

**СКАНИРУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ
МИКРОСКОП MIRA3 LMH TESCAN**
**(технические характеристики,
возможности, задачи исследований)**

О.Ю. Белозерова
**Лаборатория рентгеновских
методов анализа**

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской академии наук*

Направления исследований и аналитические задачи

Прибор предназначен для локального метода исследования микрообъемов твердого вещества на уровне разрешения 1-2 нм и позволяет успешно решать следующие задачи:

- *Осуществлять быстрый поиск и идентификацию новых неизученных исследуемых материалов с проведением их качественного и количественного рентгеноспектрального микроанализа с помощью энергодисперсионного спектрометра;*
- *Определять химический состав микрообъемов твердого вещества (для элементов от В до U от 0,1 до 100 мас. %);*
- *Изучать морфологию и фазовый состав минералов, руд, горных пород, а также биологических объектов, синтетических материалов на уровне разрешения до 1-2 нм;*
- *С помощью монохроматической катодолюминесцентной приставки получать более детальную информацию о структуре люминесцентных минералов.*

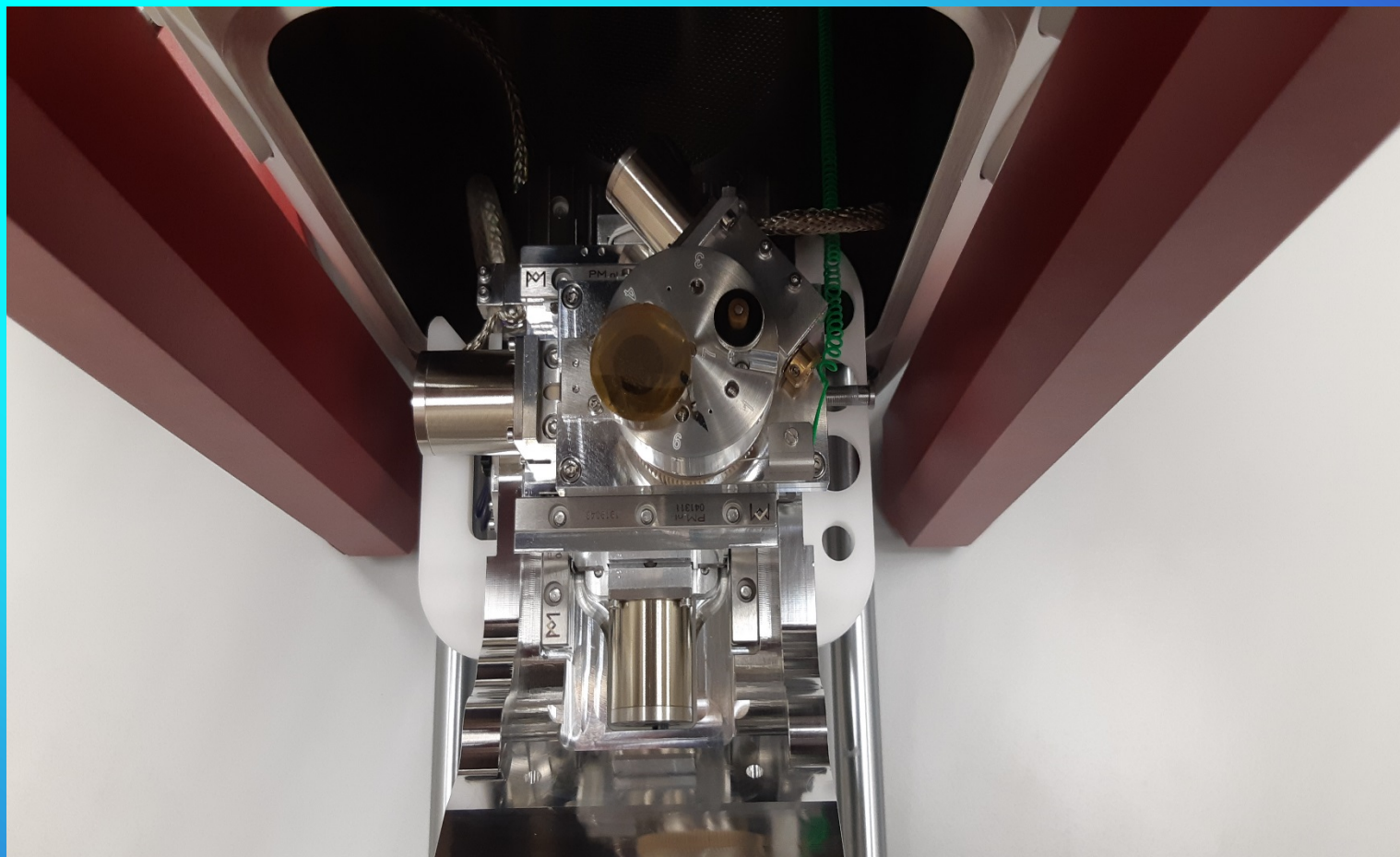
Сканирующий электронный микроскоп MIRA3 LMH



Технические характеристики

- Автоэмиссионный катод Шоттки высокой яркости.
- Пространственное разрешение составляет 1-2 нм при 30 кВ.
- Увеличение от 2× до 1 000 000×.
- Ток пучка электронов от 2 нА до 200 нА.
- Ускоряющее напряжение от 200 В до 30 кВ.
- Максимальная скорость сканирования 20 нс/пиксель, минимальная скорость сканирования 10 мс/пиксель,
- Сохранение изображений размером до 16 384 × 16 384 пикселей за одно сканирование.

Камера для образцов

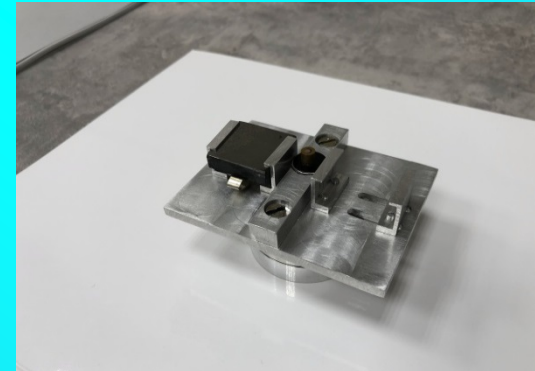


Аналитическая камера с размерами: 230 мм (диаметр) x 148 мм (ширина двери).

Объекты исследования



Столики вращения образцов

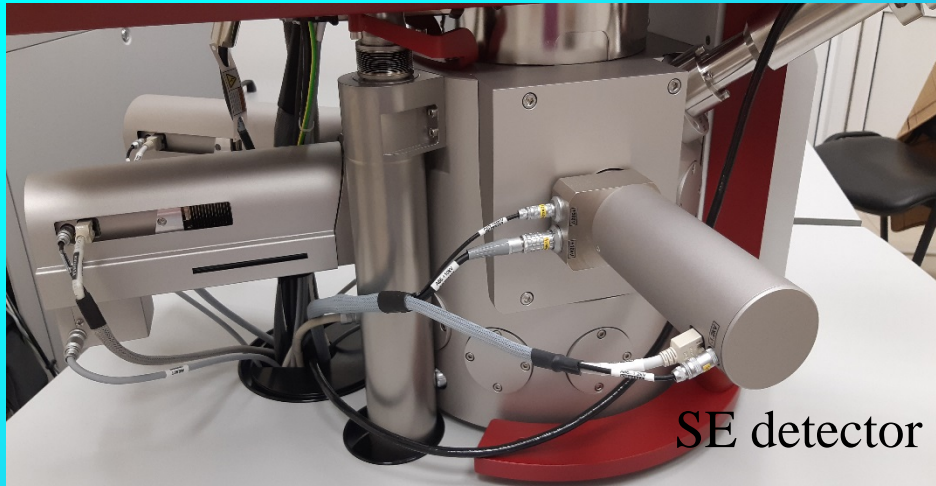


Характеристики столика образцов

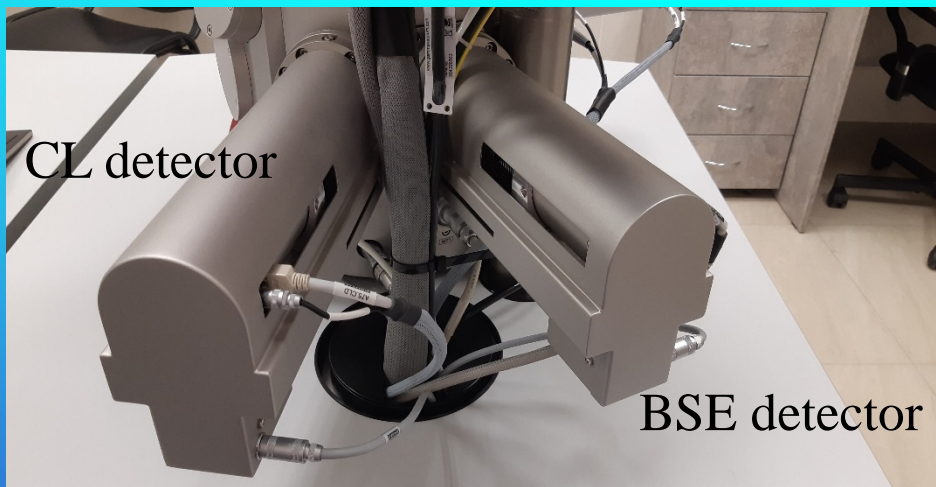
- *Максимальная высота образца 54 мм (со столиком вращения) и 81 мм (без столика вращения).*
- *Полностью моторизованный по 5 осям (X, Y, Z, наклон, вращение) компюцентрический столик с прецизионным воспроизведением координат.*
- *Диапазоны перемещений: по X-Y: 80×60 мм, по Z: 47 мм, по вращению 360°, по наклону от -80° до +80°.*
- *Встроенная пневматическая подвеска камеры и колонны с для подавления внешних вибраций.*
- *Высокий вакуум в камере образцов 9×10^{-3} Па.*



Детекторы



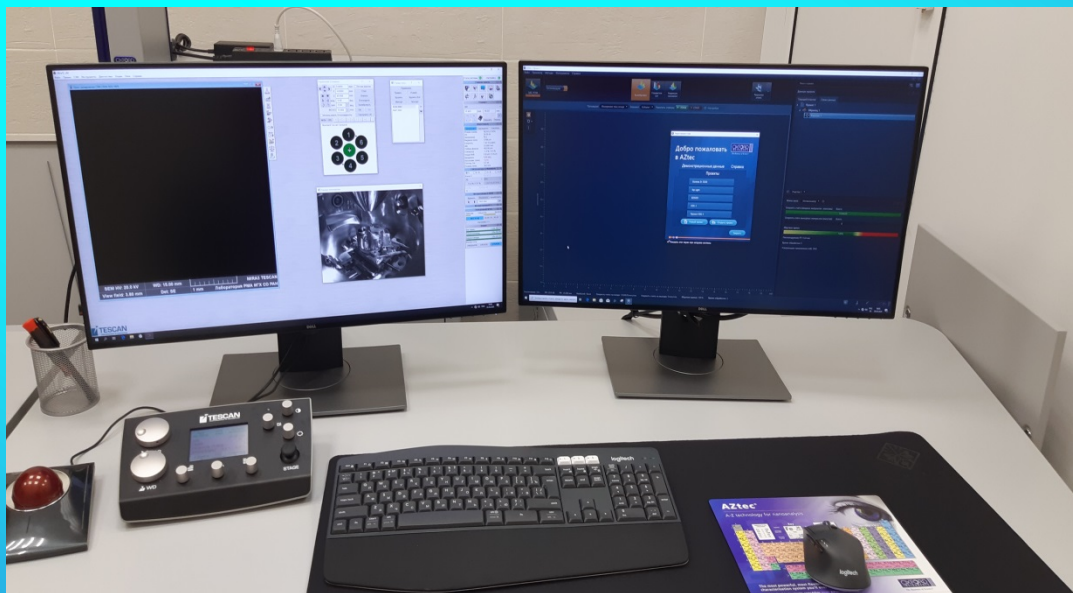
SE detector – Детектор вторичных электронов для получения изображений топографического контраста. Обеспечивает разрешение 1-2 нм при 30 кВ.



mR-BSE detector – Моторизованный выдвижной детектор отраженных электронов для получения изображений композиционного контраста с разрешением по атомному номеру 0,1Z.

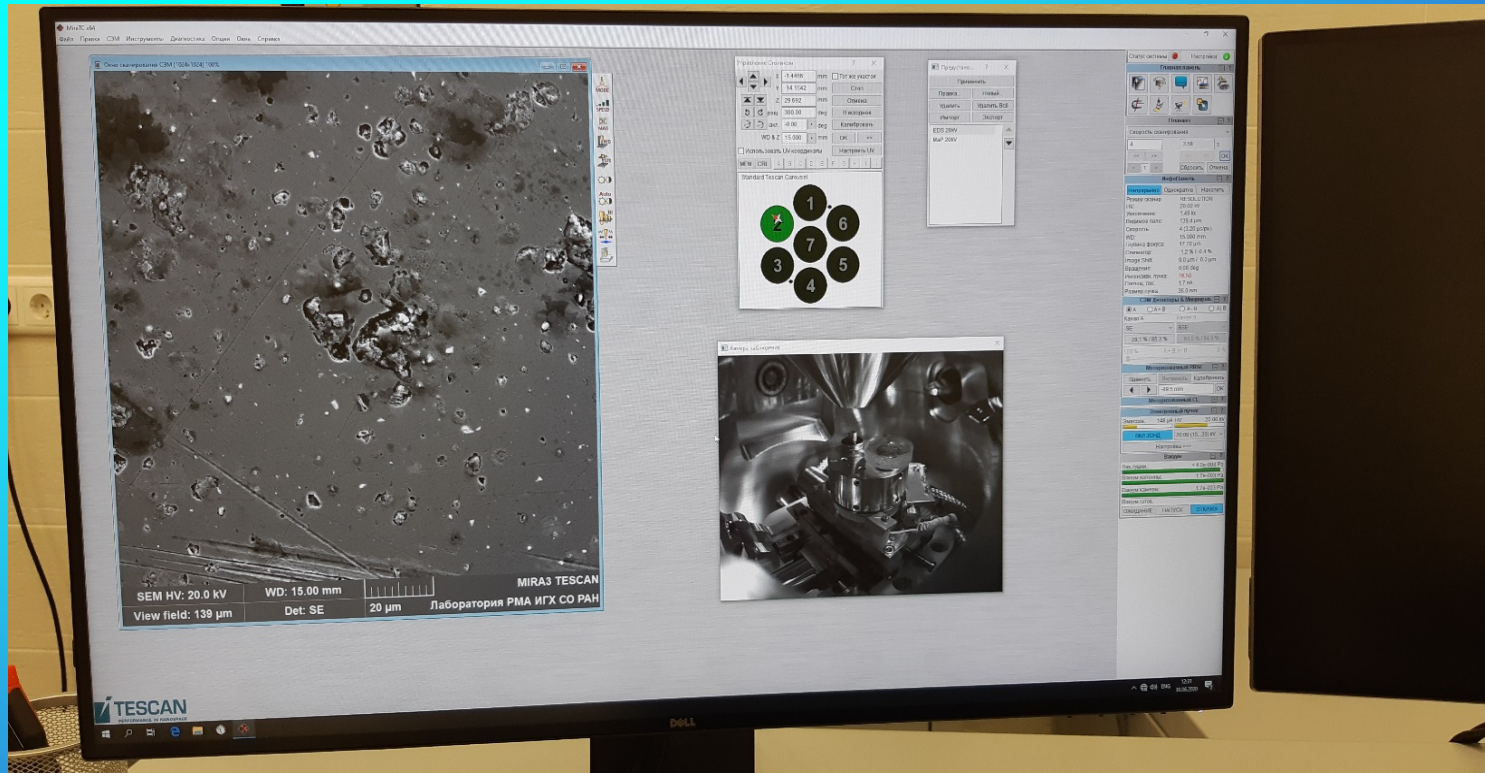
CL wide motorized – Моторизованный выдвижной детектор для регистрации монохроматической катодолюминесценции в расширенном диапазоне длин волн 185 – 850 нм.

Программный комплекс и система управления



- *Управляющий компьютер микроскопа. Беспроводной комплект клавиатура и мышь. Трекбол.*
- *Monitor – Жидкокристаллический монитор с диагональю 27 дюймов, разрешением 2560×1440 пикселей и IPS-матрицей.*
- *Control Panel – Контрольная панель для управления отдельными функциями микроскопа вне программы управления микроскопом.*

- Русифицированное программное обеспечение управления микроскопом со множеством автоматических процедур и набором модулей.



- ИК- телекамера обзора камеры образцов с возможностью цифрового увеличения для легкой навигации и контроля перемещений столика образцов.

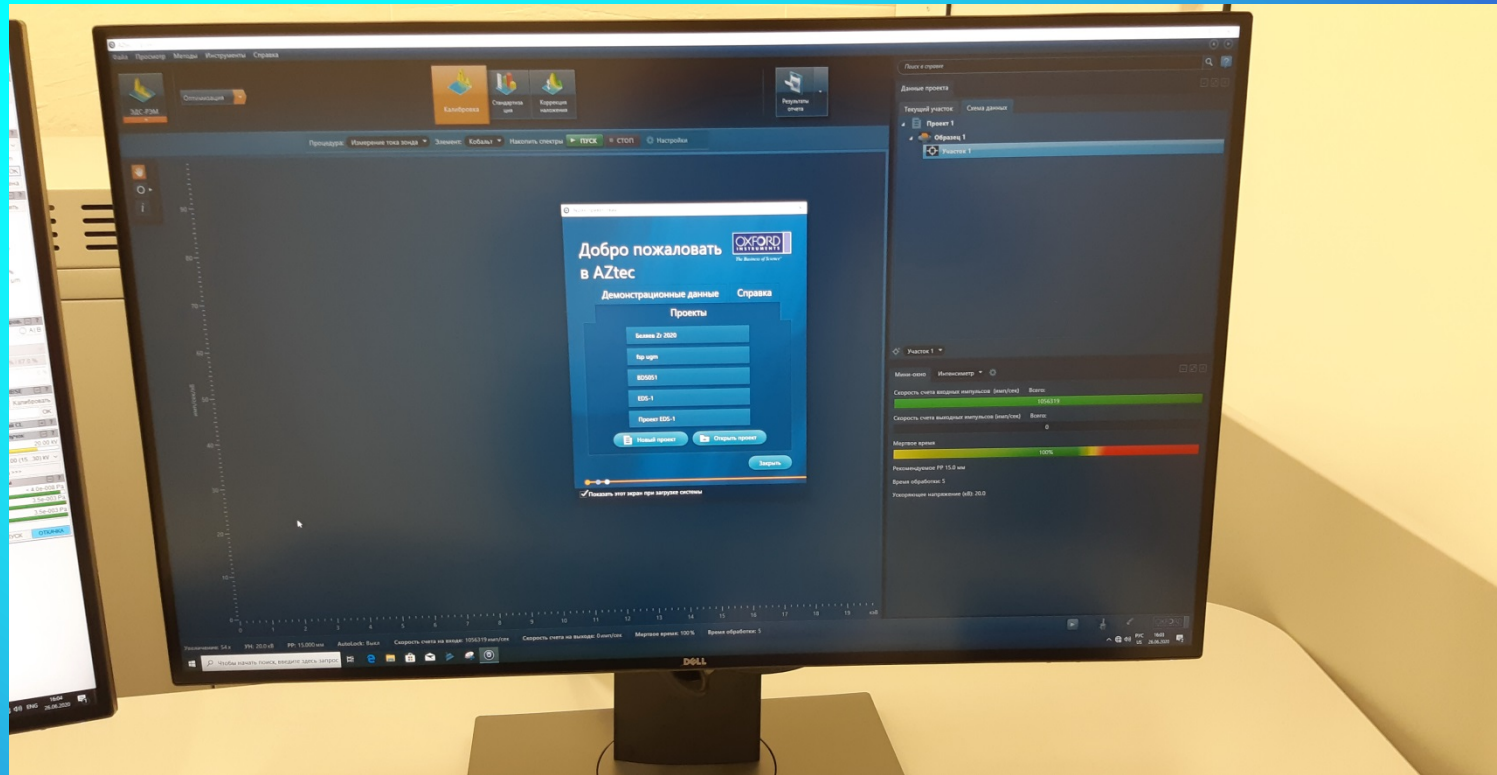
Система энергодисперсионного микроанализа AztecLive Advanced Ultim Max 40



Система энергодисперсионного микроанализа AztecLive Advanced Ultim Max 40 с беззотным детектором (Oxford Instruments Analytical Ltd., Англия).

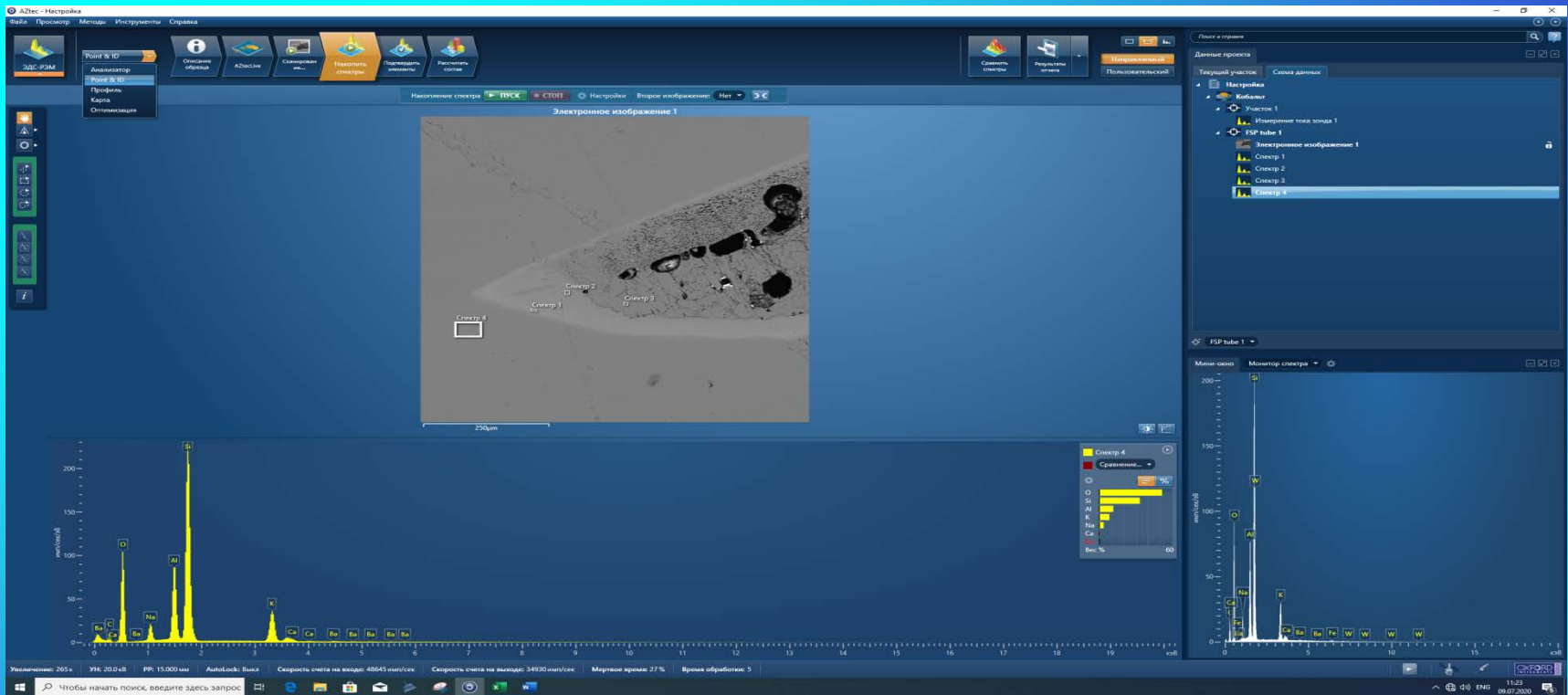
Кремний-дрейфовый детектирующий элемент; охлаждение детектора - каскад элементов Пельтье; площадь детектирующего элемента – 40 мм²; разрешение на линии Mn K α – 124 эВ при скорости счёта 130 000 имп/с.

Программный комплекс Aztec и система управления



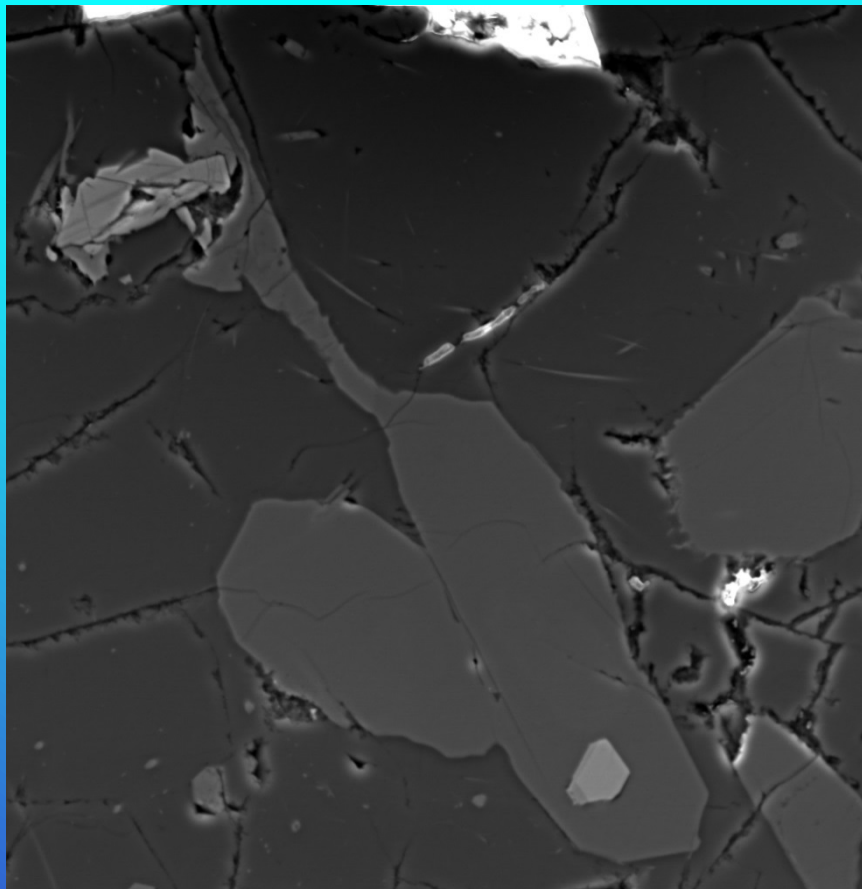
- *Управляющий компьютер аналитического комплекса Aztec.*
- *LCD монитор с диагональю 27", разрешением 2560 x 1440 пикселей и IPS-матрицей для управляющего компьютера аналитического комплекса Aztec.*
- *Программный пакет Microsoft Office 2016.*

Опции программного обеспечения Aztec

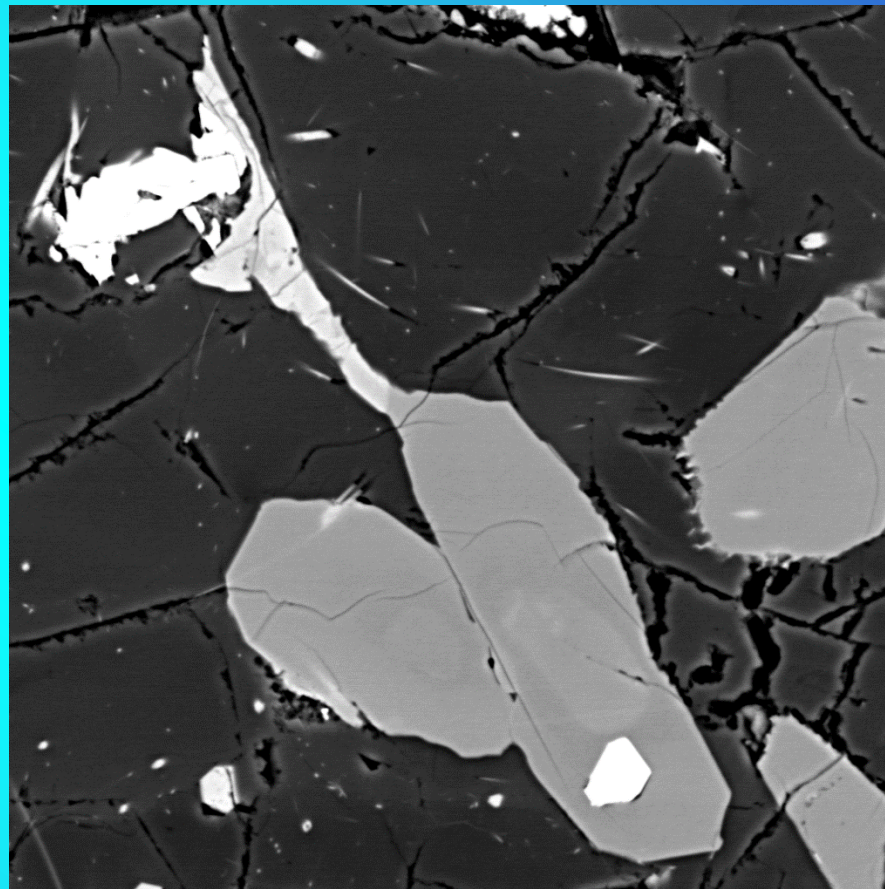


- ❖ *Быстрый и удобный поиск в образце участков со специфическим составом. EDS-карты и суммарный EDS-спектр обновляются в реальном времени синхронно с перемещением столика образцов.*
- ❖ *Выбор точек и участков произвольной формы на электронном изображении для последовательного накопления спектров.*

❖ *Одновременный сбор изображений как во вторичных, так и в отражённых электронах.*

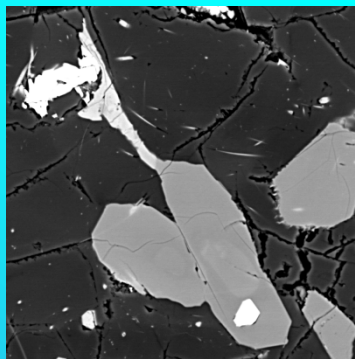


Изображение во вторичных электронах

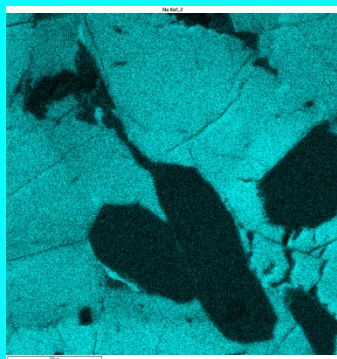


Изображение в отражённых электронах

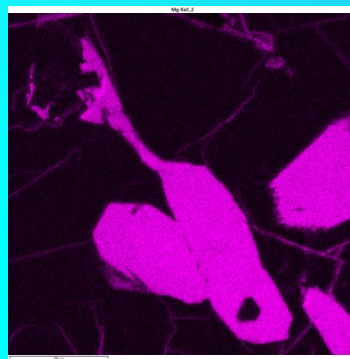
- ❖ *Построение карт распределений элементов на выбранном участке образца. Пиксельный размер карты: 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 и 4096 пикселей.*



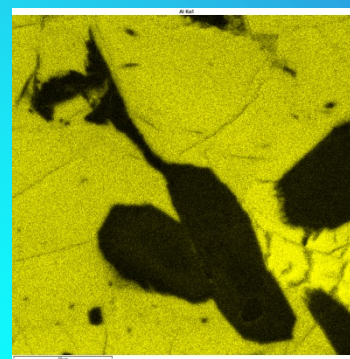
BSE Image



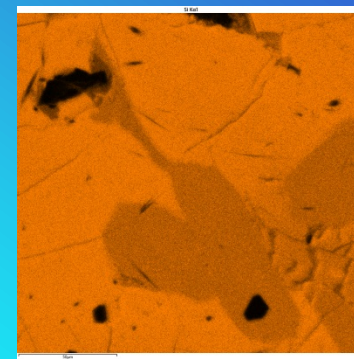
Na K-серия



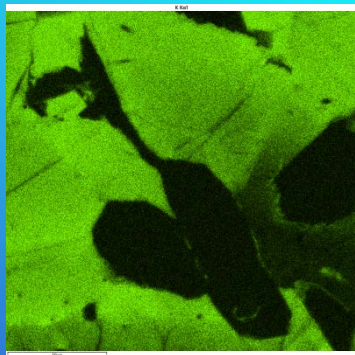
Mg K-серия



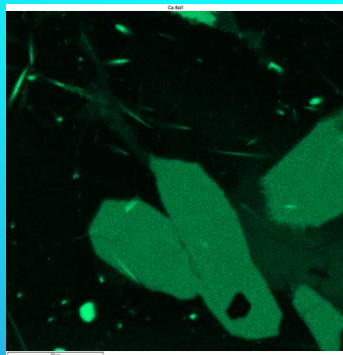
Al K-серия



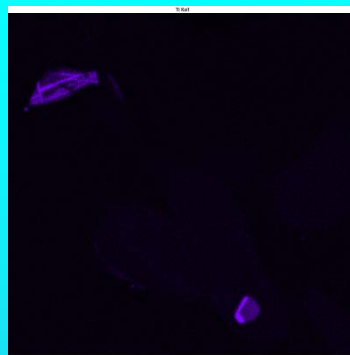
Si K-серия



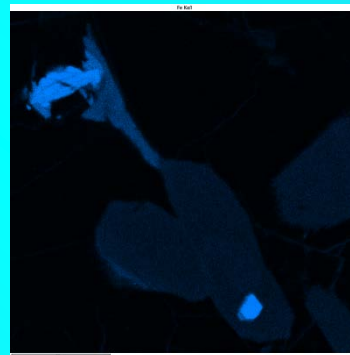
K K-серия



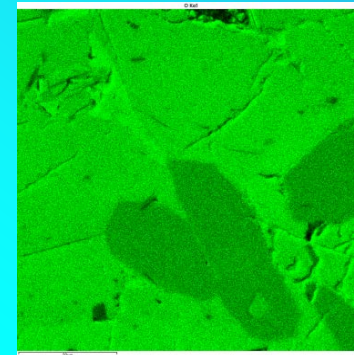
Ca K-серия



Ti K-серия



Fe K-серия



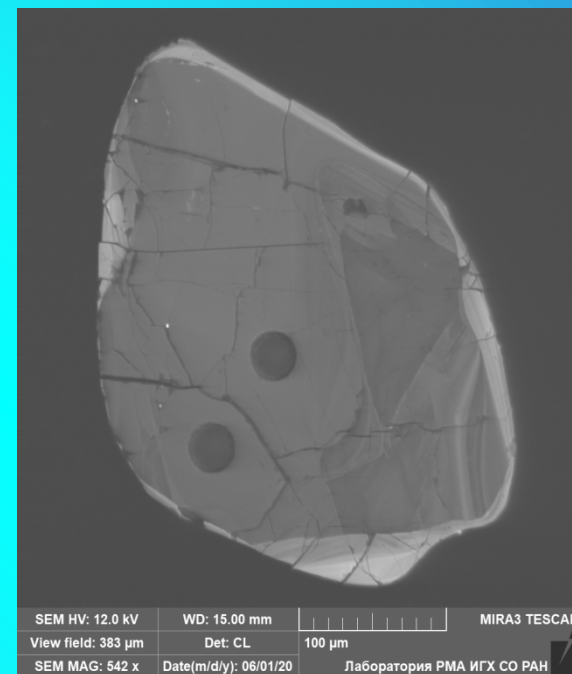
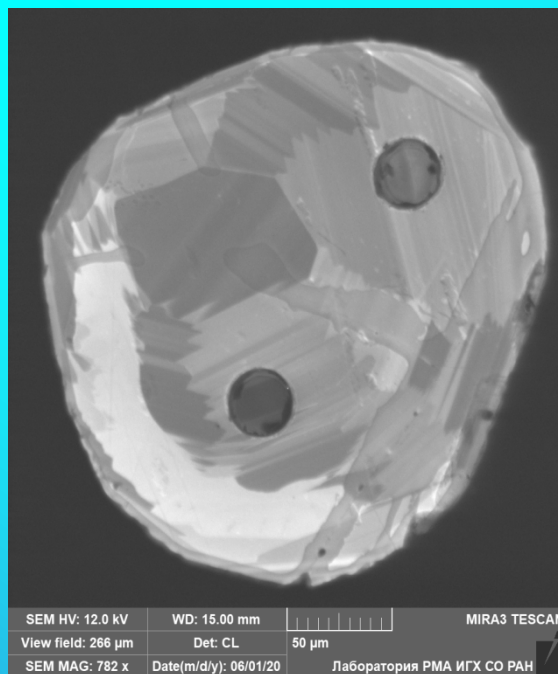
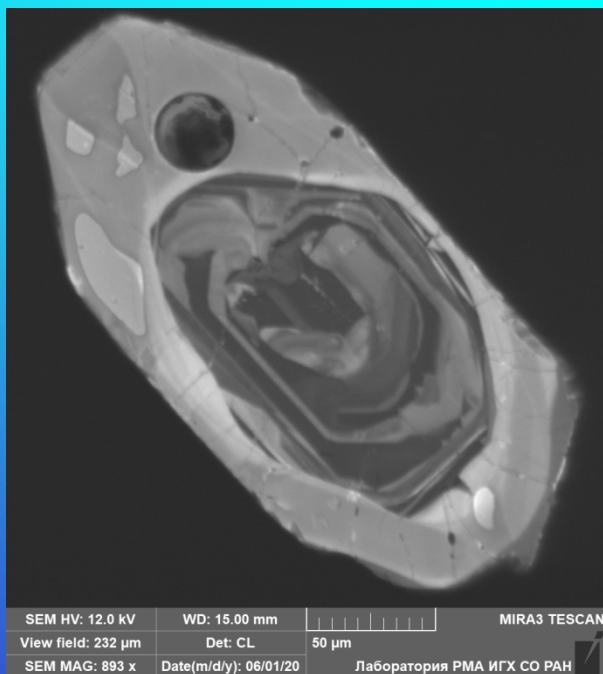
O K-серия

- ❖ *Построение профилей распределений элементов вдоль линий, выбранных на электронном изображении. Вплоть до 8192 точек на линию.*

- ❖ *Получение, обработка и количественный анализ спектров EDS, пучок электронов при этом направляется программным обеспечением микроскопа.*
- ❖ *Автоматическая идентификация пиков спектра, также есть инструменты для проверки и уточнения набора автоматически идентифицированных элементов.*
- ❖ *Два режима работы – направляемый и пользовательский.*
- ❖ *Современная универсальная программа коррекции матричных эффектов XRF, дает удовлетворительные результаты как для легких, так и для тяжелых элементов.*
- ❖ *Встроенная библиотека стандартов для безэталонного анализа, а также возможность создания собственной базы эталонных спектров.*
- ❖ *Простая возможность оптимизации системы по одному элементу (обычно кобальт) для точного анализа без нормализации.*
- ❖ *Построение карт и профилей распределений элементов, скорректированных с учетом деконволюции перекрывающихся пиков и вычитания фона.*

Монохроматическая катодолюминесцентная приставка CL wide motorized

Катодолюминесцентная приставка позволяет получать информацию о структурной неоднородности и зональности многих минералов, в частности, для циркона.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сканирующий электронный микроскоп MIRA3 LMN позволяет решать следующие исследовательские задачи:

- ✓ Осуществлять быстрый поиск и идентификацию новых неизученных исследуемых материалов с проведением их качественного и количественного рентгено-спектрального микроанализа с помощью энергодисперсионного спектрометра;
- Определять химический состав микрообъемов твердого вещества на уровне разрешения 1-2 нм (от 0,1 до 100 мас. % для элементов от В до U);
- Изучать морфологию и фазовый состав минералов, руд, горных пород, а также биологических объектов, синтетических материалов на уровне разрешения до 1-2 нм;
- С помощью монохроматической катодолюминесцентной приставки CL wide motorized получать информацию о структурной неоднородности и зональности, в частности цирконов, что необходимо для их дальнейшего изучения методом изотопной масс-спектрометрии.