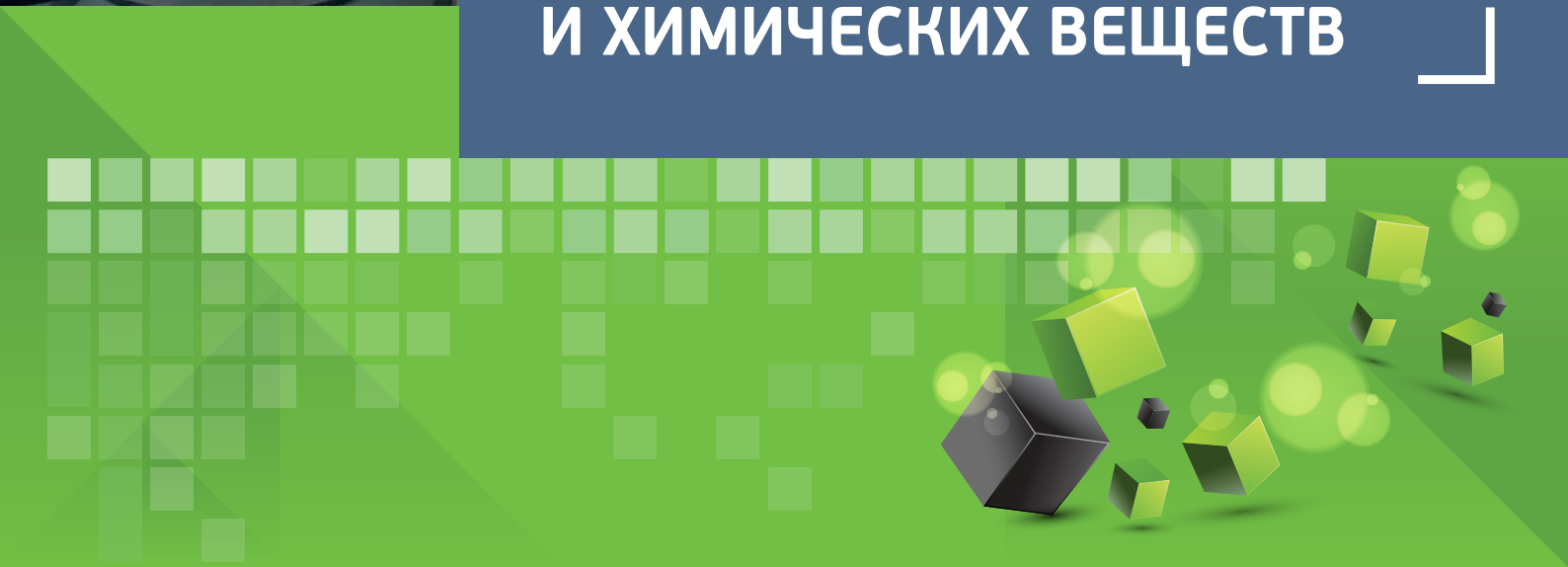


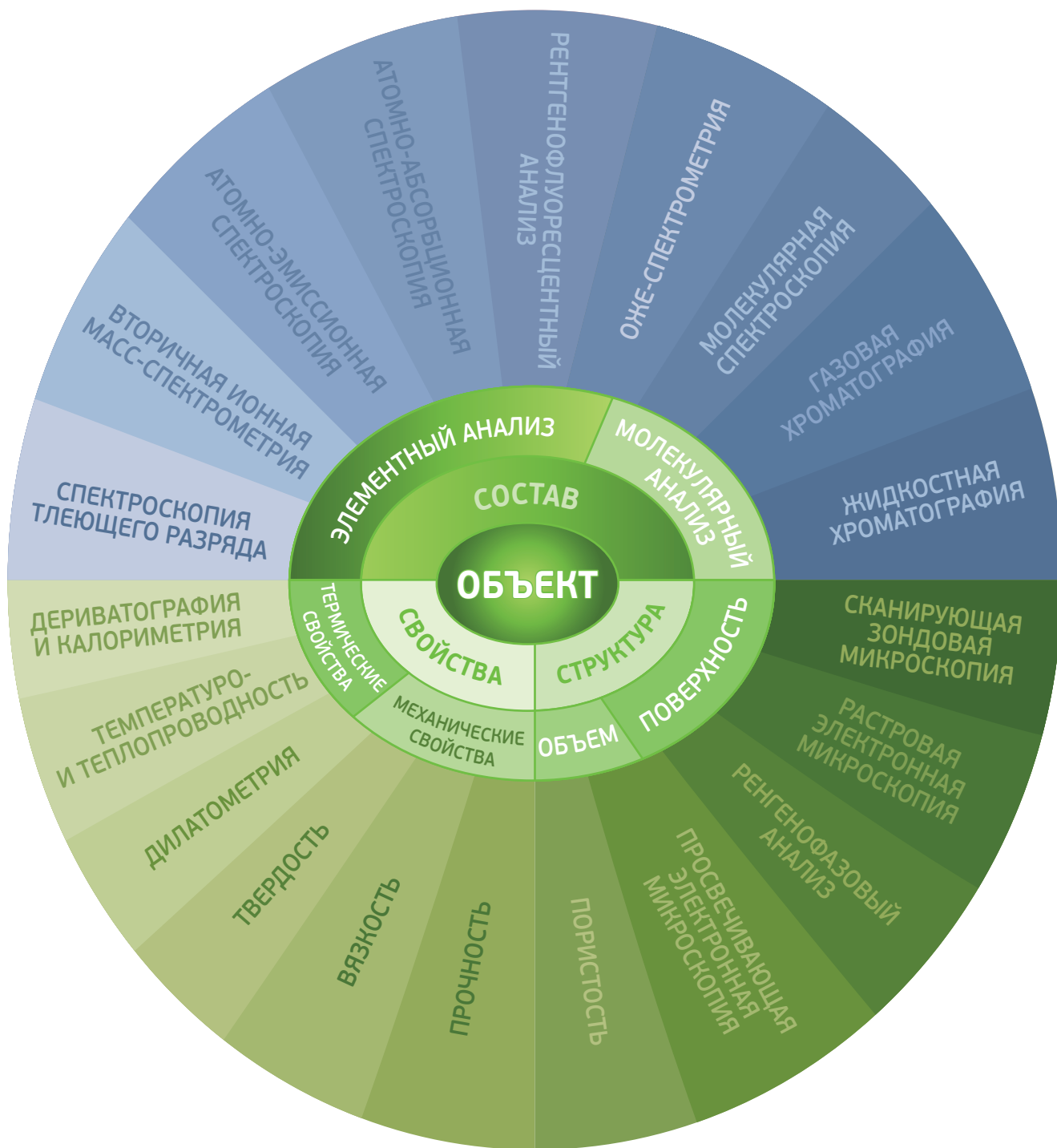


ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



**АНАЛИЗ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ  
И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ  
И ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**





# СОДЕРЖАНИЕ

◆ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ .....	4
Общий химический анализ .....	4
Специализированный анализ .....	5
◆ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ .....	6
Спектрометрия тлеющего разряда .....	6
Вторичная ионная масс-спектрометрия .....	7
Оже-электронная спектрометрия .....	8
◆ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ, ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ .....	9
◆ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ .....	10
Атомно-силовая и сканирующая зондовая микроскопия ..	10
Растровая электронная микроскопия .....	11
Просвечивающая электронная микроскопия .....	12
Рентгенофазовый анализ .....	13
◆ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ. ХРОМАТОГРАФИЯ .....	14
◆ ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ .....	15
◆ ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	16
Дериватография и калориметрия .....	17
Анализ теплопроводности и температуропроводности ...	18
Дилатометрия .....	19
◆ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ .....	20
◆ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ И ПОРИСТОСТИ .....	21
◆ ПРАКТИКА КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	22
◆ ОФОРМЛЕНИЕ ЗАЯВКИ НА ИССЛЕДОВАНИЯ .....	23
◆ АККРЕДИТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ТПУ .....	24
◆ АТТЕСТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ТПУ .....	26
◆ СЕРТИФИЦИРОВАННЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ТПУ .....	27



## ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

### Общий химический анализ

Соотношение основных элементов, наличие и природа примесей – это ключевой момент в разработке новых материалов, контроле качества сырья и продукции производств, сфере охраны окружающей среды. Приборная база ТПУ включает большой комплекс оборудования химического анализа (атомно-абсорбционные, атомно-эмиссионные, рентгенофлуоресцентные спектрометры, масс-спектрометры, электрохимические и специализированные анализаторы), отличающегося назначением и чувствительностью.

#### Виды работ:

- ◆ Выполнение качественного и количественного химического анализа
- ◆ Разработка методик кислотного разложения твердых проб
- ◆ Обучение работе на оборудовании
- ◆ Консультации по объектам анализа

#### Оборудование:

##### Атомно-эмиссионные спектрометры iCAP 6300 Duo

- ◆ Спектральный диапазон: 166 - 867 нм, 180 - 700 нм
- ◆ Диапазон концентраций:  $10^{-6}$  - 100%
- ◆ Определяемые элементы: металлы, S, P
- ◆ Распылительные камеры для работы с растворами, содержащими азотную, соляную и плавиковую кислоты
- ◆ Дополнительно: приставка лазерного пробоотбора для твердых проб



##### Атомно-абсорбционные спектрометры SolAAg и Varian AA 249 Z

- ◆ Спектральный диапазон: 190-780 нм и 185-900 нм
- ◆ Определяемые элементы: Fe, Cu, Ni, Co, Au, Bi, W, Cs, Te, Se, V, Pb, Zn



##### Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой Nexlon 300D

- ◆ Диапазон сканирования: до 280 а.е.м.
- ◆ Определяемые элементы: от Li до U

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Пробы для анализа должны быть представительными и гомогенными
- ◆ Воды (питьевые, природные, сточные): объем проб не менее 0,2 л
- ◆ Руды, хвосты обогащения, горные породы, минералы, почвы, грунты – масса пробы для отбора не менее 1 кг, масса гомогенизированной пробы не менее 5 г
- ◆ Биологические объекты растительного и животного происхождения: масса гомогенизированной пробы не менее 2 г (для объектов растительного происхождения)
- ◆ Объекты металлургического производства: масса стружки – не менее 2 г



# СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

## Специализированный анализ

Специализированный анализ предназначен для определения содержания в исследуемых образцах узкого спектра элементов, при этом, как правило, достигается повышенная точность определения.

### Виды работ:

- ◆ Выполнение качественного и количественного химического анализа

### Оборудование:

#### Анализатор ртути RA-915

- ◆ Пределы обнаружения ртути в режиме прямых измерений:  
газ - 5 нг/м<sup>3</sup>, вода - 10 нг/дм<sup>3</sup>, твердые пробы - 0,005 мг/кг

Требования к объектам анализа:

- ◆ Твердые пробы: масса не более 1 г
- ◆ Воды (питьевые, природные, сточные):  
объем проб не менее 0,1 л

#### Спектроскан S

- ◆ Определение серы в нефти и нефтепродуктах
- ◆ Диапазон концентраций: 0,0007 – 5%

Требования к объектам анализа:

- ◆ Объем пробы не менее 8 мл

#### CHNS-анализатор Flash 2000

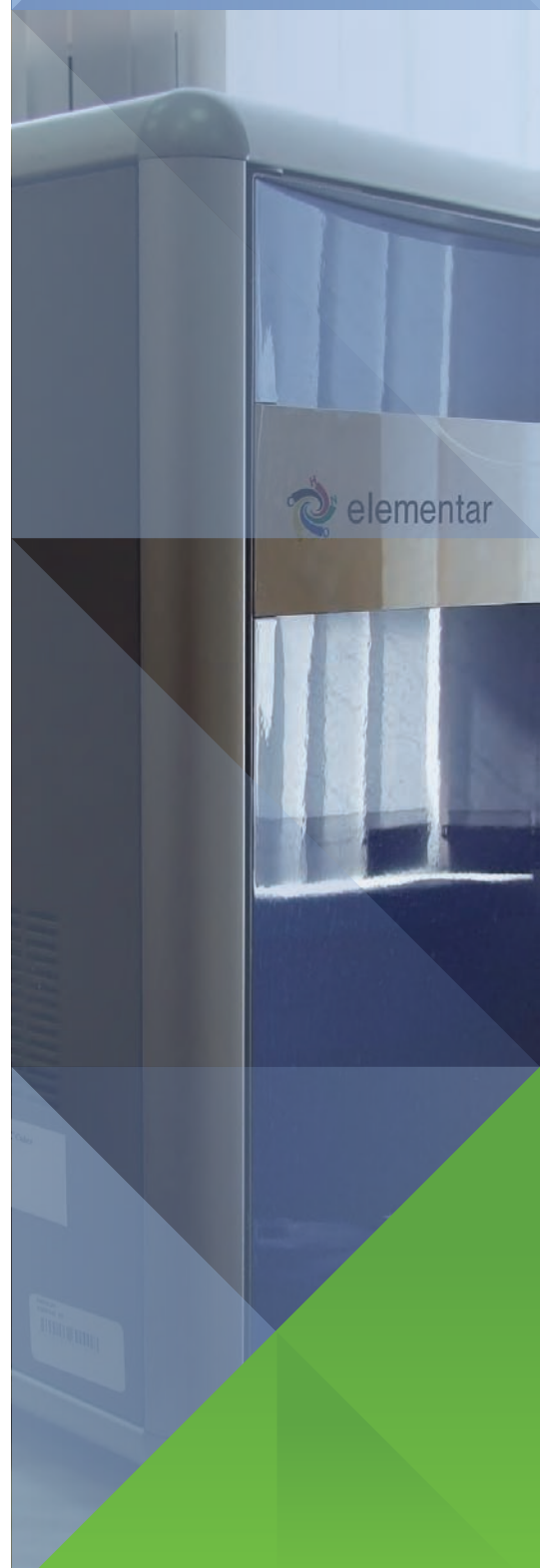
- ◆ Определение содержания C, H, S, N
- ◆ Максимальная температура печи 1100 °C
- ◆ Масса навески: 0,01 – 100 мг
- ◆ Номинальная масса пробы: 2 – 3 мг для органических веществ
- ◆ Диапазон измерения: 0,01% (100 ppm) – 100%

#### CN-анализатор VARIO TOC CUBE

- ◆ Определение содержания C, N
- ◆ Определяемые содержания общего углерода от 2 мкг/л

Требования к объектам анализа:

- ◆ Воды (питьевые, природные, сточные):  
объем проб не менее 0,05 л
- ◆ Пробы в виде порошка:  
масса гомогенизированной пробы не менее 0,1 г  
Номинальная масса для органических веществ: не менее 3 мг



## ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ

### Спектрометрия тлеющего разряда

Спектрометрия тлеющего разряда предназначена для определения массовой доли элементов в твердых электропроводных и неэлектропроводных образцах с предварительно отшлифованной поверхностью.

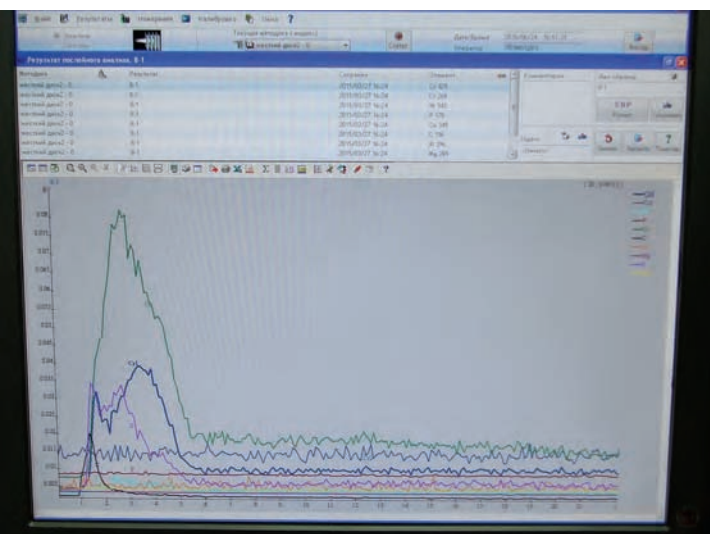
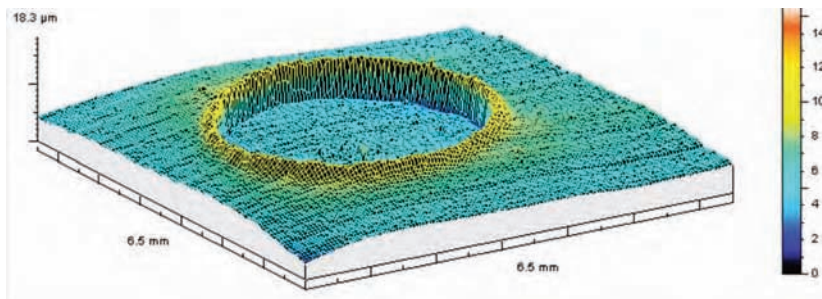
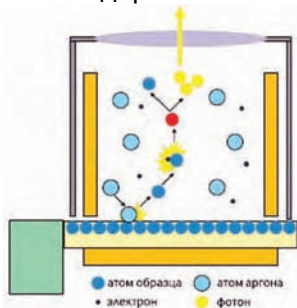
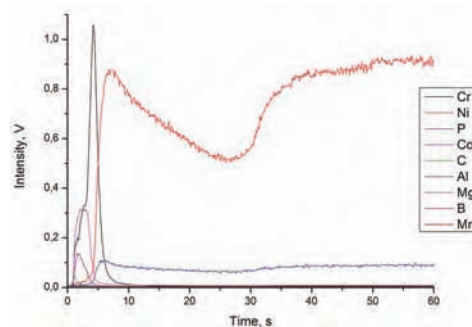
#### Виды работ:

- ◆ Выполнение качественного и полуколичественного химического анализа
- ◆ Построение профилей распределения элементов по поверхности и глубине

#### Оборудование:

##### Спектрометр тлеющего разряда GD-PROFILER 2

- ◆ Определение всех элементов от водорода
- ◆ Возможность определения профилей распределения элементов
- ◆ Спектральный диапазон 120 – 766 нм
- ◆ Разрешение по глубине < 1 нм
- ◆ Предел относительного СКО результатов измерений содержания компонентов сплава – 3%



# ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ

## Вторичная ионная масс-спектрометрия

Вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС) – это незаменимый инструмент для анализа поверхности и тонких пленок. Отличительными преимуществами ВИМС являются высокая чувствительность метода и способность определять все элементы и их изотопы.

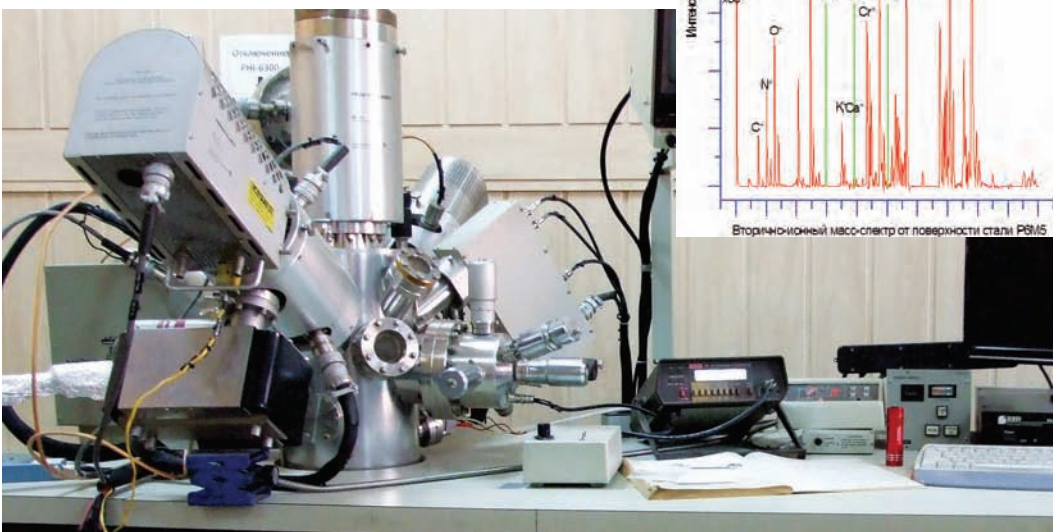
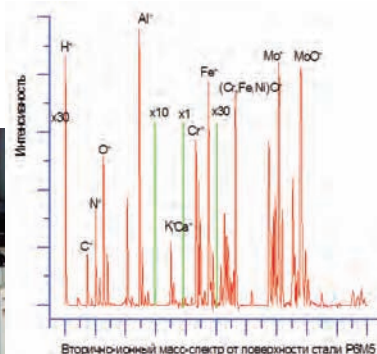
### Виды работ:

- ◆ Анализ элементного состава поверхностных слоев материалов, анализ поверхности и тонких пленок, распределение элементов по глубине материала

### Оборудование:

#### Масс-спектрометр вторичных ионов PHI 6300

- ◆ Диапазон масс 1 - 255 а.е.м.
- ◆ Чувствительность до  $10^{-7}\%$
- ◆ Возможность регистрации положительных или отрицательных вторичных ионов
- ◆ Диаметр ионного пучка от 5 до 100 мкм
- ◆ Цезиевая ионная пушка
- ◆ Дуоплазматрон (рабочий газ:  $O_2$ )
- ◆ Сканирующая электронная пушка для получения телевизионного изображения и нейтрализации заряда
- ◆ Вторично-электронный детектор для позиционирования образцов



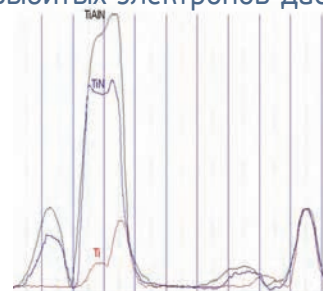
## ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ

### Оже-электронная спектрометрия

**Оже-электронная спектрометрия** — общий аналитический метод, используемый, как правило, при исследовании поверхностей различных материалов. В основе спектроскопического метода лежит эффект Оже, который основан на анализе заполнения электроном вакансии, образованной на одной из внутренних электронных оболочек атома путём «выбивания» другого электрона рентгеновским излучением. Анализ выбитых электронов даёт информацию о химическом составе поверхности.

#### Виды работ:

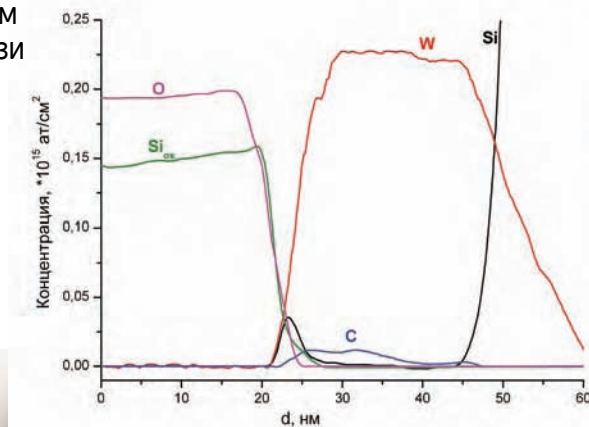
- ◆ Анализ элементного состава поверхностных слоев материалов
- ◆ Исследование профилей концентрации элементов по глубине в соединениях, сплавах, тонкопленочных структурах и на границах раздела
- ◆ Исследование диффузионных процессов
- ◆ Определение толщин пленок и толщин границ раздела между тонкими пленками
- ◆ Измерение энергетических положений основных уровней атомов и исследование энергетических сдвигов уровней при переходе от объема к поверхности
- ◆ Исследование изменений плотности электронных состояний в валентной зоне в зависимости от видов химических связей и количества элементов, входящих в эти связи
- ◆ Исследование переноса заряда с атома на атом при образовании между ними химической связи



#### Оборудование:

##### Оже-электронный спектрометр Шхуна-2

- ◆ Разрешение по глубине 0,5 - 1,0 нм
- ◆ Чувствительность 0,1 - 0,5 ат.%
- ◆ Чувствительность по поверхностной концентрации  $10^{12}$  -  $10^{13}$  ат./см<sup>2</sup>



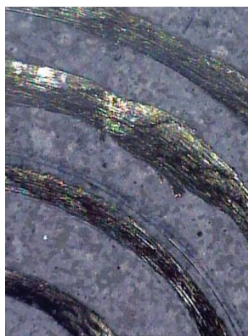
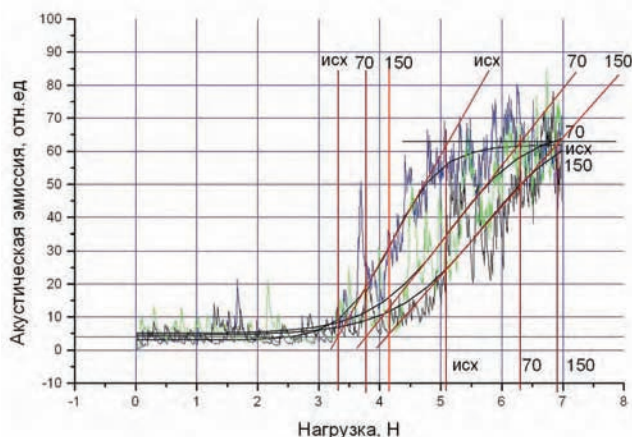


## СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ, ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ

Исследования свойств поверхности образцов широко востребованы в таких отраслях, как металлургия, оптика, электронная и полупроводниковая индустрия, материаловедение. НИ ТПУ располагает комплексом современного оборудования, позволяющего проводить детальный анализ свойств поверхностей изделий, разнообразных пленок и покрытий.

### Виды работ/приборы:

- ◆ Исследования адгезионных свойств тонких пленок и покрытий / Micro-Scratch Tester MST-S-AX-0000
- ◆ Определение числовых параметров системы пленка/основа: сила трения; адгезионная прочность, акустическая эмиссия / Micro-Scratch Tester MST-S-AX-0000
- ◆ Анализ толщины пленок в диапазоне 0,1 - 50 мкм по сферическому шлифу / Calotest CAT-S-0000
- ◆ Исследования износостойкости материалов / Calotest CAT-S-0000
- ◆ Измерение коэффициента трения, износостойкости в различных температурных условиях, газовой среде и смазывающих жидкостях / THT-S-AX0000
- ◆ Определения нано и микротвердости, модуля Юнга, выполнение тестов для анализа текучести материала, исследование пленки на разрыв и усталость / NANO Hardness Tester NHT-S-AX-000X
- ◆ Бесконтактные измерения различных глубин / Micro Measure 3D Station
- ◆ Анализ твердых и мягких образцов, в том числе и оптически прозрачных / Micro Measure 3D Station
- ◆ Расчет расстояний, площадей, объемов отдельных объектов и массивов / Micro Measure 3D Station



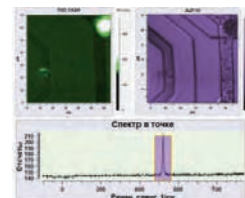
## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ

### Атомно-силовая и сканирующая зондовая микроскопия

Сканирующие зондовые микроскопы позволяют получить трёхмерное изображение поверхности с высоким разрешением. Метод основан на сканировании поверхности образца специальным зондом и позволяет изучать как проводящие, так и непроводящие объекты на воздухе, в вакууме и в жидкости. Сканирующая зондовая и электронная микроскопия используются как дополняющие друг друга методы.

#### Виды работ:

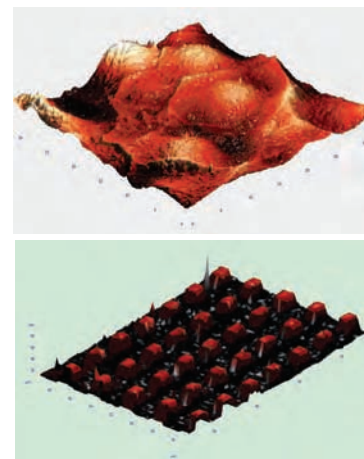
- ◆ Исследование рельефа поверхности, морфологии и локальных свойств поверхности, реконструкция поверхности, распределения намагниченности
- ◆ Повышение квалификации специалистов, ППС, научных сотрудников, ИТР в сфере наноматериалов и нанотехнологий



#### Оборудование:

##### Комплексный коррелятор «Centaur HR»

- ◆ Сканирующий зондовый микроскоп для получения топографии поверхности и других её характеристик
- ◆ Конфокальный лазерный микроскоп (конфокальная сканирующая лазерная микроскопия в отраженном свете)
- ◆ Конфокальный микроскоп комбинационного рассеяния
- ◆ Одновременное получение информации о топографии поверхности, спектральных и оптических характеристиках
- ◆ Получение спектров флуоресценции и/или комбинационного рассеяния с высоким спектральным разрешением в каждой точке поверхности сканирования (измерение рамановских спектров вблизи линии возбуждения до  $20 \text{ см}^{-1}$  с высоким спектральным разрешением  $0,01 \text{ нм}$ )



##### Зондовая лаборатория Ntegra Aura

Предназначена для осуществления измерений методами атомно-силовой (АСМ), электросиловой (ЭСМ) и магнитно силовой (МСМ) микроскопии, а также измерений адгезионных сил в условиях контролируемой атмосферы или низкого вакуума.

- ◆ Слаботочные измерения методом сканирующей туннельной микроскопии
- ◆ Электрические и магнитные методики, отображение сопротивления растекания
- ◆ Метод зонда Кельвина, МСМ, ЭСМ и др.
- ◆ Сканирующая зондовая и атомная силовая микроскопия участков поверхности различных материалов (объёмных, плёнок) размером до  $100 \times 100 \text{ мкм}$  с разрешением до  $1 \text{ нм}$  с получением трёхмерного изображения рельефа поверхности
- ◆ Нанолитография на гладкой поверхности образцов и покрытий

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Порошки с размером частиц, агломератов или гранулы не более  $12 \text{ мкм}$
- ◆ Объёмные образцы с шероховатостью поверхности не более  $12 \text{ мкм}$  (не осыпающиеся и не крошащиеся)
- ◆ Диаметр образцов не более  $20 \text{ мм}$ , высота не более  $5 \text{ мм}$ , масса не более  $20 \text{ г}$ .
- ◆ Отсутствие жидкой фазы или выделяющихся при вакуумировании газообразных продуктов

## Растровая электронная микроскопия

Растровые электронные микроскопы — класс электронных микроскопов, предназначенных для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 0,4 нм) пространственным разрешением, а также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом.

### Виды работ:

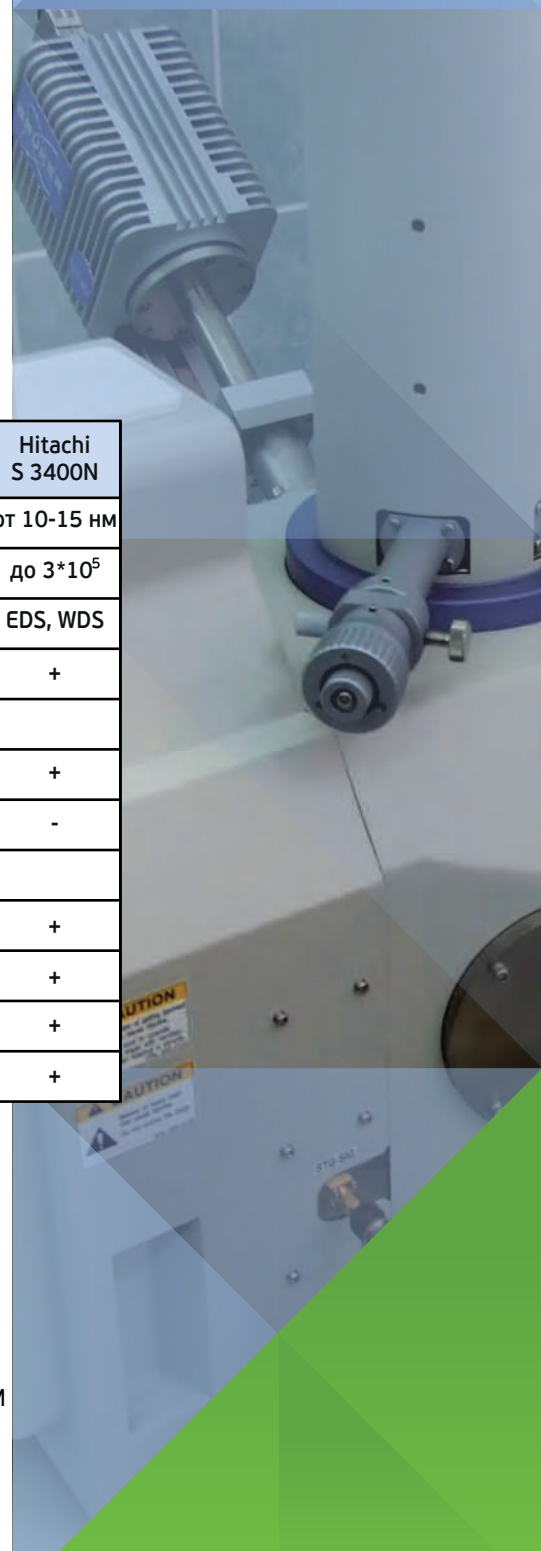
- ◆ Изучение морфологии поверхности и измерение размеров структурных особенностей
- ◆ Качественный и полуколичественный элементный анализ
- ◆ Картирование по элементному составу фаз, фрактография

### Оборудование:

Параметр	JEOL JSM-7500FA	Tescan Vega3 SBU	Hitachi TM 3000N	JEOL 6000	Hitachi S 3400N
Разрешение, нм	1 нм	от 10-15 нм	от 50 нм	от 50 нм	от 10-15 нм
Макс. увеличение	до 10 <sup>6</sup>	до 3*10 <sup>5</sup>	до 3*10 <sup>4</sup>	до 3*10 <sup>4</sup>	до 3*10 <sup>5</sup>
Элементный анализ	EDS	EDS	-	EDS	EDS, WDS
Низкий вакуум	-	+	-	+	+
<b>Изображения при увеличениях</b>					
Малые и средние	±	+	+	+	+
Большие	+	±	-	-	-
<b>Детекторы и типы контраста</b>					
ВЭ	+	+	-	+	+
ОЭ	+	+	+	+	+
Топографический контраст в ВЭ	+	+	-	+	+
Топографический контраст в ОЭ	+	+	+	-	+

### Требования к объектам анализа:

- ◆ Цилиндры D(9-12)\*h(3-10) мм, D(20-26)\*h(5-15) мм, D(26-32)\*h(5-25) мм, D(48-50)\*h(5-10) мм
- ◆ Пластины (1,5-2,25)\*(3-10)\*(2-50) мм
- ◆ Объекты с пористостью не более 30%
- ◆ Порошки с размером частиц, агломератов или гранул не более 0,5 мм (кроме волокон)
- ◆ Объемные образцы с шероховатостью поверхности не более 0,5 мм



## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ

### Просвечивающая электронная микроскопия

Просвечивающая электронная микроскопия дает информацию о морфологии и внутренней микро- и наноструктуре материалов, позволяя при этом достичь разрешения от 0,5 нм. В настоящее время ПЭМ является одним из наиболее мощных методов структурных и аналитических исследований.

#### Виды работ:

- ◆ Изучение внутренней структуры
- ◆ Изучение строения границ зерен, ориентации отдельных зерен, размеров структурных элементов материалов
- ◆ Определение параметров кристаллической структуры
- ◆ Элементный анализ (EDS), картирование

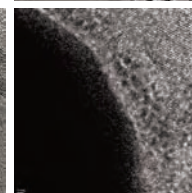
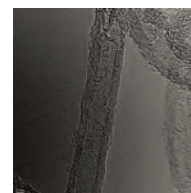
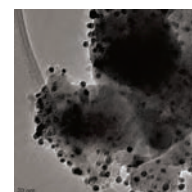
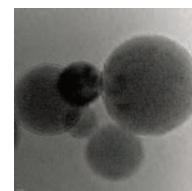
#### Оборудование:

Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F с системой подготовки проб

- ◆ Предельное разрешение (решетки): 0,14 нм
- ◆ Предельное разрешение (по точкам): 0,23 нм
- ◆ Диаметр пятна: 2 – 5 нм
- ◆ Максимальное увеличение:  $1,5 \times 10^6$

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Отсутствие жидкой фазы или выделяющихся при вакуумировании газообразных продуктов
- ◆ Объемные образцы не осыпающиеся и не крошащиеся (кроме порошков)
- ◆ Порошки с размером частиц не более 0,1 мкм (кроме волокон)
- ◆ Объекты с пористостью не более 30%
- ◆ Не допускаются для анализа ферромагнетики и ферримагнетики



# ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ

## Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ — идентификация различных кристаллических фаз и определение их относительных концентраций в смесях на основе анализа дифракционной картины, регистрируемой от исследуемых порошковых образцов. Качественный фазовый анализ позволяет разделять и идентифицировать отдельные фазы гетерогенной системы. Количественный фазовый анализ является вторым этапом, когда качественный фазовый состав известен.

### Виды работ:

- ◆ Исследование фазового состава моно- и поликристаллических материалов
- ◆ Определение степени кристалличности, размера кристаллитов (ОКР), параметров решётки
- ◆ Структурный анализ тонких пленок
- ◆ Изучение структурных изменений при температурном воздействии

### Оборудование:

#### Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S

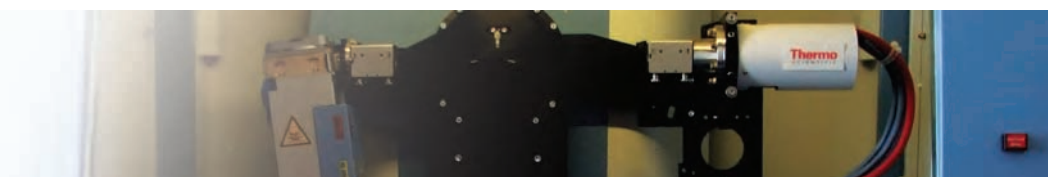
- ◆ Материал анода рентгеновской трубки: Cu
- ◆ Минимальный шаг сканирования 0,00020 (2Theta)
- ◆ Дополнительно: приставка для анализа тонких плёнок; высокотемпературная камера

#### Рентгеновский порошковый дифрактометр ARLXTRA

- ◆ Материал анода рентгеновской трубки: Cu
- ◆ Внутренний фон ниже 0,1 имп/сек

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Объем порошковых проб не менее 1 см<sup>3</sup>
- ◆ Геометрический размер объемных образцов не более 25\*25\*5 мм или 400\*550\*400 мм
- ◆ До высокотемпературных исследований не допускаются образцы, компоненты которых переходят при нагревании до требуемой температуры в жидкую фазу



## МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АНАЛИЗ. ХРОМАТОГРАФИЯ

**Хроматографические методы** – основные аналитические методы разделения и определения состава смесей, преимущественно органических веществ, установления концентрации компонентов. Большое количество органических соединений с различным составом, строением, молекулярной массой, свойствами требует специального подхода для их разделения и анализа, что выражается в большом разнообразии хроматографического оборудования, отличающегося принципами разделения веществ и регистрации сигналов. В ТПУ имеются современные жидкостные и газовые хроматографы для решения различных задач в области химии и экологии.

### Виды работ:

- ◆ Анализ сложных органических соединений и их смесей
- ◆ Определение ЛОС, нефтепродуктов, пестицидов в воде
- ◆ Изучение структуры органических соединений (масс-спектрометрия)
- ◆ Разделение биомолекул
- ◆ Качественный и количественный анализ

### Оборудование:

#### Жидкостная хроматография

##### Agilent 1260

- ◆ Диодно-матричный и флуоресцентный детекторы
- ◆ Спектральный диапазон: 190-900 нм

##### Милюхим А-02

- ◆ Спектральный диапазон: 190-360 нм

##### BioLogic DuoFlow

- ◆ Детектор BioLogic QuadTec УФ – и видимого диапазона для одновременного 4-волнового детектирования

#### Газовая хроматография

##### Shimadzu GC-2010Plus

- ◆ Детекторы электронного захвата (ЭЗД) и ионизационно-пламенный (ПВД)

##### Agilent 7890

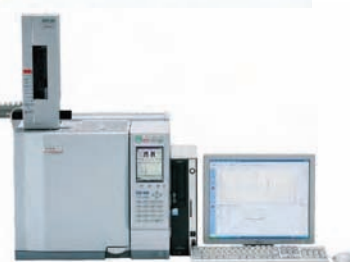
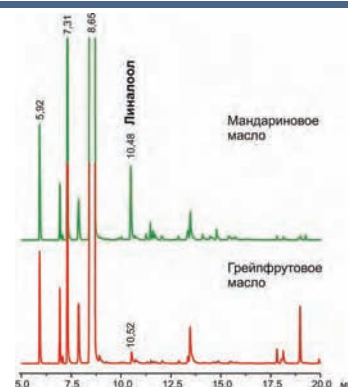
- ◆ Масс-спектрометрический детектор (45-1050 а.е.м.)

##### Trace DSQ

- ◆ Детектор: масс-спектрометр (1-1050 а.е.м.)  
Приставка прямого ввода в масс-спектрометр

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Вода (определение пестицидов, нефтепродуктов) - не менее 1 л
- ◆ Чистые органические вещества/смеси (газовая хроматография): температура кипения до 400 °С
- ◆ Чистые органические вещества/смеси: сухая масса – не менее 20 мг, смесь органических веществ в растворителе – не менее 1 мл
- ◆ Растворы чистых органических веществ объемом не менее 100 мкл (прямой ввод)



# ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Спектральные методы исследования широко используются для изучения веществ и материалов и могут использоваться как самостоятельно, так и в качестве дополнения к другим методам химического, структурного и молекулярного анализа (РФА, хроматография). Методы оптической спектроскопии позволяют получать информацию о характере химических связей.

## Виды работ:

- ◆ Определение вещественного состава минералов
- ◆ Определение вещественного состава полимеров
- ◆ Идентификация органических и неорганических веществ
- ◆ Определение чистоты веществ
- ◆ Определение содержания нитратов
- ◆ Определение цветности и мутности воды
- ◆ Контроль качества оптических элементов



## Оборудование:

### ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700 и Nicolet 6700

- ◆ Спектральный диапазон:  $4000-400\text{ см}^{-1}$ ,  $25000-20\text{ см}^{-1}$
- ◆ Разрешение:  $0,09\text{ см}^{-1}$
- ◆ Приставки: диффузного отражения; однократного НПВО в комплекте с кристаллами алмаз, ZnSe и Ge

### УФ-Вид спектрометр Evolution 600

- ◆ Спектральный диапазон: 190 - 900 нм
- ◆ 2х-лучевая оптическая система модифицированный монохроматор Эберта
- ◆ Режимы сканирования: поглощение, пропускание, отражение, концентрация
- ◆ Максимальное разрешение: 0,5 нм



### Колориметр фотоэлектрический концентрационный UNICO 1201

- ◆ Спектральный диапазон: 325 - 1000 нм
- ◆ 1-лучевая оптическая система
- ◆ Режимы сканирования: поглощение, пропускание, концентрация

### Спектрофлуориметр Cary Eclipse

- ◆ Спектральный диапазон:  
Возбуждение: 200 – 800 нм  
Эмиссия: 200 – 900 нм

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Растворы органических веществ в обезвоженных органических растворителях (ИК-спектроскопия)
- ◆ Вода объемом не менее 0,5 л (спектрофотометрия)



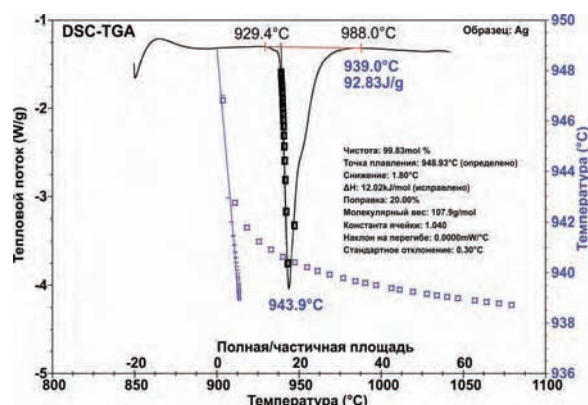
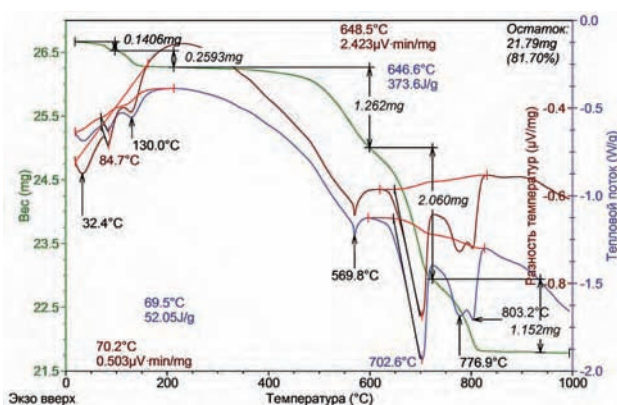
# ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

## Дериватография и калориметрия

Дериватографический анализ - это универсальный метод исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в веществах, их смесях и материалах в режиме программируемого нагрева. Одновременная регистрация изменения массы образца и тепловых эффектов реакций позволяет определить характер протекающих в нем процессов: плавление и кристаллизация, дегидратация, термическое разложение, окисление и др. Совмещение термоанализаторов с масс-спектрометрами расширяет возможности анализа для решения исследовательских задач.

### Виды работ:

- ◆ Контроль качества материалов
- ◆ Изучение термической и окислительной стабильности
- ◆ Определение тепловых эффектов химических реакций, температуры и энтальпии фазовых переходов
- ◆ Изучение условий разложения, окисления материалов с контролем отходящих газов



### Оборудование:

#### Термоанализатор SDT Q600 с масс-спектрометром

- ◆ Температурный диапазон: 20 - 1500°C
- ◆ Калориметрическая точность/воспроизводимость: ± 2%
- ◆ Чувствительность ДТА: 0.001°C
- ◆ Контроль атмосферы (N<sub>2</sub>, Ar, воздух), масс-спектрометр для определения состава газов (1 - 300 а.е.м.)

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Порошки общим весом не более 50 мг
- ◆ Гранулы объемом до 40 мм<sup>3</sup>



## ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### Оборудование:

#### Термоаналитическая система ДСК/ДТА/ТГ STA 409 C/F3 Jupiter

- ◆ Температурный диапазон: от 20 до 1500°C
- ◆ Чувствительность по ДСК сигналу- 1мкВт
- ◆ Диапазон навесок: до 200 мг
- ◆ Разрешение по массе: 1 мкг
- ◆ Масс-спектрометр для определения состава газов (1-300 а.е.м.)  
Дополнительно: установка импульсного впрыска реакционных газов и жидкостей

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Для анализа пригодны материалы, находящиеся в твердом и жидком состоянии
- ◆ Пробы не должны содержать опасных для человека веществ

#### Сканирующий калориметр DSC Q2000

- ◆ Температурный диапазон - 20 - 600 °C
- ◆ Диапазон навесок: 3 - 10 мг
- ◆ Калориметрическая воспроизводимость (по In)  $\pm 0,05\%$   
Калориметрическая точность (по In)  $\pm 0,05\%$

#### Требования к объектам анализа:

- ◆ Порошки, гранулы, пленки весом не более 10 мг
- ◆ Температурный диапазон исследований не должен превышать температуру разложения пробы





## ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

### Анализ теплопроводности и температуропроводности

Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость определяют способность хранения и переноса тепла материалом. Точное и воспроизводимое измерение этих свойств имеет решающее значение для характеристики материалов и процессов, связанных с температурными градиентами.

#### Виды работ:

- ◆ Определение теплопроводности, температуропроводности и удельной теплоемкости

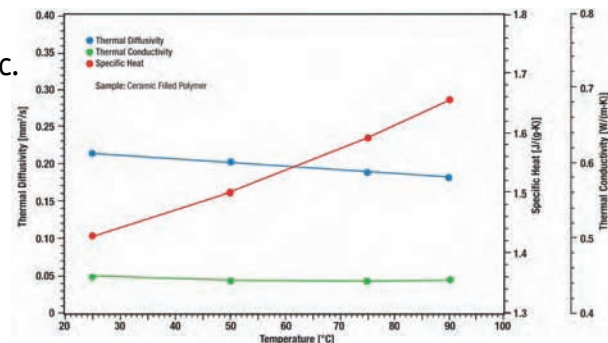
#### Оборудование:

##### ТНВ-анализатор теплопроводности

- ◆ Диапазон температур: от -50 до 200°C;
- ◆ Теплопроводность 0,02 - 100 Вт/(м\*К);
- ◆ Температуропроводность: 0,05 - 10 мм<sup>2</sup>/с.

##### Анализатор температуропроводности XFA-500

- ◆ Диапазон температур: от 25 до 500°C;
- ◆ Теплопроводность 0,1 - 2000 Вт/(м\*К);
- ◆ Температуропроводность: 0,01 - 1000 мм<sup>2</sup>/с.





# ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

## Дилатометрия

Дилатометрия основана на регистрации изменения размеров образца, вызванных внешним воздействием температуры, давления, электрического и магнитного полей, ионизирующих излучений или каких-либо других факторов.

### Виды работ:

- ◆ Определение коэффициента термического расширения (КТР)
- ◆ Определение температуры стеклования и точки размягчения, температуры спекания и стадий сжатия

### Оборудование:

#### Дилатометр NETZSCH DIL 402 E/7/G-Py

- ◆ Температурный диапазон 20 - 2400 °C
- ◆ Анализ в динамической атмосфере и в условиях вакуума

#### Дилатометр NETZSCH DIL 402 C/1/4/G

- ◆ Температурный диапазон: 20 - 1500 °C
- ◆ Скорость нагрева и охлаждения: 0,01 - 50 °C/мин
- ◆ Разрешение: 0,125 - 1,25 нм

Требования к объектам анализа:

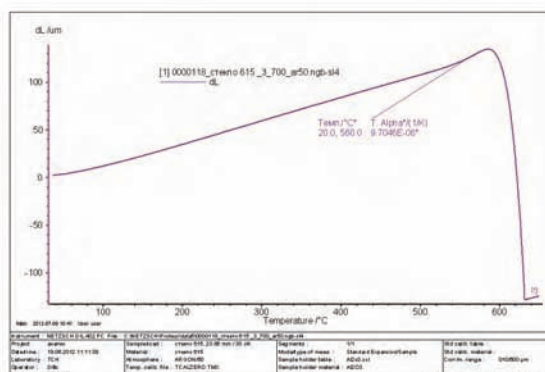
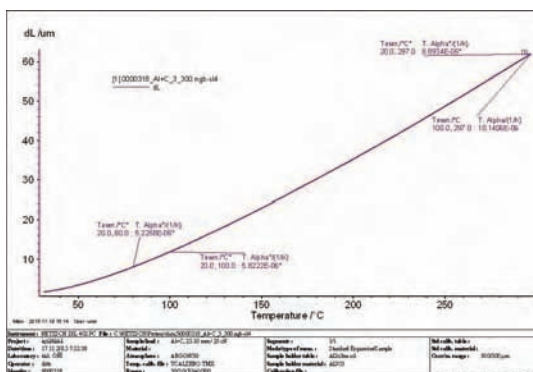
- ◆ Длина образца макс. 50 мм, диаметр образца 12 мм

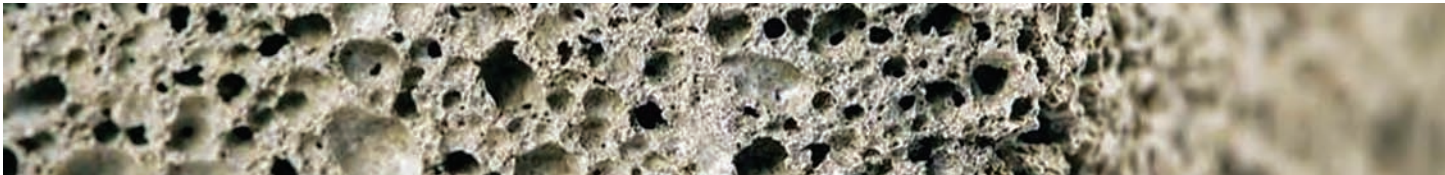
#### Дилатометр NETZSCH DIL 402 PC

- ◆ Температурный диапазон: 20 - 1600 °C
- ◆ Скорость нагрева и охлаждения: 0,01 - 50 °C/мин
- ◆ Разрешение: 8 нм

Требования к объектам анализа:

- ◆ Длина образца макс. 25 мм, диаметр образца 12 мм





## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ

Размер зерен (частиц) средний — одна из наиболее важных характеристик дисперсных материалов, определяющая специфику их свойств и область применения.

### Виды работ:

- ◆ Измерение размеров частиц в диапазоне 0,5 – 6 мкм, коэффициентов диффузии и молекулярной массы методами статического и динамического рассеяния света
- ◆ Определение распределения частиц по размерам в диапазоне 10 нм – 300 мкм

### Приборы:

Спектрометр динамического рассеяния света для измерения размеров наночастиц Photocor Complex

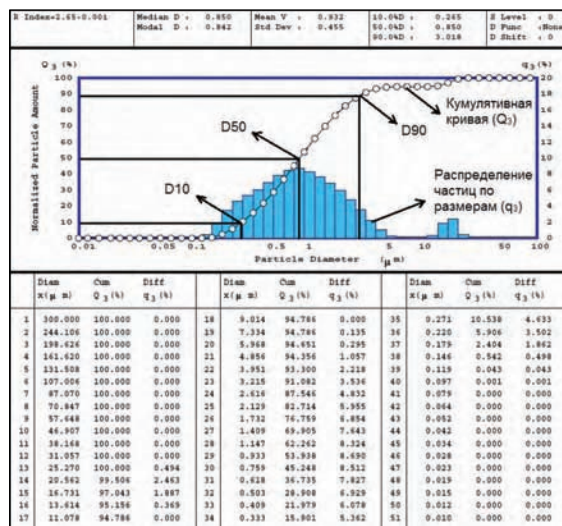
- ◆ Разрешение по глубине 0,5 - 1,0 нм
- ◆ Чувствительность 0,1 - 0,5 ат.%
- ◆ Чувствительность по поверхностной концентрации  $10^{-5}$  -  $10^{-10}$  ат./см<sup>2</sup>

Требования к объектам анализа:

- ◆ Объем образца: от 10 мкл до 10 мл

Лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Shimadzu SALD-7101

- ◆ Метод измерения - лазерная дифракция
- ◆ Диапазон измерения 10 нм – 300 мкм
- ◆ Источник излучения - полупроводниковый УФ лазер (375 нм)
- ◆ Рабочий диапазон концентраций от 1 ppm до 20 %
- ◆ Оценка изменения размеров частиц в зависимости от концентрации образца



## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ И ПОРИСТОСТИ

Функциональные свойства разнообразных конструкционных материалов, катализаторов, мембран и сорбентов напрямую зависят от характеристик пористости. Величины удельной поверхности, пористости (микро-, мезо-, макропористость), объема пор и распределения пор по размерам позволяют в значительной мере охарактеризовать композиционный материал.

### Виды работ:

- ◆ Измерение удельной поверхности методом БЭТ (низкотемпературная адсорбция инертных газов), пор и их распределения по размерам
- ◆ Анализ размеров пор (0,0064 - 950 мкм) и их распределения по размерам методом ртутной порометрии

### Приборы:

#### БЭТ-анализатор удельной поверхности МЕТА СОРБИ-М

- ◆ Диапазон измерений удельной поверхности 0,01– 2000 м<sup>2</sup>/г
- ◆ Предел допускаемой относительной погрешности измерений удельной поверхности ± 6%
- ◆ Рабочий объем ампулы 1 см<sup>3</sup>
- ◆ Воспроизводимость лучше, чем 0.5%

Требования к объектам анализа:

- ◆ Объем образца не менее 2 см<sup>3</sup>
- ◆ Образцы должны быть устойчивы к температурному воздействию до 180 °С

#### Автоматический БЭТ-порозиметр NOVA 2200e

- ◆ Диапазон определяемых площадей 0,01 - 2000 м<sup>2</sup>
- ◆ Диапазон определяемых диаметров пор 3,5 - 2000 Å
- ◆ Адсорбаты: N<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>
- ◆ Подготовка образца: вакуумная дегазация или в потоке газа
- ◆ Диапазон температур дегазации образца: до 450 °С
- ◆ Воспроизводимость (по полной шкале) 0,02%

Требования к объектам анализа:

- ◆ Образцы должны быть сухие, чистые порошкообразные, возможно волокна или гранулы
- ◆ Удельная поверхность образцов должна быть в диапазоне от 0,5 до 1000 м<sup>2</sup>/г

#### Ртутный порозиметр Quantachrome PoreMaster 33

- ◆ Диапазон определяемых размеров пор 0,0064 - 950 мкм

Требования к объектам анализа:

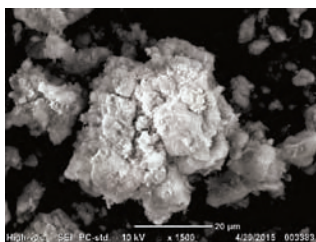
- ◆ Образцы цилиндрической формы высотой не более 2 см и диаметром не более 7 мм
- ◆ Гранулы различной формы объемом не менее 2 см<sup>3</sup>



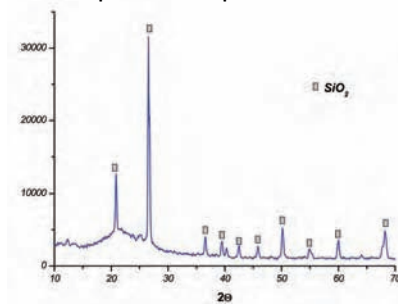
# ПРАКТИКА КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## Исследование исходного кремнеземистого сырья:

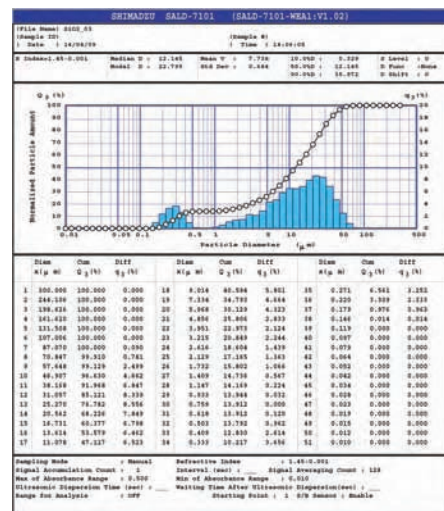
- ◆ Определение распределения частиц по размерам: гранулометрический анализ методом лазерной дифракции;
- ◆ Изучение морфологии поверхности, дефектности и формы частиц: растровая электронная микроскопия;
- ◆ Определение фазового состава: рентгенофазовый анализ.



Микрофотография исходного сырья



Дифрактограмма исходного сырья



Распределение частиц по размерам

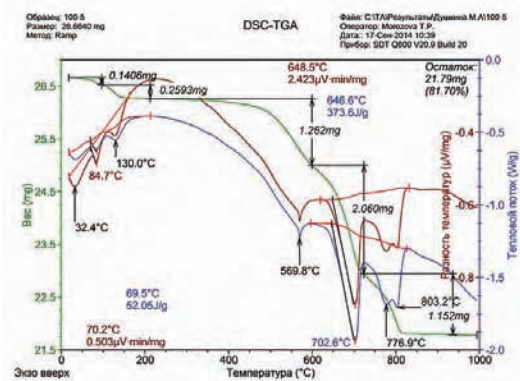
## Исследование процессов силикато- и стеклообразования в сырьевых шихтах:

- ◆ Изучение поведения шихт при термообработке: комплексный термический анализ;

*Получаемые данные:* температуры силикатообразования, появления жидкой фазы, полиморфных переходов и т.д.

- ◆ Оценка выхода стеклофазы: рентгенофазовый анализ;

*Цель:* определение оптимальных условий термообработки.



TG, DTA, DTG кривые сырьевых шихт

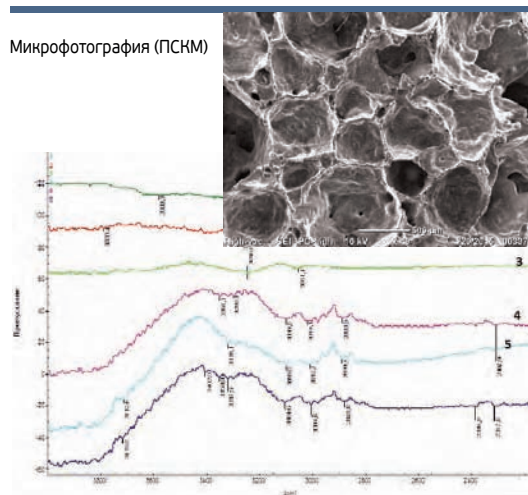
## Исследование готового материала:

- ◆ Оценка пористой структуры: растровая электронная микроскопия;

*Получаемые данные:* размер, форма и характер распределения пор, толщина межпоровой перегородки и др.

- ◆ Исследование структуры: ИК-спектроскопия.

*Цель:* сравнение структуры материала до и после воздействия агрессивных сред.



ИК-спектры пеноматериалов до и после воздействия агрессивной среды

## ОФОРМЛЕНИЕ ЗАЯВКИ НА ИССЛЕДОВАНИЯ

В ТПУ действует Сетевой центр коллективного пользования распределенного типа, объединяющий более 130 единиц современного исследовательского оборудования.

◆ Перечень оборудования можно найти по адресу: <http://okp.tpu.ru>

Сервис сайта позволяет выбрать нужный прибор по методу исследования, по названию прибора или по названию подразделения, за которым закреплено оборудование.

Описание каждого прибора также содержит его основные особенности, фамилию и контактные данные оператора. При необходимости можно перейти на страницу производителя оборудования или владельца для ознакомления с более подробными характеристиками прибора.

Скриншот веб-интерфейса для поиска оборудования. Вверху расположены кнопки: "Порядок доступа к оборудованию", "Образцы текстований", "Типовая форма договора для сторонних заказчиков", "Отказы заказчиков", "Снять инструкцию".

В форме поиска есть выпадающие списки: "Метод исследования/измерений/работ" (выбран "ИК"), "Тип оборудования" (выбран "все"), "Выбрать тип подразделения" (выбран "все"). Поля для "Старшего подразделения" и "Подразделения". Кнопки "Найти" и "Ввод для внесения изменений".

Таблица результатов поиска:

Метод исследования	Наименование оборудования	Дата введ. в эксплуатацию	Основные характеристики	Идентификатор	Отдел/подразделение	Контактная информация	Действия
Термоанализ (ТГА/ТДС)	ТГА/ТДС/ТА термоанализатор с масс-спектрометром	05.02.2007	Диапазон температур - до 1500°C чувствительность весов - 0,1 мкг Калибровочная точность/воспроизводимость ± 2% Чувствительность ДТА - 0,001°C Диапазон масс - 1-200 в а.е.	Перейти	Центр управления научно-исследовательскими оборудованием (НИИ)	Морозова Татьяна Петровна 2557 tatyana@tpu.ru	Оформить заявку
Элементный анализ	Атомно-эмиссионный спектрометр ИС-5700	31.12.2004	Элементный анализ металлов для атомно-эмиссионной спектроскопии. Диапазон масс - 1-200 в а.е. Спектральный диапазон - от 190 до 850 нм. Скорость сканирования - до 4000 пикселей/сек. Система управления - ПК.	Перейти	Центр управления научно-исследовательскими оборудованием (НИИ)	Костяков Сергей Владимирович 2557 kostya@tpu.ru	Оформить заявку
Фазовый состав	Дифрактометр рентгеновский Siemens XRD-7000S		Качественный и количественный анализ (от 10 до 100 в градусах 2θ). Анализ проб: органических и неорганических веществ.	Перейти	Центр управления научно-исследовательскими оборудованием (НИИ)	Сидорова Наталья Валерьевна тел. 65-61-65, 8913609400	Оформить заявку
Элементный анализ	Рентгено-флуоресцентный спектрометр Shimadzu		Качественный и количественный анализ (от 10 до 100 в градусах 2θ). Анализ проб: органических и неорганических веществ.	Перейти	Центр управления научно-исследовательскими оборудованием (НИИ)	Дорожикова Наталья Валерьевна тел. 2544	Оформить заявку

На скриншоте отмечены следующие элементы:

- метод** (выпадающий список)
- владелец** (выпадающий список)
- название** (поле ввода)
- Поиск** (кнопка)
- Заявка** (кнопка)
- метод** (название из таблицы)
- название** (название из таблицы)
- особенности прибора** (описание из таблицы)
- подробнее** (кнопка)
- владелец** (фамилия из таблицы)
- оператор** (фамилия из таблицы)
- контакты** (контактная информация из таблицы)

После выбора прибора с этого сайта можно оформить электронную заявку на его использование.

Форма заявки содержит сведения о заказчике, виде работы, характеристике и количестве образцов, требуемых сроках выполнения работ и виде предоставляемых результатов. К заявке можно прикрепить файл с подробным техническим заданием.

Наименование прибора: ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700  
Вид исследования: Молекулярный анализ (ИК-Ф. Раман)

Заявка на исследование

Подразделение-заказчик: Подразделение ТПУ

Подразделение ТПУ: (Выбор подразделения)

Ф.И.О. заказчика: Хасанов А.О.

Ф.И.О. руководителя работы: Дамис С.В.

Вид работы заказчика: Аспирантская работа

Тема работы: Исследования максимизированной керамики

Описание образцов: Порошок серого цвета, 4 образца по 1 г (форма, размеры, агрегатное состояние, количество)

Измеряемые характеристики: Получить ИК-спектры, наложить спектры образцов №1 и 3, №2 и 4.

Вид представления и оформления результатов: Протокол испытаний в электронной форме

Требуемый срок выполнения работ: В течение недели

Контактная информация заказчика: damis@tpu.ru

Кнопки: Отмена, Отправить заявку

## АККРЕДИТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ И ЦЕНТРЫ ТПУ

Лаборатория (подразделение)	Область аккредитации	Контакты
УНПЦ «Вода», ИПР каф. ГИГЭ	Вода природная подземная, поверхностная. Вода источников централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Вода для заводнения нефтяных пластов. Сточная вода. Газы природные. Почвы. Донные отложения, грунты	<b>Копылова Юлия Григорьевна</b> Директор центра, кандидат геол.-минер. наук тел.: 8 (3822) 419-068 e-mail: unpc_voda@mail.ru
Научно-инновационная лаборатория «Буровые промысловые и тампонажные растворы», ИПР	Цементы тампонажные, цементы тампонажные типов I-G и I-H, цементы и материалы цементного производства, буровые растворы	<b>Бойко Игорь Алексеевич</b> Начальник Лаборатории e-mail: boyko@tpu.ru
Лаборатория радиационного контроля кафедры технической физики, ФТИ	Вода питьевая, вода природная, подземная, поверхностная и источники питьевого водоснабжения. Территории участков застройки. Почва, грунт (включая грунт на участках застройки) и донные отложения. Почва, грунт на территории предприятий нефтегазового комплекса. Продукция пищевой промышленности. Продукция мясной, молочной, рыбной, мукомольно-крупяной, комбикормовой и микробиологической промышленности. Продукция лесозаготовительной и лесопильно-деревообрабатывающей промышленности. Продукция растениеводства сельского и лесного хозяйства. Строительное сырье, материалы и изделия. Минеральное и органическое сырье, материалы, продукция и производственные отходы на их основе, руды, горные породы. Общепромышленные и бытовые отходы. Производственные отходы на объектах нефтегазового комплекса. Жидкие радиоактивные отходы. Здания, помещения производственного назначения. Рабочие места. Здания, помещения общественного и жилого назначения. Воздух жилых, нежилых и производственных помещений. Лом черных и цветных металлов. Площадки складирования металлолома. Персонал, работающий в контролируемых условиях обращения с источниками излучения.	<b>Шаманин Игорь Владимирович</b> , руководитель ЛРК кафедры ТФ ФТИ, тел. 8 (3822) 606-112 e-mail: shiva@tpu.ru
Лаборатория радиационной спектроскопии Управление проректора по научной работе и инновациям	Вода природная подземная, поверхностная. Вода источников централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.	<b>Шиян Людмила Николаевна</b> Зав. лабораторией, к.физ.-мат. наук, тел.: (3822) 563-474, 41-89-14 e-mail: shln@tpu.ru



## АККРЕДИТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ И ЦЕНТРЫ ТПУ



Лаборатория (подразделение)	Область аккредитации	Контакты
<p>Центр метрологии, Управление проректора по научной работе и инновациям</p>	<p>Аттестация методик (методов) измерений геометрических, механических величин, параметров потока, расхода, уровня, объема веществ, физико-химического состава и свойств веществ, оптико-физических измерений. Метрологическая экспертиза проектной, конструкторской, технологической, эксплуатационной документации, методик (методов) измерений и научно-технической документации</p>	<p><b>Селехова Мария Николаевна,</b> Директор Центра метрологии тел.: 8 (3822) 60-62-68 e-mail: selehova@tpu.ru</p>
<p>Независимый орган по аттестации (сертификации) персонала в области неразрушающего контроля РЦАКД ИНК</p>	<p>Объекты котлонадзора, системы газоснабжения (газораспределения), подъемные сооружения, объекты горнорудной промышленности, объекты угольной промышленности, оборудование нефтяной и газовой промышленности, оборудование металлургической промышленности, оборудование взрывопожарных и химически опасных производств, объекты железнодорожного транспорта, здания и сооружения (строительные объекты), оборудование электроэнергетики</p>	<p><b>Белкин Денис Сергеевич</b> Директор центра Тел.: (3822) 417-729 e-mail: ndt@tpu.ru</p>
<p>Независимый орган по аттестации лабораторий неразрушающего контроля, РЦАКД ИНК</p>	<p>Объекты котлонадзора, системы газоснабжения (газораспределения), подъемные сооружения, объекты горнорудной промышленности, объекты угольной промышленности, оборудование нефтяной и газовой промышленности, оборудование металлургической промышленности, оборудование взрывопожарных и химически опасных производств, объекты железнодорожного транспорта, здания и сооружения (строительные объекты), оборудование электроэнергетики</p>	<p><b>Белкин Денис Сергеевич</b> Директор центра Тел.: (3822) 417-729 e-mail: ndt@tpu.ru</p>
<p>Испытательная лаборатория: лаборатория разрушающих и других видов испытаний, РЦАКД ИНК</p>	<p>Механические статические испытания, механические динамические испытания, методы измерения твердости, испытания на коррозионную стойкость, методы исследования структуры материалов, методы определения содержания элементов</p>	<p><b>Белкин Денис Сергеевич</b> Директор центра Тел.: (3822) 417-729 e-mail: ndt@tpu.ru</p>
<p>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»</p>	<p>Обучение работодателей и работников вопросам охраны труда. Осуществление функций службы охраны труда или специалиста по охране труда работодателя, численность работников которого не превышает 50 человек</p>	<p><b>Чулков Николай Александрович</b> тел. 8(3822) 56-33-84 e-mail: Chulkov45@mail.ru</p>



## АТТЕСТОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ТПУ

Лаборатория (подразделение)	Область аттестации	Контакты
Лаборатория неразрушающего контроля, РЦАКД ИНК	Объекты котлонадзора, системы газоснабжения (газораспределения), подъемные сооружения, объекты горнорудной промышленности, объекты угольной промышленности, оборудование нефтяной и газовой промышленности, оборудование металлургической промышленности, оборудование взрывопожарных и химически опасных производств, объекты железнодорожного транспорта, здания и сооружения (строительные объекты), оборудование электроэнергетики	Белкин Денис Сергеевич Директор центра Тел.: (3822) 417-729 e-mail: <a href="mailto:ndt@tpu.ru">ndt@tpu.ru</a>
Лаборатория "Грунтоведение и механика грунтов", ИПР, каф. ГИГЭ	Грунты (в том числе и специфические), породы горные, торф и песок, щебень и гравий для строительных работ	Крамаренко Виолетта Валентиновна Тел.: 8(3822) 426-166 e-mail: <a href="mailto:vvk@tpu.ru">vvk@tpu.ru</a>
Топливо-аналитическая лаборатория, ЭНИН, каф. ПГС и ПГУ	Теплотехнические показатели твердого топлива	Николаева Валентина Ивановна Зав. лаб. тел.: 8(3822) 563-464
Научно-исследовательская лаборатория "Механических испытаний и металлографического анализа материалов" ИФВТ, каф. МТМ	Анализ: металлографический (контроль структуры, обработки, химического состава материалов)	Егоров Юрий Петрович Доцент, к.т.н. тел.: 8(3822) 419-559 e-mail: <a href="mailto:egerovyup@tpu.ru">egerovyup@tpu.ru</a>



# СЕРТИФИЦИРОВАННЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ТПУ



Лаборатория (подразделение)	Область сертификации	Контакты
<p><b>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»</b></p>	<p>СМК, распространяющаяся на разработку продукции в соответствии с классами ЕК 001-2014;3432,3438,7015,7030,7031,7055, 9330 на соответствие требованиям ГОСТ ISO 9001-2011 и ГОСТ РВ 0015-002-2012</p>	<p><b>Гордынец А.С.</b> кафедра ОТСП ИНК e-mail: <a href="mailto:asgord@tpu.ru">asgord@tpu.ru</a></p> <p><b>Ефремов Е.В.</b> кафедра ЭАФУ ФТИ e-mail: <a href="mailto:efremov@tpu.ru">efremov@tpu.ru</a></p> <p><b>Вичугова А.А.</b> кафедра АИКС ИК, e-mail: <a href="mailto:vichugovaaa@tpu.ru">vichugovaaa@tpu.ru</a></p> <p><b>Лебедев С.М.</b> лаборатория №9 e-mail: <a href="mailto:slebedev@tpu.ru">slebedev@tpu.ru</a></p>
<p><b>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»</b></p>	<p>Организация работ по охране труда в организациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценка соответствия деятельности работодателя по обеспечению безопасных условий труда в организации;</li> <li>- оценка деятельности службы охраны труда;</li> <li>- оценка деятельности работодателя по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда;</li> <li>- оценка организации и проведения инструктажа по охране труда работников и проверки их знаний требований охраны труда</li> </ul>	<p><b>Бородин Юрий Викторович</b> тел. 8(3822) 56-33-84 e-mail: <a href="mailto:uryborodin@tpu.ru">uryborodin@tpu.ru</a></p>





## **СЕТЕВОЙ ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ТПУ**

**Центр управления  
научно-исследовательским оборудованием ТПУ**

634050, Россия, г. Томск,  
пр-т Ленина, 2а, корпус 11  
Тел (3822) 606258  
e-mail: sanc@tpu.ru

**<http://okp.tpu.ru> –**

оборудование коллективного пользования ТПУ

**<http://pribor.tpu.ru> –**

общий каталог научного оборудования ТПУ



ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ