

Перечень обязательных лабораторно-аналитических методов, применяемых при ГМК-500, ГМК-200

№ п/п	Лабораторно-аналитические методы	Общая характеристика методов																																				
1	Дробление проб Истирание проб																																					
2	Приближенно-количественный эмиссионный спектральный анализ (ПКЭСА)	<p>ПКЭСА эффективен как предшествующий для выбора оптимального количественного метода (оценка состава матрицы, уровень содержаний интересующих элементов, наличие мешающих элементов и их содержания).</p> <p>Используются два варианта этого метода, различающиеся способом введения пробы в дуговой разряд: испарение из канала угольного электрода и просыпка порошка пробы в дуговой разряд. Вариант испарения из канала электрода предпочтителен для определения элементов с высокой упругостью пара (т. н. «труднолетучие»: Zr, Hf, Nb, Ta, Ве, редкоземельные элементы, U, Th), а также в случае малого количества материала пробы; для варианта просыпки отмечаются более низкие пределы обнаружения т. н. «легколетучих» элементов (Ag, As, Cu, Cd, Bi, Ge, In, Pb, Sb, Te, Tl, Zn) и лучшая по сравнению с испарением из канала воспроизводимость результатов анализа. Минимальная аналитическая навеска: для испарения из канала электрода — 30 мг; для просыпки — 400 мг.</p> <p>Точность обоих вариантов ПКЭСА — V категория по ОСТ 41-08-212-82</p>																																				
3	Количественный эмиссионный спектральный анализ (КЭСА)	<p>Применяется классический метод внутреннего стандарта (элементы сравнения — палладий и индий). Спектрограф со скрещенной дисперсией СТЭ-1, источник возбуждения спектров — дуговой генератор ИВС — 28. Минимальная навеска пробы — 50 мг. Результаты соответствуют третьей категории точности по ОСТ 41-08-212-82</p>																																				
4	Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА): (Силикатный анализ, рентгеноспектральное определение микроэлементов)	<p>РСФА является одним из доминирующих методов анализа горных пород, руд, почв, донных отложений на основные породообразующие оксиды и микроэлементы.</p> <p>Кроме количественных определений возможен полуколичественный анализ в диапазоне практически всей периодической таблицы за 15–20 мин.</p> <p>Силикатный анализ:</p> <p>Диапазоны определяемых компонентов, % мас.:</p> <table border="1" data-bbox="539 1137 1455 1317"> <thead> <tr> <th>Компонент</th> <th>Диапазон</th> <th>Компонент</th> <th>Диапазон</th> <th>Компонент</th> <th>Диапазон</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SiO₂</td> <td>0,01–100</td> <td>MgO</td> <td>0,05–50</td> <td>Ba</td> <td>50 ppm — 2 %</td> </tr> <tr> <td>Al₂O₃</td> <td>0,01–50</td> <td>CaO</td> <td>0,005–50</td> <td>Cr</td> <td>20 ppm — 10 %</td> </tr> <tr> <td>TiO₂</td> <td>0,005–10</td> <td>Na₂O</td> <td>0,05–20</td> <td>V</td> <td>50 ppm — 2 %</td> </tr> <tr> <td>Fe₂O₃</td> <td>0,001–50</td> <td>K₂O</td> <td>0,01–20</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MnO</td> <td>0,001–40</td> <td>P₂O₅</td> <td>0,01–50</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Помимо основных породообразующих оксидов определяется также содержание Ba, Cr, V.</p> <p>Определение микроэлементов: нижний предел определения составляет 2 ppm: Nb, Mo, Rb, Sr, Th, U, Y, Zr, Se. Нижний предел определения As, Co, Cu, Pb, Ni, Zn — 5 ppm</p>	Компонент	Диапазон	Компонент	Диапазон	Компонент	Диапазон	SiO ₂	0,01–100	MgO	0,05–50	Ba	50 ppm — 2 %	Al ₂ O ₃	0,01–50	CaO	0,005–50	Cr	20 ppm — 10 %	TiO ₂	0,005–10	Na ₂ O	0,05–20	V	50 ppm — 2 %	Fe ₂ O ₃	0,001–50	K ₂ O	0,01–20			MnO	0,001–40	P ₂ O ₅	0,01–50		
Компонент	Диапазон	Компонент	Диапазон	Компонент	Диапазон																																	
SiO ₂	0,01–100	MgO	0,05–50	Ba	50 ppm — 2 %																																	
Al ₂ O ₃	0,01–50	CaO	0,005–50	Cr	20 ppm — 10 %																																	
TiO ₂	0,005–10	Na ₂ O	0,05–20	V	50 ppm — 2 %																																	
Fe ₂ O ₃	0,001–50	K ₂ O	0,01–20																																			
MnO	0,001–40	P ₂ O ₅	0,01–50																																			
5	Атомно-абсорбционный анализ	<p>Метод элементного анализа, в основе которого лежит явление избирательного поглощения (абсорбции) электромагнитного излучения атомами отдельных элементов. Для диссоциации молекул пробы на свободные атомы используют пламена (пламенная атомная абсорбция) и графитовые печи различной конструкции (атомная абсорбция с электротермической атомизацией). В современных атомно-абсорбционных спектрометрах реализованы наилучшие способы коррекции фонового поглощения.</p> <p>В геологии методы атомно-абсорбционной спектрометрии используются для определения в породах как основных компонентов, так и микропримесей, в том числе благородных металлов. Необходимой предварительной стадией данного анализа является растворение твердой пробы с целью перевода анализируемых элементов в раствор. Пределы обнаружения для различных элементов лежат в диапазоне 0,001–0,1 г/т</p>																																				
6	Атомно-абсорбционный непламенный метод (метод «холодного пара»)	<p>Непламенный атомно-абсорбционный метод определения ртути. Принцип разработки анализаторов ртути основан на том, что ее пары при комнатной температуре находятся в атомном состоянии. Для разложения образцов и перевода соединений ртути в раствор следует использовать методы, предотвращающие потери этого легколетучего элемента. Навеска пробы — 1 г. Предел обнаружения ртути данным методом достигает 0,0005 г/т.</p> <p>В геологии метод «холодного пара» используется очень широко для определения ртути в горных породах, почвах, природных водах и других объектах окружающей среды</p>																																				

№ п/п	Лабораторно-аналитические методы	Общая характеристика методов
7	Кулонометрические методы	Кулонометрические методы используются для определения серы и углерода в образцах различного состава. В анализаторах применен метод автоматического титрования по изменению водородного показателя (рН). Навеска пробы — 0,01–2 г (в зависимости от концентрации элемента). В геологии метод используется для анализа горных пород, почв различного состава на содержание общей серы, а также общего, карбонатного и органического углерода с пределами обнаружения: сера — 0,005 %, углерод — 0,03 %
8	Ионометрические методы	Ионометрические методы основаны на использовании в анализе ионселективных электродов, т. е. электрохимических полуэлементов, в которых разность потенциалов на границе раздела фаз электродный материал—электролит зависит от концентрации (точнее, активности) определяемого иона в растворе. Область применения метода включает лишь те элементы, которые присутствуют в растворах в виде устойчивых ионов (катионов или анионов) и для которых имеется возможность подобрать ионселективный электрод. В геологии данный метод широко используется для определения в основном анионов: F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁻ и др., а также катионов NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺ и т. д. в природных водах. Для исследования твердых проб на содержание F ⁻ , Cl ⁻ проводят их предварительную обработку (пирогидролиз) с целью перевода анализируемых элементов в раствор. Навеска пробы — 0,5 г. Пределы обнаружения: F ⁻ — 0,003 %, Cl ⁻ — 0,005 %
9	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP MS)	Метод многоэлементного анализа, в котором для десольватации, испарения, атомизации и ионизации пробы используется индуктивно-связанная плазма, а для детектирования и измерения количества ионов пробы — метод масс-спектрометрии. Применение современного программного обеспечения позволяет провести автоматический учет изобарических наложений и обеспечить пределы обнаружения элементов на уровне 0,0002–0,01 г/т в горных породах и на два порядка ниже — в воде. В настоящее время ICP MS, являясь мощным методом следового многоэлементного анализа, широко применяется в геологии и геохимии для решения широкого круга задач, в том числе наиболее успешно — для определения редкоземельных и редких элементов, а также в поисковой геохимии при использовании МАСФ
10	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP OES)	Метод многоэлементного анализа, в котором для обнаружения присутствия элементов в растворах используется явление электромагнитного излучения нейтральных атомов или ионов, находящихся в возбужденном состоянии (атомная эмиссия). Для диссоциации молекул пробы на свободные атомы и ионы и их возбуждения применяют индуктивно-связанную плазму. Температура плазмы достигает 10 000 К, что обеспечивает высокую степень диссоциации молекул и, как следствие, — высокую чувствительность метода для определения широкого круга элементов. Аналитический принцип метода оптической эмиссионной спектрометрии основан на измерении интенсивности света, испускаемого на определенных длинах волн атомами и ионами, и используется для определения концентрации исследуемых элементов. Как и для ААС, необходимо предварительное растворение твердой пробы для перевода анализируемых элементов в раствор. В геологии используется для определения как породообразующих компонентов, так и элементов-примесей в горных породах различного состава, рудах, почвах, природных водах, экологических объектах. Навеска пробы — 0,1–1 г, пределы обнаружения — 0,01–0,01 %
11	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP MS) с лазерным пробоотбором	Метод не требует перевода пробы в раствор, обладает всеми преимуществами ICP MS, позволяет анализировать включения порядка 10–300 мкм в диаметре на широкий круг элементов (до 70) с пределами обнаружения, характерными для масс-спектрометрии. Предназначен для локального анализа твердых проб: зерен минералов, металлов и сплавов
12	Подготовка проб к минералогическому анализу: Выделение породообразующих минералов, Выделение аксессуарных минералов	Подготовка проб к минералогическому анализу включает в себя несколько основных операций. Исходная проба взвешивается, затем отмучивается (если это дробленые породы). После этого пробы расситовываются на несколько размерных классов (на ситах 0,5 мм, 0,315 или 0,25 мм, 0,16 мм). Полученные классы делятся в бромформе на легкую и тяжелую фракцию. Далее тяжелые фракции подразделяются по магнитности на немагнитную, электромагнитную и магнитную. Все фракции взвешиваются и определяется процентное содержание каждой фракции в пробе (для шликеров только по отношению к тяжелой фракции)

№ п/п	Лабораторно-аналитические методы	Общая характеристика методов
13	Полный количественный минералогический анализ всех тяжелых фракций шлихов рыхлых пород с повышенной точностью определения содержания в % полезных минералов с предварительным фракционированием	Данный метод применяется при детальном изучении геологического материала. Шлихи или протоочки горных пород предварительно проходят пробоподготовку. При этом определяются все встречающиеся в пробе минералы (рудные и нерудные) с подсчетом их процентного содержания с точностью до 0,1–0,2%. Те минералы, содержание которых менее 0,1%, определяются как редкие или единичные (до 5–10 зерен на всю пробу) знаки. Определение минералов производится оптическими методами с помощью бинокля и микроскопа с применением иммерсионных жидкостей для более точной диагностики минералов; для минералов, обладающих люминесцентными свойствами, используется ультрафиолетовая люминесцентная установка. При диагностике некоторых сульфидов применяются простейшие химические реакции. При необходимости производится отбор зерен минералов для точной диагностики их микронзондовым методом
14	Полный полуколичественный минералогический анализ всех тяжелых фракций шлихов рыхлых пород с приближенным определением содержания минералов в процентах, включая их предварительное фракционирование: — равномернозернистых — неравномернозернистых	При полуколичественном минералогическом анализе используются те же методы, что и для количественного анализа (микроскопия, люминесценция, отдельные химические реакции), но при этом для расчета берется меньшее количество знаков, и содержание минералов рассчитывается с точностью до 0,3%. Этот метод используется при картировании и производстве прогнозно-поисковых работ на больших площадях
15	Сокращенный минералогический анализ шлихов и протоочек горных пород	Данный анализ используется при производстве прогнозно-поисковых работ на определенные полезные ископаемые или минеральные ассоциации (например, ассоциация минералов-спутников алмаза). При этом определяется только узкий перечень минералов. Методика выполнения работ и используемые методы соответствуют методике полного количественного и полуколичественного минералогического анализа
16	Рентгенофазовый анализ порошковых минеральных смесей: — диагностика мономинеральных фракций и соединений простого состава — диагностика полиминеральных фракций, минералов с изоморфными замещениями, метамиктные минералы, смешанослойные образования глин	Основные задачи, решаемые этими методами: — определение фазового состава горных пород и руд, цементного клинкера, керамических материалов (сырья, керамики, огнеупоров); — контроль качества минерального сырья (руд, концентратов), а также цементного клинкера и минеральных удобрений; — определение глинистых минералов и минералогического состава почв и глин; — установление природы и концентрации примесей в минералах; — выявление природы изоморфных замещений, характера структурных изменений в минералах в процессе их полиморфных преобразований; — определение новых минералов; — идентификация драгоценных камней; — изучение влияния деформаций на текстуру поликристаллических материалов
17	Рентгеноструктурный анализ глинистых проб	
18	Рентгеноструктурный количественный анализ минералов	
19	Электронно-зондовый микроанализ минералов. Растровое электронное микроскопическое исследование шлифов, штуфов, палеонтологических объектов	Позволяет: — получать во вторично рассеянных электронах изображения палеонтологических и минералогических объектов с увеличением от $n \times 10$ до $n \times 10^4$ раз с предельным разрешением ≈ 50 нм; — проводить элементный анализ минералов на химические элементы от бора до урана с нижними пределами определения около 0,1% мас.%; — изучать распределение химических элементов в заданных участках поверхности образцов или вдоль заданного направления; — наблюдать интегральную катодолюминесценцию минералов (алмазов, цирконов и др.) с помощью специальной приставки; — получать карты распределения различных фаз (минералы, рудные концентраты, сплавы и т. п.). — получать количественные характеристики изображений (вторично рассеянные электроны, обратно рассеянные электроны, в катодолюминесценции): периметры фаз, площади фаз, размеры отдельных индивидов. Для анализа могут быть использованы: отдельные зерна, комбинированные шлифы, приполированные штуфы горных пород