

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФИЦ КНЦ РАН по научной работе,
кандидат биологических наук



 Е.А. Боровичев

15 марта 2022 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ

Образовательная программа высшего образования – программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
научная специальность – **1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых**

Апатиты
2022

ВВЕДЕНИЕ

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ФИЦ КНЦ РАН по научной специальности 1.6.4 Минералогия, Кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Поступающий должен показать знания программного содержания теоретических дисциплин, иметь представление о фундаментальных работах и публикациях периодической печати в избранной области, ориентироваться в проблематике дискуссий и критических взглядов ведущих ученых по затрагиваемым вопросам, уметь логично излагать материал, показать навыки владения исследовательским аппаратом применительно к области специализации и сфере деятельности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СДАЧЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ

Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать:

- глубокие теоретические знания в области избранной научной дисциплины;
- достаточно полное представление об источниках, фундаментальных работах и последних достижениях науки в данной области;
- способность ориентироваться в дискуссионных проблемах избранной отрасли науки;
- способность владением понятийно-исследовательским аппаратом применительно к области специализации;
- умение логично, аргументировано излагать материал.

КРИТЕРИИ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ

Оценка "отлично" ставится, если абитуриент:

- дает исчерпывающий ответ, демонстрирует знание альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет современной нормативной базой, умеет раскрыть роль анализируемого явления в российской и мировой экономике;
- умеет аргументировать свою точку зрения, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- владеет научной терминологией и безошибочно раскрывает содержание используемых терминов, грамотно, литературно, логично излагает материал.

Оценка "хорошо" ставится, если абитуриент:

- дает полный ответ на поставленные вопросы, демонстрирует знание основных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- умеет оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- умеет аргументировать ключевые положения ответа, делать самостоятельные

выводы и рекомендации;

- в целом владеет научной терминологией, но в отдельных случаях не может раскрыть содержание используемых терминов, грамотно, логично излагает материал.

Допускается 1-2 незначительные ошибки, фактические и/или смысловые.

Оценка "удовлетворительно" ставится, если абитуриент:

- дает недостаточно полный ответ, демонстрирует знание отдельных, не всегда наиболее важных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, не имеет системных представлений об отечественном и зарубежном опыте;

- не владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;

- испытывает серьезные затруднения при попытке оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;

- испытывает серьезные затруднения при попытках аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;

- недостаточно владеет научной терминологией и часто испытывает затруднения при определении содержания используемых терминов;

- в целом способен логично изложить материал, однако допускает существенные ошибки с точки зрения логической последовательности.

Допускается не более 3-4 ошибок, фактических и/или смысловых.

Оценка "неудовлетворительно" ставится, если абитуриент:

- дает ответ, который носит фрагментарный характер, не знает альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, имеет поверхностные представления об отечественном и зарубежном опыте;

- не владеет нормативными материалами по анализируемой проблеме;

- не способен оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;

- не в состоянии аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;

- не владеет научной терминологией, не способен определить содержание используемых терминов;

- не может логично изложить материал.

РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЯ

Введение

Настоящая программа базируется на основных разделах дисциплин: «Кристаллография», «Минералогия», «Систематическая минералогия», «Геохимия».

1. Общие вопросы

Предметы минералогии и кристаллографии. Вехи истории развития. Место кристаллографии и минералогии в системе фундаментальных наук и наук о Земле. Задачи и методы минералогии и кристаллографии. Определение понятия «минерал»,

«минеральный вид», «индивид», «разновидность минерала», «минеральный агрегат». Значение минералов, минералогии и кристаллографии в науке и хозяйственной деятельности человека. Разделы минералогии и кристаллографии.

Кристаллография

Разделы кристаллографии: геометрическая кристаллография, кристаллофизика, кристаллохимия. Важнейшие свойства кристаллических веществ. Основные законы кристаллографии. Кристаллографические проекции и их применение в кристаллографии и для решения пространственных геологических задач.

Закон Стенона (закон постоянства граничных углов). Закон Гаюи (закон рациональных отношений). Закон Вейса (закон зон) и его использование при определении символов ребер и граней кристаллов.

Симметрия кристаллов. Элементарная ячейка. Элементы симметрии. Кристаллографические категории сингонии и системы осей координат. Классы симметрии. Общие определения и системы обозначений 32 вида симметрии кристаллов. Разделение кристаллов на сингонии по форме элементарной ячейки и симметрии.

Простые формы кристаллов и их комбинации. Обзор простых форм по сингониям. Понятие «облик» и «габитус» кристалла.

Симметрия структуры кристаллов. Элементы симметрии. Решетки Бравэ. Пространственные (федоровские) группы симметрии, их обозначения. Теория точечных групп симметрии Гесселя-Гадолина, Предельная группа симметрии Кюри-Шафрановского применительно к средам минералообразования.

Морфологические черты кристаллов (удлинённость, уплощённость, изометричность, двойники, особенные сростки и т.д.).

Конституция минералов

Формы нахождения минералов в природе. Конституция минералов. Типы структур и химических соединений. Полиморфизм. История открытия полиморфизма как явления. Классификация полиморфизма, структурные аспекты полиморфизма. Изоморфизм, изоморфные ряды элементов. Типы изоморфных замещений. Соли и коллоиды. Роль воды в минералах. Радиоактивность и метамиктные минералы.

Атомы химических элементов как составные части минералов. Типы связи атомов, валентность, размеры атомов.

Химический состав и формулы минералов. Расчеты формулы минерала.

Обзор мотивов кристаллических структур минералов. Основные типы кристаллических структур. Плотнейшие упаковки (кубическая и гексагональная) частиц в структурах минералов. Координационные числа и координационные многогранники.

Морфология минералов

Морфология минералов. Морфология индивидов. Морфология кристаллов, кристаллические индивиды, сростки. Рост кристаллов. Основные представления о росте кристаллов. Реальные формы роста. Закономерные сростки и двойники. Методы выращивания кристаллов. Габитусные и искаженные формы роста кристаллов. Микрорельеф граней, внутренняя морфология (анатомия) индивидов. Псевдоморфозы и

параморфозы. Двойники, параллельные и эпитактические срастания. Морфология агрегатов.

Морфологические черты кристаллов (удлинённость, уплощённость, изометричность, двойники, особенные ростки и т.д.).

Физические свойства минералов. Оптические свойства минералов. Окраска, люминесценция, блеск. Механические свойства кристаллов. Спайность и отдельность. Упругость и пластичность. Твердость, хрупкость, ковкость, гибкость, плотность. Электрические свойства кристаллов. Магнитные свойства и магнитные структуры кристаллов. Понятие о рентгенографии кристаллов. Радиоактивность.

Связь физических свойств с составом, структурой и условиями образования минералов (типоморфизм).

Генезис минералов

Содержание понятия «генезис минералов». Условия нахождения и образования минералов. Генетические типы минералообразования. Способы образования минералов (свободный рост, метасоматический способ образования и перекристаллизация). Геологические условия образования минералов и соответствующие им физико-химические параметры среды минералообразования. Главные геологические и физико-химические факторы, определяющие распространенность и образование минеральных видов. Эндогенные процессы: магматические, пневматолитовые, пегматитовые и гидротермальные. Экзогенное минералообразование.

Онтогенез минералов (характеристика явлений зарождения, роста, изменения и разрушения минеральных индивидов и их агрегатов). Взаимоотношения минералов. Генерации минералов.

Принципы изучения генезиса минералов. Методы генетической минералогии.

Минеральные ассоциации и парагенезис. Равновесные, неравновесные и «запрещенные» парагенезисы. Типоморфизм минералов. Типоморфные минералы и типоморфные свойства минералов.

Методы диагностики минералов

Методы минералогических исследований минералов. Методика диагностики минералов по визуально определяемым признакам в полевых и лабораторных условиях. Диагностика минералов, исследование химического состава и физических свойств минералов. Современное состояние и новейшие методы изучения твердого тела: методы спектроскопии твердого тела, рентгенофазового, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов, электронной микроскопии высокого разрешения и т.д.

Классификация минералов

Минеральный вид – фундаментальное понятие минералогии. Систематики и классификации минералов. Систематика минеральных видов как химических соединений, основы которой заложены И.Я.Берцелиусом и Дж.Д.Дэна. Современные кристаллохимические классификации минералов, учитывающие два фактора – химический состав и структуру (Х.Штрунц, А.Г.Бетехтин, Е.К.Лазаренко, А.С.Поваренных, А.А.Годовиклв, А.Г.Булах).

Внеклассификационные понятия – разновидности минералов, выделяемые по особенностям состава, структуры, геммологическим достоинствам. Происхождение названий минералов.

Простые вещества

Общая характеристика: распространенность, факторы, определяющие их возникновение, особенности конституции и свойств, практическое значение, классификация. Обзор минеральных видов: особенности состава и проявлений изоморфизма; типы структур, химические связи атомов; зависимость свойств от конституции минералов; формы выделения, типичные агрегаты; онтогенетические особенности; диагностические характеристики. Особенности генезиса. Практическое значение.

Бескислородные природные соединения.

Сернистые соединения и их аналоги.

Общая характеристика минералов: распространенность, факторы, определяющие возникновение, типы кристаллических структур, проявление зависимости конституции и свойств, особенности диагностики, классификация. Обзор минеральных видов: особенности состава и проявлений изоморфизма; типы структур, зависимость свойств от конституции минералов; формы выделения, типичные агрегаты; онтогенетические особенности; диагностические характеристики. Особенности генезиса. Типоморфные особенности. Продукты изменения и разрушения, поведение в процессах выветривания. Практическое значение.

Галогениды

Характеристика минералов: специфика поведения F, Cl, Br, J в процессах минералообразования; причины распространенности фторидов и хлоридов. Особенности конституции минералов, типичные формы индивидов и агрегатов, онтогенетические признаки; главные изоморфные и минеральные примеси; диагностические свойства, генезис, изменения, парагенетические ассоциации и типоморфизм. Практическое использование.

Оксиды и гидроксиды

Общая характеристика минералов: распространенность, факторы, определяющие возникновение, типы кристаллических структур, проявление зависимости конституции и свойств, особенности диагностики, классификация. Обзор минеральных видов: особенности состава и проявлений изоморфизма, минеральные включения; типы структур, зависимость свойств от конституции минералов; формы выделения, типичные агрегаты; онтогенетические особенности; диагностические характеристики. Особенности генезиса. Парагенезисы. Типоморфные особенности. Продукты изменения и разрушения, пара- и псевдоморфозы, поведение в процессах выветривания. Практическое значение.

Карбонаты, сульфаты, бораты

Общая характеристика минералов: распространенность, факторы, определяющие возникновение, анионообразователи, формы радикалов, доминирующие катионы, типы

кристаллических структур, проявление зависимости конституции и свойств, особенности диагностики, классификация. Характеристика классов: типы кристаллических структур, доминирующие катионы, влияние переменной гибридизации бора, формы вхождения в структуры гидроксильной группы, молекул воды и их влияние на конституционные особенности минералов. Обзор минеральных видов: особенности состава и проявлений изоморфизма, типы структур, зависимость свойств от конституции минералов; формы выделения, типичные агрегаты; онтогенические особенности; диагностические характеристики. Особенности генезиса. Парагенезисы. Типоморфные особенности. Продукты изменения и разрушения, псевдоморфозы, поведение в процессах выветривания. Практическое значение.

Силикаты и их аналоги

Силикаты. Общая характеристика: распространенность, кристаллохимия силикатов и история её создания; роль алюминия в структурах; типы кристаллических структур и их разновидности. Систематика. Особенности состава и структур. Подклассы (островные, кольцевые, цепочечные, слоистые силикаты и алюмосиликаты, каркасные алюмосиликаты). Характерные катионы. Характеристика групп минералов разных структурных типов, изоморфных рядов и отдельных минеральных видов: состав, структура, характерные формы минеральных индивидов и агрегатов; диагностические свойства и их связь с конституционными особенностями минералов; особенности генезиса; парагенезисы, продукты изменения, типоморфизм; практическое использование.

Фосфаты, арсенаты, ванадаты, молибдаты, вольфраматы, хроматы

Общая характеристика минералов: распространенность, факторы, определяющие возникновение, анионообразователи, формы радикалов, доминирующие катионы, типы кристаллических структур, проявление зависимости конституции и свойств, причины преимущественного гипергенного образования минералов в связи с особенностями поведения As, V, Mo, Cr и W в высокоокислительной обстановке; особенности диагностики, классификация. Обзор минеральных видов: особенности состава и проявлений изоморфизма, типы структур, зависимость свойств от конституции минералов; формы выделения, типичные агрегаты; онтогенические особенности; диагностические характеристики. Особенности генезиса и факторы, определяющие накопление в высоких концентрациях. Парагенезисы. Типоморфные особенности. Практическое значение.

Генетические и физико-химические условия образования минералов и типичных парагенетических ассоциаций

Важнейшие процессы природного минералообразования (магматический, пегматитовый, пневматолитово-гидротермальный, скарновый, грейзеновый, метаморфический, выветривания, осадконакопления, диагенетический и эпигенетический) – геологические условия развития, характерные физико-химические параметры, соответствующие парагенетические ассоциации. Представление о методе парагенетического анализа и теоретических основах типоморфизма минералов. Роль кристаллографической и минералогической информации в решении задач прикладной минералогии.

Строение атомов и химическая классификация элементов.

Периодическая система элементов Д.И.Менделеева. Квантовые числа. Строение электронных оболочек, порядок их заполнения. Изотопы. Размерность атомов и элементарных частиц, атомные и ионные радиусы. Проблема геохимических классификаций элементов. Понятие об изоморфизме и изоморфном родстве элементов. Понятие о совместимых и несовместимых редких элементах. Закон Генри, закон Нернста. Коэффициенты распределения элементов. Изоморфизм. Классификация Гольдшмидта. Геохимические классификации элементов, отличие от химической классификации Д.И.Менделеева.

Изотопы. Геохронология и изотопная геохимия

Строение атома, изотопы. Механизмы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада. Изотопные системы, используемые в геохронологии. U-Th-Pb (U-Pb) метод. Аналитические методики. Минералы-геохронометры. Основы масс-спектрометрии. Rb-Sr метод определения возраста. Sm-Nd метод определения возраста. Геохимия Pb, Nd и Sr – определение мантийных резервуаров. Lu-Hf, Re-Os, K-Ca методы. Модельные возраста.

Радиоуглеродный метод. Методы, основанные на нарушении радиоактивного равновесия - датирование по промежуточным продуктам распада урана и тория. Трековый метод.

Радиоактивные и стабильные изотопы. Радиогеология и ее проблемы. Радиогеохронология – общий подход, система методов. Общая шкала геологического времени. Возраст элементов, Земли и космических объектов. Радиохронологическая шкала Кольского докембрия как эталона для Балтийского щита; галактический год, периодичность радиохронологических импульсов.

Основы масс-спектрометрии. Способы ионизации (типы масс-спектрометров в зависимости от типа источника ионов). Типы масс-анализаторов. Детекторы (приемники ионов).

Строение и состав Земли.

Два главных закона геохимии и распространенность химических элементов в природе. Основной закон геохимии (закон Гольдшмидта), закон Кларка-Вернадского, распространенность элементов в природе, петрогенные, рассеянные и редкие рассеянные элементы.

Распространенность химических элементов в природе. Правило Оддо-Харкинса и другие закономерности. Космохимические, физико-химические и кристаллохимические основания геохимии.

Типы, состав и возраст метеоритов. Происхождение и строение внутренних и внешних оболочек Земли. Состав земной коры и распространенность в ней атомов-элементов. Состав мантии Земли. Сравнительные сведения о составе планет Солнечной системы. Кларки элементов главных типов горных пород Земли. Понятие региональных кларков.

Геохимия эндогенных процессов

Типы эндогенных процессов. Внешние и внутренние факторы эндогенной миграции элементов. Источники энергии эндогенных процессов.

Общие особенности магматических процессов. Геохимия магматических процессов, причины многообразия природных магм. Геохимические критерии открытых и закрытых магмообразующих систем. Геохимия магмообразования и геодинамические режимы. Геохимические основы классификации магматитов. Различия магм и образованных из них пород. Флюидные режимы магмообразования и их геохимическое значение. Соотношение геохимии, петрохимии и петрогеохимии. Поведение малых, рудогенных и редких элементов в процессах магматического пороодообразования. Магматические формации.

Геохимия метаморфических пород. Геохимия метаморфических процессов. Проблема миграции химических элементов и сохранности признаков первичной природы пород при метаморфизме. Метаморфизм и геодинамические режимы. Геохимические геотермометры и геобарометры применительно к процессам метаморфизма. Метаморфизм и метасоматоз. Типы метаморфизма. Типы метасоматоза, коэффициент привноса-выноса, фильтрационный эффект. Правило равных объемов Линдгрена. Геохимия флюидно-гидротермальных процессов. Природные системы, источники энергии, принципы работы и продукты этих систем в геохимическом аспекте. Возможная рудообразующая роль флюидно-гидротермальных систем. Геохимические критерии и методы распознавания первичной природы метаморфитов.

Геохимия экзогенных процессов.

Геохимия экзогенных процессов. Типы экзогенных процессов – выветривание и осадкообразование. Типы экзогенных образований – коры выветривания, почвы, осадочные породы. Геохимические среды экzogена – атмосфера, гидросфера. Генетические и геохимические типы водных сред. Проблема состава морских и океанских вод.

Типы и состав кор выветривания. Главные особенности геохимии процессов выветривания. Роль климата и биогенных факторов. Устойчивость минералов при выветривании, выветривание минералов и принцип Освальда.

Седиментосфера – осадочная оболочка и ее геохимия. Пороодообразующие системы седиментогенеза. Их энергетика, особенности работы, факторы седиментогенеза. Дистанции транспортировки, осадочная дифференциация. Типы литогенеза по Н.М.Страхову. Стадии литогенеза: накопление, диагенез, прогрессивный и регрессивный эпигенез, переход к метаморфизму. Геохимическая классификация осадочных пород. Геохимия осадочного пороодообразования и геодинамические режимы. Роль биогенеза и органического вещества. Осадочные формации. Возраст и типы жизни, фотосинтез в истории Земли, проблема кислородной атмосферы.

Общие вопросы геохимии рудных месторождений

Эндогенные и экзогенные рудообразующие системы. Роль биогенного фактора. Геохимические аспекты формирования магматогенных, метаморфогенных, флюидно-гидротермальных, связанных с корами выветривания, седиментогенных и сложных по

генезису месторождений полезных ископаемых. Строение гидротермальной системы рудного месторождения, области рудоотложения. Ряды Эммонса.

Геохимические критерии необратимой эволюции процессов магмообразования и формирования plutonic и вулканических комплексов. Признаки роста мощности коры и изменения глубин магмообразования. Реперные комплексы и эволюция геодинамических режимов. Геохимическая эволюция процессов осадконакопления и биогенеза.

Закономерности и формы нахождения рудогенных и сопровождающих химических элементов в рудоносных и безрудных геологических формациях.

Геохимия рудных месторождений. Кларк концентрации (КК), импульс миграции и интенсивность рудообразования.

Некоторые проблемы техногенеза

Ноосфера В.И.Вернадского. Техногенез. Технофильность. Типы техногенных аномалий по размерам и особенностям влияния на человека.

Геохимический мониторинг окружающей среды, геохимические аномалии, их классификация, геохимический мониторинг окружающей среды, геохимические и биогеохимические средства контроля и защиты. Прикладная геохимия.

Прикладная геохимия

Общие свойства атомов-элементов и геохимических процессов, важных для прикладной геохимии.

Современные аналитические методы, используемые при анализе вещества. Особенности применения методов при анализе геологических объектов.

Проблемы источников рудного вещества и особенности формирования ореолов экзогенных МПИ.

Проблемы источников рудного вещества и особенности формирования ореолов эндогенных МПИ.

Химические элементы как индикаторы геологических процессов. Геохимическая зональность.

Литохимические методы поиска МПИ.

Гидрогеохимические, атмосферические и биогеохимические методы поиска МПИ.

Рекомендуемая литература

Основная:

1. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых : учеб. для вузов / В. А. Алексеенко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Логос, 2000. - 354 с.
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие / под науч. Ред. Б.И.Пирогова и Б.Б.Шкурского. М.: Изд-во КДУ, 2008.-736 с.
3. Булах А.Г. Минералогия: учебник. М.: Академия. 2011.
4. Булах А.Г. Общая минералогия. С-Пб.: СПбГУ, 1999. – 356 с.
5. Булах А.Г., Кривовичев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия -4-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 461 с.
6. Булах А.Г., Золотарёв А.А., Кривовичев В.Г. Классификация, формулы и структуры минералов: учебное пособие. С-Пб.: СПбГУ, 2003. – 152 с.
7. Волошин А.В., Субботин В.В. Минералогия и кристаллография (Конституция, кристалломорфология и введение в кристаллохимию минералов): учебное пособие. Мурманск: МГТУ. 2001.
8. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: учебник для вузов. – Изд. 2-е. – М.: КДУ, 2010. – 588 с.
9. Интерпретация геохимических данных». Учебное пособие. Под ред. Склярова Е.В.. М., «Интернет Инжиниринг», 2001.
10. Н.Е.Козлов, А.А.Предовский Введение в геохимию. Мурманск, Изд-во МГТУ, 2006.
11. Перельман А.И. Геохимия: учебник для вузов/ А.И.перельман.- 3-е изд. – Москва: ЛЕНАНД, 2015.-528 с.
12. А.А.Предовский. Процедура геолого-геохимической реконструкции первичной природы регионально- метаморфизованных горных пород. Мурманск, Изд-во МГТУ, 2008. – 28с.
13. Туркина О.М. Лекции по геохимии мантии и континентальной коры. Новосибирск, 2008. – 150 с.
14. Чупрунов Е.В. Кристаллография: учеб. для вузов. - М.: Физматлит, 2000. – 496 с.

Дополнительная:

15. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: учебник для вузов. – М.: Логос, 2000. – 627с.
16. Барабанов В.Ф. Геохимия. Л., Недра, 1985. – 317с.
17. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 543 с.
18. Бетехтин А.Г. Минералогия. М.: Госгеолтехиздат, 1950. – 956 с.
19. Браунлоу Н.Х. Геохимия: Пер с англ. М.: Недра, 1984. - 463с.,
20. Краснова Н.И., Петров Т.Г. Генезис минеральных индивидов и агрегатов. С-Пб.: Невский курьер, 1997. – 228 с.
21. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. – 4-е изд., испр. и доп.- М., «Высшая школа», 1964. – 370 с.