

## Концепция развития многоэлементных и изотопных методов в ИГМ СО РАН (до 2024 года)

### *Имеющаяся приборная и методическая база ЦКП МИИ*

Аналитический центр коллективного пользования научным оборудованием для многоэлементных и изотопных исследований СО РАН располагает комплексом дорогостоящего уникального научного оборудования для проведения фундаментальных исследований, сосредоточенного в основном на базе ИГМ СО РАН. Общая балансовая стоимость эксплуатируемого крупного оборудования составляет более 417 млн. рублей. Помещения ЦКП общей площадью 1020 м<sup>2</sup> оборудованы системами подачи сжатого воздуха и технологических газов необходимой чистоты. Все крупные научные приборы оснащены on-line системами бесперебойного электропитания. 44% оборудования эксплуатируется менее 10 лет, из них 62% произведено после 2012 года. Все крупные научные приборы ЦКП соответствуют мировому уровню и функционируют нормально с учётом срока эксплуатации. ЦКП регулярно и успешно участвует в межлабораторных сличительных испытаниях по основным видам выполняемых работ.

Имеющаяся приборно-методическая база позволяет проводить комплексный элементный, изотопный и структурный анализ любых геологических проб, включая:

- Исследование элементного состава методами рентгеноспектрального микроанализа, масс-спектрометрии с индукционно-связанной плазмой растворов и при локальной лазерной абляции твёрдого вещества, рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения, инструментального нейтронно-активационного анализа
- Изотопно-геохимические исследования геологических образований в целях прецизионного изотопного датирования (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar и Rb/Sr датирование), выявления источников вещества (изотопные отношения <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C, H/D, <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O, <sup>34</sup>S/<sup>32</sup>S), основных этапов формирования геологических систем, реконструкции термической истории, построения изотопных трендов.
- Фазовый анализ многокомпонентных систем минералов, горных пород, донных осадков, почв и других объектов окружающей среды методами рентгеновской дифракции и спектроскопии.

Для элементного анализа задействовано следующее оборудование: высокоразрешающий масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой «Element» (Германия) для анализа растворов; установка лазерной абляции твердых проб с последующим элементным и изотопным анализом вещества на масс-спектрометре «Element»; спектрометр с индуктивно связанной плазмой IRIS-Advantage (США); автоматизированные рентгеновские микроанализаторы Камебакс Микро (Камека, Франция), JXA-8100 (JEOL, Япония) и комбинированный ЭДС-ВДС электронно-зондовый микроанализатор JXA-8230 (JEOL, Япония); рентгеновский спектрометр ARL-9900XP (Швейцария); растровый электронный сканирующие микроскопы LEO-1430 (Германия) JSM

6510 LV (JEOL, Япония) и MIRA 3LMU (Tescan, Чехия); абсорбционные спектрометры фирм “Perkin-Elmer” (США) и Thermo (Великобритания).

Изотопный анализ проводится на масс-спектрометрах “Micromass-5400 Noble Gas” с системой экстракции изотопов аргона методом ступенчатого нагрева; “Аргус” с системой очистки и напуска благородных газов (Prep System); “Delta V Advantage” для анализа стабильных изотопов углерода, азота и серы в режиме двойного напуска; “Finnigan-MAT 253” для анализа стабильных изотопов углерода, кислорода и водорода в режиме постоянного потока. Многоколлекторный термоионизационный масс-спектрометр МИ-1201АТ (Укр Прибор, Украина) для исследования изотопов Sr и Rb в минералах.

Изучение структурных характеристик минералов и пород проводится на рентгеновских дифрактометрах ARL-XTRA, ДРОН-3, ДРОН-3М, ДРОН-4, ИК-спектрометрах Specord-75R, Specord-M80, SP3-300; КР-спектрометре Ramanor-U1000.

Подготовка проб к инструментальным исследованиям проводится на базе опытно-производственного участка, оснащённого оборудованием фирм RockLABs и Fritch для дробления, измельчения, изготовления полированных пластинок, препаратов для микронзондовых и микроскопических исследований, петрографических и палеонтологических шлифов, аншлифов и т.п.

### ***Перспективные направления развития ЦКП МИИ***

Генеральным направлением развития приборно-методической базы ЦКП МИИ СО РАН является увеличение пространственного разрешения функционирующих методов анализа и внедрение дополнительных современных методик исследования вещества, обеспечивающих высокую локальность отбора пробы для анализа. Одним из наиболее важных моментов такого развития является сохранение метрологических характеристик анализа, что будет обеспечено оснащением всех методов и методик соответствующими образцами стандартного состава, регулярными поверками оборудования и повышения квалификации персонала.

До конца 2020 года планируется внедрение методики изучения U-Th/Pb системы с высоким пространственным разрешением в цирконах, бадделеитах, монацитах, сфенах, рутилах в целях геохронологии и геохимии на базе ИСП-масс-спектрометра высокого разрешения Element XR и системы лазерной абляции NewWave-213.

Обеспечение подготовки образцов для исследования с использованием вибрационного полировального оборудования Vibromet-2 для изготовления качественных заливных шашек, полированных шлифов и аншлифов.

**При наличии финансирования** целесообразно:

- 1) дооснащение имеющегося комплекса для аргон-аргонового датирования (единственная в РФ исследовательская группа) современной системой лазерной абляции (300 000€);

- 2) замена масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ELEMENT II современным оборудованием аналогичного класса.
- 3) – замена ИСП атомно-эмиссионного спектрометра «IRIS Advantage» современным оборудованием аналогичного класса, например атомно-эмиссионным спектрометром iCUP 6300 DUO (120 000€). Метод является идеальным функциональным дополнением ИСП-масс-спектрометрического анализа и позволяет существенно расширить количество определяемых элементов и диапазон измеряемых концентраций из одной пробы. Атомно-эмиссионная спектрометрия востребована для мониторинга технологических процедур обогащения, стадийного концентрирования полезных компонентов.
- 4) дооснащение имеющегося газового масс-спектрометра Delta V Advantage лазерной системой фторирования и внедрение методики определения изотопного состава кислорода в силикатах и оксидах с лазерным нагревом. Метод широко востребован при изотопных исследованиях процессов рудообразования и рудоконцентрации, метаморфизма и метасоматоза, а также для изотопной термометрии.
- 5) постановка методики определения  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возраста с высоким пространственным разрешением – 5-10 мк на базе многоколлекторного масс-спектрометра Аргус с системой очистки и напуска благородных газов (Prep System), дооснащённого системой лазерной абляции NewWave-213.
- 6) доведение до уровня рутинного анализа химическое датирование урансодержащих минералов с применением электронно-зондовых микроанализаторов JEOL 8100 и 8230.
- 7) приобретение многоколлекторного ИСП-масс-спектрометра, укомплектованного фемтосекундным лазером типа NWR Femto sub 200 нм, и внедрение анализа изотопов Sr, Nd, Hf, W, Os, Pb, Th, U с лазерным пробоотбором с высоким пространственным разрешением. В настоящий момент подобный вид исследований полностью отсутствует на территории СФО и ДВФО. Постановка метода позволит выйти на локальные исследования редких и редкоземельных элементов в целях их поиска и совершенствования методов переработки.
- 8) внедрение нового геохронологического метода для определения возраста золота, платины различного происхождения по отношению изотопов  $^{190}\text{Pt}$  и  $^4\text{He}$ . Метод разработан и существует только в ИГГД РАН (Санкт-Петербург) и представляет собой единственный вариант непосредственного датирования благородных металлов.

### ***Потребности в крупном аналитическом оборудовании и обеспечение его работы***

Атомно-эмиссионный ИСП спектрометр iCUP 6300 DUO

Система фторирования силикатов для изотопного анализа кислорода.

Многоколлекторный ИСП-масс-спектрометра

УФ-лазер New Wave-213 со специализированной вакуумной камерой и вакуумной системой.

Система лазерной абляции NWR Femto sub 200 нм

Масс-спектрометрический комплекс MSU G-01-M, фирмы ЗАО СПЕКТРОН-АНАЛИТ (Санкт-Петербург, Россия) для  $^{190}\text{Pt}/^4\text{He}$  датирования.

Изодинамический сепаратор.

Электромагнитный роликовый сепаратор.

Микроскоп рудный ПОЛАМ Р-312.

Микроскоп петрографический ПОЛАМ РП-1.

Оборудование помещений.

Программное обеспечение.

Образцы стандартного состава.

Испытательное и вспомогательное мелкое оборудование.

Обеспечение метрологических мероприятий: поверки, МВИ, аккредитация методов и т.д.

### ***Кадры***

Обеспечить приток молодых специалистов в группу ИСП-МС

Обеспечить приток молодых специалистов в группу рентгеноспектрального микроанализа .

Обеспечит подготовку кадров для  $^{190}\text{Pt}/^4\text{He}$  датирования

### ***Взаимодействие с центрами инструментальных исследований вещества***

- 1) В рамках центра коллективного пользования осуществляется тесное сотрудничество с Институтом неорганической химии СО РАН в области изучения кристаллических веществ и Институтом нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН в области исследований нефтематеринских пород.
- 2) Имеются соглашения и проводятся совместные исследования с тремя центрами ассоциации Гельмгольца, специализирующимися на локальных методах определения состава вещества.
- 3) Специалисты ИГМ СО РАН обеспечивают методическое сопровождение и научное руководство лабораторий НГУ.

Руководитель ЦКП МИИ СО РАН  
д.г.-м.н.



В.Н. Реутский