

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова
(технический университет)**

Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ, ГОРНЫХ ПОРОД И РУД

*Методические указания к курсовой работе
для студентов специальности 130306*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2009**

УДК 550.8 (075.83)

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ, ГОРНЫХ ПОРОД И РУД: Методические указания к курсовой работе/ Санкт-Петербургский государственный горный ин-т. Сост.: *М.В. Морозов, В.А. Романов*, СПб, 2009. 37 с.

Методические указания содержат характеристику основных разделов курсовой работы, выполняемой в VII семестре. Изложены рекомендации по планированию и организации работы, выбору методов исследования, оформлению текста, текстовых и графических приложений и библиографических материалов. Рассмотрены вопросы организации курсовой работы и порядок её защиты.

Методические указания предназначены для студентов специальности 130306 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия».

Библиогр.: 34 назв.

Научный редактор Ю.Б. Марин.

© Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В.Плеханова, 2009 г.

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа «Лабораторные методы исследования минералов, горных пород и руд» выполняется студентами, обучающимися по специальности «Прикладная геохимия, минералогия и петрология». Теоретической базой для работы являются знания, полученные при изучении естественнонаучных, общетехнических и специальных дисциплин, совокупность которых позволяет выбрать и использовать конкретные аналитические методы для решения широкого спектра фундаментальных и прикладных проблем при генетических, поисковых, технологических, экологических и иных исследованиях. В методических указаниях рассмотрены цели курсовой работы, общие задачи и возможные объекты исследований, даны рекомендации по выбору аналитических методов, рассмотрены требования, касающиеся структуры и оформления работы, а также её защиты.

Цели курсовой работы:

◆ Закрепление и развитие теоретических знаний студентов по дисциплинам «Кристаллография», «Кристаллохимия», «Минералогия», «Петрография и петрология», «Геохимия», «Лабораторные методы исследования минералов, горных пород и руд».

◆ Приобретение практических навыков (а) проведения лабораторных исследований вещественного состава и строения минеральных индивидов и агрегатов, горных пород, руд, технологических продуктов и иных природных и аналогичных им технических минеральных материалов; (б) планирования и организации петрографических, минералогических и геохимических исследований.

◆ Освоение методов обработки, интерпретации и представления результатов исследования.

Основные этапы курсовой работы:

◆ Выбор направления исследований с учётом специфики имеющихся материалов и задач, полученных в рамках учебных, производственных практик или научно-исследовательских работ, в которых принимал участие студент. Определение цели исследования, выбор задач, решение которых предполагается посредством применения определённых лабораторных методов исследования.

Планирование хода работ.

◆ Отбор образцов для дальнейшего анализа, вторичное опробование и подготовка аналитических препаратов. Сбор необходимой графической и текстовой информации из фондовых и литературных источников.

◆ Выбор метода или комплекса методов исследования. Проведение исследований, обработка и интерпретация полученных результатов. Подготовка к представлению материалов и защите.

Исходные данные для выполнения работы. Как правило, первичные материалы для курсовой работы формируются в процессе работ на летней производственной практике. Их состав определён соответствующими методическими указаниями. Основой для исследований служат образцы и лабораторные пробы, которые представляют собой моно- или поликомпонентный плотный (штуфной, крупнокусковой), рыхлый, сыпучий природный или техногенный материал. Образцы и пробы должны быть представительными, пронумерованными, иметь пространственную, а при необходимости и временную, привязку. Сведения о пробах фиксируются в специальном журнале и на схеме отбора проб (карте фактического материала). Крайне важно, чтобы первичные материалы были отобраны таким образом, чтобы их вещественный состав и количество вещества позволяли решить поставленную исследовательскую задачу посредством планируемых и имеющихся в наличии методов исследования.

Поскольку эффективное решение геолого-минералогических задач возможно при условии представительного отбора первичного материала, цели и план курсовой работы, характер необходимого опробования должен быть, в идеале, спланирован студентом ещё до начала опробования. Для успешного выполнения курсовой работы студент должен получить максимум информации из картографических, литературных и фондовых источников, результатов предыдущих исследований, использовать дополнительные материалы (образцы, шлифы и пр.). Для этого студент должен продуктивно взаимодействовать с руководителем практики и другими специалистами, имеющими отношение к данной проблематике.

Оценка изученности и особенностей объекта невозможна без собранных заранее текстовых и графических материалов. Текстовый

материал включает личные наблюдения (полевой дневник, зарисовки и фотографии) и заимствованные данные. К графическим материалам относятся копии карт, разрезов, схем, диаграмм. Графика общего назначения показывает местоположение объекта, характеризует его геологическую позицию или технологию производства, либо состояние природной и техногенной сред.

Организация работы. Собранный студентом до начала VII семестра геологический материал защищается перед комиссией по приёму полевых материалов. Комиссия определяет направление исследований, которое может быть реализовано на базе имеющегося фактического материала, и назначает студенту руководителя на период выполнения курсовой работы.

Руководитель курсовой работы уточняет тему и формулирует задание курсовой работы, помогает составить программу работ, определить методы и объёмы необходимых и достаточных для решения поставленной задачи исследований, способы обработки и интерпретации получаемых аналитических данных, а также консультирует студента по ходу исследований и контролирует исполнение работы.

Законченную и оформленную курсовую работу студент передаёт руководителю работы для контроля не позднее, чем за две недели до окончания занятий в семестре. Основная часть текста работы должна базироваться на результатах применения студентом лабораторных методов исследования. Руководитель проверяет курсовую работу и назначает дату заседания комиссии по защите курсовых работ. В состав комиссии, помимо руководителя курсовой работы студента, входят два-три преподавателя кафедры МКП.

Защита курсовой работы. За 10-15 мин. до начала заседания комиссии студент подготавливает демонстрацию графических и других необходимых для защиты материалов. На защите допускается присутствие заинтересованных специалистов и студентов.

Защита состоит из краткого (10 мин.) доклада студента и его ответов на вопросы, затем заслушиваются замечания и суждения о работе. Право на вопросы и высказывания имеют все присутствующие.

При защите (а также в тексте пояснительной записки к курсовой работе) студент должен продемонстрировать владение теоретическими аспектами изученной проблемы, принципами использования методов исследования, положенными в основу работы, способами интерпретации полученных данных и логикой формулирования выводов. Оценка за работу обсуждается и принимается на закрытой части заседания комиссии. Оценка объявляется студенту публично.

Принятая и оценённая положительно курсовая работа переходит в собственность кафедры МКП. Знакомство с её материалами допускается с разрешения заведующего кафедрой МКП. Результаты, полученные в ходе курсовой работы, могут быть использованы автором при работе над последующими курсовыми работами (проектами), бакалаврской работой, дипломным проектом (работой) или магистерской диссертацией.

1. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ

Тема курсовой работы определяется типом объекта, его изученностью, а также актуальностью ожидаемых результатов исследования. Типы объектов курсовой работы могут быть объединены в три группы:

Геологическая группа объектов разного масштаба исследуется для решения научных и производственных геолого-минералогических задач на разных стадиях поисковых и геологоразведочных работ.

Технологическая и техническая группа объектов изучается для решения производственных, технологических, технических и экономических задач в периоды планирования и работы горных и горно-обогатительных предприятий, а также для оценки новых видов сырья и экспертизы проб специального назначения. Объектами являются подготовленные к отработке и отвальные горные массы, продукты рудоподготовки, обогащения, других видов технологического передела сырья и отходы.

Экологическая группа объектов исследуется главным обра-

зом для установления природы и оценки разных видов экологической опасности. Объектами являются естественные или техногенные комплексы, которые находятся в активном взаимодействии с животным и растительным миром, с геологической средой.

Успешное выполнение курсовой работы зависит от правильного выбора методов лабораторного изучения вещества. В результате полученного в рамках курсовой работы опыта студент должен научиться выбирать комплекс методов, с помощью которых он может получить необходимые результаты быстро, самостоятельно и с минимальными экономическими затратами. Использование в рамках курсовой работы в качестве основных тех методов, которые требуют значительных затрат времени или обращения в коммерческие лаборатории, не рекомендуется. Такие методы могут быть задействованы в качестве дополнительных, либо применяться при гарантированном финансировании работ в рамках производственных договоров или грантов. Намного важнее научиться планировать использование таких методов на основе данных, полученных более простыми, экспрессными и дешёвыми методами, поскольку опыт планирования необходим при последующих, более масштабных работах (бакалаврских, дипломных и др.).

Название курсовой работы должно кратко и понятно отражать задачи проведённого исследования, непосредственно изучаемый вещественный объект (минеральный вид, горная порода и пр.) и целевой объект (конкретное геологическое тело, месторождение или территорию, природный или техногенный процесс и т.п.).

Рекомендуемые темы курсовых работ (в условных формулировках):

- Зональность и секториальность кристаллов минерала как показатель условий минералообразования.
- Изучение кристалломорфологической эволюции минерала в метасоматических породах методом морфометрического анализа.
- Гранулометрический и морфометрический состав обломочных осадочных пород как индикатор условий осадконакопления.
- Элементный состав минерала (породы) как генетический и поисковый индикатор.
- Текстурно-структурные особенности и минеральный состав

пород фациальных зон интрузивного комплекса.

- Структуры распада в рудном минерале из различных генетических и технологических типов руд.

- Фазовый и химический состав флюидных включений в магматогенных и гидротермальных минералах.

- Структурная упорядоченность ближнего и дальнего порядка как генетический признак (на примере минерала класса силикатов).

- Минералого-петрографическая контрастность пород в пределах интрузивного комплекса.

- Геохимические ассоциации элементов как основа для минералого-петрологической классификации метаморфизованных пород рудного поля (по данным геолого-геохимического картирования масштаба 1:10 000).

- Спектры пропускания и колориметрическое сравнение разновидностей драгоценного (поделочного) камня из пород различных генетических типов.

- Изучение метамиктизации U-Th-содержащего минерала методом рамановской микроспектроскопии.

- Минеральный и элементный состав руд и его влияние на показатели обогащения.

- Разработка критериев определения окисленности руд в целях выделения технологических сортов.

- Минералогический анализ технологических сортов бокситов методами рентгенографии, термографии и спектроскопии.

- Изучение соотношения Fe/Mg и Fe/Mn в сидеритовых рудах и продуктах ГОКа методом термического анализа.

- Характеристика вещественного состава глин, обработанных реактивами для повышения качества сырья.

- Особенности строения и состава гранул удобрения, выявленные в целях оценки слёживаемости продукта.

- «Техногенные» минералы в конструкции железнодорожного моста.

- Экологические аспекты гранулометрического и минерального состава ландшафтообразующей техногенной россыпи.

- Минеральные и химические индикаторы загрязнения промышленной территории.

- Изменчивость минерального состава донных отложений (по данным эколого-геохимического картирования масштаба 1:10 000).

- Сопоставление минерального состава колонок и геохимических профилей в луговых и деградированных почвах.

- Минеральные частицы в пресноводных моллюсках.

- Вещественный состав биоминеральных образований из тканей млекопитающих.

Понятие «вещественный состав» в широком смысле объединяет не только качественный или количественный элементный и минеральный состав, формы нахождения химических элементов в разных минералах и химических соединениях, но может подразумевать также неоднородность внутренней морфологии (анатомии) минеральных индивидов (блочность, двойникование, структуры распада, включения и т.п.); гранулометрический состав и эквивалентные размеры частиц материала проб; форму, шероховатость поверхности и кристаллографическую ориентировку сколов в индивидах, текстурные характеристики и минеральный состав руды (породы); коэффициенты срастания минералов, раскрываемость минералов в классах крупности и др. Отдельные конституционные параметры, физические и физико-химические свойства минералов (руд, пород) изучаются по мере необходимости в зависимости от задач работы и информативности тех или иных характеристик минерала (породы).

Очень важно учитывать, что при любом лабораторном или экспериментальном исследовании возможны методические промахи, результатами которых становятся ошибки в измерениях и интерпретации результатов анализа и даже непреднамеренное изменение состава анализируемых образцов в самом процессе анализа (так называемые «артефакты»). Поэтому при любом косвенном изучении конституционных свойств и иных вещественных характеристик необходимо планировать и организовывать параллельное исследование минерала (руды, породами) методически различными и взаимно независимыми методами анализа, используя одно и то же (или эквивалентное по представительности) вещество образца (пробы, препара-

та). Данные, полученные независимыми «параллельными» методами необходимо сопоставлять и проверять их непротиворечивость, например, сравнивая результаты количественного минералогического и полного элементного (петрохимического) анализов.

2. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Типовой состав пояснительной записки к курсовой работе:

- ◆ Титульный лист (подписывается студентом и научным руководителем).

- ◆ Аннотация и библиографические данные работы на русском и иностранном языке (английский, французский или немецкий).

- ◆ Задание на курсовую работу (подписывается научным руководителем).

- ◆ Оглавление.

- ◆ Перечень условных знаков и сокращений (приводятся лишь в случае их использования более трёх-пяти раз).

- ◆ Введение.

- ◆ Основная часть (разделы и подразделы текста с иллюстрациями и таблицами).

- ◆ Заключение.

- ◆ Библиографический указатель (см. приложение).

- ◆ Перечень внутритекстовых таблиц (если требуется).

- ◆ Приложения в виде таблиц (если имеются).

- ◆ Перечень графических приложений (если требуется).

- ◆ Графические приложения (если имеются).

В **оглавлении** перечисляются названия разделов и подразделов основной части с указанием номера начальной страницы. Во **введении** сжато излагаются сведения о районе и объекте, происхождении изучаемых образцов (проб), формулируются актуальность, цель и задачи работы, новизна и прикладное значение авторских исследований. Содержание **основной части** зависит от темы курсовой работы. Основные разделы приводятся в следующей последователь-

ности.

1. **Общая характеристика** изучаемого объекта (или описание данной фундаментальной либо прикладной проблематики) и **состояние исследований** в виде реферативного анализа и обобщения работ предшественников и (если имеется) собственного задела. Обязательно тщательное цитирование и отсутствие пропусков в обзоре различных точек зрения, вкладов различных авторов и т.п.

2. **Теоретические основы** используемых подходов и методов. В краткой форме излагаются аспекты, касающиеся решения **конкретных** задач, поставленных в рамках данной работы.

3. **Методика исследований.** Общую последовательность организации работ целесообразно представить в виде блок-схемы, на которой указывают состояние (класс крупности и т.п.) и масса пробы, характер анализируемого препарата, процедуры пробоподготовки, виды аналитических методов, контрольные измерения и т.п. Методику описывают для каждого метода анализа в отдельности. Указывают все процедуры подготовки аналитического препарата, приводят точные описания моделей приборов, режима работы и настроек аналитического оборудования таким образом, чтобы позволить независимому исследователю провести идентичную работу для проверки полученных результатов. При написании методического раздела студент должен получить исчерпывающую информацию от начальников аналитических лабораторий и от операторов использованных в работе приборов и оборудования.

4. Описание **фактического материала** (образцов, проб), используемого в работе. Приводят карту фактического материала, документацию места (при необходимости – времени) опробования.

5. **Результаты исследования** (отдельно для каждого метода исследования приводят результаты наблюдений, измерений и расчётов, приводят возможные варианты их интерпретации).

6. **Интерпретация результатов работы.** Здесь обсуждают и сопоставляют данные, полученные всеми методами исследования, заключительные выводы приводят в кратких конкретных формулировках.

Разделы 5 и 6 являются ключевыми для оценки всей курсовой работы со стороны приёмной комиссии, поскольку содержат

результаты персональной работы автора и представляют собой оригинальный авторский текст с минимумом цитирования. Студент демонстрирует в этих разделах уровень своей квалификации как специалиста, полученной в итоге всего предыдущего процесса обучения.

В **заключениях** должны быть кратко охарактеризованы авторские достижения, основные результаты работы и нерешённые проблемы. Отдельно возможно привести благодарности частным лицам и организациям, способствовавшим осуществлению работы. Если работа автора финансировалась, обязательно приводят перечень источников поддержки.

На каждый источник, приведённый в **библиографическом указателе**, в тексте работы должна быть дана ссылка непосредственно после цитируемой информации. При этом не допускается прямое цитирование чужого авторского текста без кавычек (что является плагиатом). В случае цитирования информация должна быть изложена своими словами. Недопустимы также ссылки на источники, с которыми студент незнакомился лично, так как во многих случаях ссылка, заимствованная из цитируемой работы, становится неточной по смыслу, а иногда является ложной вследствие опечатки.

Приложениями могут быть геологические и иные карты и другие печатные материалы, формат и вид которых не позволяет включить их в текст работы. Также приложениями могут быть распечатки первичных (необработанных) результатов анализа, полученные в стандартной форме на аналитическом оборудовании в ходе измерений (таблицы результатов химического анализа, дифрактограммы, спектры и т.п.).

Ниже представлена структура типовой курсовой работы. В качестве примера выбрано исследование на тему «**Минералогическое петрографическое изучение продуктивных континентальных четвертичных отложений (масштаб 1:10 000)**», структура текста которого может быть использована как типовая для широкого круга различных по тематике курсовых работ.

1. Обоснование постановки работ. Исследования автора представлены как составная часть картирования. Приведены доводы в пользу предположения о продуктивности отложений.

2. Геологическая изученность. Обзор важнейших исследований по геологии и полезным ископаемым района, геологическое строение которого отражено на обзорной геологической карте (масштаб 1:100 000 до 1:50 000) с использованием материалов подготовки работ масштаба 1:10 000, а также отчёта к обзорной карте.

3. Методика исследований и метрологическое обеспечение.

3.1. *Методика работ.* Последовательно излагают методики полевых наблюдений, отбора проб и методы лабораторных исследований. Для обоснования методик используют уже установленные данные о площадном, мощностном распространении отложений, об их составе и других особенностях. Затем характеризуют методики полевых наблюдений, способ и схема отбора первичных проб, приёмы получения минералогических проб и извлечения из них аналитических проб (фракций, навесок), указывают последовательность операций обработки проб (выделение классов крупности и фракций) и последовательность применения методов лабораторных исследований.

3.2. *Метрологическое обеспечение.* Приводят сведения об использованных приборах, аппаратуре и материалах; о точности (погрешности) измерений; аналитических методах и их аттестации.

3.3. *Математическое обеспечение.* Здесь характеризуют вычислительные средства, математические методы и реализующее их программное обеспечение с обоснованием выбора.

4. Геологические особенности района (или Геологические особенности распространения продуктивных четвертичных отложений). Текст должен быть увязан с приложенной геологической картой масштаба 1:10 000 и содержать необходимые для работы данные о геологическом строении района, вещественном составе горных пород, геоморфологии и закономерностях размещения полезных ископаемых.

5. Минералого-петрографическое изучение продуктивных отложений. В этом разделе должны быть отражены результаты авторских работ. Содержание, последовательность расположения материала специальной главы определяются только автором. Целесообразно выделить следующие подразделы.

5.1. *Результаты полевых наблюдений.* Данные об участках распространения отложений: число, площадь, мощность, связь с формами рельефа; разрез отложений с литологической, петрографической, геохимической типизацией пород; формы образуемых породами тел, площадные фациальные изменения; гидрогеологические условия. Генетический тип, условия залегания и возраст отложений. В работе, послужившей примером, потенциально продуктивная часть отложений выявлена по химическим данным, поэтому выделены два продуктивных пласта и уточнены их форма, размеры, положение в разрезе и взаимоотношение с подстилающими и перекрывающими образованиями.

5.2. *Вещественный состав продуктивного пласта.* В минералогические пробы включены частицы с крупностью менее 10 мм. Содержания крупных обломков определены в первичных пробах. Безрудность и минералого-петрографические особенности крупных обломков оценены макроскопически и в шлифах. Все другие параметры, в том числе оценка окатанности частиц и степени вскрытия рудных минералов, получены при проведении гранулометрического, морфометрического и минералогического анализов, сопровождавшихся химическим анализом минералогических проб. Баланс данных по классам крупности позволил получить обобщающую информацию по каждой пробе.

В подразделе последовательно изложены результаты изучения классов крупности и проб в целом. Приведены данные о среднем вещественном составе классов крупности и продуктивных пластов, выявлена изменчивость вещественного состава и определена правомочность выделения продуктивных пластов.

5.3. *Концентрирование и распределение рудных минералов.* Поскольку не произошло существенного концентрирования рудных минералов в определённых классах крупности, то их извлечение производилось различными методами.

Рассмотрены результаты опытов по получению обогащённых фракций, т.е. приведены данные по содержанию фракций, их вещественному составу и изменчивости состава в разных пробах. Показана принципиальная возможность обогащения пород продуктивных пластов.

5.4. *Тенденции в изменении вещественного состава и других параметров продуктивного пласта.* Обсуждение результатов математической обработки информации с применением факторного анализа. Характеристика выявленных корреляционных связей. Кластерная группировка ряда параметров вещественного состава, содержания классов крупности и фракций, окатанности частиц, мощностей продуктивных пластов и некоторых других. Тенденции в изменении величин отдельных параметров сравнения в пространстве, иллюстрированные графиками.

3. МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выбор методов изучения вещества определяется темой курсовой работы, физическим состоянием пробы, массой или размерами имеющегося материала, необходимостью и возможностью самостоятельного участия в аналитической работе, интервалом времени на работу, доступностью приборов и стоимостью анализа.

В зависимости от роли, которую должны играть результаты лабораторного исследования в решении поставленных задач, назначение лабораторных методов можно классифицировать как:

1) непосредственное определение тех или иных параметров конституции минерала или горной породы (содержаний химических элементов, параметров элементарной ячейки, ориентации кристаллографических осей и т.п.);

2) определение численных параметров, характеризующих физические свойства, которые имеют прикладное значение (параметры оптической индикатрисы, механические, электрические, магнитные параметры, т.е. любые физические, химические, технологические и прочие свойства);

3) косвенное изучение конституционных параметров и их вариативности, при котором не происходит их точное определение в силу сложной зависимости экспериментальных наблюдений от нескольких конституционных свойств одновременно (некоторые варианты спектроскопических, термических и др. методов);

4) изучение «типоморфизма», т.е. корреляций между измеряемыми параметрами или свойствами вещества и генетическими, геологическими, экономическими характеристиками изучаемого объекта (в этой форме могут использоваться практически любые методы исследования);

5) изучение пространственной неоднородности минерального вещества и его характеристик (методы изучения строения минералов, горных пород и руд: морфометрия, оптическая и электронная микроскопия, томография).

Разумеется, один и тот же метод анализа, в зависимости от формы применения и поставленных задач, может относиться к любой из перечисленных групп. Кроме того, большинство методов ис-

следования могут быть реализованы в разных вариантах и разновидностях, в зависимости от предъявляемых к ним качественных и количественных требований (пределы обнаружения, аналитическая погрешность, экспрессность, допустимое и необходимое состояние аналитического препарата, необходимость получения усреднённых по объёму вещества данных, либо осуществления анализа с заданной локальностью и т.п.). В соответствии с физическими принципами, на которых основан тот или иной метод исследований, каждый метод предъявляет специфические требования к характеру аналитического препарата, способу пробоподготовки, массе пробы, степени её измельчения, фазовой неоднородности и т.д. С целью приведения образца (пробы) в состояние аналитического препарата проводится **вторичное опробование**, при котором итоговая масса пробы может уменьшиться до 0,5 мг, а размер частиц – до 1 мкм.

Погрешность анализа варьирует от метода к методу. В суммарную погрешность эксперимента 10 % вносится непосредственно в лаборатории (т.е. самим анализом), 60 % – собственно опробованием и 30 % – в ходе подготовки проб. Так как аналитические данные часто распространяются на значительные объёмы пород, руд, материалов и т.д., главным требованием к отбору проб является достижение оптимальной их представительности по массе (размерам). Объём проб в степенной зависимости связан с размерами слагающих частиц (зёрен) и определяется содержанием и плотностью наименее представленной фазы. Поэтому масса исходных проб может измеряться тоннами. Используя операции перемешивания и квартования исходных проб, из них получают лабораторные (минералогические) пробы, частью которых являются аналитические пробы, или навески. Масса лабораторных проб варьирует от 0,2 до 20 кг, и они могут отбираться непосредственно на объекте, минуя исходную крупнообъёмную пробу. Штуфные пробы (образцы) в аналитическом отношении часто неrepresentative. Их используют для получения предварительной или частной, локальной информации. По штуфным пробам (часто в представительной выборке образцов) изучают минеральный (модальный) состав в шлифах, физические характеристики материала (крепость, абразивность, упругие свойства, пористость, поглощающие способности и т.д.), локальный фазовый и элемент-

ный состав.

Таким образом, при выборе методов исследования, студент должен руководствоваться следующими принципами:

1) в качестве *начальных методов* исследования выбирать методы, которые студент может осуществлять максимально самостоятельно, руководствуясь уже усвоенными учебными дисциплинами («Кристаллооптика», «Минераграфия», «Лабораторные методы исследования минералов, горных пород и руд» и др.);

2) в процессе использования начальных методов исследования, следует выбрать важные для исследования отдельные «реперные» образцы, пробы, кристаллы, точки для анализа, которые целесообразно изучить более ёмкими по времени, трудозатратам или стоимости *специальными методами*, произвести максимальную документацию и тщательную характеристику выбранных объектов (измерения, фотографии и схематические зарисовки штуфов и кристаллов, шлифов и полированных препаратов, что особенно важно в случае применения локальных методов анализа);

3) планируя свою работу, внимательно ознакомиться с возможностями и требованиями лабораторий и ритмом их работы;

4) провести исследование специальными методами, а затем обобщить и критически интерпретировать все полученные результаты.

Ниже кратко изложено предназначение и особенности использования наиболее распространённых методов анализа состава минерального вещества.

1. Методы опробования, первичной подготовки проб и анализа строения минеральных агрегатов, пород и руд.

Получение мономинеральных фракций раскрытых фаз (извлечённых из сростков зёрен) связано с предварительными последовательными операциями дробления-измельчения и отсевом материала допустимой крупности. Для разделения пробы на навески меньшей массы используют операции перемешивания и сокращения. Оптимальная предварительная обработка лабораторных проб достигается при использовании ручных ступок и стандартных сит, метода конуса и кольца при перемешивании, а для повышения оперативности - метода квартования или делителя Джонса.

Разделение материала на классы крупности составляет суть гранулометрического анализа, необходимого при подготовке проб к фракционированию и морфометрическому, минералогическому анализу рыхлой пробы. Пылевидный шлам дроблёного материала и глинистая фракция рыхлых образований удаляются отмыванием (промывкой). Отмывкой можно получить «чёрный шлик» (концентрат тяжёлых фаз) или «серый шлик» (обогащённая смесь тяжёлых и лёгких фаз). Зернистый материал с преимущественным размером частиц более 40 мкм рассеивается на стандартных ситах. Фракционируемый и поступающий на анализы материал обычно разделяют на четыре-шесть классов (+3; -3+0,5; -5+0,25; -0,25+0,1 и -0,1 мм). В морфометрическом и гранулометрическом анализах число классов может достигать 12-20.

Седиментационный анализ позволяет классифицировать дисперсные (шламистые) фракции с размером частиц менее 45 мкм на гранулометрические классы. В лабораторных условиях классы +40, -40+20, -20+10, -10 мкм часто выделяют способом декантации.

Обогащение проб выполняется при концентрировании определённых фаз во фракции, которые предназначены для выделения монофазных навесок либо для оценки контрастности частиц полифазных проб. Предпочтительно работать с узкоклассифицированным материалом. Наиболее удобны метод магнитной сепарации (извлечение антиферромагнетиков), метод электромагнитной сепарации (извлечение парамагнетиков) и разделение фаз в тяжёлых жидкостях. Для разделения зернистого материала крупностью -5+0,05 мм предназначены постоянные магниты (ручной РМЧ, универсальный магнит Сочнева С-5) и электромагниты УЭМ-1, электромагнитные сепараторы СИМ-1. С их помощью удаётся выделять до четырёх-пяти фракций. Производительность сепаратора СИМ-1 при обработке материала с крупностью +0,1-0,2 мм составляет около 1-2 г/мин. В распространённых тяжёлых жидкостях (бромоформ, М-44, М-45 с плотностью 2,89-2,90 г/см³) получают три фракции: лёгкую, тяжёлую и с плотностью около 2,9 г/см³. Тяжёлые жидкости лучше применять для выделения фаз в уже обогащённых фракциях (на доводочной стадии). Для предварительного обогащения значительной массы материала с крупностью частиц -1+0,07 мм

целесообразно применять винтовой сепаратор.

Ситовой гранулометрический анализ – один из наиболее эффективных методов анализа. Просеивание может быть сухим или мокрым (в потоке воды). ГОСТ 3584-73 предусматривает 19 размеров ячеек сит. После отсева классы взвешивают с точностью до 0,1 г. Результаты пересчитывают в проценты.

Морфометрический анализ зернистых проб состоит в оценке формы, окатанности, шероховатости частиц обломочных осадочных пород или техногенных материалов. Наиболее распространён метод визуальной оценки формы с использованием пятибалльной шкалы Рассела и Тейлора или трафарета Рухина (трудоёмкие методы). Крупные частицы рассматривают невооружённым глазом, а мелкие – под микроскопом. Результаты гранулометрического и морфометрического анализов сводят в таблицы или изображают с помощью дифференциальных и интегральных кривых распределения.

2. Методы анализа минерального (фазового) состава

Минералогический (фазовый) анализ и стереометрический анализ структуры предназначены для диагностики фаз, установления их количественных соотношений (модальный состав), оценки структурно-текстурных особенностей агрегатов (гранулометрический состав, определение формы зёрен и их шероховатости, частота встречаемости общих границ фаз – коэффициенты агрегативности и срастания, выявление степени раскрытия фаз, оценка других метрических показателей) и установления генетических взаимоотношений фаз. Объекты исследования – природные или техногенные плотные, рыхлые смеси твёрдых фаз и частиц.

При зернистости выше 5 мм (предельный размер 0,1 мм) диагностику фаз и измерения проводят невооружённым глазом или с помощью лупы. Для количественных измерений используют накладные сетки или измерения на фотографиях. При размерах частиц 5-0,0001 мм визуализация осуществляется приборами: автоматическими оптическими, электронно-оптическими телевизионными системами; оптическими, электронно-оптическими, рентгеновскими микроанализаторами; полуавтоматическими оптическими анализаторами, ручными оптическими микроскопами.

В лабораторной практике распространены микроскопы поляризованного проходящего или отражённого света. Объектами исследования являются прозрачные и полированные шлифы, изготавливаемые из плотного или брикетированного рыхлого материала. При изучении шлифов можно определить некоторые оптические константы фаз. Модальные составы, определённые под микроскопом, могут быть пересчитаны на массовые содержания фаз, если известны их плотности.

Анализ гранулометрического состава минеральных агрегатов в шлифах можно производить с помощью компьютерной программы «Видеотест» (или аналогичной), для чего необходимо получить компьютерное изображение шлифа (введя фотографию на сканере или непосредственно записав изображение с видеокамеры, установленной на микроскопе).

При крупности частиц ниже 0,001 мм, а тем более 0,0001 мм необходимы электронная микроскопия или специальные методы изучения фазового состава: рентгенофазовый, термический виды

анализа и др.

Минералогический анализ рыхлых материалов (шлихи, искусственные шлихи, порошки) отражает количественные соотношения фаз, диагностические отличия, форму и характер сростаний индивидов разных фаз. В ходе анализа сохраняется исходное вещество и допускается выполнение химических способов диагностики. Материал аналитической пробы (около 10-15 г) по мере проведения анализа взвешивают, квартуют, фракционируют, просматривают под бинокулярным микроскопом для диагностики всех фаз и визуальной оценки их содержаний. Затем проводят пересчёт содержаний на фракцию, класс крупности, на шлик или на пробу (в процентах и граммах на тонну).

В зависимости от требуемой точности анализа содержание фаз в навесках определяют разными способами: визуальным, отбора и взвешивания, объёмным (подсчётом зёрен) или статистически-весовым. В ряде случаев переходят на изучение шлифов из брикетированного материала.

Отбор и взвешивание каждой фазы применяют для небольших фракций с числом фаз до трёх-пяти и крупными частицами (100-250 мкм). Способ подсчёта зёрен сводится к подсчёту частиц каждой фазы в узкокласифицированной навеске с последующей поправкой на плотность. Этот метод трудоёмок и не очень точен. Статистически-весовой способ требует подсчёта зёрен каждой фазы, отбора большого числа монофазных зёрен и их взвешивания, расчёта средней плотности одного зерна каждой фазы и введения поправки на плотность. Этот метод очень трудоёмок, но точен.

Ошибки визуального определения количества фазы сильно зависят от её истинного содержания в смеси:

Истинное содержание, %	1-10	11-30	31-70	71-100
Средняя относительная погрешность, %	60	40	7-8	1-3

Если допустимы полуколичественные оценки содержаний фаз, то можно использовать пятибалльную шкалу: больше 50 % – основа, 30-50 % – полуоснова, 10-30 % – очень много, 5-10 % – много, меньше 5 % – мало. При определениях содержаний фаз способом подсчёта в шлифах или объёмным методом, количество числа зёрен

или равновеликих участков зависит от допустимой относительной погрешности анализа:

Допустимая относительная погрешность, %	1	5	10	15	20
Число зёрен или равновеликих участков	10000	400	100	45	25

Стереометрический анализ структуры агрегатов в шлифах (а также по их изображениям) значительно ускоряет использование полуавтоматической системы МИУ-5М, а также программного обеспечения для анализа изображений (ВидеоТест, Zeiss Axiovision, т.п.).

Рентгеновские методы исследования в экспрессном и доступном для студентов варианте применимы для проведения фазового анализа трудно диагностируемых веществ: диагностика монофазного материала и полуколичественный анализ многофазных образцов, особенно в случае дисперсности слагающих частиц. Наиболее приемлем метод поликристалла (порошка) с использованием дифрактометра. Масса аналитического тонкозернистого порошка равна 0,5-5,0 мг при крупности частиц не меньше 1 мкм. Чувствительность метода (определяемое количество фазы в смеси) достигает ~ 5 %. Определителем фаз на дифрактограмме является рентгенометрическая база данных. Многофазность материала серьёзно усложняет идентификацию фаз.

Термический анализ объединяет группу методов, целью которых является регистрация изменений в термически активных (т.е. при нагревании или охлаждении) твёрдых веществах и интерпретация соответствующих физико-химических процессов. Для студенческих курсовых работ лучше использовать комплексный термический анализ, который включает синхронное проведение дифференциального калориметрического (ДТА, или ДСК) и термогравиметрического (ТГ) анализов. Аналитическая навеска массой 10-20 мг представляет природный или измельчённый материал с преимущественной крупностью частиц 0,07 мм. Наиболее применим нагрев пробы от 20 до 1100 °С со средней скоростью 10 °С/мин. Результаты анализа выводятся в виде распечатанной

кривой или записываются в файл. Для расшифровки используют образцы сравнения (эталонные кривые ДТА и ТГ).

По кривым ДТА и ТГ диагностируют фазы, определяют их количество в смесях, устанавливают способ вхождения воды в минеральное вещество (неструктурная, кристаллизационная, конституционная), а в ряде случаев оценивают степень смесимости изоморфных фаз. Проведение анализа осложняется в присутствии химически активных, низкоплавких или термически инертных веществ. Для получения достоверных результатов может потребоваться предварительная химическая обработка аналитических проб, добавка иных веществ в сухую смесь или замена растирки материала на его нарезку при подготовке проб.

Методы исследования флюидных включений в минералах могут применяться для массового анализа газовой-жидких включений, а также для изучения индивидуальных включений, если это необходимо для установления условий образования минерала или горной породы. К массовым (валовым) методам относятся **декрепитография** (изучение преобладающих температур растрескивания включений), которая с успехом применяется для типизации минерального сырья, а также **метод водных вытяжек**, который позволяет оценить средний катион-анионный состав жидкой фазы. Индивидуальный анализ включений (**крио- и термометрия**) требует специального температурного столика, который позволяет, наблюдая включение под микроскопом, нагревать его до гомогенизации фаз и охлаждать включение до замерзания, что затем позволяет рассчитать первичный состав включения, используя уравнения состояния растворов.

3. Методы анализа химического (элементного, изотопного и молекулярного) состава.

Методы элементного анализа входят в число основных для широкого круга направлений геохимических, минералогических, технологических, экологических исследований и при изучении руд и других видов минерального сырья. Поскольку интерпретация данных химического анализа строится на основе аппарата математической статистики, для успешного применения методов химического анализа (в зависимости от задачи) зачастую требуется анализ значи-

тельного количества проб, что не всегда целесообразно в рамках курсовой работы. В то же время при выполнении курсовой работы студент может использовать результаты химического анализа, полученные в рамках предыдущих исследований и переданных ему руководителем практики или руководителем курсовой работы.

Необходимо помнить, что количественный анализ обязательно требует наличия стандартных образцов состава, соответствующих по своему физико-химическому состоянию и составу веществу анализируемых проб.

Петрохимический анализ (определение породо- и рудообразующих элементов, часто – так называемый *силикатный анализ*), анализ формульных элементов минерала в настоящее время как правило осуществляется методом **рентгенофлуоресцентной спектроскопии**. Аналитический препарат имеет обычно форму порошка класса крупности –0,1 мм либо витрифицированной таблетки, которая получается путём сплавления вещества пробы с химическими реагентами. Современные приборы позволяют производить автоматизированный анализ серий образцов. Чувствительность анализа растёт с увеличением атомного номера химического элемента.

Быстрый и относительно дешёвый анализ следовых элементов осуществляется методом **оптической эмиссионной спектроскопии**, проба при этом имеет вид пудры, которая смешивается с угольным порошком и сжигается в электрической дуге. Вследствие типичной для данного метода невысокой сходимости результатов, применение его нецелесообразно для единичных измерений, но вполне оправдано для решения задач сравнительного анализа, например, при многократных измерениях, изучении серий проб и геохимическом картировании.

Атомно-абсорбционная спектроскопия является одним из оптимальных методов анализа содержания металлов уровня первых г/т (ppm). Образец при анализе должен иметь форму водного или иного раствора, поэтому данный метод весьма удобен при эколого-геохимических исследованиях природных вод, почв и т.п. При анализе геологических образцов необходимо их вскрытие (полное растворение), что требует в случае труднорастворимых минералов разработки специальных индивидуальных методик.

Одним из наиболее чувствительных методов при анализе элементов и изотопов в экстремально малых содержаниях является **спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой** (её разновидности: оптическая эмиссионная ИСП и ИСП масс-спектрометрия). Данный метод позволяет получать надёжные результаты при определении редкоземельных элементов и благородных металлов. Форма пробы при анализе – раствор. В связи с высокой стоимостью анализа, метод следует применять в рамках более масштабных научных исследований или производственных работ.

4. Методы анализа кристаллической структуры и кристаллохимических особенностей минералов.

Рентгеноструктурный анализ используется для изучения параметров кристаллической структуры минерала: геометрии элементарной ячейки (препарат имеет вид порошка, как и в рентгенофазовом анализе) и определения атомных координат и иных структурных параметров. В рамках курсовой работы данный метод может быть использован для анализа изменчивости параметров элементарной ячейки при изоморфизме или ином макроскопическом изменении минерала (аморфизация, распад и пр.).

Инфракрасная и рамановская спектроскопия и микроскопия применяются как для фазового анализа (минералогический анализ, анализ включений, жидких веществ и поверхности твёрдых материалов), так и с целью изучения структуры кристаллических и аморфных тел (структурная упорядоченность и кинетика структурных превращений, ориентация атомных группировок в структуре кристалла, содержание «воды» в минерале и её структурный тип). ИК-спектроскопия позволяет проводить количественный фазовый анализ порошка по спектрам пропускания (из порошка минерала в смеси с КВг изготавливают прозрачную таблетку) и нарушенного полного внутреннего отражения. Данный метод может быть рекомендован для количественного анализа минеральных смесей. Спектры пропускания используются также для изучения состояния и содержания воды в минералах и стёклах. При наличии микроскопа структурные данные можно получать с локальностью до первых десятков микрон. Лазерная спектроскопия комбинационного рассеяния света (рамановская) также применяется для фазового и минералогического анализа.

ческого анализа, но более удобна для неразрушающего анализа с локальностью до 1 мкм, анализа включений без их вскрытия и вертикального неразрушающего фазового профилирования тонкослоистых образцов. Препарат при этом оптимально готовится в форме прозрачно-полированного шлифа.

Люминесценция минералов может применяться как эффективный типоморфный признак и для анализа микропримесей в минералах-диэлектриках, не имеющих высоких (свыше первых %) содержания Fe, Mn и собственно центров люминесценции. Образец может иметь форму кристалла и порошка.

Оптическая спектроскопия применяется для установления природы окраски нерудных минералов по спектрам поглощения (образец в виде плоскопараллельной полированной пластинки) и диффузного отражения (порошок), а также для диагностики рудных минералов по спектрам отражения (образец в форме полированного шлифа).

Неоценимую помощь в диагностике, в суждении о специфике конституционных особенностей или при выделении в поле зрения зёрен определённого вещества может оказать **визуальная оценка интенсивности и цвета люминесценции материала пробы**. Лучше всего исследовать небольшие индивиды или зернистые массы, удобные для рассмотрения при небольших увеличениях, при этом путём перебора фильтров можно подобрать оптимальные длины волн ультрафиолетового возбуждения.

Оптические, колебательные и люминесцентные спектры могут быть получены сравнительно быстро. Однако полная интерпретация спектров требует высококвалифицированного труда, поэтому спектры часто используют для выявления «типоморфизма» изучаемого вещества путём обнаружения расхождений спектральных параметров между разнотипными образцами.

5. Методы исследования физических и химических свойств.

Морфометрия кристаллов занимается оценкой огранения, габитуса, шероховатости и криволинейности поверхности кристаллов. Применимы методы гониометрии (увеличение 10-15^x, реальная погрешность 5-10', время измерения 1-2 час.) и фотогониометрии,

имеющей бóльшую производительность. Оптимальные размеры кристаллов 0,1-10 мм. Результаты измерения применимы для диагностики фаз, кристалломорфологического картирования и реконструирования условий образования.

Иммерсионный метод – метод оптического исследования вещества в капле жидкости с известным показателем преломления. Стандартный иммерсионный набор включает 98 жидкостей с показателями преломления от 1,408 до 1,780. Оптимальная крупность зёрен 0,05-0,03 мм. Метод прост и применяется при диагностике фаз и определениях величин показателей преломления веществ (точность примерно 0,001).

Фёдоровский метод позволяет определять формы оптической индикатрисы кристаллического индивида, её расположение в зерне (оптическая ориентировка) и т.д. Применяется для точной диагностики и оценки состава ряда минералов, особенно полевых шпатов, при изучении двойников, закономерных сростаний и прорастаний или для выявления закономерностей статистической ориентировки зёрен в агрегатах (микроструктурный анализ). Специальный прибор – фёдоровский столик – устанавливают на предметном столике поляризационного микроскопа. Объектом исследования является прозрачный шлиф. Результаты измерений выносят и графически обсчитывают на листе восковки с помощью сетки Вульфа.

Количественные измерения твёрдости конденсированных веществ могут осуществляться разными методами. В минералогической и технической практике чаще используют метод определения микротвёрдости (статического микровдавливания, метод Виккерса). Под действием определённой нагрузки в зерно вдавливают алмазную пирамидку с квадратным основанием, измеряют диагональ отпечатка и рассчитывают твёрдость. Разработаны насадки, приставки к микроскопам и более надёжные в работе микротвердометры. Наиболее хорошие результаты получают на огранённых кристаллах или на полированных шлифах. Обычный размер частиц составляет 0,25-2,0 мм, а оптимальная для расчёта величина диагонали отпечатка 20-25 мкм (до 8-17 мкм в хрупких веществах или в микровключениях). Нагрузку варьируют в зависимости от класса твёрдости вещества от 2 до 200 г (реже больше). Рекомендуемая стандартная нагрузка со-

ставляет 100 г. Время статического давления алмазной пирамидки 10-15 с, опускаясь до 5 с при очень хрупких зёрнах. Измерения проводят по профилям в зерне или распределяют по 5-15 и более зёрнам изучаемой фазы с последующим расчётом средней твёрдости. Ошибки в измерении диагонали отпечатка редко превышают 5-7 %, а абсолютная погрешность определения составляет около ± 3 % в веществах с низкой твёрдостью и близка к ± 30 % в высокотвёрдых фазах. Измерения твёрдости используют для диагностики рудных минералов и сплавов, выявления их типоморфизма.

6. Локальные методы анализа могут быть рекомендованы для использования только после проведения первичной характеристики материала валовыми методами и выбора информативных «точек» для уточняющего исследования под микроскопом. В зависимости от метода, препарат должен иметь форму классического шлифа (оптическая микроскопия проходящего света), прозрачно-полированного шлифа, полированного шлифа или полированной шайбы (оптическая рудная микроскопия, электронная микроскопия, электронно-микронзондовый анализ, локальная лазерная спектрометрия, ионно-зондовый анализ). Важно иметь в виду, что оптимальный препарат должен позволять проведение локального исследования, по возможности, различными методами (например, как под оптическим, так и под электронным микроскопом). Поскольку аппаратура для локального анализа обычно высоко востребована, а сам анализ дорогостоящий, задачи исследований для применения локальных методов и выбор точек для анализа должны быть тщательно обоснованы и обеспечены предварительной документацией. В рамках курсовой работы применение локальных методов анализа должно быть обосновано как необходимое для решения поставленной задачи.

Оптическая микроскопия используется для диагностики минералов при малых размерах зёрен (до первых мкм), для характеристики сростаний, замещений и текстурно-структурных особенностей пород и руд. Нерудные минералы изучают в проходящем свете, рудные – в отражённом. Структура и текстура минеральных агрегатов, внутренняя и внешняя морфология зёрен на микроуровне могут быть исследованы методом **растровой электронной микроскопии**. В случае совмещения микроскопа с **электронно-зондовым анали-**

заторм, диагностика минералов может быть осуществлена с помощью расчёта стехиометрических формул по данным энергодисперсивного **рентгенофлуоресцентного спектрального микроанализа**. Анализ микропримесей осуществляется методом волнодисперсивной РФС. Дополнительные данные об анатомии зёрен можно получать методами химического профилирования и картирования, а также применяя приставку для **катодолюминесценции**. Кристаллоструктурные данные можно получить методом **дифракции обратно-рассеянных электронов**, а также методами **просвечивающей электронной микроскопии** (в обоих случаях требуется изготовление специального препарата).

Микроморфология кристаллов, зёрен и сколов может быть изучена в исходном виде при монтировании их на перпаратодержатель растрового электронного микроскопа, а также методом **атомной силовой микроскопии**.

Ионно-зондовый анализ является высокочувствительным методом локального анализа изотопного состава и микропримесей на уровне г/т и менее, однако в силу высокой стоимости и сложности метода он рекомендуется при использовании в работах более высокого уровня, нежели курсовая работа.

7. Математические и статистические методы обработки результатов наблюдений и измерений.

Математическая обработка результатов полевых и лабораторных исследований требует использования специализированного программного обеспечения. Рекомендуется использовать следующие программные продукты (или эквиваленты): электронные таблицы Excel с установленным пакетом анализа данных, пакет Statistica и пакет для научной графики Origin. Представление результатов курсовой работы следует производить с использованием пакета PowerPoint (или аналогичного).

4. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оформление курсовых работ регламентируется общегосударственными стандартами для отчётов о научно-исследовательской

работе и стандартами организаций. Учёт требований стандартов обязателен. В Санкт-Петербургском горном институте оформление курсовых работ производится в соответствии с «Правилами оформления пояснительной записки аттестационных работ (курсовых проектов и работ)».

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графических приложений. Текстовый материал сброшюровывается. Объём пояснительной записки к курсовой работе, как правило, не должен превышать 20-25 страниц. Крупноформатные приложения (карты, плакаты и т.п.) представляют в рулоне или вкладывают в папку. В этом случае брошюру и папку с графикой обозначают как первый и второй тома.

Текстовый материал печатают на принтере на белой бумаге формата А4 (210 × 297 мм). Нумерация страниц – сквозная, причем титульный лист и страница с аннотацией не нумеруются, но в количестве страниц учитываются. Номер 3 присваивается странице с оглавлением. Номер страницы печатается в правом верхнем углу без точки.

Текст пояснительной записки делят на разделы, которые имеют собственные заголовки и номера (1, 2 и т.д.). Внутри разделов можно выделять подразделы с самостоятельными заголовками и номерами (2.1., 2.2., 2.3. и т.д.). Более дробное членение текста не рекомендуется.

Обязательны ссылки на литературные и фондовые источники (см. приложение), иллюстрации, таблицы и графические приложения. Ссылки помещают в скобки с указанием соответствующего номера: [11], (рис. 3), (табл. 6), (прил. 2). Формулам присваивают порядковые номера, например, формула (4).

Иллюстрации и внутритекстовые таблицы помещают на следующей после первого упоминания странице. Иллюстрации размещают (печатное исполнение, вклеивание) на одной стороне листа; для таблиц допускается двусторонняя печать. Рисунки и таблицы нумеруются. Формат иллюстративных материалов не может превышать 210 × 297 мм. Иллюстрациями являются схемы, зарисовки, чертежи или фотографии. Принимаются фотографии, ксерокопии и фотографические копии; допускается многоцветность оригинала, рас-

крашивание или нанесение ретуши и условных знаков. Под каждым рисунком помещают исчерпывающую подрисовочную надпись (номер, название, условные знаки и т.д.). Перед названием таблицы указывают её номер в правой надтабличной части листа (Таблица 1). Перенос таблицы на следующую страницу сопровождается надписью «Продолжение (окончание) табл. 1», головка таблицы повторяется.

Пояснительная записка подписывается автором и руководителем работы.

В приложения выносят аналитические и фактологические материалы информационно-поясняющего и дополняющего характера, которые не являются необходимой доказательной составляющей текста. Приложения (рисунки или таблицы) нумеруют арабскими цифрами с добавлением перед номером приложения прописной буквы «П» (Рис. П.1, Табл. П.1. и т.д.). Каждую таблицу приложения размещают на отдельной странице, формат таблицы не должен превышать 297×420 мм.

Графическое приложение – единый чертёж, фотография или композиция из нескольких предметов, выполненная на листе (чертёжная бумага, восковка) формата не менее 400×600 мм. Графические приложения объединяют картографические материалы, сводные таблицы, защищаемые генетические и другие схемы, важные иллюстративные крупноформатные материалы и т.д. Из требований по оформлению графических материалов важны следующие:

- необходимо рамочное оформление листов с внутрирамочным размещением материалов. Нумерацию листов выполняют надписью «Приложение 1», которую располагают в правой верхней части надрамочного пространства;

- во внутрирамочном пространстве обязательны к исполнению название (заголовок) материала, легенда (условные знаки и пояснения) и штамп формата 120×60 мм, который помещают в правой нижней части;

- безусловно необходимо указание авторства, год авторского исполнения, а при необходимости – указание ориентировки и масштаба;

- допустимо многоцветное тоновое или штриховое оформление;

– картографическая графика масштаба 1:25 000 и мельче обязательно выполняется в строгом соответствии с существующими инструкциями и требованиями.

Документация крупнее масштаба 1:25 000 не всегда может в силу своей детальности отвечать перечисленным стандартам и правилам. Нужно очень внимательно продумывать условные обозначения и характер графического исполнения. Они должны быть наглядными и, желательнее, если не общими, то приближёнными к общепринятым формам графических материалов. Известные и выявленные, предполагаемые (планируемые) особенности объекта лучше показывать разными знаками или цветами.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература.

Булах А.Г. Формулы минералов. Термодинамический анализ в минералогии и геохимии: Практическое руководство и справочник / А.Г. Булах, В.Г. Кривовичев, А.А. Золотарёв. СПб: Изд-во СПбГУ, 1995. 260 с.

Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых: Учеб. пособие / Санкт.-Петербургский горный ин-т. СПб, 1993. 150 с.

Гинзбург А.И. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ / А.И. Гинзбург, В.И. Кузьмин, Г.А. Сидоренко. М.: Недра, 1981. 239 с.

Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Индивиды / Д.П. Григорьев, А.Г. Жабин. М.: Наука, 1975. 339 с.

Джонс М. Прикладная минералогия. Количественный подход / М. Джонс, П. Мейриг. М.: Недра, 1991. 387 с.

Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979. 275 с.

Изоитко В.М. Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 582 с.

Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд., доп. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.

Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов / Под ред. Г.В.Остроумова. М.: Недра, 1979. 400 с.

Методические указания по производству геолого-разведочных работ на ... (вид сырья) / Мингео СССР. М., 1982-1985.

Методы минералогических исследований: Справочник. / Под ред. А.И. Гинзбурга. М.: Недра, 1985. 480 с.

Основные требования к содержанию и оформлению обязательных геологических карт масштаба 1:50 000 (1:25 000) / В.Д.Вознесенский, Г.Л.Добрецов,

А.М.Марченко и др. Л.: Недра, 1977. 119 с.

Павлова Л.А. и др. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ природных объектов. Новосибирск: Наука, 2000. 224 с.

Плющев Е.В. Методические рекомендации по геолого-геохимическому изучению гидротермально-метасоматических образований при ГСР-50 с общими поисками / Е.В. Плющев, В.В. Шатов, Г.М. Беляев. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 64 с.

Принципы расчленения и картирования гранитоидных интрузий и выделения петролого-металлогенических вариантов гранитоидных серий. // Под ред. Ю.Б. Марина. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 80 с.

Пуцаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. М.: Геоинформмарк, 2000. 292 с.

Рид С. Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. М.: Техносфера, 2008. 232+8 с.

Смоленский В.В. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Учеб. пособие. СПб., 2003. 101 с.

Современные методы исследования минералов, горных пород и руд: Учеб. пособие / Под ред. В.В.Гавриленко. Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1997. 137 с.

Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П.Соловов, А.Я.Архипов, В.А.Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследований: Справочник / Под ред П.Е.Остапенко. М.: Недра, 1990. 263 с.

Типоморфизм минералов: Справочник / Под ред. Л.В.Чернышевой. М.: Недра, 1989. 559 с.

Эшкин В.Ю. Поисковая минералогия и минералогическое картирование: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л.: 1989. 86 с.

Яхонтова Л.К. Минералогия окисленных руд: Справ. Пособие / Л.К. Яхонтова, А.П. Грудев. М.: Недра, 1987. 196 с.

Дополнительная литература.

Бергер М.Г. Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 227 с.

Брандон Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. / Д. Брандон, У. Каплан. М.: Техносфера, 2006. 384 с.

Другов Ю.С. Экологическая аналитическая химия. СПб: Анатолия, 2000. 432 с.

Инструкция по организации и производству геолого-съёмочных работ по составлению государственной геологической карты СССР масштаба 1:50 000 (1:25 000) / ВСЕГЕИ. Л., 1987. 243 с.

Кельнер Р. и др. Аналитическая химия: проблемы и подходы. В 2-х т. М.: Мир, АСТ, 2004. 608 с., 728 с.

Кларк Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхардт. М.: Техносфера, 2007. 376 с.

Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техно-

сфера, 2005. 144 с.

Оптимальный выбор методов изотопно-геохронологических и изотопно-геохимических исследований. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 48 с.

Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям рудных месторождений при проведении геолого-разведочных работ по оценке воздействия на окружающую среду горно-добывающих предприятий / Ю.Е. Сает, Т.Л. Онищенко, Е.П. Янин. М.: ИМГРЭ, 1986. 99 с.

Beran A. and Libowitzky E. (Eds.). Spectroscopic methods in mineralogy. Budapest: Eötvös University Press, 2004. XIV+662 pp.

Приложение

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО СПИСКА

Список использованной литературы и фондовых материалов составляется в алфавитном порядке и нумеруется. Ссылки на эти материалы в тексте обязательны.

Примеры библиографического описания

1. Однотомное издание:

Алексеевко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учебник для геолог. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1989. 304 с. (не более трёх авторов).

Современные физические методы в геохимии: Учебник / В.Ф. Барабанов, Г.Н. Гончаров, М.Л. Зорина и др.; Под ред. В.Ф. Барабанова. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. 391 с. (более трёх авторов).

2. Статья из сериального издания (журнала):

Бакакин В.В., Белов Н.В. Кристаллохимия // Геохимия. 1962. № 5. С.12-14.

Stent G. Glass Bead Game: A Review of Alexander Rosenberg. The Structure of Biological Science // Biology and Philosophy. 1986. Vol.1. P.123-136.

3. Статья из разового издания (сборника статей или тезисов):

Бадалов С.Т. Проблемы изотопной геохимии и минералогии // Современные проблемы минералогии и сопредельных наук: Тез. докл. к VIII съезду Всерос. минерал. о-ва. Санкт-Петербург, 9-14 июня 1992 г. / Минералогическое о-во РАН. СПб, 1992. С.3-4.

4. Статья из энциклопедии.

Цвет минералов // Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1978. С.116.

5. Отчёт о научно-исследовательской работе:

Исследование минерального состава руд: Отчёт о НИР / Санкт-Петербургский горный ин-т. Руководитель В.А. Бродский. СПб, 1997. 223 с.

6. Патентные документы:

А.с. 995404 СССР. Способ управления процессом флотации / Б.М. Волянский, В.Н. Илларионов, В.М. Изойтко и др. (СССР). Опубл. 30.03.83. Бюл. № 12.

Пат. 4094283 США. Multiple connection between administrative and scientific process / W.L.Klinton (США); General electric co (США). Опубл. 12.11.97. НКИ 60-204.

7. Стандарты:

РД 41-02-19-89. Руководящие документы по стандартизации. Отчёт о геологическом изучении недр / Мингео СССР. М., 1989.

ОСТ 41-09-259-85. Введение к отчёту о геологическом изучении недр / ВСЕГЕИ. Л., 1985.

8. Электронные публикации.

Эффект Рамана. // Википедия - свободная интернет-энциклопедия. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%A0%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0. Редакция от 05.04.2008.

Альбитит. // Интернет-портал «Всё о геологии», <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1169818>. Редакция от 05.04.2008.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Тематика курсовых работ.....	6
2. Структура курсовой работы.....	10
3. Методы лабораторных исследований.....	16
4. Оформление курсовой работы.....	31
Рекомендательный библиографический список.....	33
Приложение. Требования к оформлению библиографического списка.....	35