

## Концепция развития многоэлементных и изотопных методов в ИГМ СО РАН (до 2020 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 273 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. 43% оборудования эксплуатируется менее 10 лет, из них 60% произведено после 2007 года. Все крупные научные приборы ЦКП соответствуют мировому уровню и функционируют нормально с учётом срока эксплуатации. Значительная часть методов ЦКП аттестована на соответствие требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510590, срок действия до 28 декабря 2014 года).

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) и JXA-8100 (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 фирмы “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); “Finnigan-MAT Delta” для анализа стабильных изотопов серы в режиме двойного напуска; “Finnigan-MAT 253” для анализа стабильных изотопов углерода, кислорода, водорода и азота в режиме постоянного потока. Твердофазные масс-спектрометры МИ-1201Т и МИ-1201АТ (многоколлекторный) для исследования изотопов Sr, Rb в минералах.

Изучение фазовых 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 Ramanog-U1000.

Подготовка проб к аналитическим инструментальным исследованиям проводится на базе опытно-производственного участка, оснащённого необходимым оборудованием 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 2017 года планируется перевод исследований  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  отношений и Rb-Sr датирования на многоколлекторный масс-спектрометр с термической ионизацией МИ-1201АТ, что позволит качественно повысить чувствительность методов и обеспечить увеличение локальности исследований.

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

Ввод в эксплуатацию нового электронного зонда JEOL 8230. Освоение и внедрение стандартных методик анализа.

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

**При наличии финансирования** целесообразно приобретение:

- 1) газового масс-спектрометра Finnigan DeltaV с лазерной системой фторирования (600 000 €). Исследование отношений стабильных изотопов лёгких элементов чрезвычайно востребовано во всех областях деятельности человека. В науках о Земле информация об изотопном составе углерода, кислорода, серы, азота, водорода является базовой для идентификации источников вещества и реконструкции наложенных процессов. Эти данные чрезвычайно важны для обоснования мест локализации тех или иных компонентов геологических систем, включая различные типы твёрдых полезных ископаемых. В ИГМ изучение стабильных изотопов развивается более 30 лет. В настоящий момент функционируют два масс-спектрометра, старший из которых, MAT Delta 1988 г.в., физически и морально устарел и требует замены. Приобретение нового прибора с системой фторирования позволит не только оптимизировать работу существующих методик, но и внедрить качественно новую методику исследования изотопов кислорода в силикатных минералах, что существенно расширит информативность метода.
- 2) атомно-эмиссионного спектрометра iCUP 6300 DUO (120 000€) – в замен ИСП атомно-эмиссионного спектрометра «IRIS Advantage» 2000 г.в. для обеспечения экспрессных поисковых элементных исследований растворов. 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.
- 3) дооснащение имеющегося комплекса для аргон-аргонового датирования (единственная в РФ исследовательская группа) современной системой лазерной абляции (300 000€);

*До конца 2018 года* внедрение методики определения изотопного состава кислорода в силикатах и оксидах с лазерным нагревом на базе газового масс-спектрометра Finnigan DeltaV с лазерной системой фторирования. Метод широко востребован при изотопных исследованиях процессов рудообразования и рудоконцентрации, метаморфизма и метасоматоза, а также для изотопной термометрии. 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. Доведение до уровня рутинного анализа химическое датирование урансодержащих минералов с применением электронно-зондовых микроанализаторов JEOL 8100 и 8230.

*К 2020 году* при наличии финансирования целесообразно приобретение многоколлекторного ИСП-масс-спектрометра, укомплектованного фемтосекундным лазером типа NWRFemto 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. 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  
масс-спектрометр Finnigan DeltaV с системой фторирования.

МС-ICP-MS

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

Система лазерной абляции NWRFemto 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.

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  
К.Г.-М.Н.



В.Н.Реутский