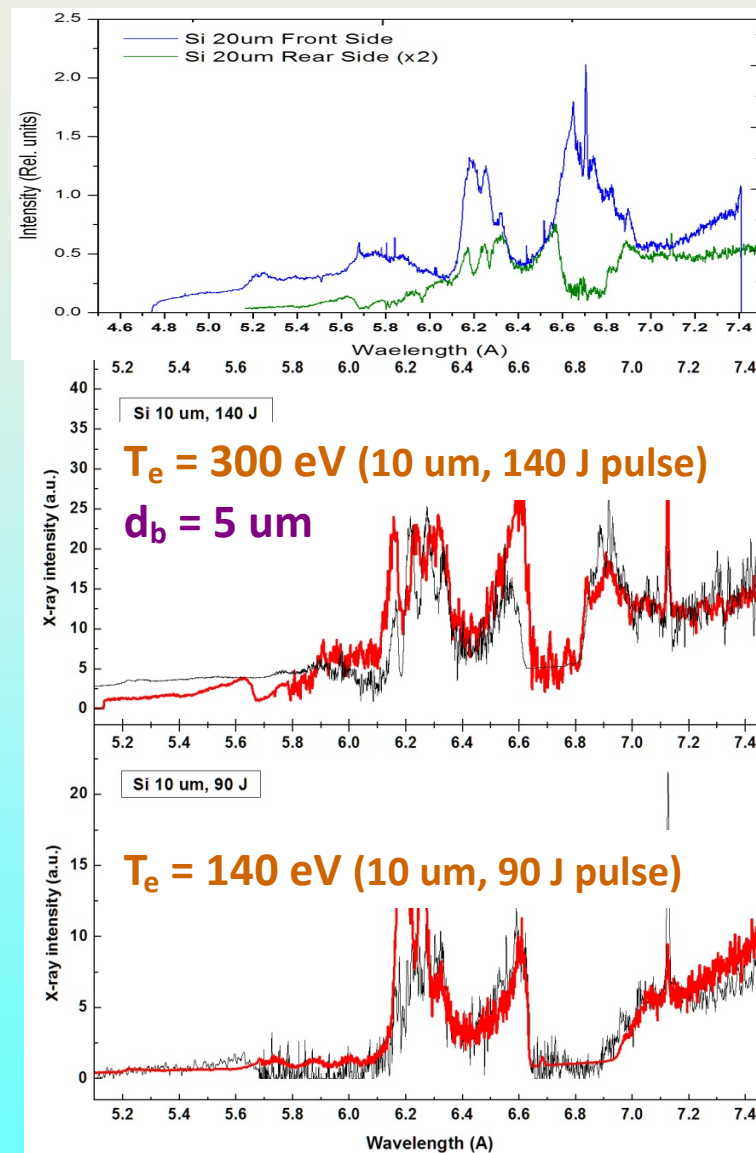
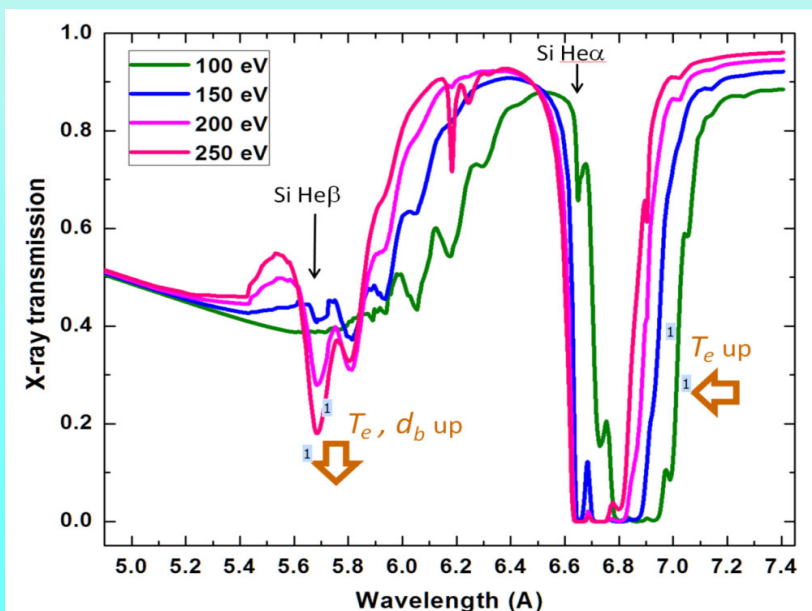
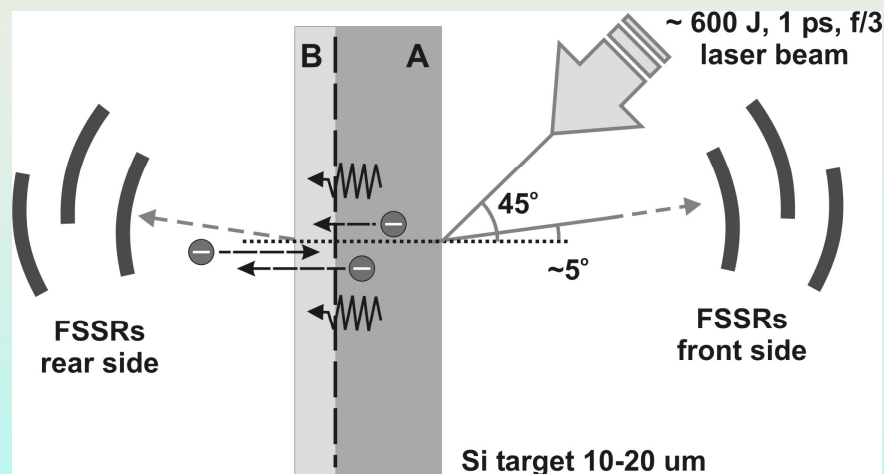
В рамках проекта FAIR теоретически предсказано и получено экспериментально на установке петаваттного класса PHELIX рекордное количество релятивистских электронов при взаимодействии лазерного излучения с мишенями околоритической плотности: **80 нК с энергией больше 30 МэВ**



Исполнитель работы к.ф.-м.н О.Ф. Костенко

Построена полуаналитическая модель генерации тормозного рентгеновского излучения в металлических мишенях с учётом рециркуляции горячих электронов.

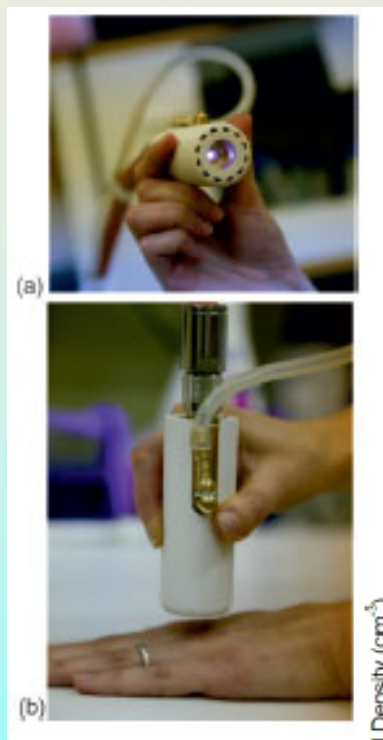
# Абсорбционная спектроскопия для измерения параметров нагретого плотного вещества, формируемого ПВт лазерным импульсом на тыльной поверхности твердотельных мишеней



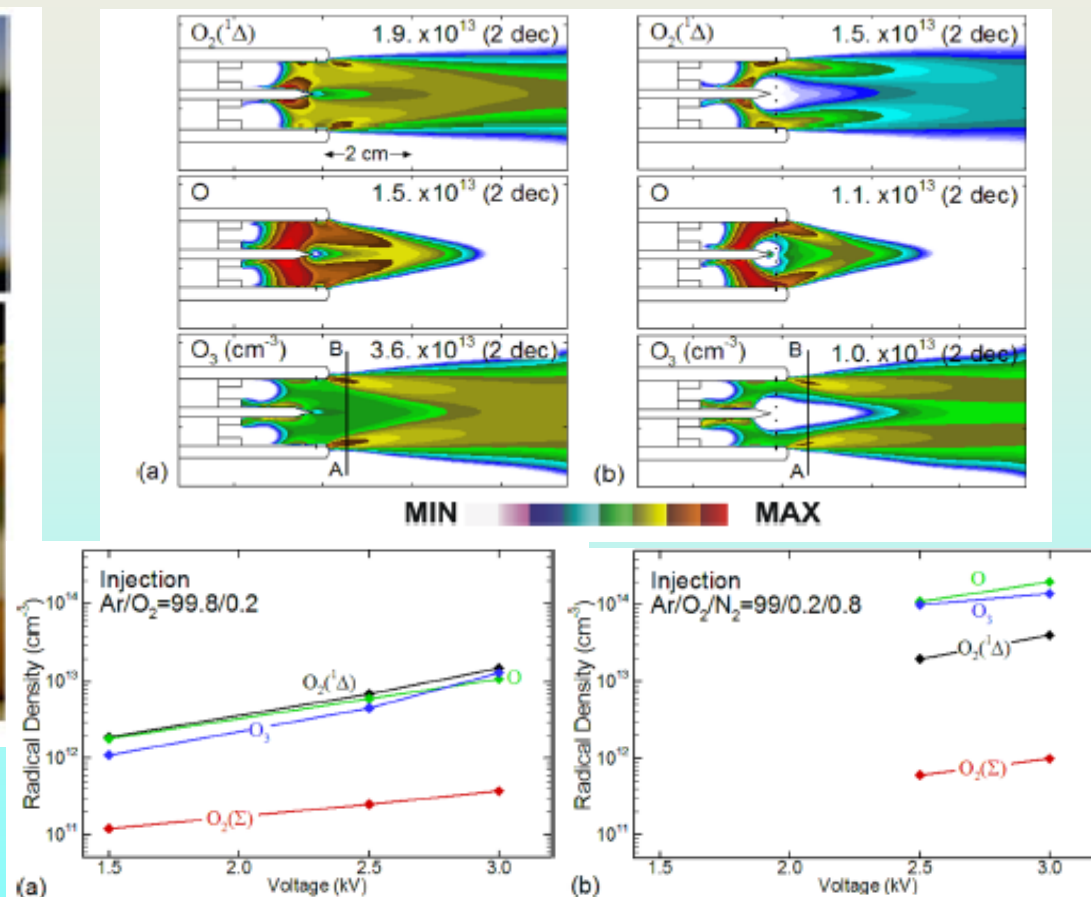
// Опубликовано: *Photonics Research* 6, 234 (2018)

Лаб. №1.2.5 – диагностики вещества в экстремальном состоянии  
Рук. работ: зав. лаб. к.ф.-м.н. Пикуз Сергей Алексеевич

# Наработка активных частиц в аргоновом СВЧ факеле



Эксперимент



Моделирование

Наработка  
важнейших  
активных частиц  
в СВЧ факеле с  
сеткой и без сетки.

Наработка  
важнейших активных  
частиц в факеле при  
использовании  
различного состава  
плазмообразующего  
газа (состав указан в  
верхнем левом углу  
в каждой рамке).

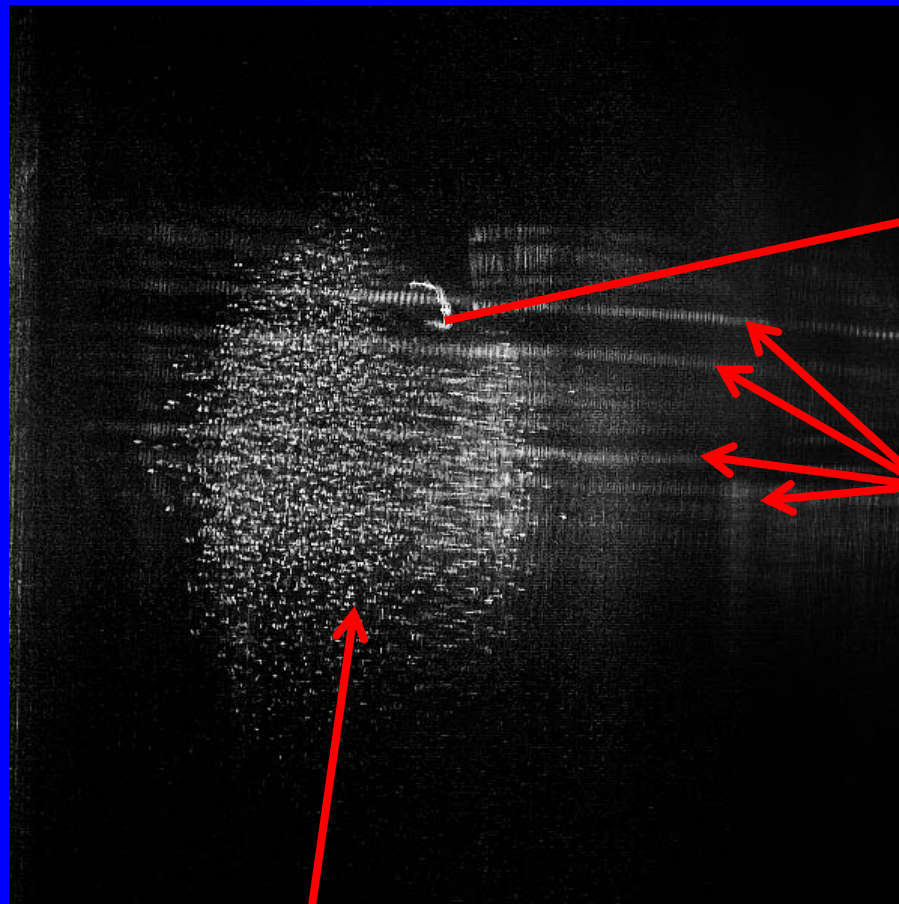
N.Yu. Babaeva, G V Naidis, D V Tereshonok, E E Son, M M Vasiliev, O F Petrov and V E Fortov, "Production of active species in argon microwave plasma torch", *J. Phys. D: Appl. Phys.* 51, 464004 (2018).

Лаб. №4.1.2. - электрофизики и плазменных процессов, зав. лаб. к.ф.-м.н. Терешонок Дмитрий Викторович  
Отв. исп. с.н.с. к.ф.-м.н. Бабаева Наталья Юрьевна, г.н.с. лаб. д.ф.-м.н. Найдис Георгий Вениаминович

# Исследование многокомпонентной пылевой плазмы в тлеющем разряде при температуре $\sim 1$ К

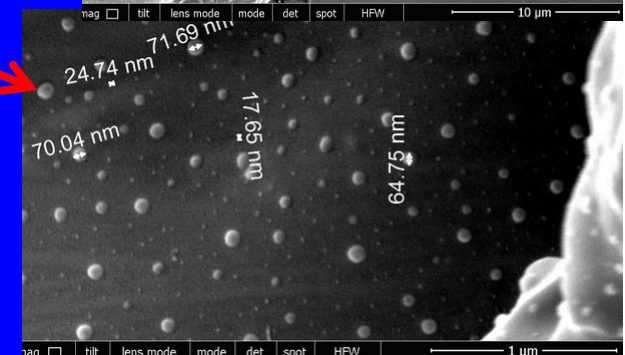
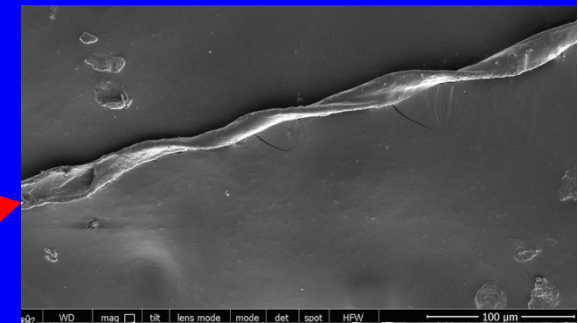
Зав. лаб. № 1.2.1.2 - диагностики пылевой плазмы к.ф.-м.н. Лисин Евгений Александрович.  
Рук. работы академик Петров Олег Федорович.

R.E. Boltnev, M.M. Vasiliev, E.A. Kononov, and O.F. Petrov, **Formation of solid helical filaments at temperatures of superfluid helium as self-organization phenomena in ultracold dusty plasma.** Принято в печать в **Scientific Reports**



Полые волокна,  
синтезированные в  
плазме при  $T < 2$  К

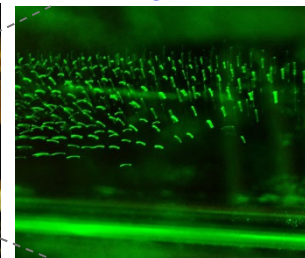
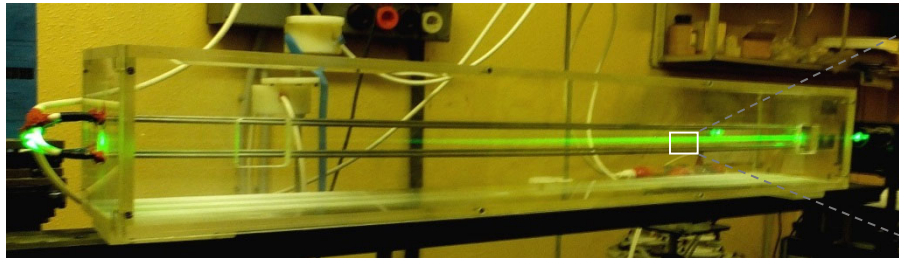
Волны плотности в  
конденсате  
полимерных  
нанокластеров



Плазменно-пылевая структура, образованная микрочастицами  $\text{CeO}_2$ .  
Температура газообразного гелия в разрядной трубке 2 К.

# Кулоновские структуры микрочастиц в электродинамических квадрупольных ловушках при атмосферном давлении (лаб. 1.2.1.1)

## 1. Получены большие стабильные структуры заряженных пылевых частиц в горизонтально и вертикально ориентированных электродинамических квадрупольных ловушках



Частицы –  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
 Размер частиц  $\sim 20$  мкм  
 Заряд частиц  $\sim 3 \times 10^5$  е  
 Количество захваченных частиц  $N_d > 2000$   
 Счетная концентрация частиц  $n_d \sim 10^2$  см $^{-3}$

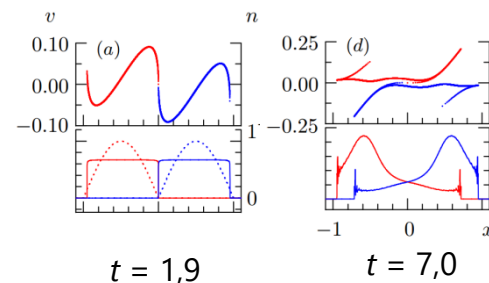
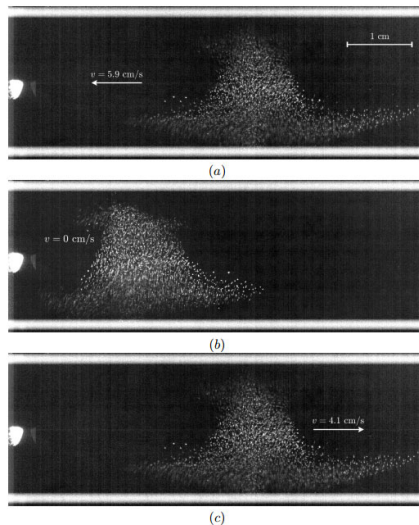
## 2. Исследованы уединенные волны в кулоновских структурах

### **Моделирование**

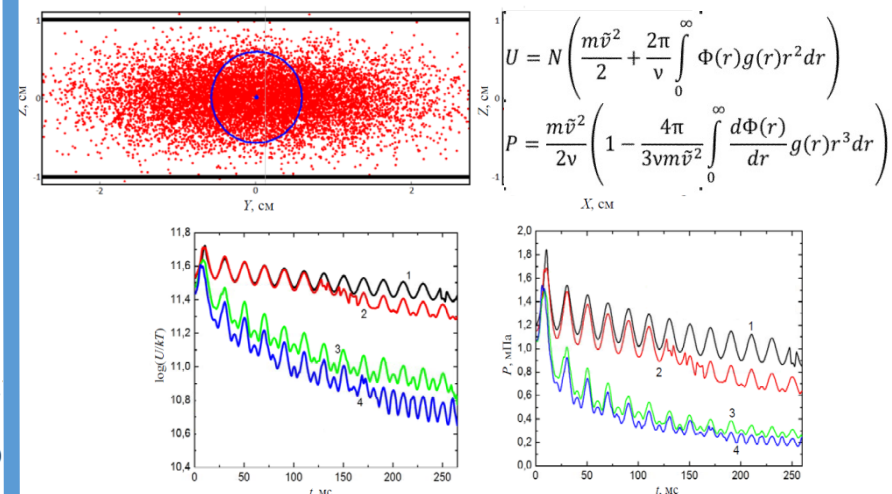
решается система уравнений **Власова** в безразмерном виде

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\partial \varphi}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial v} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -n, \quad n = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, v, t) dv,$$



## 3. Рассчитаны термодинамические величины (внутренняя энергия и давление) систем заряженных частиц

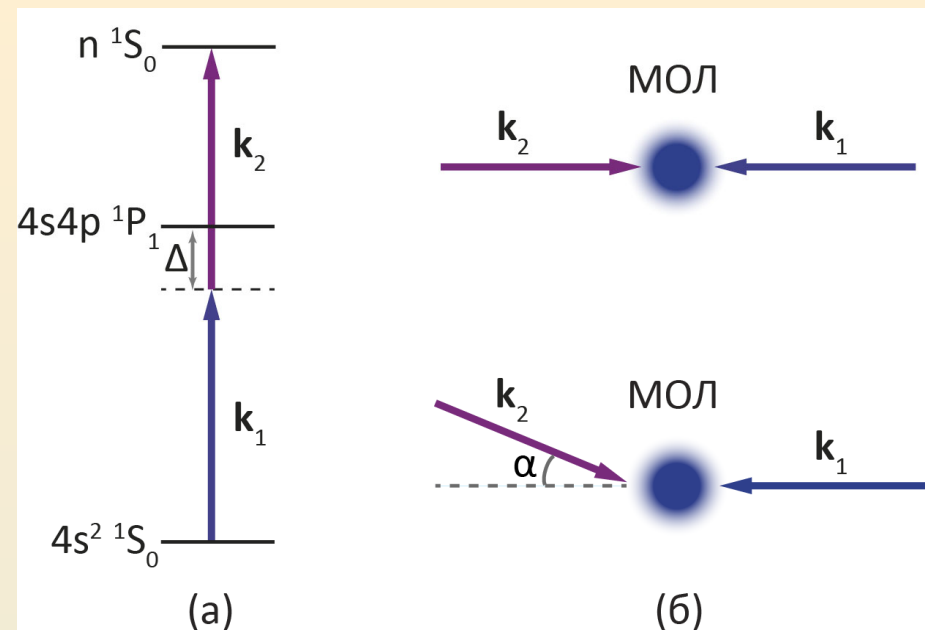
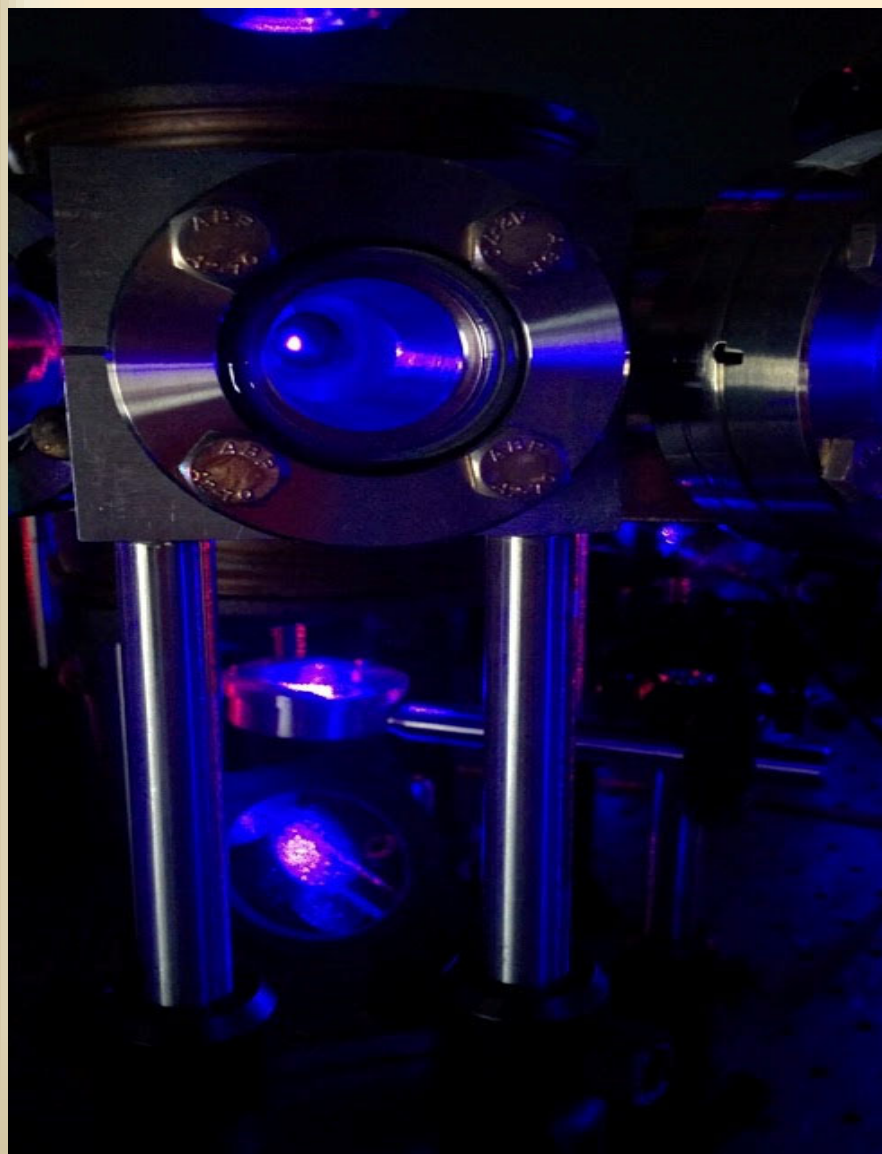


Динамика энергии и давления кулоновских систем, состоящих из частиц разного размера. Общие параметры: кривая 1 –  $r_p = 1$  мкм,  $q_p = 2750$  е; 2 –  $r_p = 1$  мкм,  $q_p = 3250$  е; 3 –  $r_p = 2$  мкм,  $q_p = 11000$  е; 4 –  $r_p = 1$  мкм,  $q_p = 13000$  е.

Лаб. №1.2.1.1 – плазменно-пылевых процессов,  
 Зав.лаб.: к.ф.-м.н.Усачев Александр Дмитриевич

Рук. : г.н.с. Василяк Леонид Михайлович, г.н.с. Филинов Владимир Сергеевич

# НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДУХФОТОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ



Для измерения температуры сравнивались узкие двухфотонные ридберговские резонансы, полученные с помощью встречных лазерных пучков и лазерных пучков, распространяющихся под углом.

Лаб. № 1.2.3.3 - теплофизических свойств материалов

Рук. работ: зав. лаб. д.ф.-м.н. Зеленер Борис Борисович

# Диффузия и проводимость в ультрахолодной плазме

диффузия электронов и ионов

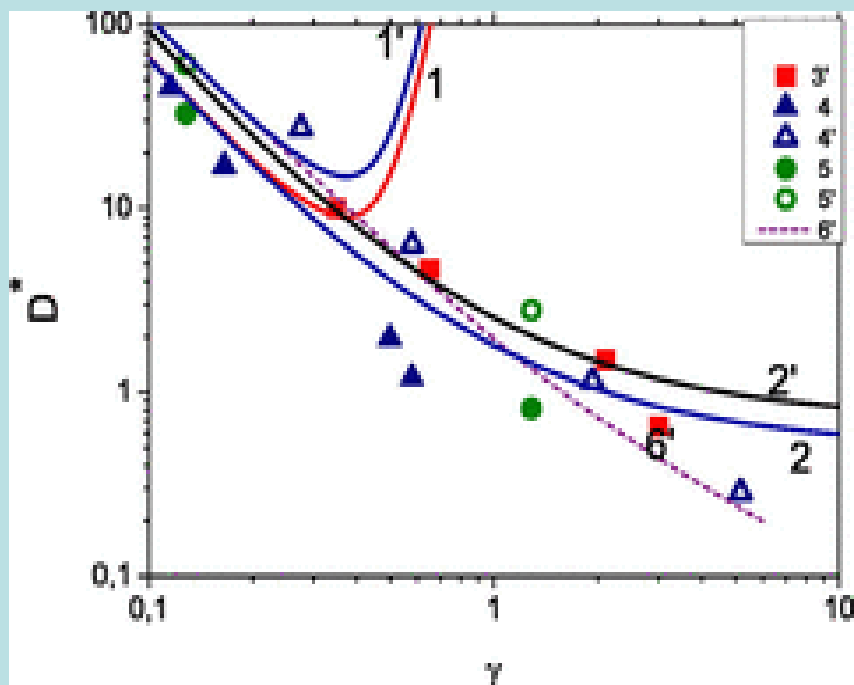


Рис1. 1'- Ландау –Спитцер (ионы).  
1 - Ландау –Спитцер (электроны).  
3 - эксперимент Киллиана. 4'- расчет ММД ,  
ультрахолодная плазма (ионы). 4 - расчет  
ММД, ультрахолодная плазма (электроны).  
5',5 –Морозов, Норман, расчет ММД  
(низкотемперат. плазма)

проводимость

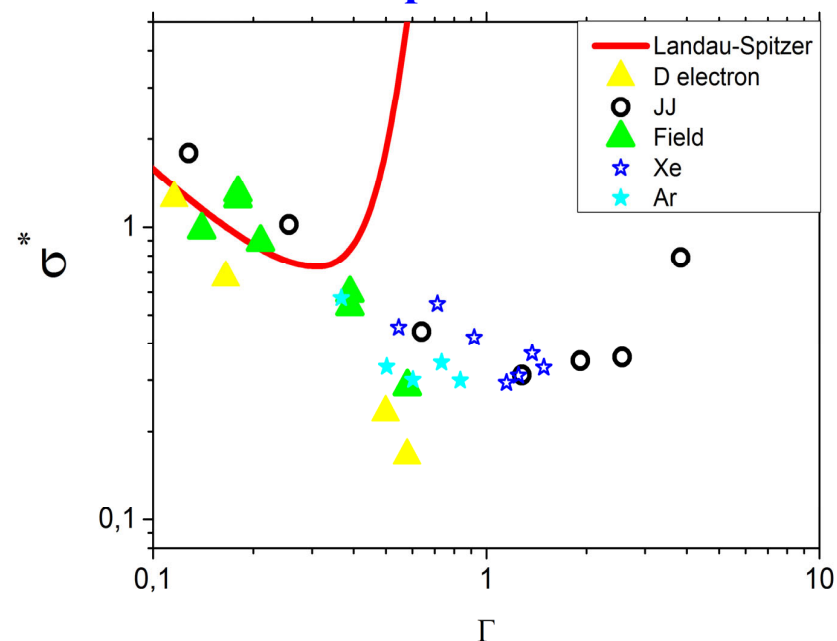
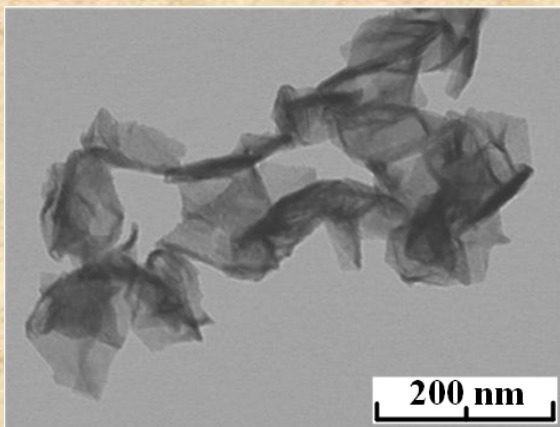


Рис.2. 1- Звездочки – эксперимент Фортова В.Е.  
с соавт. (низкотемп.плазма) 2 – кружки -  
Норман,Морозов, ММД (низкотемперат.  
плазма). 3 – зеленые тр-ки – ММД,  
ультрахолодная плазма (метод эл.поля)

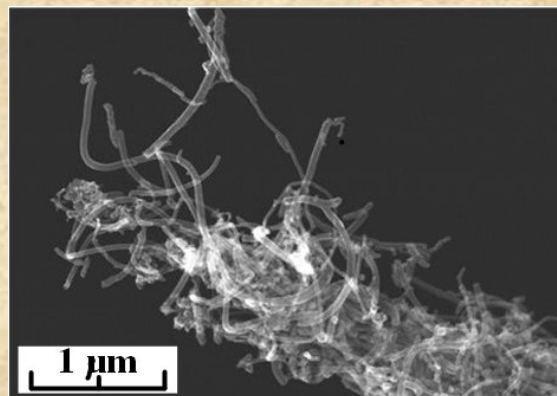
Теор. отдел №1.2.4. им. Л.М. Бибермана  
Зав. отделом: д.ф.-м.н. Храпак Алексей Георгиевич  
Рук. работы: к.ф.-м.н. Зеленер Борис Вигдорович

# Одноступенчатый синтез легированных азотом графена и углеродных нанотрубок при разложении углеводородов в струе плазмы.

## Эксперимент и моделирование



N - графен



Углеродные нанотрубки, легированные азотом

Максимальная степень легирования азотом графена 8% была получена при разложении ацетилена при давлении 77 Торр.

Фотоэлектронная спектроскопия показала, что в синтезированном N-графене преобладает пиридиновый азот, который не является донором электронов

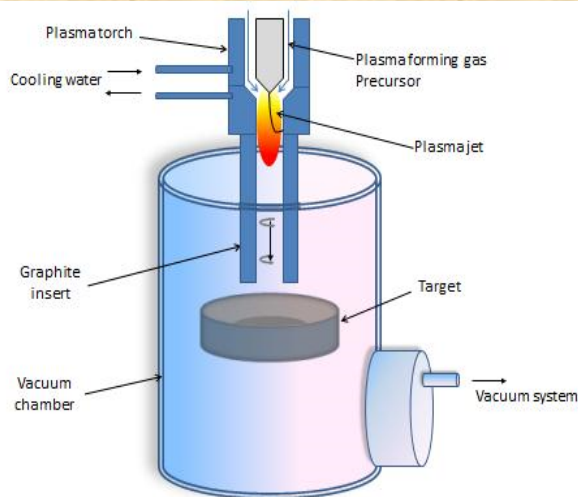
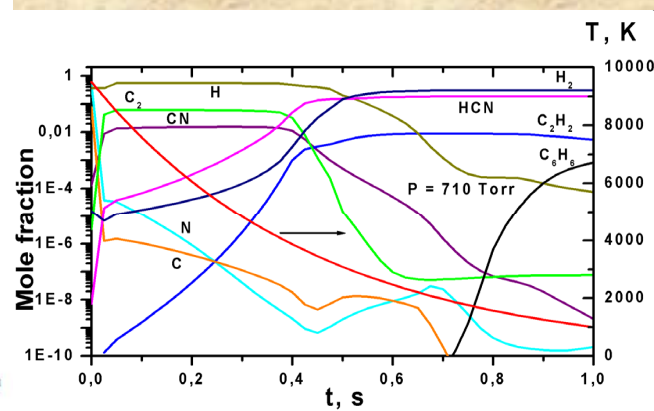
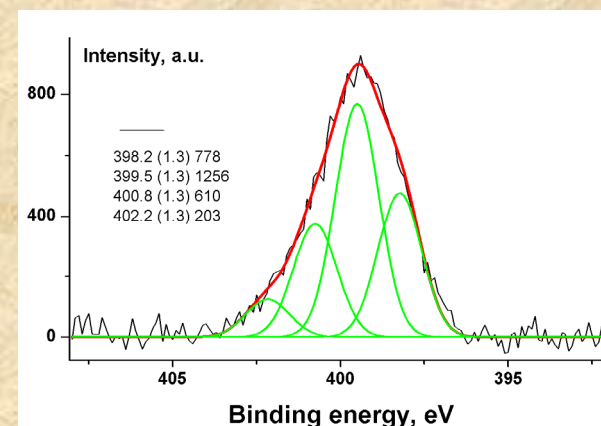


Схема эксперимента



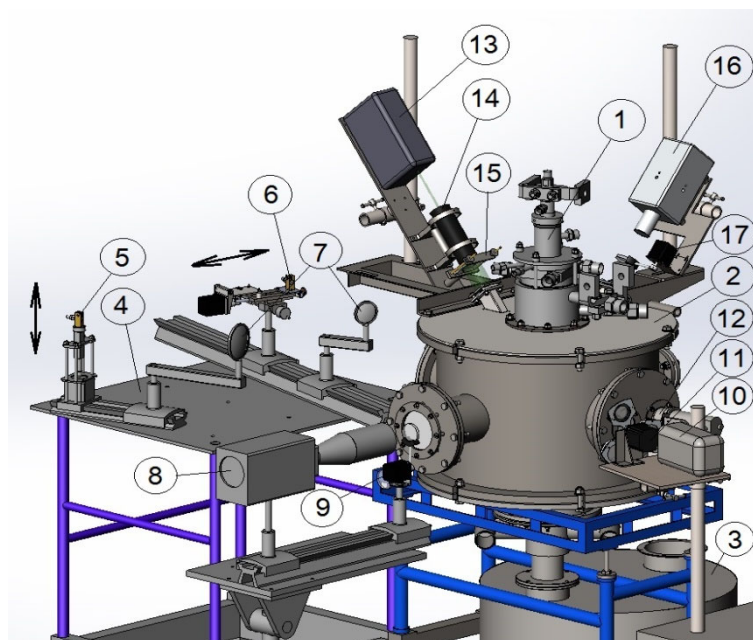
Расчет состава плазменной струи



Фотоэлектронный спектр атомов N

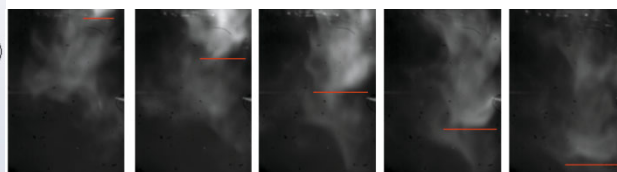
Руководители работы: Зав. лаб. плазмы д.ф.-м.н. Амиров Равиль Хабибулович и к.т.н. Шавелкина Марина Борисовна, с.н.с. лаб. № 4.2.1 – плазменных технологий (зав. лаб. д.т.н. Тюфтяев Александр Семенович).

# Комплексное исследование влияния высокоэнтальпийного плазменного потока на термостойкий материал

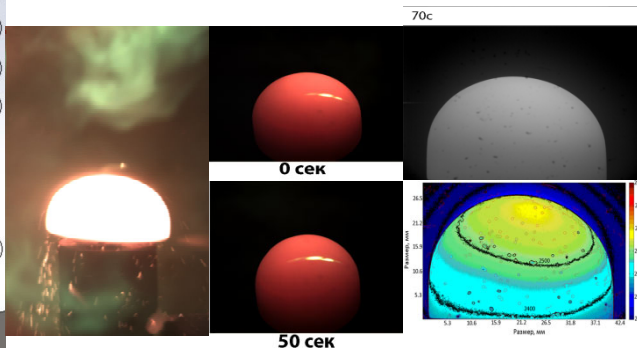


**Схема исследовательского комплекса:**

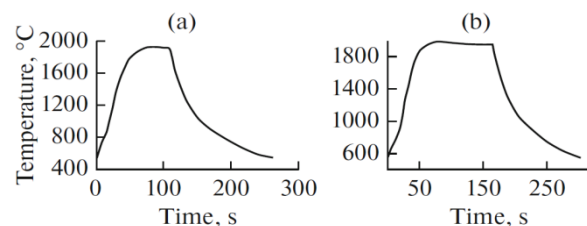
1 – плазматрон; 2 – камера; 3 – приемник-охладитель плазмы; 4 – оптический стол; 5 – головка световода AvaSpec3648 с микроприводом; 6 – головка световода AvaSpec2048 с микроприводом; 7 – кварцевые конденсоры; 8 – скоростная камера VS-FAST; 9,11,17 – микропривод интерференционных фильтров; 10 – сверхскоростная камера Phantom; 12 – микропирометр; 13 – импульсно-периодический лазер; 14 – телескоп; 15 – линза цилиндрическая; 16 – скоростная камера Motion Pro.



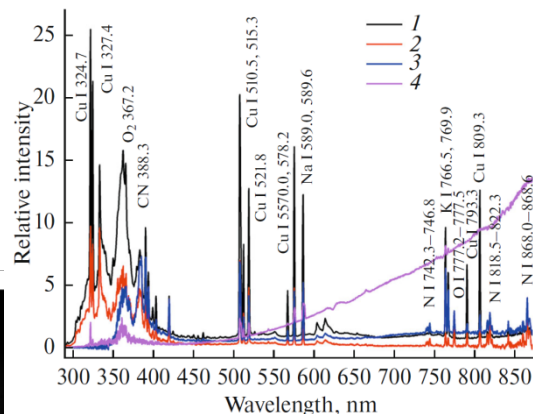
**Оптическая неоднородность движения плазменного потока**



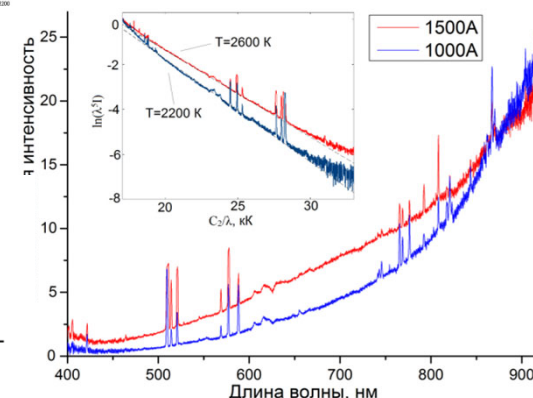
**Вид образца, набегающей плазменной струи, «лазерного ножа» и поля температур поверхности модели ГЛА**



**Термограммы нагрева образца: 1000 А, (а)- 8 г/с, (б)-14 г/с**



**Спектры плазмы в зоне взаимодействия**



**Спектральное определение температуры модели ГЛА**

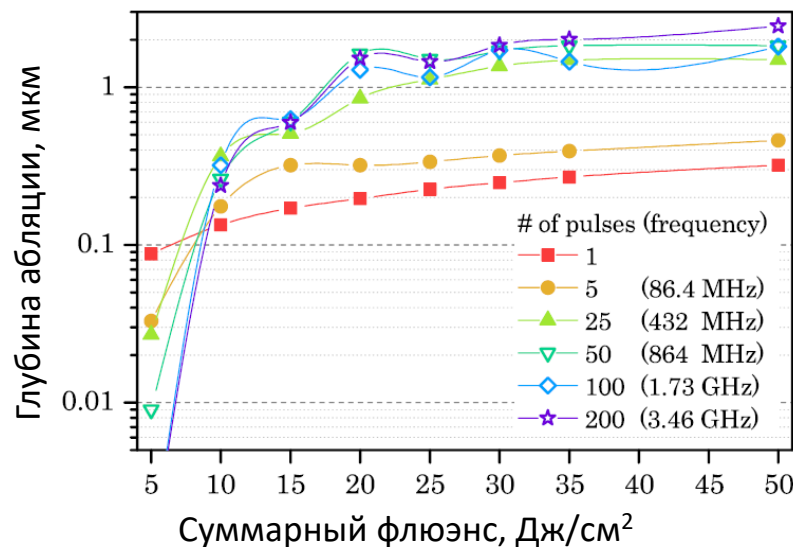
**Лаборатория №4.2.2. – плазменных энергетических установок, зав. лаб. к.ф.-м.н. Гаджиев Махач Хайрудинович.**

# **ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ**



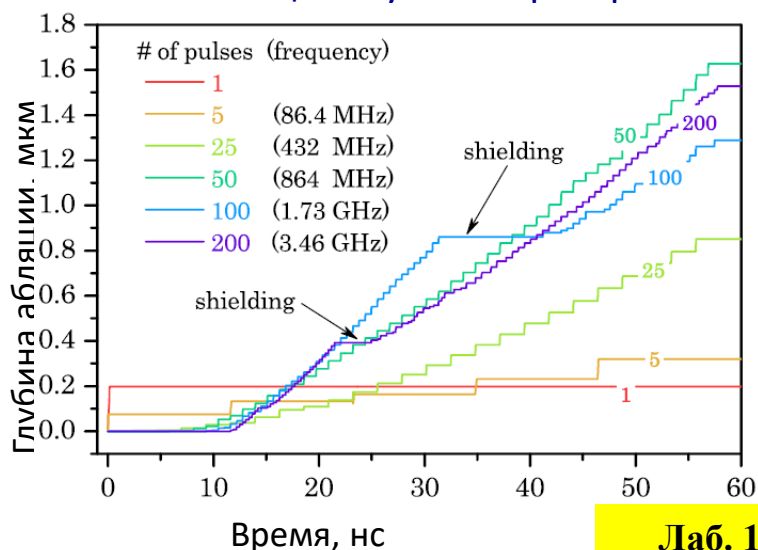
Частота повторения фемтосекундных импульсов до 3.5 ГГц, до 200 импульсов

Глубина абляции от числа импульсов

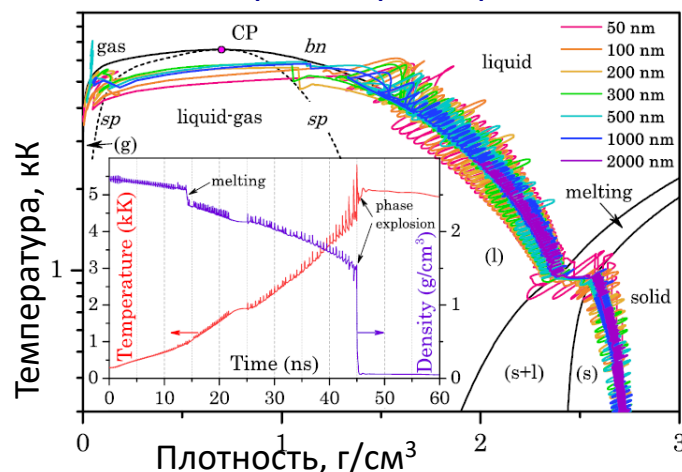


- Абляция **алюминия**
- Двухтемпературная одномерная гидродинамика
- Широкодиапазонные модели уравнения состояния, диэлектрической проницаемости и теплопроводности
- Эффективность абляции возрастает на порядок при использовании последовательности из 200 импульсов той же суммарной энергии, что и один импульс

Эволюция глубины кратера

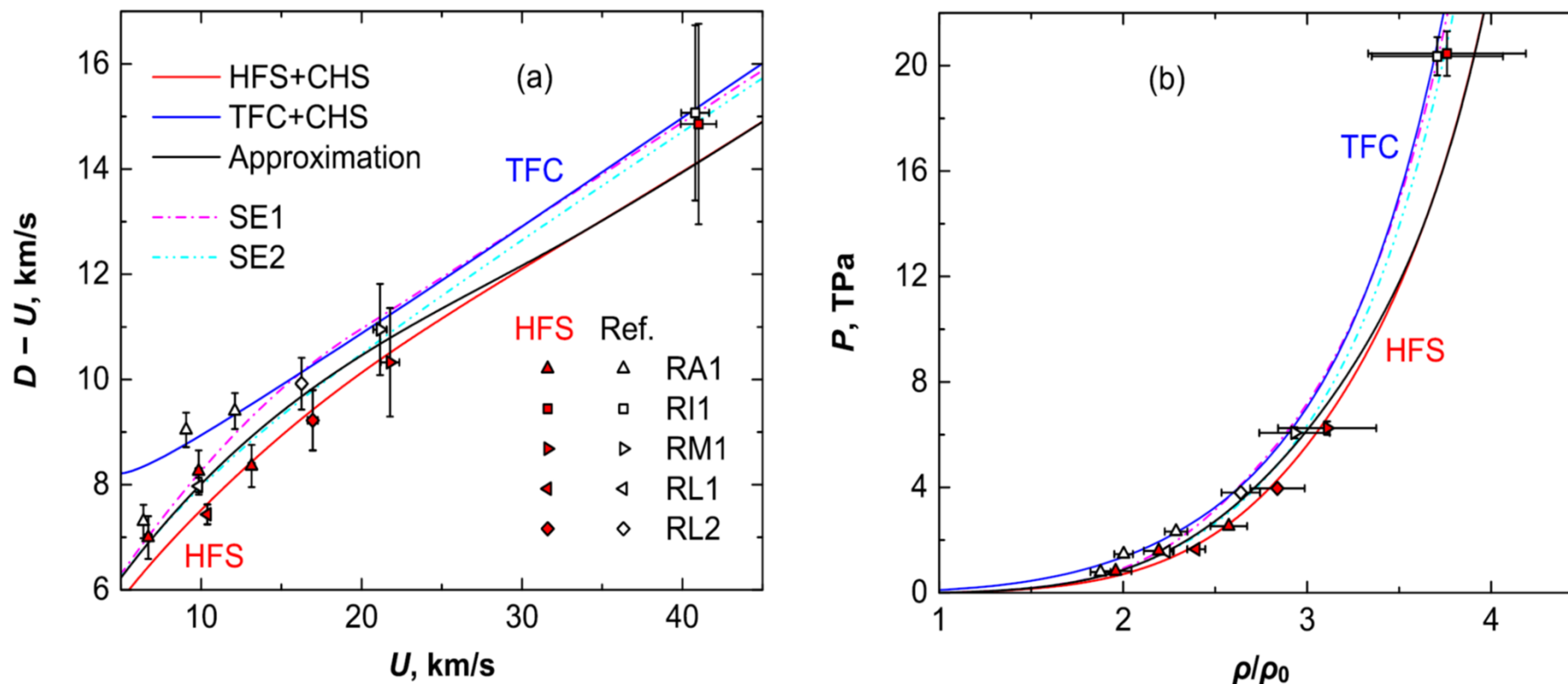


Фазовые траектории при абляции



Лаб. 1.2.2.4 – моделирования свойств материалов. Зав. лаб.: к.ф.-м.н. Левашов Павел Ремирович, к.ф.-м.н. Поварницын Михаил Евгеньевич

# Расчет уравнения состояния меди по квантово-статистической модели Хартри–Фока–Слэтера

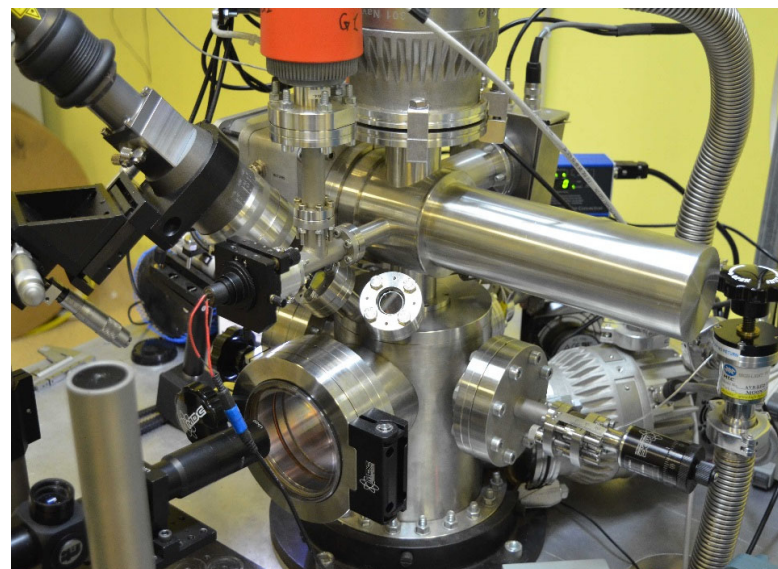
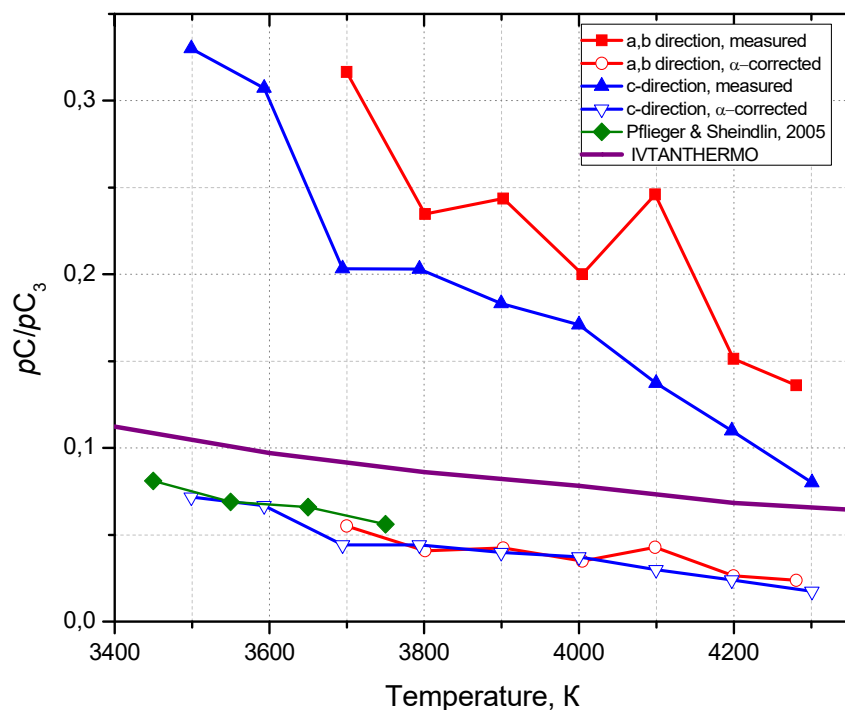


Расчётная ударная адиабата меди по моделям Хартри–Фока–Слэтера (**HFS**) и Томаса–Ферми с поправками (**TFC**) для электронной подсистемы и и заряженных твёрдых сред (**CHS**) для ионной подсистемы: (a) разность скорости ударной волны и скорости вещества за фронтом ударной волны в зависимости от скорости вещества; (b) давление в зависимости от степени сжатия. Значками показаны экспериментальные данные: не закрашенные значки — оригинальные экспериментальные данные; закрашенные **красным** значки — пересчет в этой работе.

Kadatskiy M.A., Khishchenko K.V. 2018 *Phys. Plasmas* **25** 112701

Лаб. №1.1.3. – широкодиапазонных уравнений состояния  
Рук.: зав. лаб. к.ф.-м.н. Хищенко Константин Владимирович

**Впервые с помощью времяпролетной масс-спектрометрии с лазерно-индуцированным испарением изучен состав пара при сублимации графита до 4400 К.** Анализ экспериментальных данных с использованием известных значений коэффициентов испарения позволил установить, что **соотношение основных молекулярных компонентов не зависит от ориентации кристалла графита**. Соотношение давлений молекул C и C<sub>3</sub> в паре углерода хорошо соответствует рекомендации ИВТАНТЕРМО и согласуется с ранее полученными значениями до 3800 К.

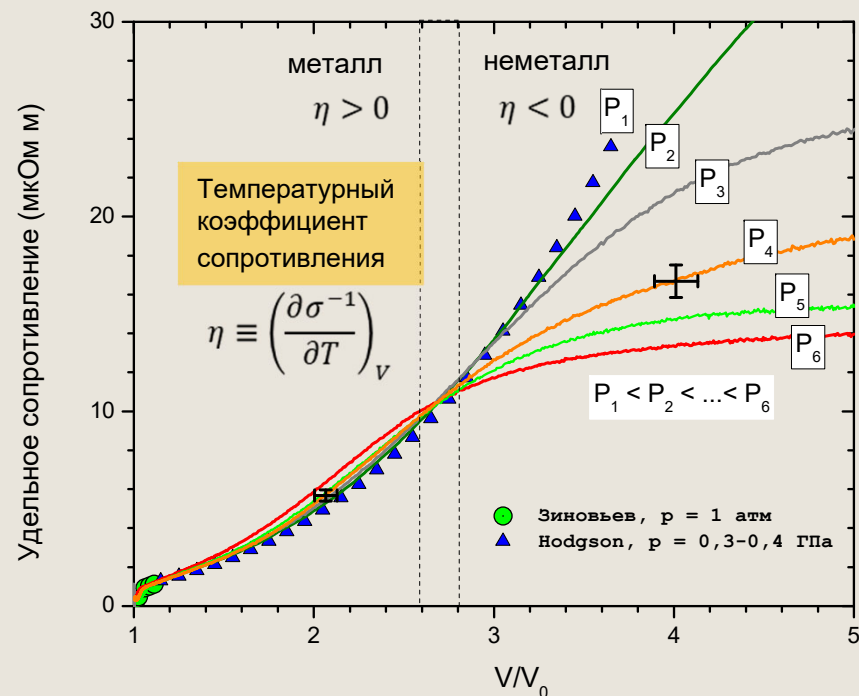
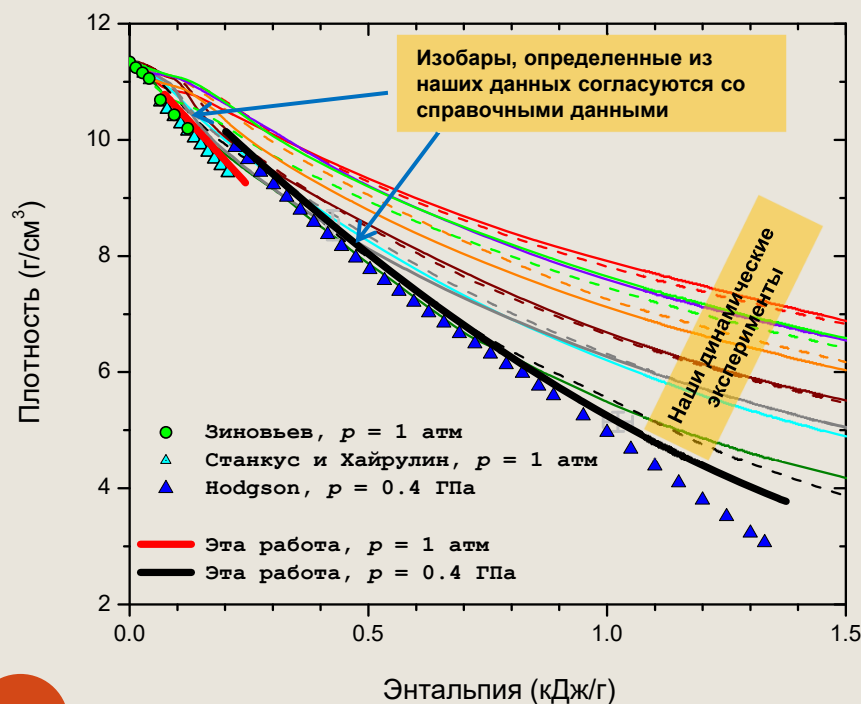


**Впервые с помощью лазерного нагрева пиролитического графита в вакууме с плотностью мощности до  $5 \cdot 10^6$  Вт/см<sup>2</sup> удалось наблюдать плавление графита при температуре около 4600 К.**

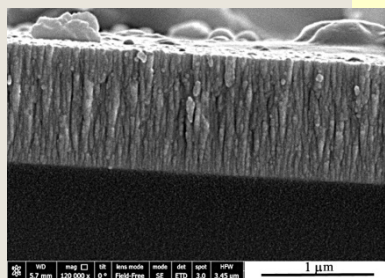
**Лаб. №1.1.4.1. – экстремальных энергетических воздействий  
Рук. работ: зав. лаб. Шейндлин Михаил Александрович**

# Прямые измерения термодинамических функций и удельного сопротивления флюида свинца в широкой окрестности перехода металл-неметалл (М-НМ)

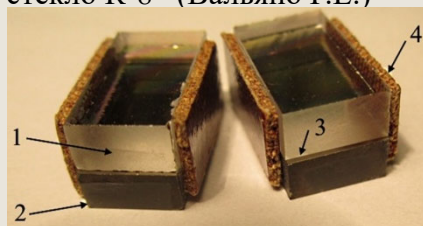
1. Погрешности измерений доведены до уровня сопоставимого со стационарными методами (< 5%)
2. Определено положение линии перехода М-НМ на фазовой диаграмме свинца (**ранее не было известно!**)
3. Показано, что уравнение состояния флюида свинца имеет вид уравнения Ми-Грюнайзена
4. Измерения выполнены для диапазона удельного объема  $V = (1 - 5) V_0$  и давления  $P = 0.2 - 6$  ГПа (1 ГПа = 10 кбар)
5. Для всей этой области фазовой диаграммы определены значения коэффициента Грюнайзена и скорости звука.
6. Полученные данные позволяют проводить для свинца надежное моделирование различных высокоэнергетических процессов



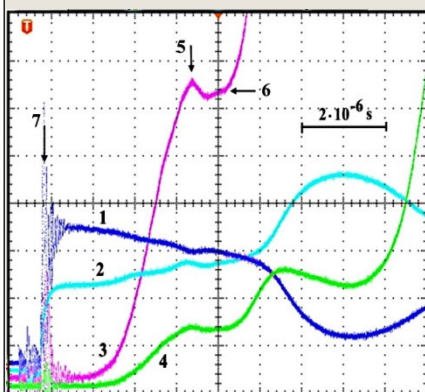
## Теплофизические свойства наиболее тугоплавкого карбида $Ta_{0.8}Hf_{0.2}C$ при температурах 2000-5000 К (эксперимент)



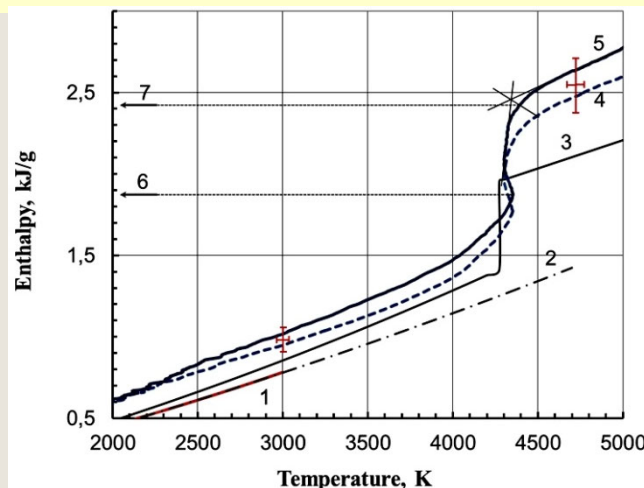
Образец толщиной 1 μм,  
(столбчатая структура) напылен на  
стекло К-8 (Вальяно Г.Е.)



Образец напылен на стекло К-8 (2)  
и прикрыт кварцевым стеклом (1)



1 – ток; 2 – Напряжение; 3,4  
– Излучение; 5 – Начало  
плавления; 6 – Окончание



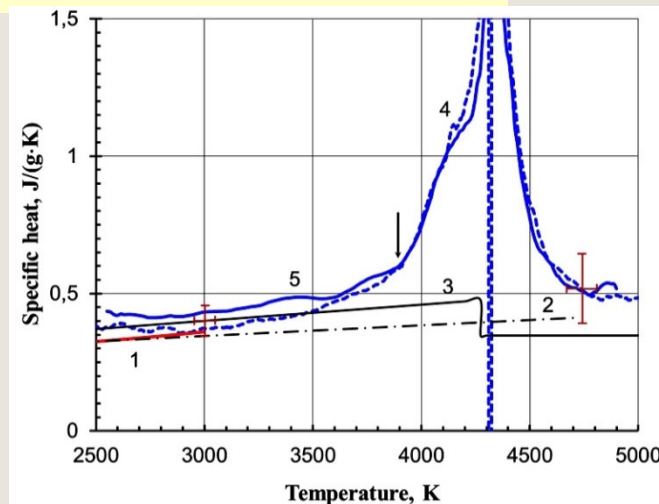
Впервые получена Энтальпия карбида  $Ta_{0.8}Hf_{0.2}C$

при нагреве импульсом тока (5мкс) до 5000 К.

1,2,3- Литературные данные для TaC; 4,5 – два  
образца карбида  $Ta_{0.8}Hf_{0.2}C$  в импульсном опыте;  
6,7 – Теплота фазового перехода (solidus – liquidus).

$T_{\text{плавления}} = 4300 \pm 80$  К, близко к данным  
Андреевского Р.А. (4263 К), выполненной для  
данного карбида на модели черного тела в 1967 г.

**Journal of the European Ceramic  
Society (Q1) Опубликовано: v.39, 2019,  
907-914.**



Впервые получена Теплоемкость карбида  
 $Ta_{0.8}Hf_{0.2}C$  при импульсном нагреве током  
до 5000 К. ( $T_{\text{пл}} = 4300$  К)

1,2,3- Литературные данные для TaC;  
4,5 – два образца карбида  $Ta_{0.8}Hf_{0.2}C$  в  
импульсном опыте. Стрелка – начало крутого  
роста теплоемкости.

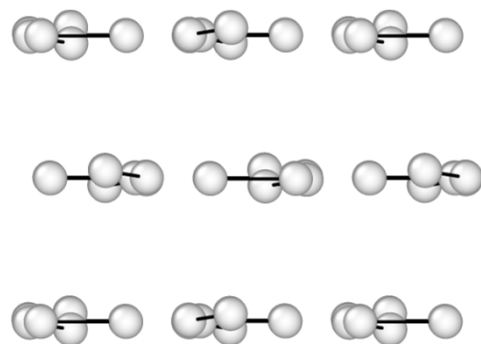
**Наблюдается повышенная  
теплоемкость карбида перед  
плавлением при быстром нагреве.  
Причина может состоять в том, что  
из-за недостатка времени для  
диффузии вакансий, возникают  
неравновесные дефекты, чтобы  
обеспечить плавление.**

**Лаб. № 1.1.4.2 - электровзрывных процессов (зав. лаб. к.ф.-м.н. Рахель Анатолий  
Дмитриевич). Рук. работ: д.т.н. Савватимский Александр Иванович**

# Динамика изменения структуры кристаллического водорода при переходе в проводящее состояние при сжатии

## молекулярный кристалл

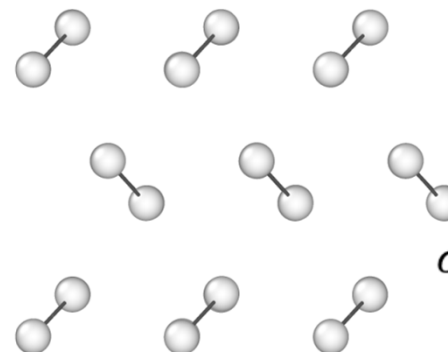
диэлектрический



$$\rho = 1.14 - 1.45 \text{ г/см}^3$$

$$\sigma = 0.58 \text{ См/см}$$

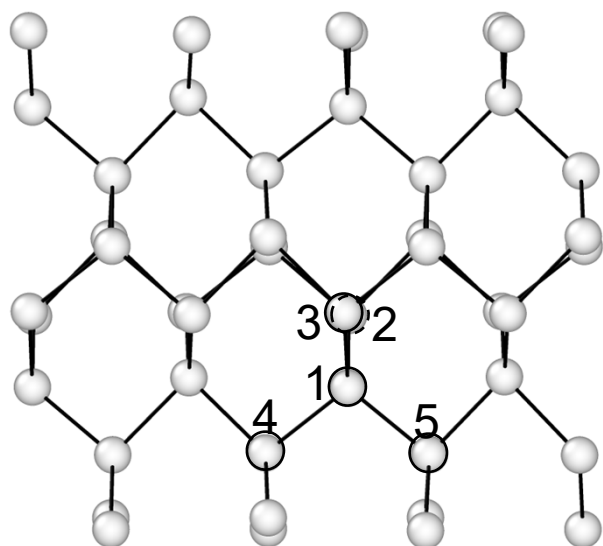
проводящий



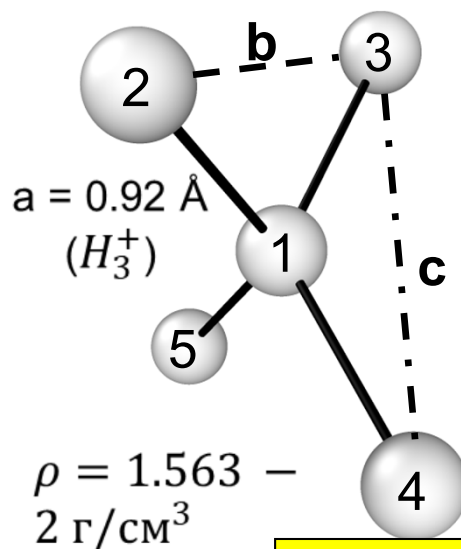
$$\rho = 1.45 - 1.562 \text{ г/см}^3$$

$$\sigma = 1200 \text{ См/см}$$

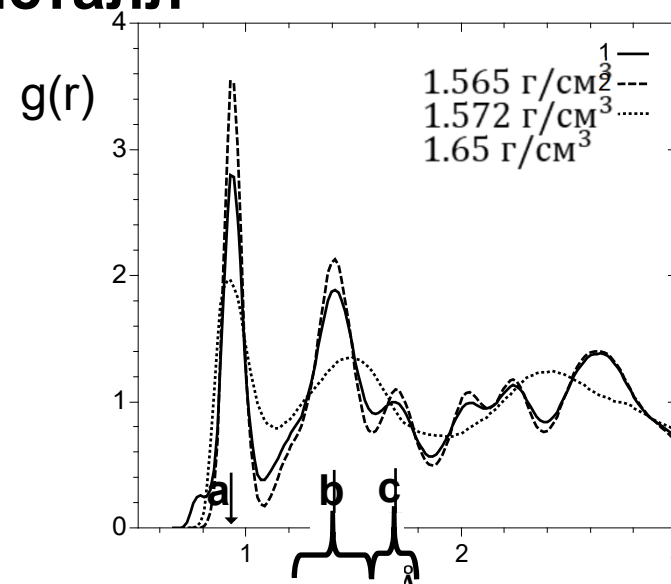
## «металлический» кристалл



$$\sigma = 85400 \text{ См/см}$$



$$\rho = 1.563 - 2 \text{ г/см}^3$$



# Предсказательное атомистическое моделирование углеводородов

Участие в 10-м Конкурсе по моделированию индустриальных жидкостей: Предсказание вязкости углеводорода при высоких давлениях

Молекула: 2,2,4-триметилгексан



Диапазон давлений:  
от 1 атм до 1 ГПа

Для работы выбрана молекулярная модель COMPASS [Sun, H. // *J. Phys. Chem.*, **1998**, 5647(98), 7338–7364]

$$E = E_{bond} + E_{angle} + E_{dihedral} + E_{improper} +$$

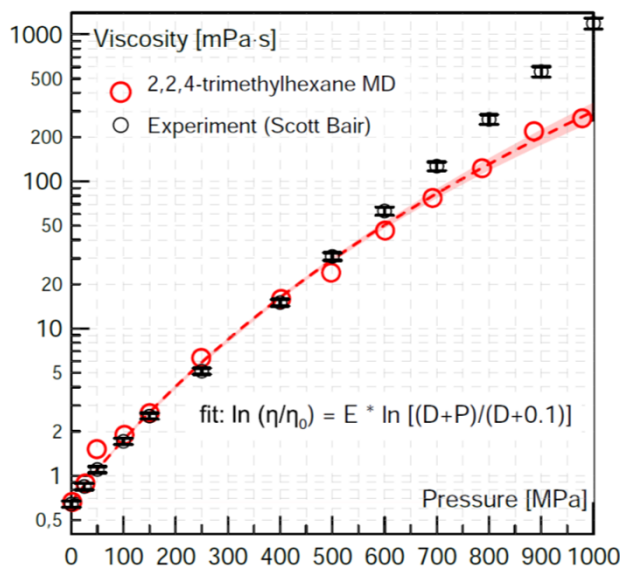
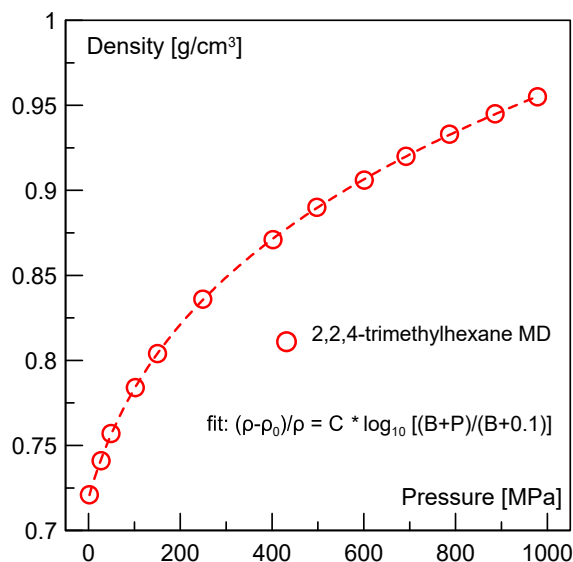
Связи и углы – ангармонические функции  $E_{LJ} + E_{Coul}$

Обмен энергиями между  $E_{LJ} = \sum_{i,j} \epsilon_{ij} \left[ 2 \left( \frac{r_{ij}^o}{r_{ij}} \right)^9 - 3 \left( \frac{r_{ij}^o}{r_{ij}} \right)^6 \right]$  степенями свободы

Результат:

Предсказание вязкости  
в пределах экспериментальной  
погрешности (2%)  
до давления 0,5 ГПа (вслепую!)

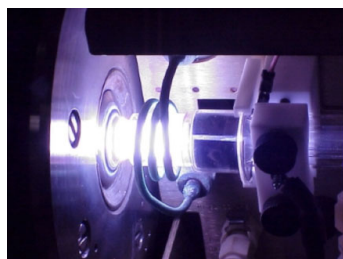
2 место в конкурсе – впереди команд  
из NIST,  
Imperial College London, ...



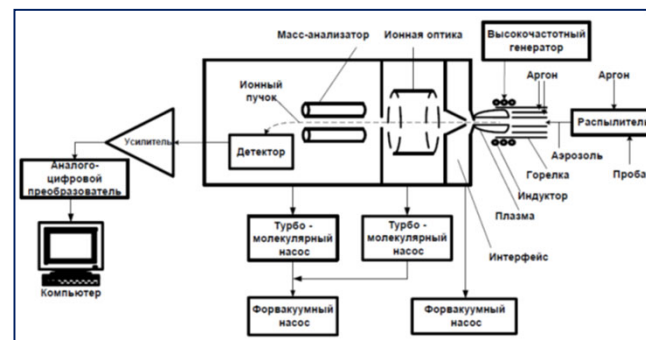
Лаб. №1.2.2.2. – конденсированного  
состояния Зав. лаб.: к.ф.-м.н. Писарев  
Василий Вячеславович  
М.н.с. Кондратюк Николай Дмитриевич

# Расчет термодинамических функций двухатомных соединений аргона в газовой фазе

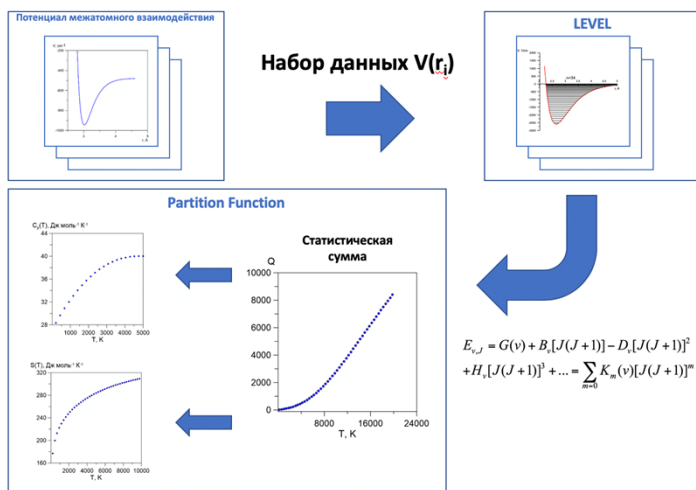
## Изучение аргидов в плазме в масс-спектрометрических установках



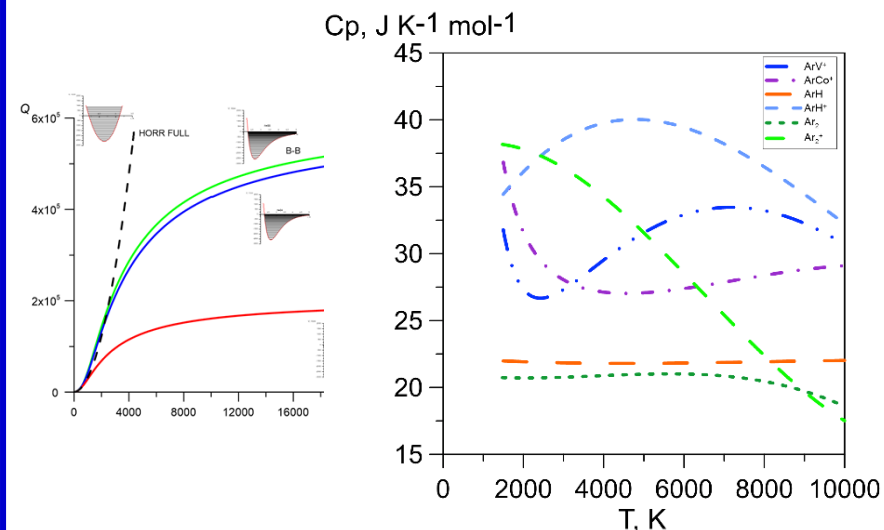
Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS)



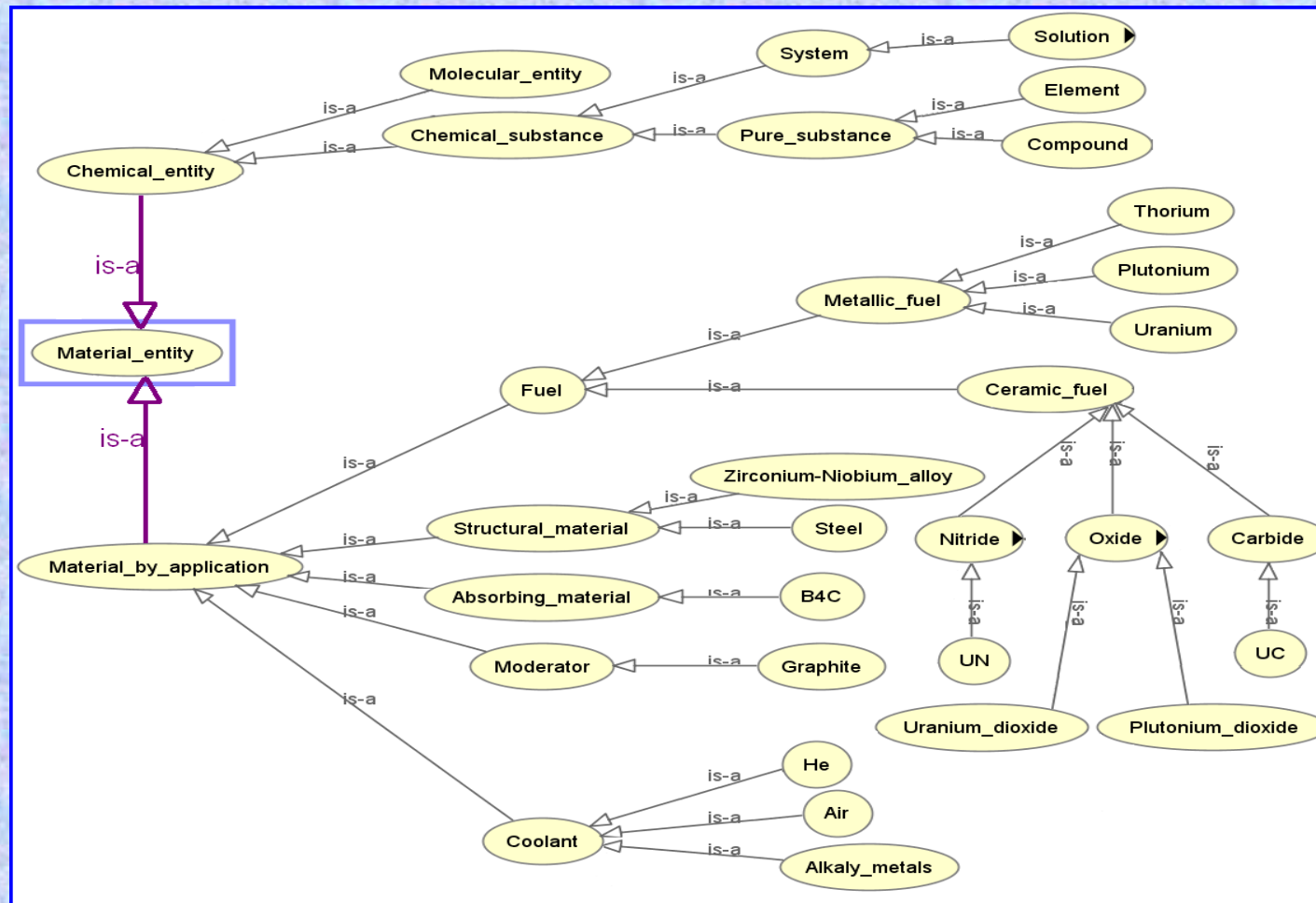
## Разработка новой методики расчета статистической суммы на основе потенциала межатомного взаимодействия



## Результаты расчетов для ArH, ArH<sup>+</sup> в сравнении с ArV<sup>+</sup>, ArCo<sup>+</sup>, Ar<sub>2</sub>, Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>



# Разработка программных средств интеграции разнородных теплофизических данных на основе онтологий и технологий больших данных



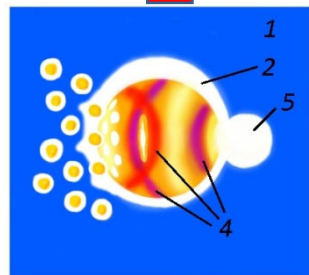
Иерархия классов в онтологии реакторных материалов

# Экспериментальное изучение процесса дробления сильно перегретых жидкометаллических капель в режиме второго кризиса кипения, окружающих их охладителя. Анализ моделей фрагментации расплава и оценка границ их применения

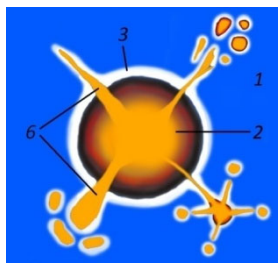
Рук. работы: д.т.н. Зейгарник Юрий Альбертович, зав. лаб. 2.1.2.2 -теплообмена в ядерных энергетических установках д.т.н. Ивочкин Юрий Петрович



Установка по индукционному нагреву левитирующей капли: 1- капля; 2- индуктор.



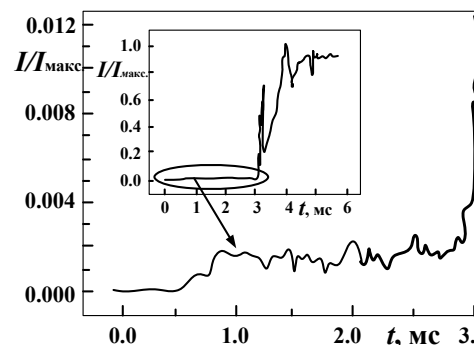
б)



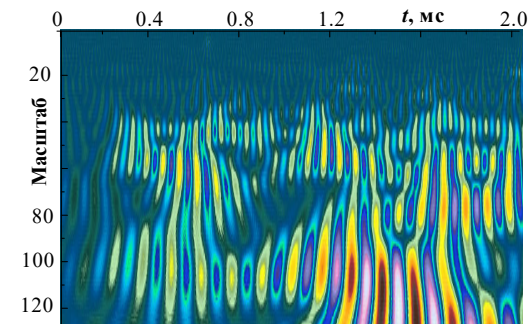
в)

Возможные схемы фрагментации расплава и фотографии образующихся осколков. 1 – вода; 2 – расплав; 3 – пар; 4 – ударная волна; 5 – паровой пузырь; 6 – струя расплава.

Создана оригинальная индукционная установка и проведены исследования (экспериментальные и расчетно-аналитические) по изучению механизмов фрагментации горячих (до 1600 °С) жидкометаллических капель, падающих в холодную воду. Проанализированы теоретические модели фрагментации расплава и проведена оценка температурных границ их применения. Показано, что ударно-волновая модель дробления незаслуженно забыта и может быть полезна для описания процесса тонкой фрагментации расплава. С привлечением вейвлет-анализа получена новая информация по динамике развития контакта поверхности горячего тела с волнами охладителя, генерируемыми на границе пар – жидкость. Показано, что скорость охлаждения фрагментов дробления может достигать значения  $\sim 10^{10}$  К/с, достаточной для получения аморфного состояния большинства металлов и сплавов.

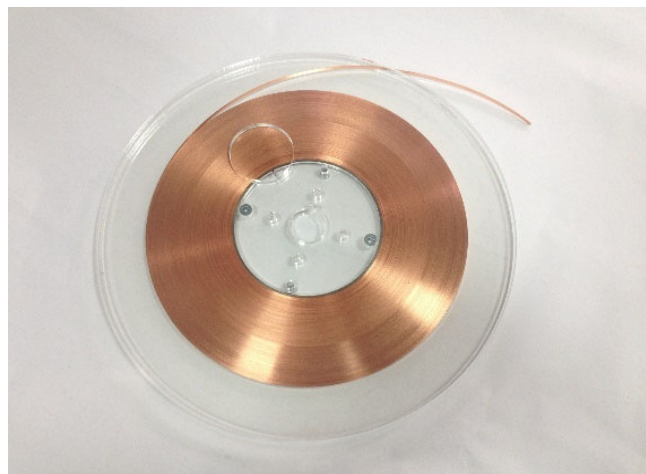


Типичный вид осциллограммы электрического тока и ее вейвлет – образ перед кризисом пленочного кипения.

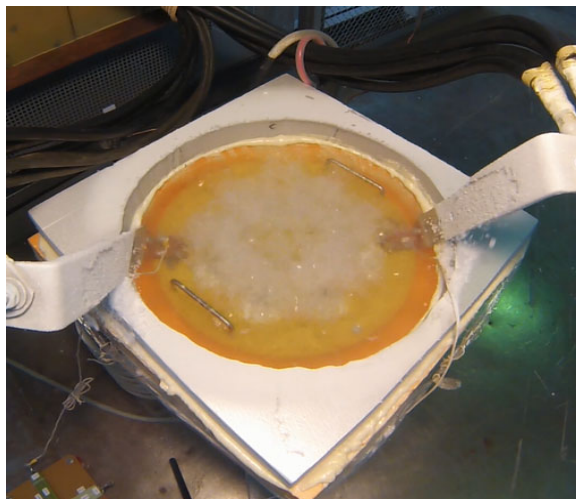


# **Фундаментальные проблемы современной электротехники, импульсной и возобновляемой энергетики**

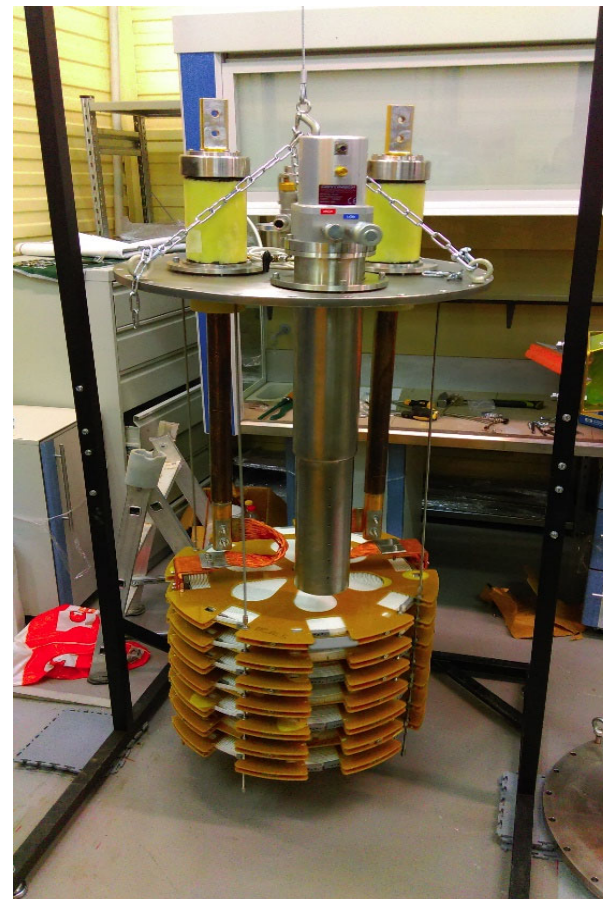
**Исследования электро- и теплофизических процессов в ВТСП материалах и создание модельного токоограничивающего (ТО) модуля с использованием результатов этих исследований**



Стабилизированная ВТСП лента 2-го поколения, характеристики которой исследовались для создания ТО модуля.



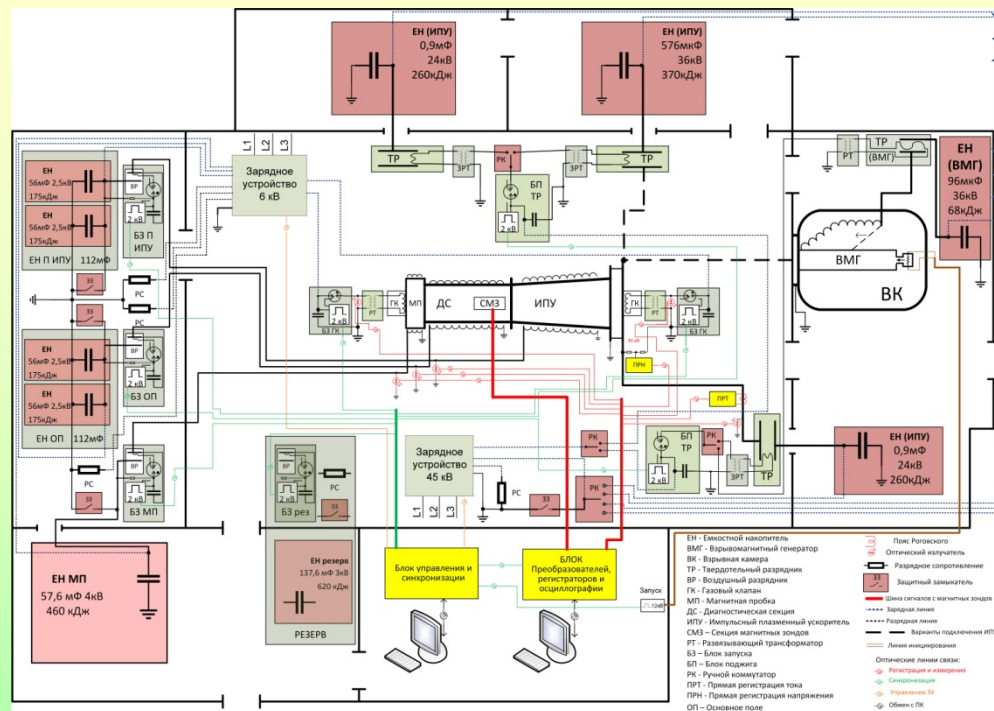
Эта же лента при испытаниях в жидком азоте в составе секции ТО ВТСП-модуля; плотность тока в жидком азоте – 500 А/мм<sup>2</sup>. Эффективный теплоотвод в жидкий азот обеспечивает стабильность работы ВТСП проводника.



Общий вид экспериментального токоограничивающего модуля в сборе.

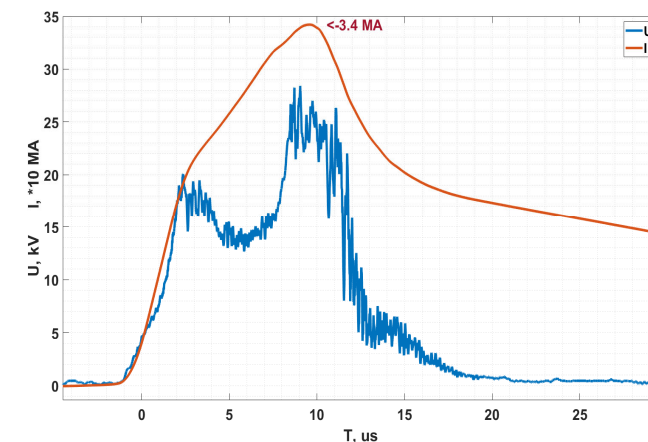
**Рук. работы: зав. лаб. 2.1.4.4. – сверхпроводниковых устройств и преобразовательной техники, д.т.н.  
Копылов Сергей Игоревич**

# СТЕНД ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**Создан энергонасыщенный стенд для исследования плазменных нагрузок с растущей индуктивностью при питании от ЕН и ВМГ**

**Разработан ВМГ с генерируемым током 4 МА !**  
Проведены эксперименты с ИПУ при питании  
от емкостных накопителей (ЕН) и ВМГ



## Функциональная схема СПДИ / Расположение ИПУ и ВМГ



## Работа импульсного плазменного ускорителя (ИПУ) при питании от ВМГ:

Индуктивность нагрузки, нГн	40 → 150
Начальная энергия ВМГ, кДж	40
<b>Макс. амплитуда тока в нагрузке, МА</b>	<b>3,4</b>
<b>Фронт нарастания тока, мкс</b>	<b>8</b>
<b>Энергия в нагрузке, кДж</b>	<b>540</b>
Масса заряда ВВ (окфол-3,5) в ВМГ, кг	2,7

2018 год

**ШФ ОИВТ РАН, зав.лаб. №1, к.ф.-м.н. Завалова Валентина Евгеньевна,  
Руководитель к.ф.-м.н. Шурупов Алексей Васильевич**

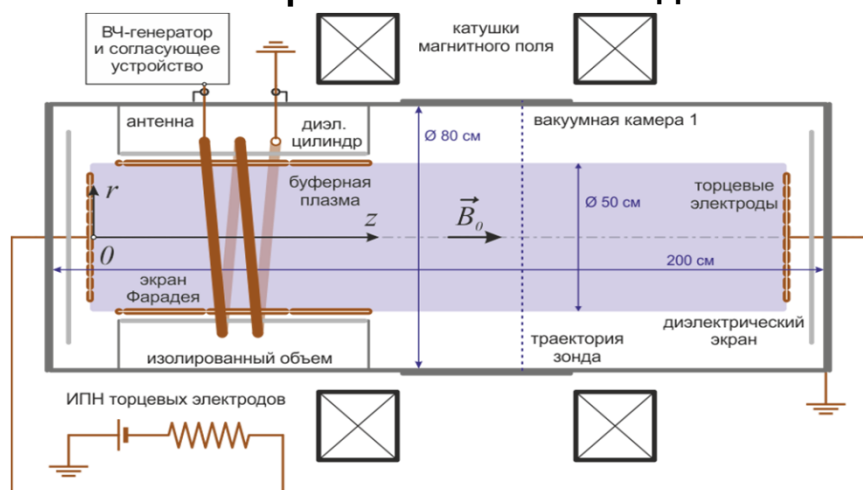
**Междисциплинарные проблемы  
атомной, термоядерной, водородной,  
космической и нетрадиционной  
энергетики**



# БОЛЬШОЙ ГЕЛИКОННЫЙ ИСТОЧНИК ПЛАЗМЫ ДЛЯ МЕТОДА ПЛАЗМЕННОЙ СЕПАРАЦИИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

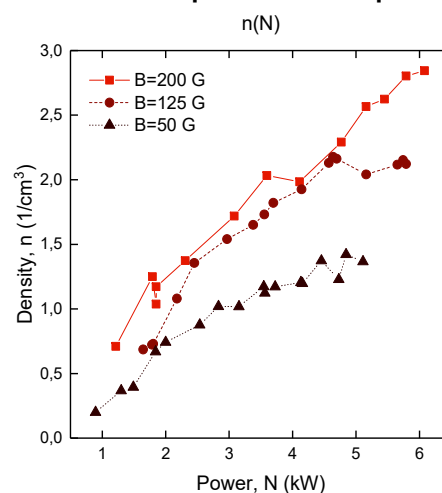
Лаб. диагностики измерительных систем - зав.лаб. к.ф.-м.н. Гавриков Андрей Владимирович

## Экспериментальный стенд



- Создан источник на базе геликонного разряда, позволяющий генерировать плазму в объеме  $\sim 1 \text{ м}^3$  и ограниченном металлическими стенками.
- Зондовыми и оптическими методами при давлении  $P_{\text{Ar}}=1 \text{ мТорр}$  (аргон) получены радиальные профили концентрации ( $n_e \sim 10^{12} \text{ см}^{-3}$ ) и температуры ( $T_e \sim 1 \text{ эВ}$ ) электронов для различных величин магнитного поля (0-200 Гс) и вкладываемой в разряд мощности (до 6 кВт).
- Исследования параметров геликонной плазмы подтвердили возможность достижения значений, представляющих интерес для промышленного применения источника.

## Зависимости концентрации электронов на оси камеры от поглощенной мощности



## Зависимость концентрации плазмы на оси от магнитного поля

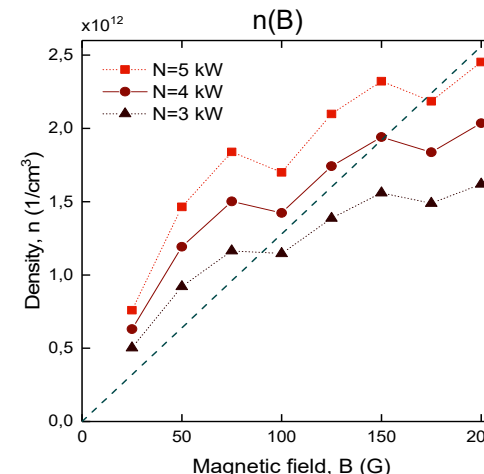


Фото разряда

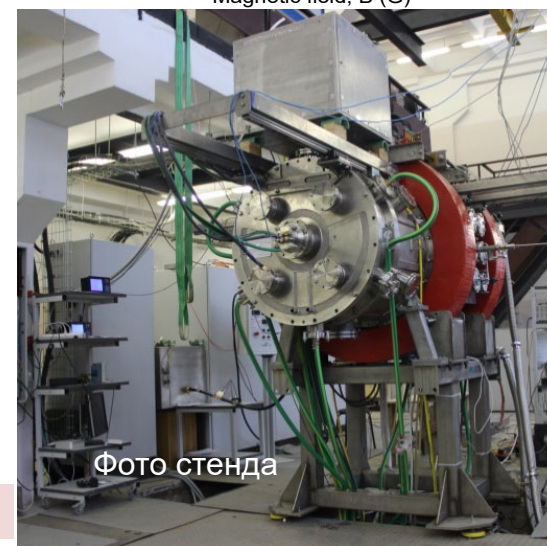
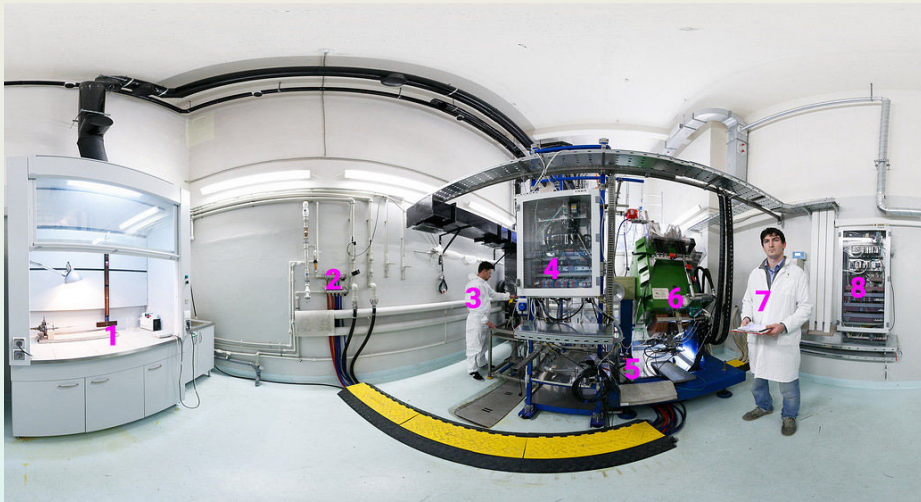


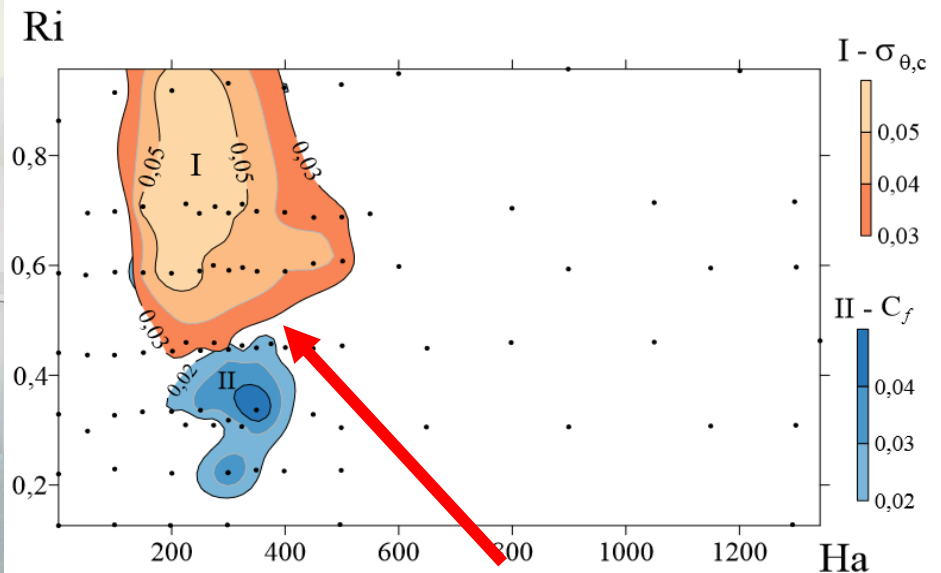
Фото стенда

# Исследование течений жидкого металла и расплавов солей



Исследовано течение жидкого металла и расплавов солей в условиях воспроизводящих элементы системы охлаждения реактора типа токамак на примере базовых геометрий течения.

- Int. Journal of Heat and Mass Transfer, 127, 566-572. 2018.
- Magnetohydrodynamics. 54(3), с. 245-259. 2018.
- ВАНТ, Series Thermonuclear Fusion 41(1), с. 41-52. 2018.
- Fusion Eng. Des. 127, с. 226-233. 2018
- BelFluid Dynamics Research 50(5),051403. 2018



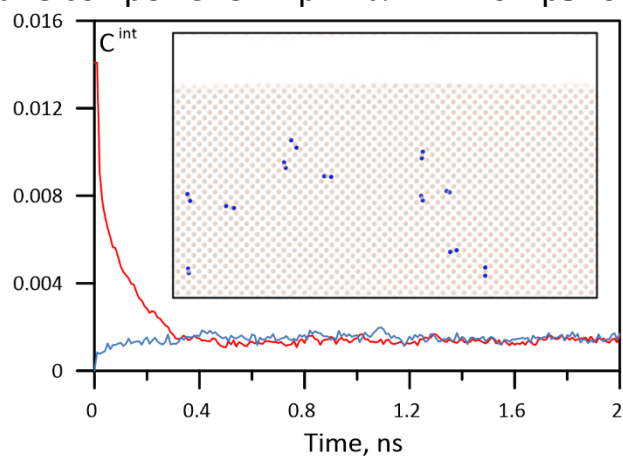
Области нестационарных режимов течения жидких металлов в магнитных полях

В жидких металлах впервые экспериментально определена область существования нестационарных режимов МГД-течения, обнаружены границы подавления магнитным полем подобных режимов, сформированы представления о различных типах течения и их закономерностях.

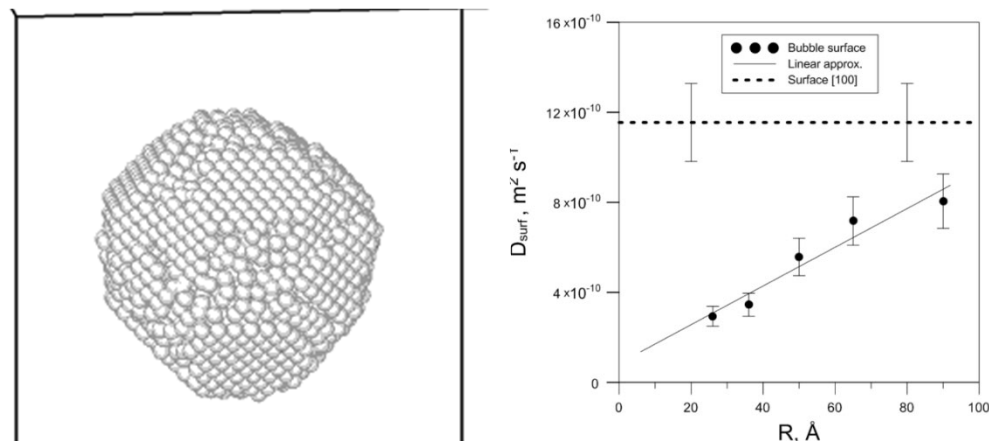
Рук. работы д.т.н. Свиридов Виктор Георгиевич.  
Лаб. 2.1.2.1. - использования жидкометаллических и солевых теплоносителей.  
Зав. лаб. к.т.н. Беляев Иван Александрович

# Процессы диффузии в урановых топливах

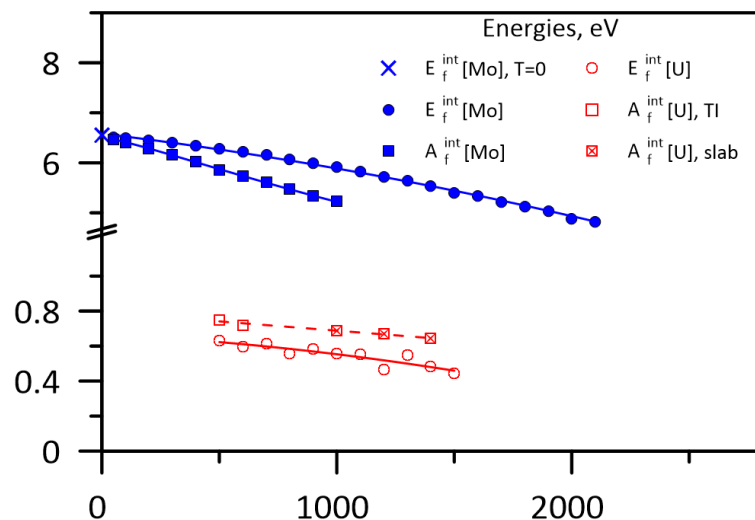
Изменение концентрации межузельных атомов в гамма-уране со временем при наличии открытой поверхности



Поверхностная самодиффузия и диффузия нанопузырей



Свободные энергии образования межузельных атомов в гамма-уране и молибдене



1. Выполнена верификация точности моделей межатомного взаимодействия для металлического урана.
2. Прецизионные расчеты показали anomalно низкие значения энергии образования межузельных атомов в  $\gamma$ -уране (0.6-0.7 эВ, что 5-10 раз меньше, чем в других о.ц.к. металлах).
3. Значительной равновесной концентрацией межузельных атомов объяснено высокое тепловое расширение  $\gamma$ -урана.
4. Разработан метод ускоренной молекулярной динамики для расчета диффузии нанопузырей в  $\gamma$ -уране.

Отд. 1.2.2: Зав. отд. д.ф.-м.н. Стегайлов Владимир Владимирович

Лаб. 1.2.2.3 – суперкомпьютерных технологий в атомистическом моделировании

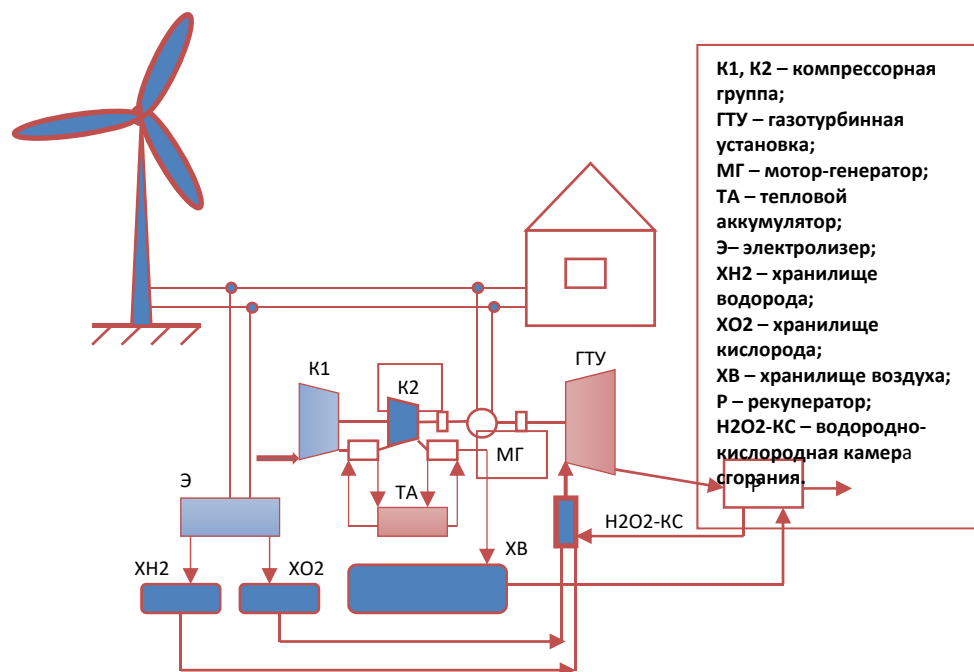
Рук. работ: зав. лаб. к.ф.-м.н. Смирнов Григорий Сергеевич



# КОМБИНИРОВАННАЯ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНАЯ АККУМУЛИРУЮЩАЯ ГАЗОТУРБИННАЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКА

Лаб. Водородных энергетических технологий

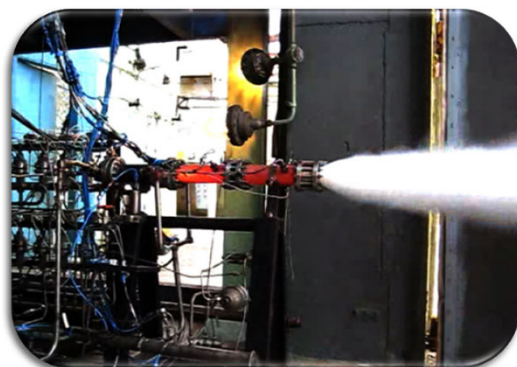
Зав.лаб. к.т.н. Борзенко Василий Игоревич, исп. к.т.н. Счастливцев Алексей Иванович



Разработана схема и создано основное оборудование экспериментального стенда по исследованию процессов в водородной паро-газотурбинной системе аккумулирования энергии для традиционной и возобновляемой энергетики. Разработаны и внедрены алгоритмы системы управления стенда. На основе разработанной математической модели рассчитаны параметры процесса генерации пара в водородно-кислородном парогенераторе тепловой мощностью до 150 кВт. Расчетно-теоретически определены параметры рабочего цикла гибридной водород-воздушной системы аккумулирования энергии на основе водород-воздушных газогенераторов. Преимуществами водородо-воздушной системы аккумулирования энергии являются:

- снижение стоимости установленной мощности;
- снижение объема хранилищ воздуха более чем в 3,2 раза;
- повышение эффективности использования энергии за счет повышения температуры воздуха на входе в газовую турбину.

С учетом использования теплоты коэффициент рекуперации может составить 0,85...0,9.



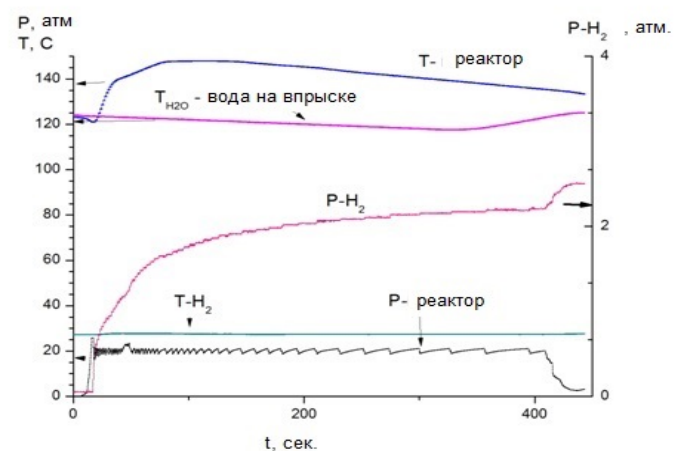
# Разработка энергоустановки на основе системы латентного хранения водорода и устройства для его генерации.

**Цель работы:** создание источника электрической энергии мощностью 1-100 кВт на основе системы хранения водорода в латентной форме и его генерации «на месте, по требованию» для морских дронов, подводных необитаемых аппаратов, в т.ч. подводной робототехники, малых надводных морских и речных судов.

Разработан стенд-прототип системы хранения и генерации водорода. Впервые показана возможность протекания реакции восстановления водорода из воды с использованием серийно выпускаемого алюминиевого порошка при весьма умеренных давлениях и температурах (6 -20 атм., 120-130°C, глубина превращения не менее 85 %).



Экспериментальный стенд.



Параметры реакции и давление водорода в ресивере

**Лаборатория «Алюмоводородной энергетики»  
Зав. д.т.н. Школьников Евгений Иосифович**

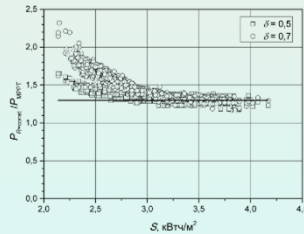
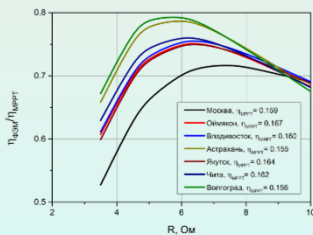


# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лаб. Возобновляемых источников энергии, зав.лаб. к.т.н. Фрид Семен Ефимович



VS



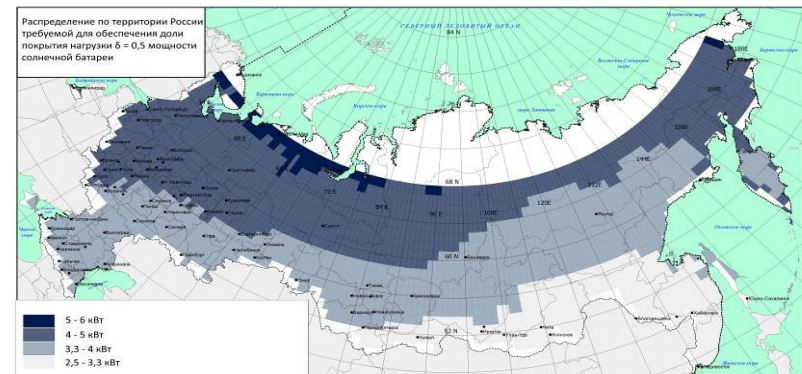
Оптимальное сопротивление электронагревателя и сравнение с системой с контроллером



Экспериментальный фотоэлектрический водонагреватель



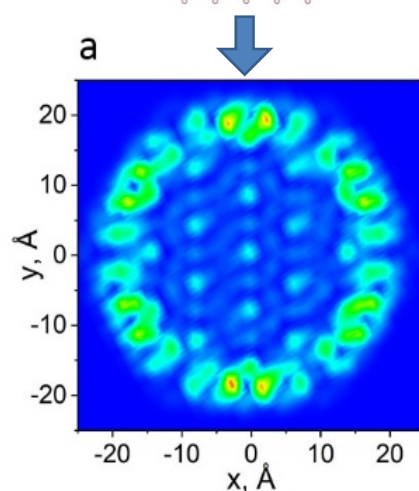
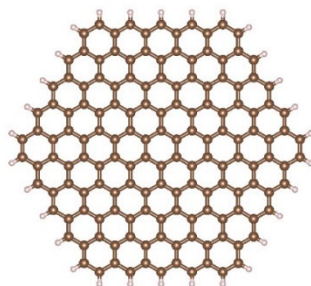
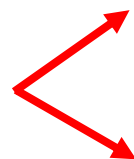
- Обоснованы перспективы использования солнечных батарей для нужд горячего водоснабжения в России, выполнено районирование территории страны
- Получение низкопотенциального тепла за счет выработанной солнечными батареями энергии становится экономически оправданным
- Благоприятными для обеспечения потребителя горячей водой с долей покрытия нагрузки 0,5...0,7 за счет энергии, генерируемой солнечными батареями, являются территории большей части Восточной Сибири и Дальнего Востока вплоть до широт, превышающих 60°
- Проанализированы типовые схемы фотоэлектрических водонагревателей и выпускаемые в мире для использования в них контроллеры
- Исследована возможность отказа от контроллера с прямой работой солнечной батареи на электронагреватель, выполнена оптимизация величины этого сопротивления. В местах, благоприятных для использования фотоэлектрических водонагревателей, увеличение требуемого для обеспечения той же доли покрытия нагрузки количества модулей по сравнению с установкой с контроллером составляет порядка 30%. На стоимость системы это может влиять меньше, чем включение в ее состав дорогостоящего контроллера.
- Созданы стенды для экспериментальной апробации решений по горячему водоснабжению с использованием солнечных батарей.



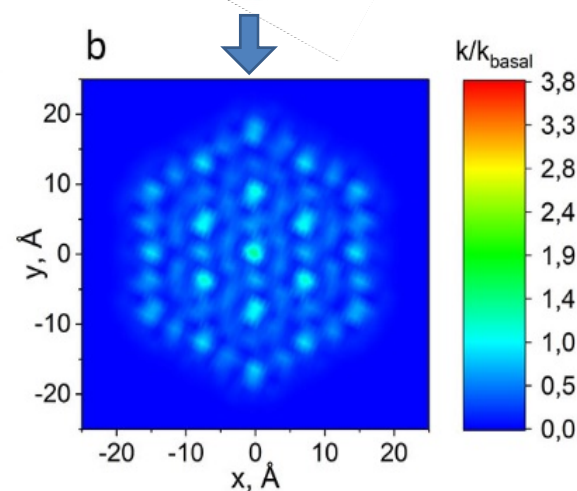
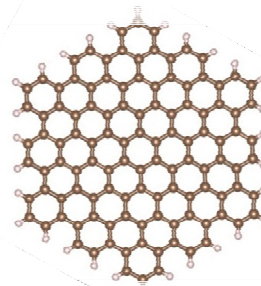
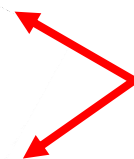
# Моделирование электрокаталитических свойств дефектов в графене

Рук. работы к.ф.-м.н. Кисленко Сергей Александрович  
Лаб. №2.1.4.5 –плазмы, зав. лаб. д.ф.-м.н. Амиров Равиль Хабибулович.

Края типа  
"зигзаг"



Края типа  
"кресло"



**Скорость гетерогенного переноса электрона.**

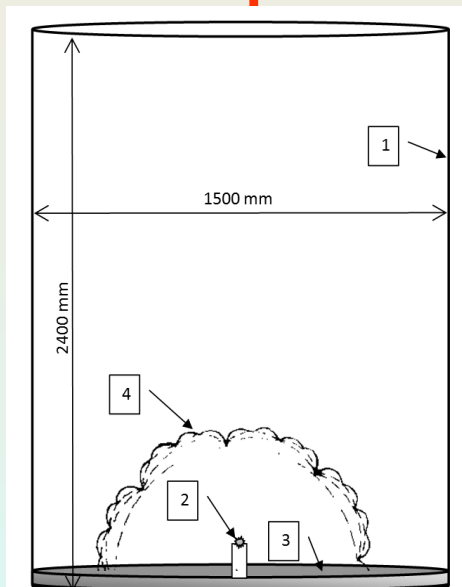
**Выводы:**

- 1) Разработан код для расчета кинетики редокс процессов на поверхности двумерных материалов.
- 2) На краях графенов типа "зигзаг" образуются локальные электронные состояния, которые на порядок ускоряют кинетику электрохимических процессов.

Pavlov S.V. et al. // J. Phys. Chem. C. 2019. Accepted.

**Механика жидкости, газа и плазмы,  
многофазных и неидеальных сред,  
механика горения, детонации и взрыва.**

# Распространение водородно-воздушного пламени в ограниченном объеме с отбором тепла

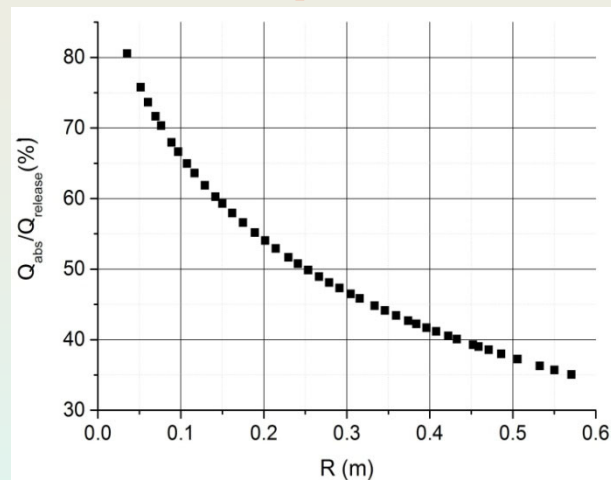


Экспериментальная сборка. 1 – прозрачная оболочка, 2 – точка воспламенения, 3 – слой стальной шерсти (алюминиевый лист), 4 – фронт пламени.

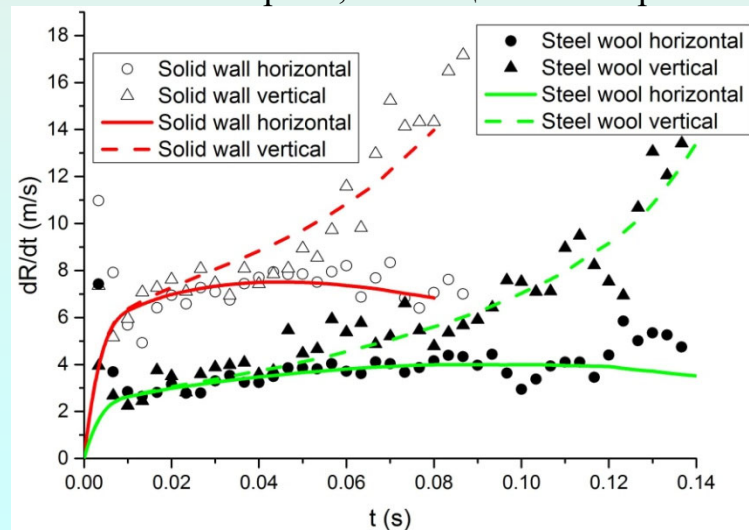
$$\frac{dR_f}{dt} = \left\{ \Theta - (\Theta - 1) \frac{R_f^2}{H^2} \right\} S_L^n \left( \frac{\Theta}{n} k_{DL} \right)^{n-1} t^{n-1},$$

$$\frac{dZ_{tip}}{dt} = \left\{ \Theta + 2(\Theta - 1) \frac{R_f Z_{tip}}{H^2} \right\} S_L^n \left( \frac{\Theta}{n} k_{DL} \right)^{n-1} t^{n-1}$$

Построена аналитическая модель поглощения тепла из области распространяющегося пламени и распространения пламени в ограниченном объеме с учетом потерь тепловой энергии.



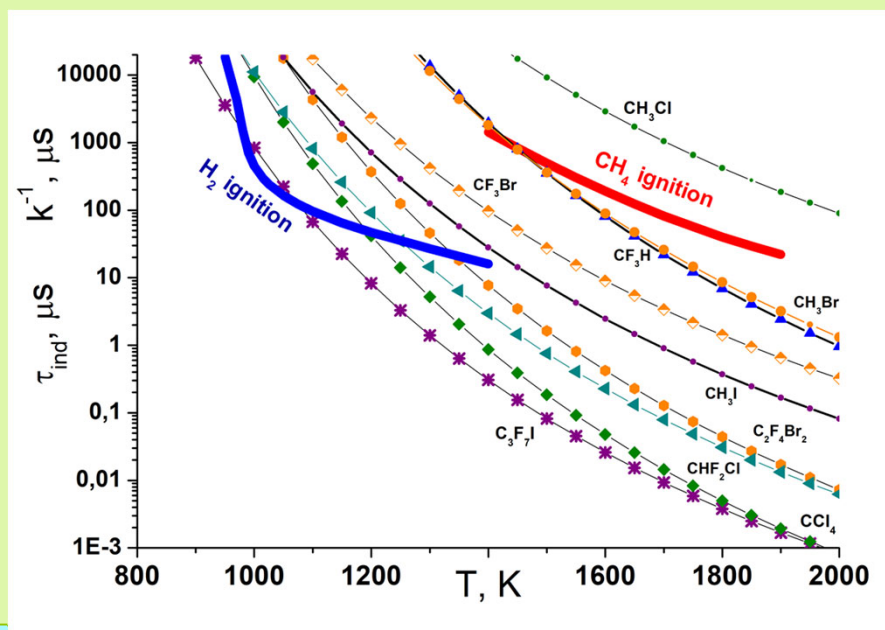
Доля тепловой энергии, поглощенной покрытием



**Лаб. №1.1.2.1. – нестационарных газодинамических процессов Зав. лаб. : д.ф.-м.н. Голуб Виктор Владимирович. Рук. работы: к.ф.-м.н. Володин Владислав Владимирович**

## Анализ эффективности и пределов применимости различных галоген-углеродных ингибиторов для предотвращения воспламенения различных горючих смесей

*Характеристические времена диссоциации различных галоген-углеродов в сравнении с временами воспламенения метана и водорода*



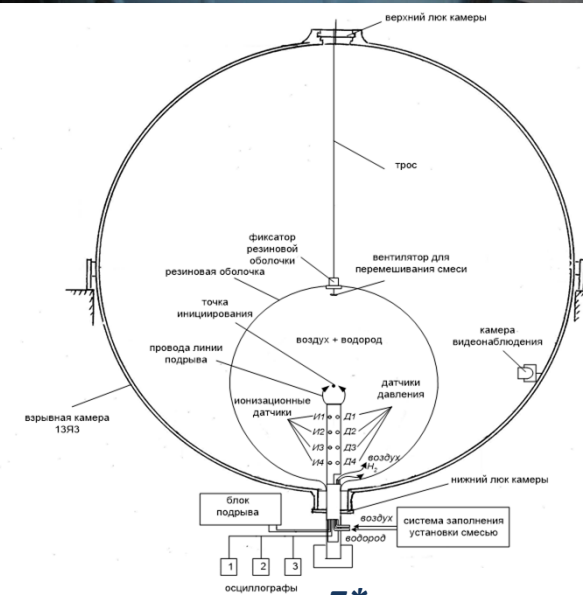
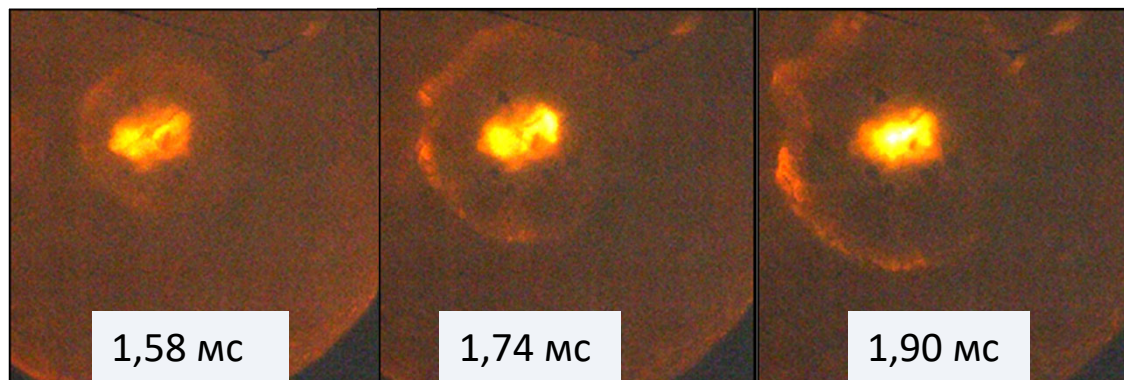
Ключевой вопрос в характере влияния галоген углерода на воспламенение – это соотношение времен его диссоциации с характерными временами воспламенения данной смеси в тех или иных условиях. Поэтому большинство галоген-углеродов хорошо ингибируют ударно-волновое воспламенение водорода, но в то же время, промотируют воспламенение метано-кислородных смесей.

Лаб. 1.1.2.2. - неравновесных процессов

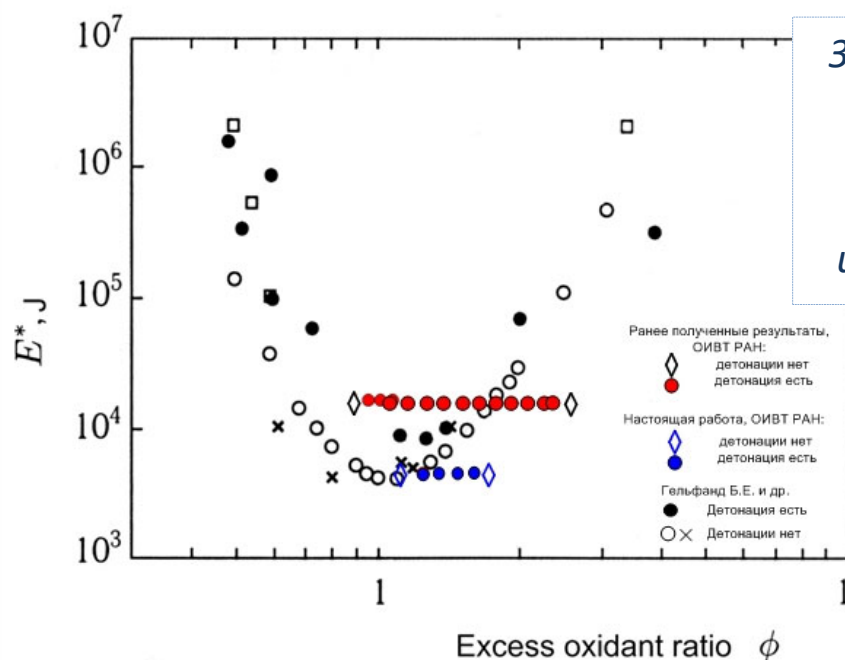
Рук. работ: зав. лаб. Еремин Александр Викторович

## Сферическая детонация водородо-воздушных смесей в больших объемах

Моделирование горения водородно-воздушных смесей в объеме  $7 \text{ м}^3$  (иницирование в центре (15,5 кДж), содержание водорода 35 % об.). Обнаружен второй фронт горения, имеющий сферическую форму. Этот фронт турбулизирован по радиусу на глубину  $\sim 5\text{-}7 \text{ см}$ . Скорость  $\sim 800 \text{ м/с}$ .



Зависимость энергии  
инициирования  
детонации  $E^*$  от  
коэффициента  
избытка окислителя



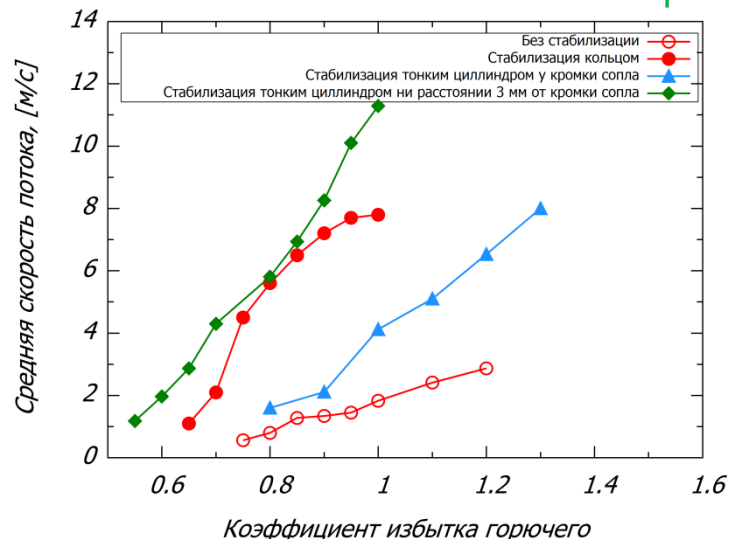
Критическая энергия инициирования  $E^*$  водородо-воздушных смесей в больших объемах ( $< 4,6 \text{ кДж}$ ) существенно ниже, по сравнению с полученными ранее данными ( $7,8 \text{ кДж}$ ) [Гельфанд и др., 2008]

10 Лаб. №1.1.1. – ударно-волновых воздействий  
Зав. лаб.: д.ф.-м.н. Долгобородов Александр Юрьевич  
Рук. работ: к.т.н. Петухов Вячеслав Александрович

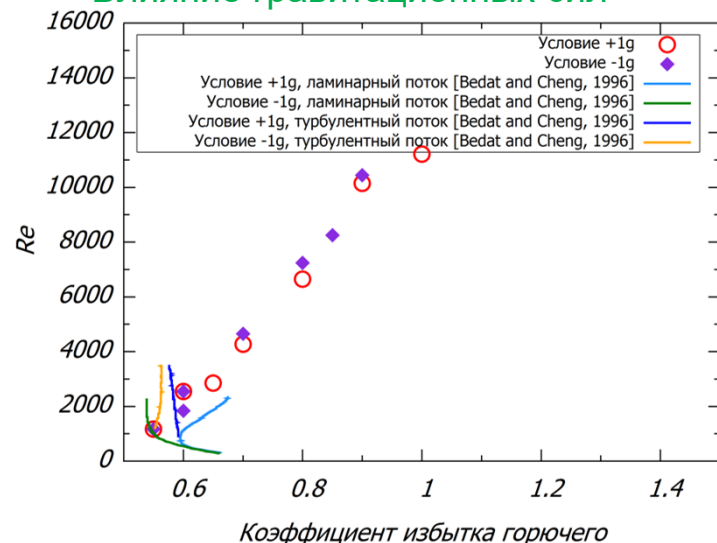
# Исследования характеристик обратного конического пламени, стабилизация

Границы устойчивого горения пламени:

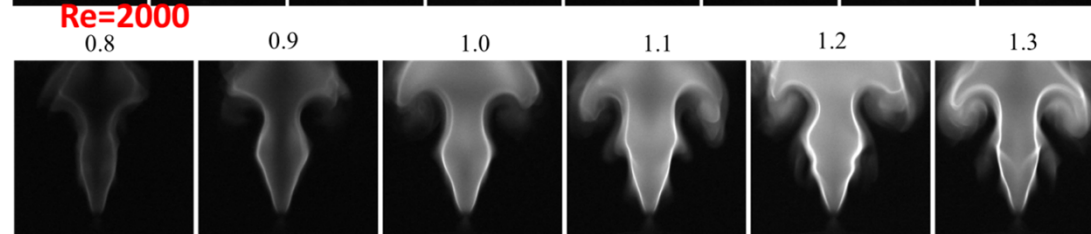
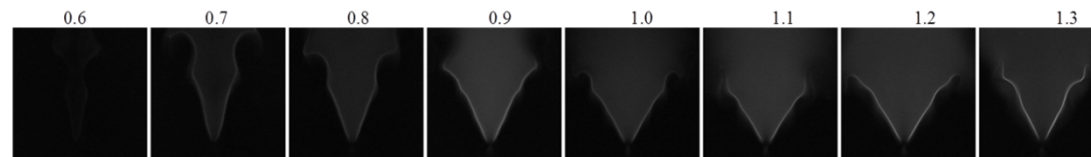
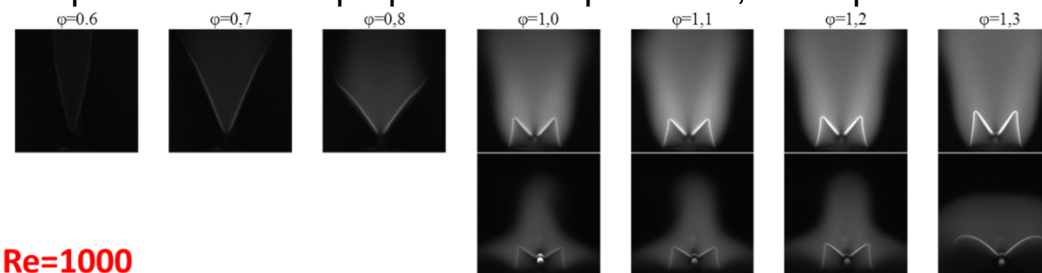
## Пассивные внешние стабилизаторы



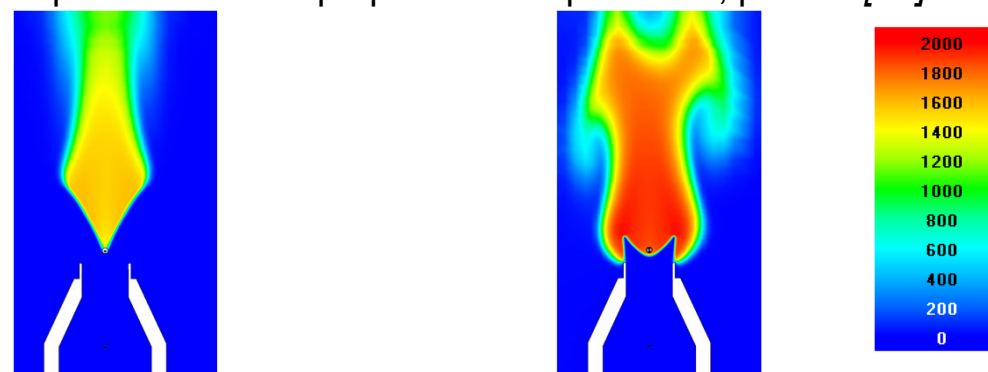
## Влияние гравитационных сил



Формы пламени при различных режимах, эксперимент:

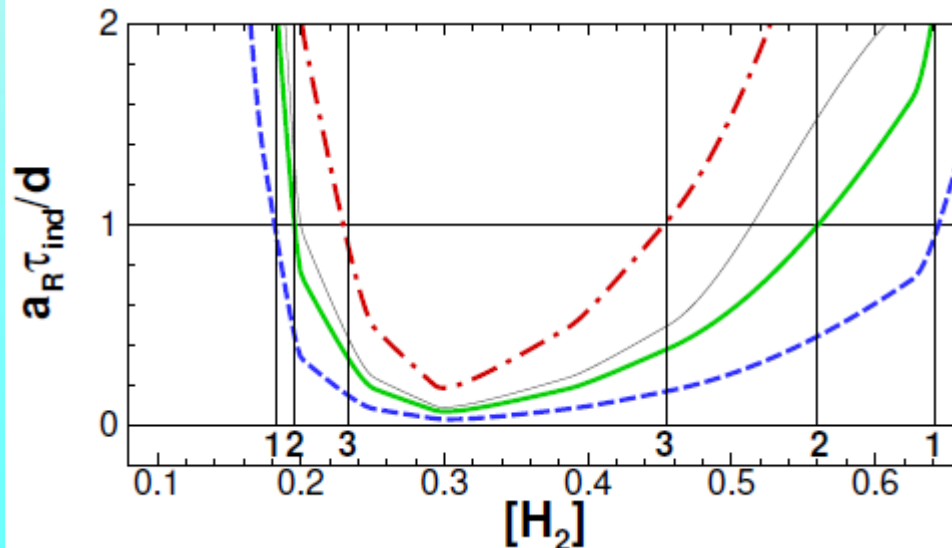
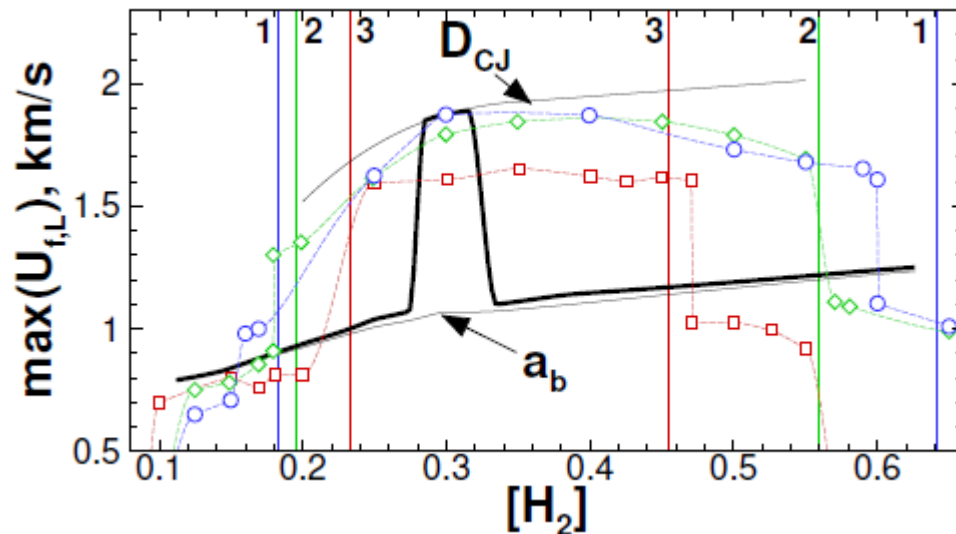


Формы пламени при различных режимах, расчет [°C]:



Лаб. №4.1.3. – экспериментальных и теоретических исследований горения, зав. лаб. к.ф.-м. н. Савельев Андрей Сергеевич, отв. исп. к.ф.-м.н. Крикунова Анастасия Игоревна

# Разработка критериев перехода дозвукового горения в детонацию в различных горючих смесях



Предложен новый алгоритм расчета пределов перехода к детонации в загроможденных каналах, заполненных горючей газообразной смесью. Разработанный алгоритм реализуется в два этапа.

1. На первом этапе проводится оценка потенциальной возможности реализации перехода к детонации в смеси заданного состава в заданном термодинамическом состоянии. На основе полученных данных становится возможным оценить максимально возможную скорость распространения пламени в результате ускорения в канале.

2. Далее, на втором этапе, оценивается возможность очагового воспламенения, индуцированного в результате взаимодействия генерируемого в ходе развития горения потока и расположенных в канале препятствий. Полученные оценки согласуются с имеющимися экспериментальными данными (точки).

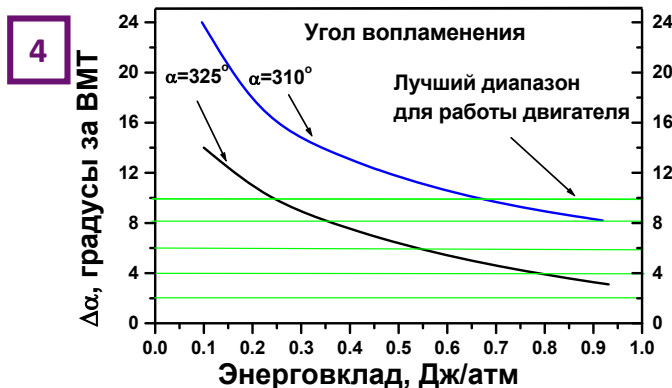
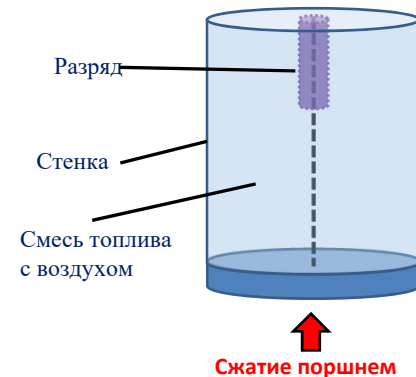
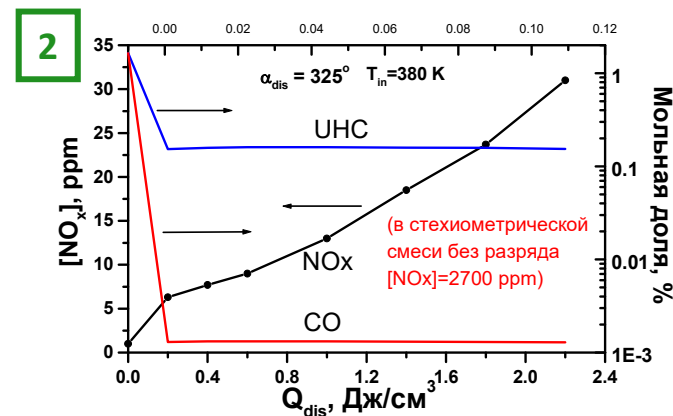
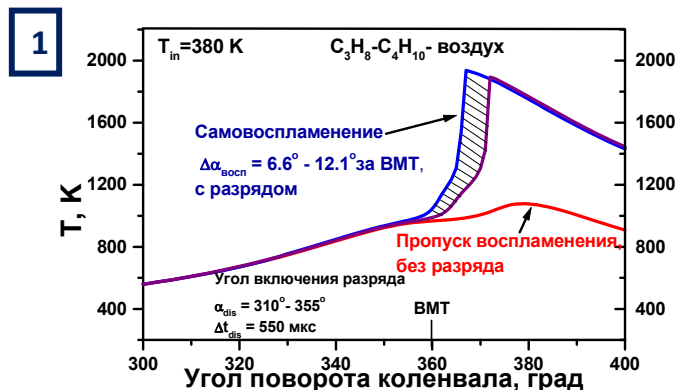
На нижнем рисунке показаны расчетные значения критерия Томаса.

**Лаборатория №4.3.1. -  
математического моделирования,  
Рук. работы зав. лаб. к.ф.-м.н.  
Киверин Алексей Дмитриевич,**



# Управление воспламенением обедненных смесей высокочастотным неравновесным коронным разрядом

Новый способ организации горения в двигателе внутреннего сгорания



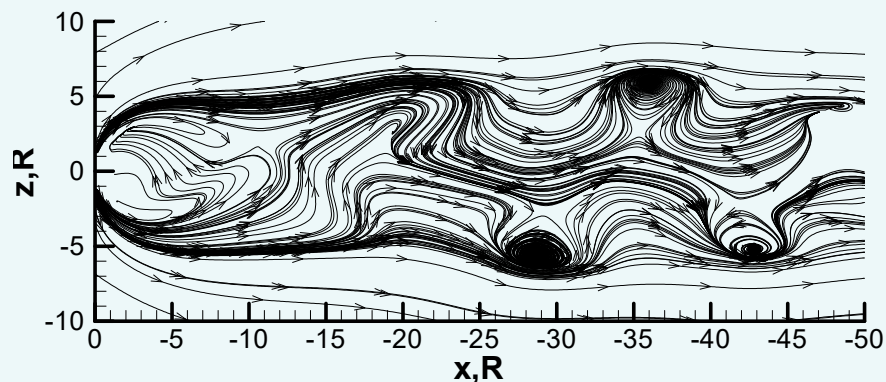
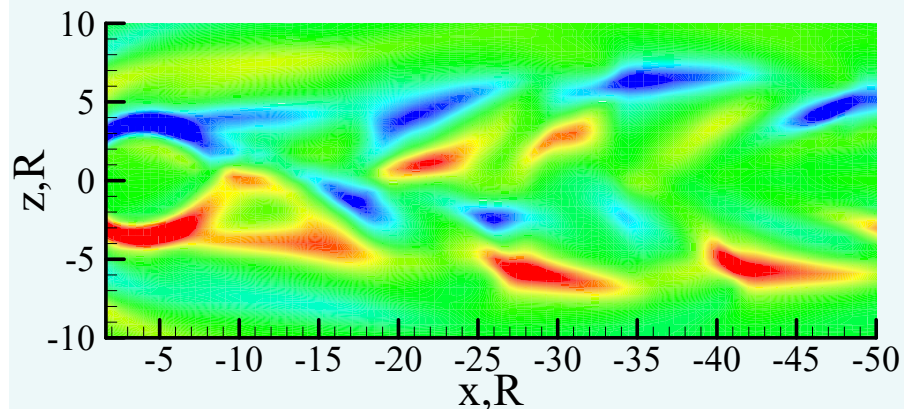
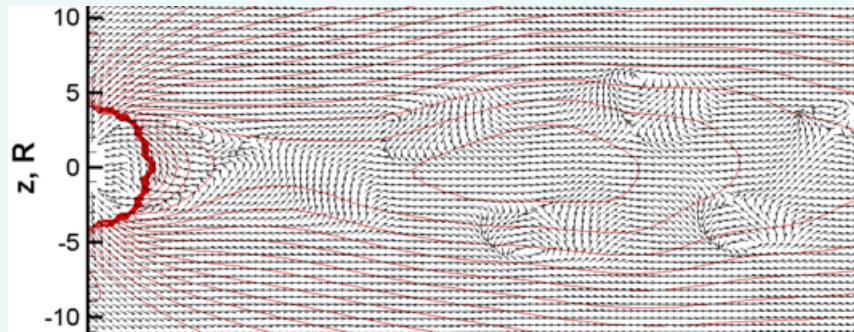
Для смесей, не воспламеняющихся в результате сжатия,

получено:

1. Автовоспламенение обедненной смеси, инициируемое разрядом
2. Экологическая эффективность: снижение вредных выбросов  $NO_x$ , CO и несгоревших углеводородов (УНС) на 1-3 порядка
3. Энергетическая эффективность: вложенная в разряд энергия 1 Дж/см<sup>3</sup> приводит к ~320 Дж/см<sup>3</sup> энерговыделения при горении за цикл работы
4. Гибкое управление поджигом происходит при помощи изменения момента включения разряда до верхней мертвой

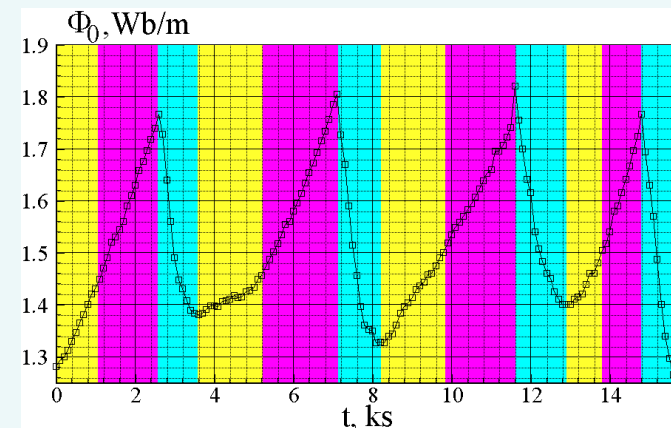
Лаб. 2.2.1.1. - численное моделирование магнитоплазменной аэродинамики. Зав. лаб. д.ф.-м.н. Бочаров Алексей Николаевич. Отв. исп. к.ф.-м.н. Филимонова Елена Александровна

## Образование вихревой дорожки кармановского типа в ночной области магнитосферы



Глобальное моделирование обтекания магнитосферы Земли солнечным ветром в полной расчетной области (резистивная 2D МГД модель) показало, что при проводимости плазмы выше некоторого критического значения решение становится несимметричным в следствие образования в плазменном слое геомагнитного хвоста вихревой дорожки кармановского типа. Квазипериодичность магнитного пересоединения (т.н. пилообразное событие) в несимметричном решении сохраняется. **Эффект отмечается впервые.**

Верхний рисунок - магнитные силовые линии (красный цвет), стрелками равной длины показано направление вектора скорости. Средний рисунок - поле у-компоненты вектора завихренности скорости (красный цвет - положительные значения, синий - отрицательные). Нижний рисунок - векторные линии скорости. Все рисунки слева относятся к моменту времени 6400 с – середине взрывной фазы.



Зависимость открытого магнитного потока от времени (желтый цвет – фаза роста, фиолетовый – взрывная фаза, голубой – фаза восстановления). Минимум открытого магнитного потока отвечает началу цикла.

Лаб. №1.1.2.3. – вычислительной гидродинамики  
Рук. работ: зав. лаб. Лихачев Александр Павлович

# Численное и экспериментальное исследование движения слабопроводящей жидкости, создаваемого сильным неоднородным электрическим полем

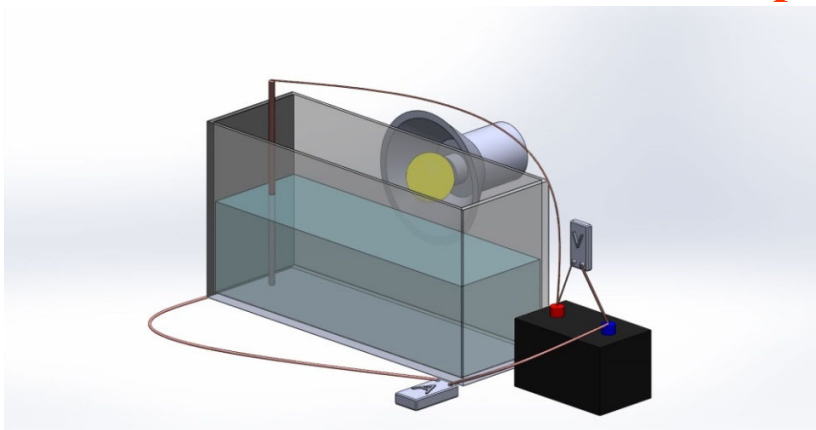
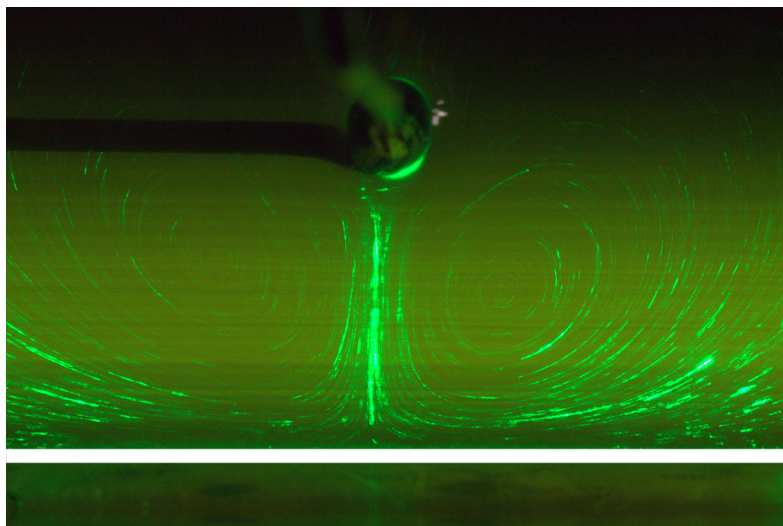
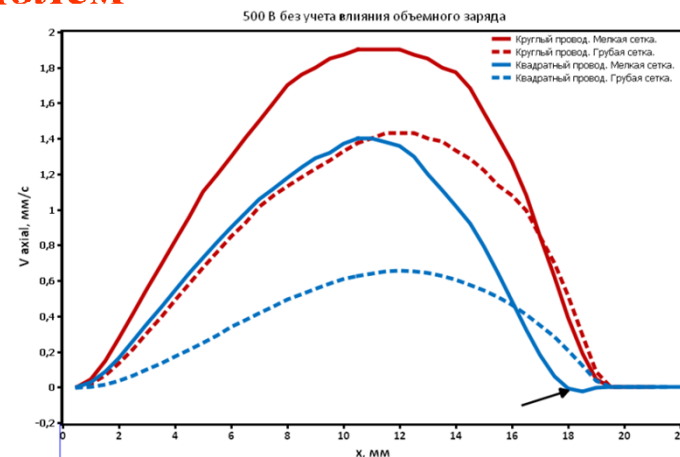


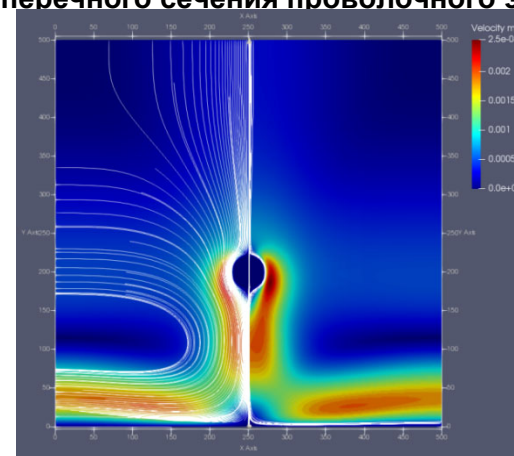
Схема экспериментальной установки



Характерный вид течений в масле при приложении напряжения 3 кВ между электродами



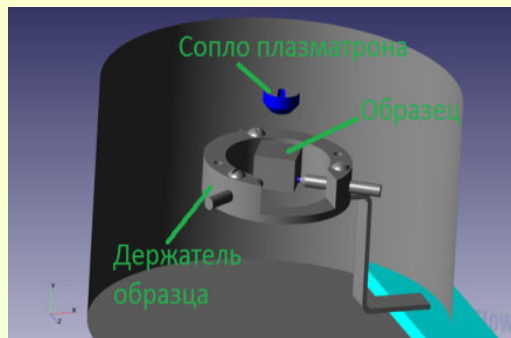
Скорости движения масла между электродами при различных формах поперечного сечения проволочного электрода



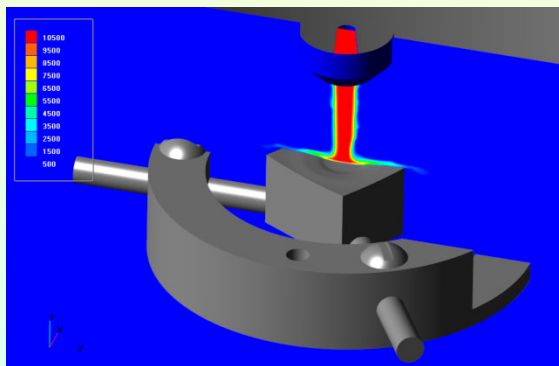
Линии тока и величина скорости при напряжении между электродами 3000 В. Расчетная сетка имеет размер 100 x 100 ячеек.

Лаб. №4.1.1. – электроэнергетики, зав. лаб. к.ф.-м.н. Долуденко Алексей Николаевич,  
Лаб. №4.3.1. - математического моделирования, зав. лаб. к.ф.-м.н. Киверин Алексей Дмитриевич.  
Отв. исполнитель к.ф.-м.н. Апфельбаум Михаил Семенович

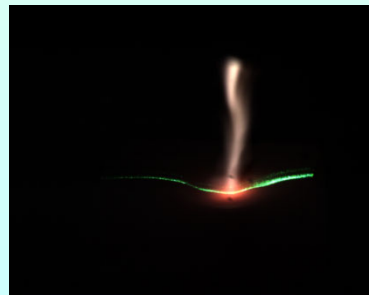
# Моделирование взаимодействия плазменного потока с углеродным образцом ТЗП



Расчетная область

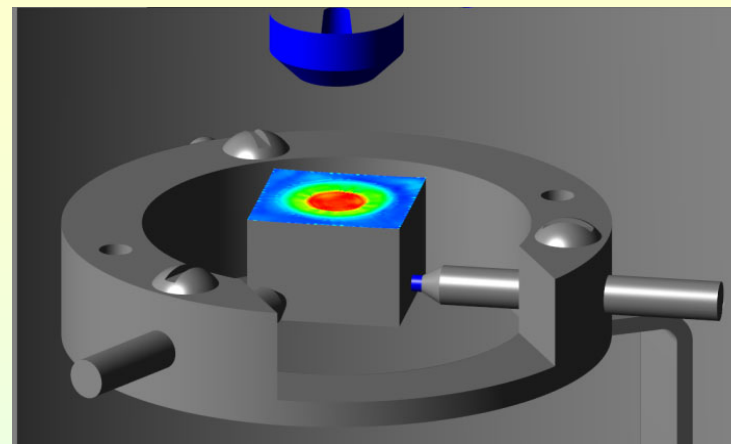


Распределение температуры через 60с, К

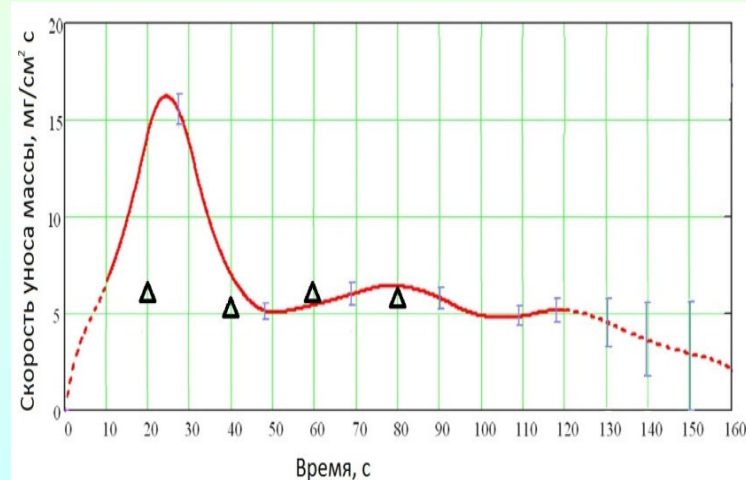


Моделируемый эксперимент

Интегрирование по площади кратера в разные моменты времени дает среднее значение скорости уноса массы от 5 до 6  $\text{мг см}^{-2} \text{с}^{-1}$ . Таким образом, результаты численного моделирования с использованием реализованной модели абляции согласуются с экспериментальными данными в пределах погрешности эксперимента.



Распределение скорости уноса массы [ $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$ ]



Средняя удельная скорость уноса массы [ $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$ ]: результаты расчётов – маркеры, экспериментальные данные – линия.

**Лаборатория №4.3.3. - вычислительных комплексов,  
рук. зав. лаб. к.ф.-м. н. Аксенов Андрей Александрович**

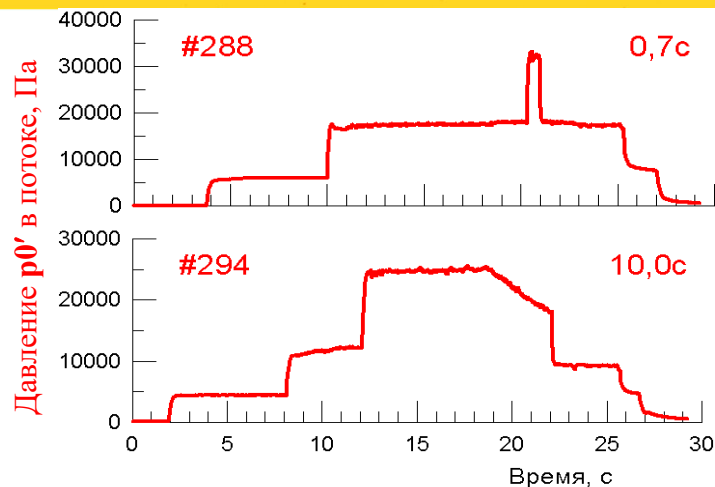
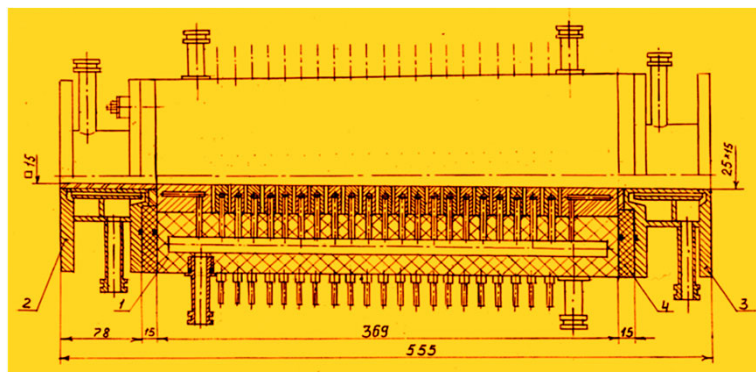
# Разработка, создание и испытание водоохлаждаемого канала в составе МГД ускорителя СМГДУ

СМГДУ – стенд с магнитогазодинамическим ускорителем (ЦАГИ им. проф. Н.Е.Жуковского)

Цель данного этапа исследований – тестовые испытания МГД ускорителя с новым каналом, охлаждаемым водой, для увеличения длительности высокоэнтальпийного высокоскоростного газового потока.

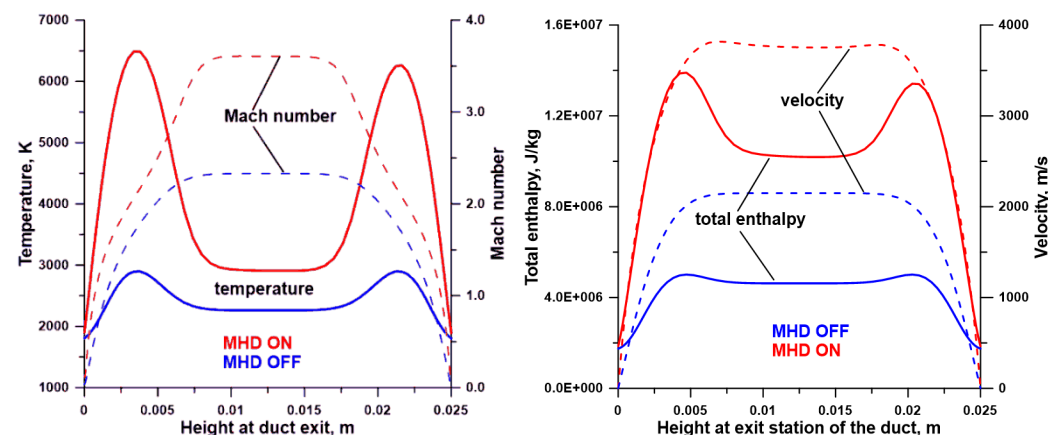
## ➤ Увеличение длительности высокоскоростного воздушного потока до 10 с

Конструкция МГД канала с водяным охлаждением электродов и боковых стенок (проект и изготовление ОИВТ РАН)



## ➤ Численное сопровождение стендовых исследований

Пример адаптации комплекса программ "PlasmAero" (разработка ОИВТ РАН) к условиям испытаний



➤ В серии испытательных пусков длительность сверхзвукового течения была увеличена более чем на порядок, до 10 с, без снижения полного давления за скачком уплотнения.

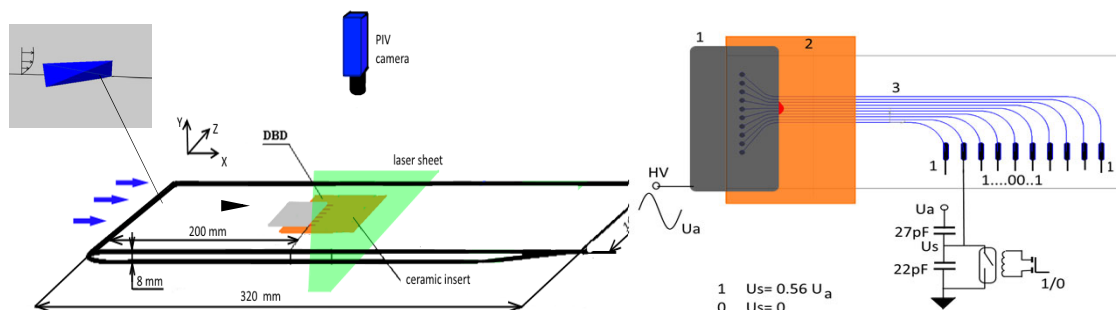
➤ Рассчитанная по экспериментальным данным удельная полная энтальпия сверхзвукового потока была на уровне 10 МДж/кг.

Полученные результаты – важный шаг на пути к созданию платформы для широкомасштабных испытаний перспективных материалов теплозащиты и разработке новых, неинтрузивных, способов управления полетом гиперзвукового летательного аппарата на наземной установке в условиях квазистационарного высокоэнтальпийного гиперзвукового потока.

д.ф.-м.н. Битюрин Валентин Анатольевич – рук. работы. Лаб. Численного моделирования магнитоплазменной аэродинамики. Зав. лаб. д.ф.-м.н. Бочаров Алексей Николаевич

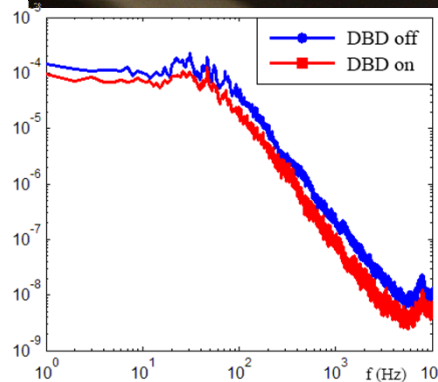
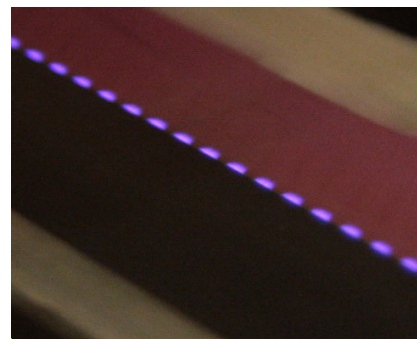
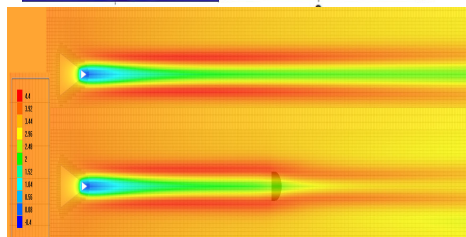
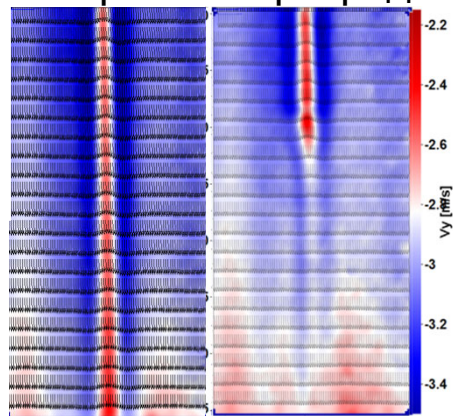


# АКТУАТОРЫ ДЛЯ АКТИВНЫХ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ С ВАРЬИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ РАЗРЯДА



Поле скорости внутри  
возмущенного  
пограничного слоя :

контроль с разрядом



Снижение уровня  
турбулентных пульсаций в  
области перехода

Разработан плазменный актуатор для  
снижения газодинамического сопро-  
тивления путем активного подавления  
возмущений в пограничном слое на  
стреловидном крыле.

Проведены испытания активной си-  
стемы, продемонстрировано подав-  
ление одиночной низкоскоростной  
полосы в погранслое.

Проведены испытания в ЦАГИ:

В низкоскоростном эксперименте  
продемонстрирована возможность  
генерации вихрей поперечного тече-  
ния с заданной длиной волны, а также  
затягивания перехода к турбулентно-  
сти при повышенном уровне пульса-  
ций в набегающем потоке.

Лаб. Экспериментальной  
плазменной аэродинамики  
Зав.лаб. к.ф.-м.н. Моралев Иван  
Александрович



## СВЕРХЗВУКОВЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ СТРУИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РАДИОФИЗИЧЕСКОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ

Лаб. СВЧ и оптических разрядов, зав.лаб. к.т.н. Бровкин Вадим Геннадиевич,  
Лаб. Экспериментальных исследований гетерогенных плазменных потоков.  
Зав.лаб. к.ф.-м.н.Пашина Анатолий Степанович

Для лабораторного моделирования газодинамических процессов взаимодействия СЗ газоплазменных потоков с телами использовались плазменные струи, получаемые с помощью магнитоплазменного компрессора (МПК) и импульсного разряда (ИР) в капилляре. Скорость таких струй составляет 0.5-10 км/с, а продолжительность цикла от десятков мкс до десятков мс при статическом давлении воздуха 10-500 Торр.

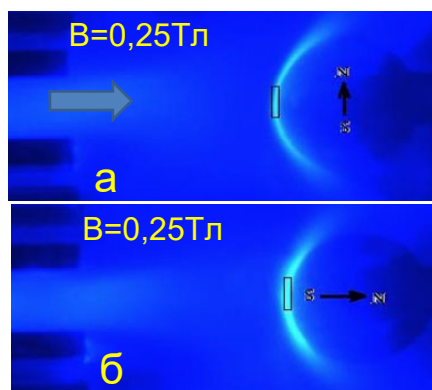


Рис.1 - Струя МПК

Поток плазмы с  $T_e = 3 \pm 0,5 \text{ eV}$ ,  $N_e \sim 10^{16} \text{ см}^3$ .  
Исходя из температуры потока для числа  $M \sim 3$  скорость поток достигает  $10 \pm 2 \text{ км/с}$ .

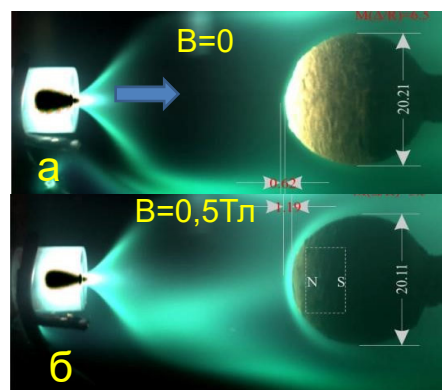


Рис.2 - Струя ИР в капилляре

Поток плазмы с  $T_v \approx 10^4 \text{ K}$  и  $T_r \approx 5000 \text{ K}$ .  
Исходя из температуры потока для чисел  $M \sim 3-5$  скорость поток также достигает  $10 \text{ км/с}$ .

Для исследования влияния величины и ориентации магнитного поля на зоны торможения сверхзвуковых потоков плазмы на аэродинамических телах использовались шаровые неодимовые магниты диаметром 15 и 20 мм, индукция магнитного поля на поверхности которых не превышала 0.5 Т.

Магнитное поле в точке торможения было соосно со струей (Рис.16 и 26) и перпендикулярно оси струи (Рис.1а). Эксперименты выполнялись в диапазоне давлений 10-15 Торр. Число Маха потока изменялось в пределах  $M=3-8$

**Наличие даже небольшого тангенциального магнитного поля (не более 0,25 Тл) уменьшает ширину зоны торможения потока.**

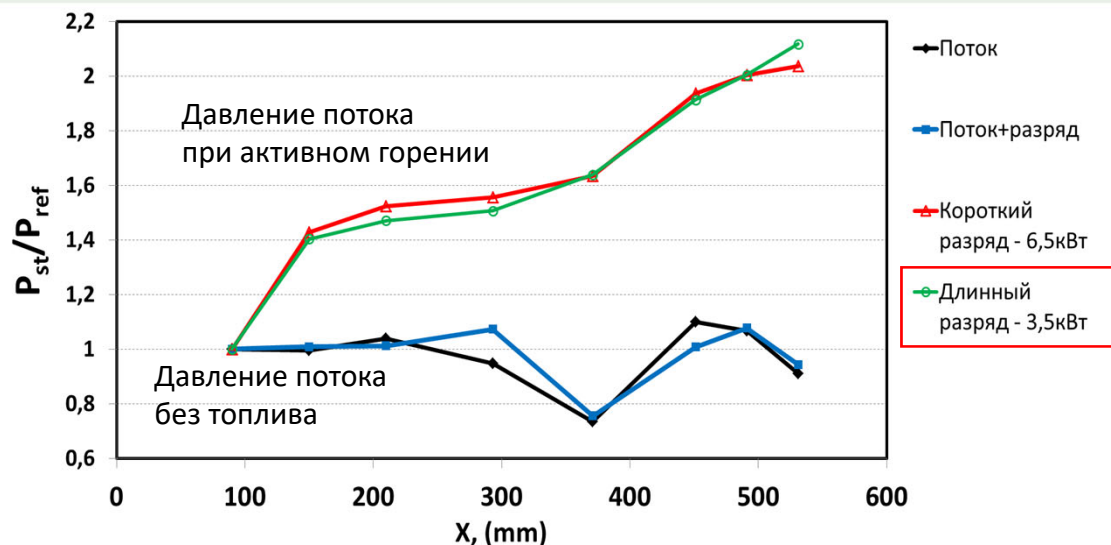
**Результаты подтверждают перспективность модификации зон торможения магнитными тангенциальными полями.**



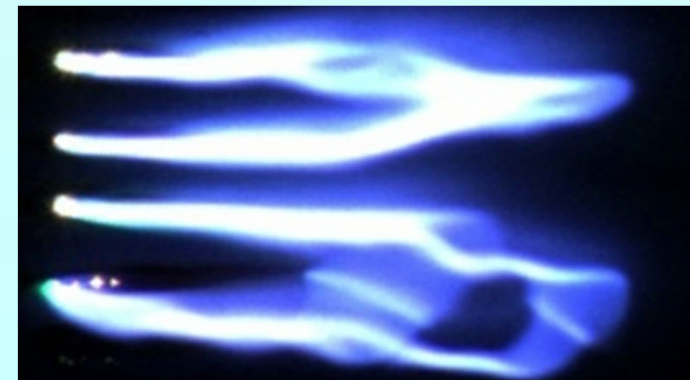
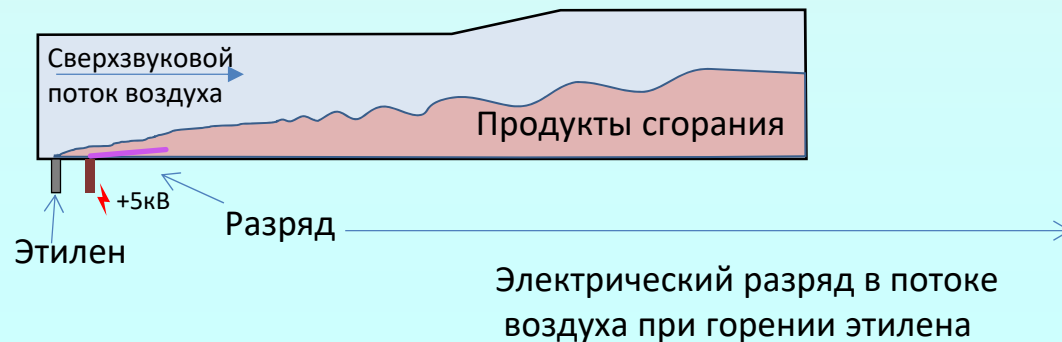
# СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ РАЗРЯДА ДЛЯ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ЭТИЛЕНА В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ

Лаб. плазменных методов управления воспламенением и горением в высокотемпературных потоках, зав. лаб. к.ф.-м.н. Фирсов Александр Александрович

## Давление вдоль камеры сгорания



За счет увеличения межэлектродного расстояния получено увеличение длины плазменной петли. Установлено, что одна длинная петля воспламеняет топливо лучше, чем одна короткая, при использовании разрядов одинаковой мощности. Повышение эффективности обусловлено увеличением времени взаимодействия плазмы с воздушно-топливной смесью. **Достигнуто снижение мощности с 12-18кВт (в предыдущих работах) до 3,5кВт.**



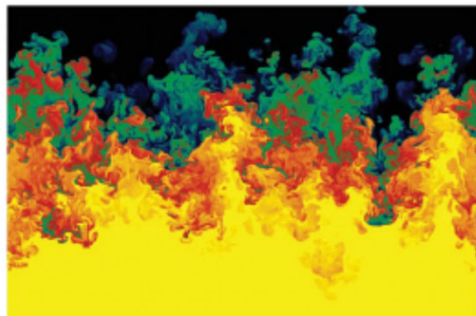
# Турбулентность сред с объемными гравитационными, электрическими, магнитными и инерционными силами



К.Э. Сон, Э.Е. Сон

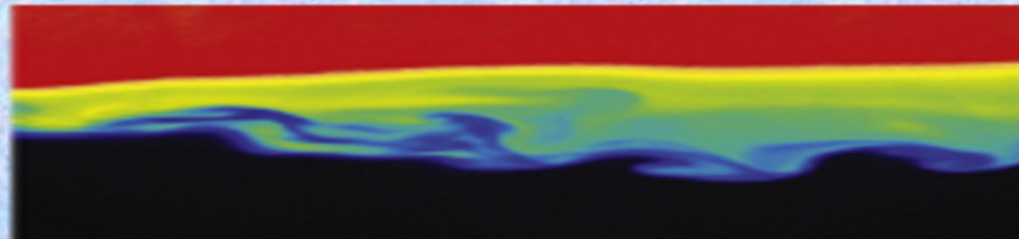
## Турбулентность сред с объёмными силами

Поддержано грантом РФФИ № 19-11-0000419



«Янус-К»  
Москва 2019

В 2018 г. завершена работа по описанию моделей турбулентности в средах с объемными силами, к которым относятся гравитационные, электромагнитные силы а также центробежные силы инерции, которые существенны во вращающихся потоках, а также, например, у поверхности крыла в высокоскоростных потоках. Проведен анализ методов описания структуры турбулентного потока и поведения при различных условиях средних значений скорости, дисперсий пульсаций скорости, корреляционных одно- и двухточечных моментов разного порядка, интегральных и микромасштабов, спектральных распределений в потоке. Многие особенности турбулентного течения связаны с тем, что величина интегрального корреляционного масштаба сравнима с характерным размером потока или области воздействия внешних сил на поток.

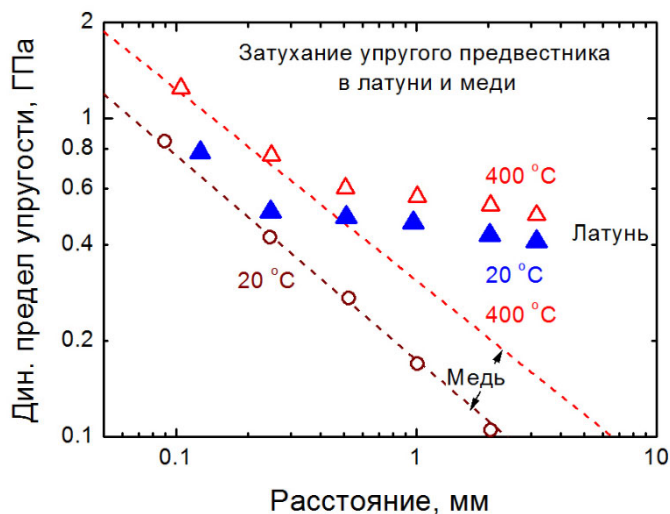


Рук. работы: академик Сон Эдуард Евгеньевич  
Лаб. №4.1.1. – электроэнергетики, зав. лаб. к.ф.-м.н. Долуденко Алексей Николаевич,

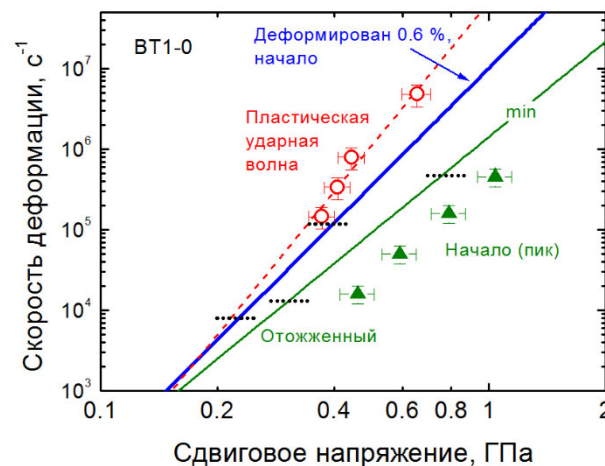
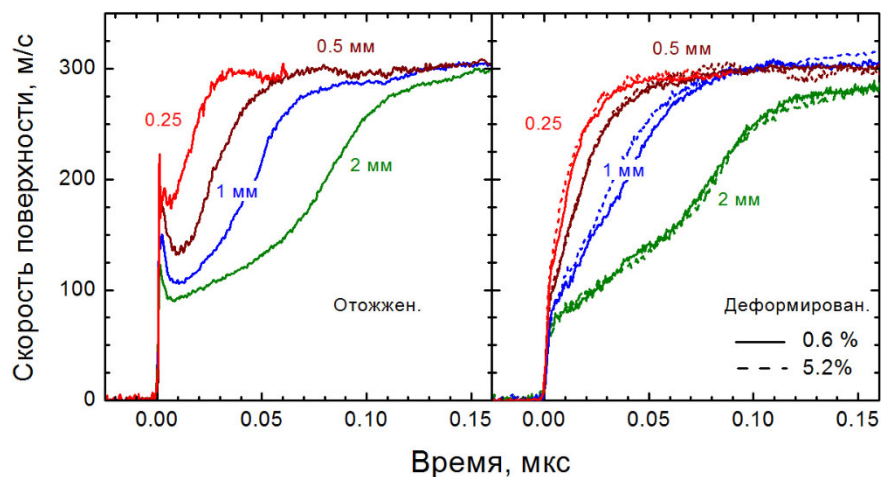
**Механика деформирования и  
разрушения материалов, сред, изделий,  
конструкций, сооружений и  
триботехнических систем при  
механических нагрузках, воздействии  
физических полей и химически  
активных сред**



## Макрокинетические закономерности пластической деформации и разрушения при больших напряжениях



Измерена эволюция ударных волн в титане, латуни и стали. Для латуни обнаружено аномальное термическое упрочнение как на высокоскоростной ветви зависимости напряжения от скорости деформации, контролируемой фоновым трением, так и на низкоскоростной ветви, обычно связываемой с термофлуктуационными явлениями. Найдено, что предварительная пластическая деформация титана величиной 0.6 % и связанное с ней увеличение плотности дислокаций радикально изменяют кинетику деформирования и понижает величину динамического предела упругости. Увеличение величины предварительной деформации от 0.6 % до 5.2 % не приводит к существенным изменениям величины динамического предела упругости и скорости сжатия в пластической ударной волне.



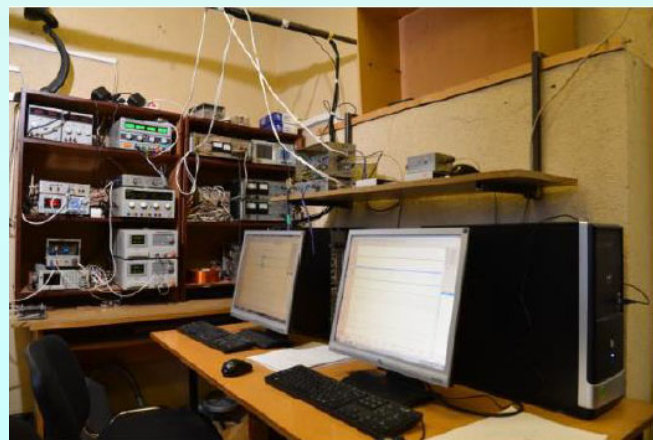
зависимости скорости пластической деформации от напряжения для свежоотожженного и деформированного титана.

Влияние малых предварительных деформаций на эволюцию упругопластических волн ударного сжатия в титане BT1-0.

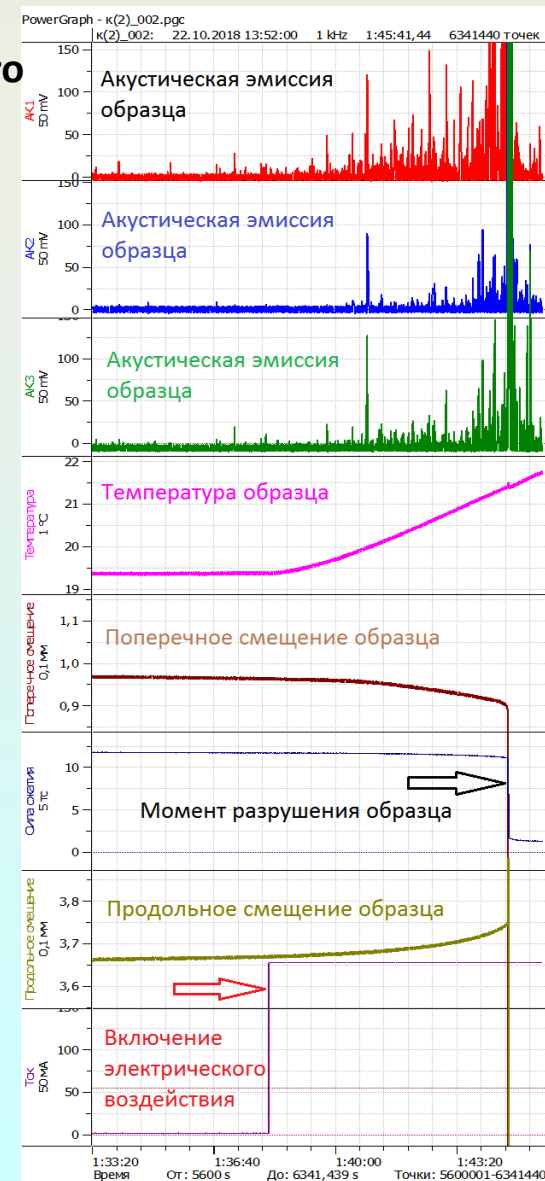
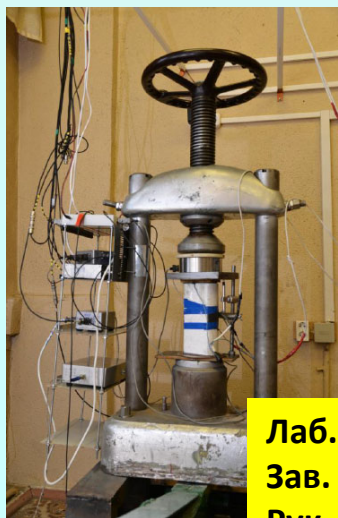
Лаб. №1.1.1 – ударно-волновых воздействий  
Рук. работ: чл.-корр. РАН Канель Геннадий Исаакович

# Физические основы электромагнитного воздействия на деформационные процессы в земной коре

Впервые определены условия разрушения образца искусственного песчаника в субкритическом напряженно-деформированном состоянии импульсами электрического тока



Испытываемый образец

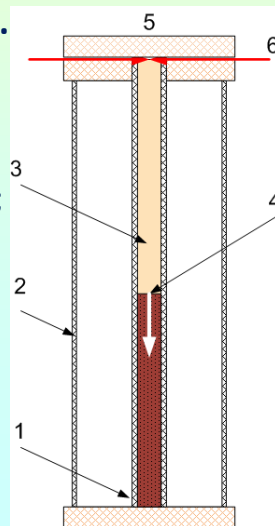


Лаб.1.3.3 - импульсной энергетики в геофизике  
Зав. лаб.: к.т.н. Новиков Виктор Александрович  
Рук. работ: д.т.н. Зейгарник Владимир Альбертович

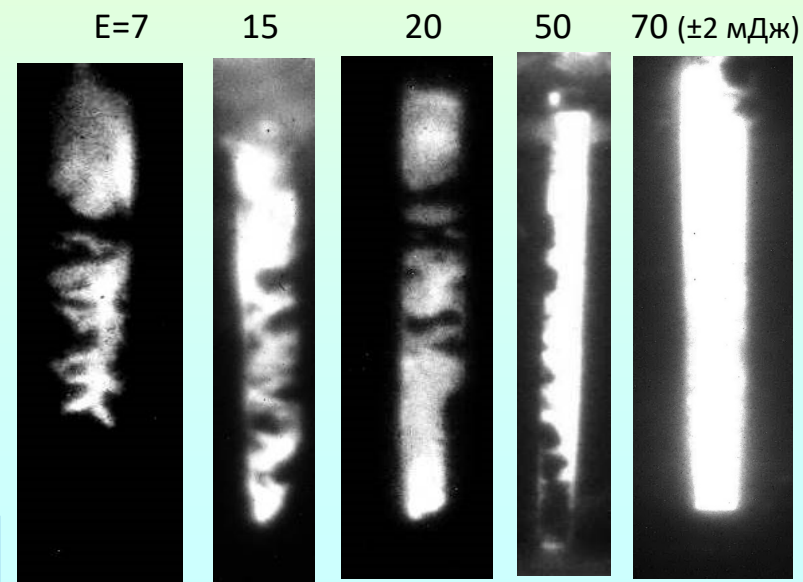
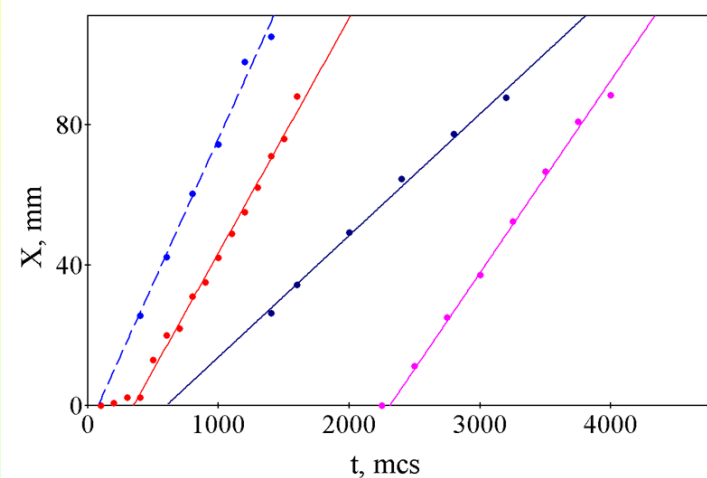
# Электроискровое инициирование реакций в термитных смесях

- Определены зависимости изменения параметров инициирования реакции в термитной смеси Al/CuO от условий механоактивации при энерговыделении в искровом промежутке  $1,5 \div 100,0$  мДж за время  $\sim 1,2$  мкс.
- В зависимости от энергии инициирования, дозы активации и диаметра заряда период индукции изменяется от 20 до 2200 мкс, а – скорость горения от 30 до 90 м/с .
- При энергии искры  $E < 20$  мДж формируется нестационарный режим горения со средней скоростью около 30 м/с в виде стохастической фрактальной структуры из чередующихся слоев сгоревшего и исходного вещества. Формирование такого режима определяется исходной неоднородностью распределения первичных очагов реакции, взрывным характером реакции в точках контакта компонентов, тепловой перколяцией в сочетании с эстафетным механизмом переноса горячих продуктов, инициирующих химическую реакцию в холодных участках смеси.

Схема эксперимента и кадры фоторегистрации при различной энергии инициирования  
 1–исходная термитная смесь в стеклянной трубке;  
 2–стеклянный объем с водой;  
 3–излучающая область реагирующей смеси;  
 4–фронтальная граница между излучающей и темной зонами;  
 5–искровой промежуток;  
 6–электроды.



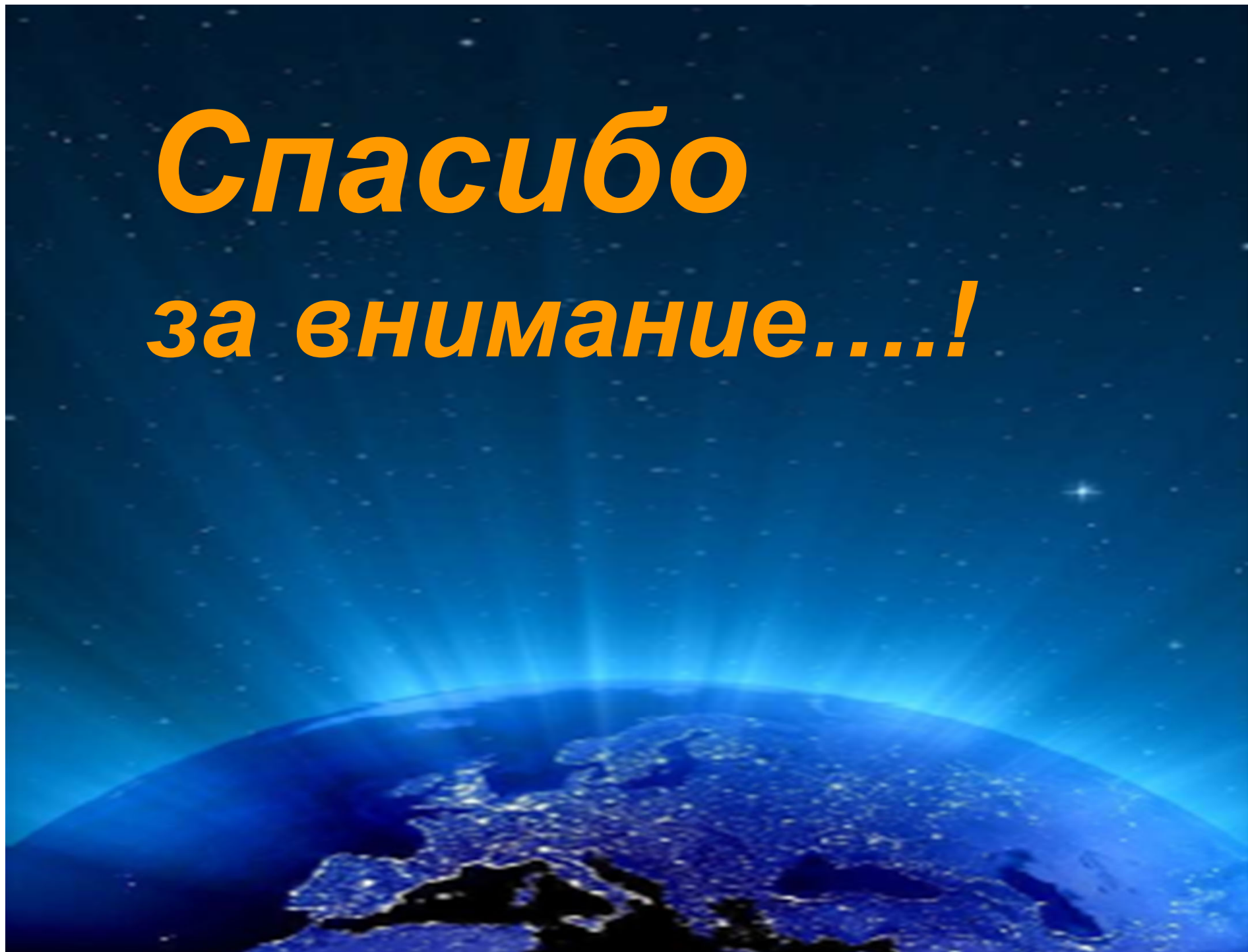
Типичные  $x-t$  диаграммы фронта излучающей области для оценки скорости распространения и периода индукции химического взаимодействия



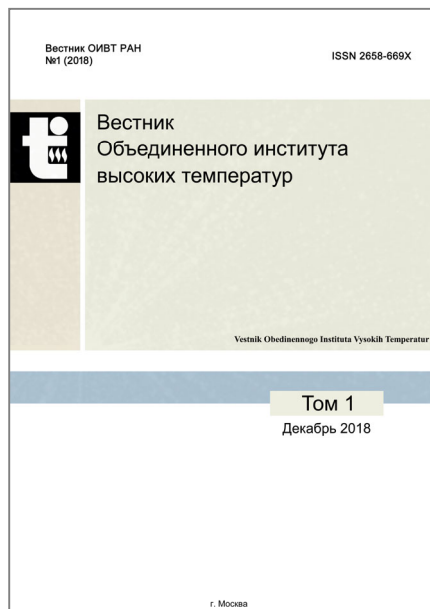
Лаб. №1.1.1. – ударно-волновых воздействий

Рук. работ: зав. лаб. Долгобородов Александр Юрьевич

***Спасибо  
за внимание....!***



# Вестник Объединенного института высоких температур



- *Рецензируемый научный журнал*
- *Индексируется базой данных РИНЦ*
- *Имеет DOI (<https://doi.org/10.33849/20181X>)*
- **Текст публикаций на русском (с переводом названия и аннотации)**
- **Высокая скорость публикации (от момента подачи, до публикации статьи 1-2 месяца)**

**Готовится следующий выпуск в июне 2019**

**Статьи направленные до 15 мая  
после рецензирования могут войти в сборник!**

**Подача статей на сайте: <http://vestnik.jiht.ru/>**