

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева
Сибирского отделения Российской академии наук
(ФЕДУНИМ им. В.С. Соболева СО РАН)



Утверждено Ученым советом ИГМ СО РАН
(Протокол № 12 от 22.08.2022 г.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы
поисков полезных ископаемых
(наименование дисциплины)

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности

1.6.4. – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы
поисков полезных ископаемых
(шифр и наименование специальности)

Новосибирск

2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» разработана на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) , утверждёнными приказом МИНОБРНАУКИ РФ от 20.10.2021 №951; Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденного постановлением правительства РФ от 30 ноября 2021 года №2122; Порядком разработки и утверждения программ аспирантуры ИГМ СО РАН (утв. директором 28.01.2022г.).

Разработчик:

доктор геолого-минералогических наук

В.Д.Страховенко

доктор геолого-минералогических наук

К.А.Кох

Согласовано:

Зам. директора по научной работе, д.г.м.н.

С.З.Смирнов

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» утверждена на заседании Ученого совета ИГМ СО РАН от «22» августа 2022г., протокол № 12

Председатель Ученого совета

чл.-корр. РАН

Н.Н.Крук

Ученый секретарь

А.А.Картозия

1. Цели освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины – дать основы знаний закономерностей распространенности, распределения и поведения химических элементов в природе, сформировать у аспиранта системный подход к геологическому познанию мира, представлениям о единстве и взаимосвязи материи на Земле и в космосе, слагающих ее природных и природно-антропогенных геосистем.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной образовательного компонента программы аспирантуры по научной специальности 1.6.4. – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

3. Результаты освоения дисциплины.

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- знать основы геохимии; основные закономерности распределения и миграции химических элементов в геологических процессах; способы обработки, интерпретации и представления геохимической информации; основы прикладной геохимии; связь прикладной геохимии с другими областями прикладной геологии; сущность геохимических методов при поисках месторождений полезных ископаемых и решении других геологических задач; основные методы эколого-геохимических исследований.

- владеть методами проведения геохимических, минералогических и петрологических работ при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых и для разработки технологий обогащения, переработки и практического применения минерального сырья.

- владеть общими навыками контроля качества первичной геохимической информации; обработки и интерпретации геохимических данных; составления отчетных материалов по результатам геохимических работ, информацией о современных аналитических методах, применяемых в геохимии.

- уметь: применять методы и компьютерные программы обработки геохимической информации; методы организации, проведения геохимических исследований и оценки их эффективности; использовать полученные в результате освоения курса «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» знания при решении задач поисков и разведки месторождений полезных ископаемых геохимическими методами, в том числе с целью комплексирования этих методов; анализировать и интерпретировать полученную информацию; излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования и аргументировано отстаивать свою точку зрения в дискуссии.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	
в том числе:	

консультации	12
лекции	
семинары	
практические занятия	
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	96
Вид контроля по дисциплине: экзамен	

5. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/ п	Название раздела	Объем часов / зачетных единиц					Самостоятельная работа
		Всего ауд. часов	из них				
			консул ьтации	лекции	семина ры	практич. занятия	
	Кристаллография		2				18
	Минералогия		2				18
	Космохимия. Происхождение Земли и распределение химических элементов. Распространенность элементов в планетном веществе, гипотеза об аналогии твёрдого вещества планет и метеоритов.		1				8
	Изотопная геохимия		2				18
	Геохимия процессов: магматического, пегматитового метаморфического, гидратермально- метасоматического, процессов выветривания и седиментации		2				18
	Геохимия Земли, её геосфер. Понятие ноосферы. Геохимия техногенеза		1				16
	Геохимические методы поисков полезных ископаемых		1				16

6. Содержание дисциплины:*(Раздел, тема учебного курса, содержание лекции)*

	Раздел	Содержание
Блок «Минералогия, кристаллография»		
1	Кристаллография	<p>Кристаллографические координатные системы, категории, сингонии. Распределение 32-х кристаллографических классов по 6-ти сингониям и 3-м категориям. Международная символика (символика Германа-Могена) точечных групп симметрии. Понятия «облик» и «габитус» кристалла. Символы граней и ребер кристаллов. Закон Вейса (закон зон) и его использование при определении символов ребер и граней кристаллов. Симметрия и форма реальных кристаллов. Принцип Кюри. Геометрический отбор. Закономерные и незаконмерные сростания кристаллов. Использование микрорельефа граней, фигур травления для уточнения точечной группы кристалла. Типы решеток Браве, их вывод. Понятие "элементарная ячейка". Симметрия решеток Браве. Трансляционные элементы симметрии. Пространственные (федоровские) группы симметрии, их обозначения</p>
	Кристаллохимия	<p>Основные и промежуточные типы химической связи. Потенциальная кривая химической связи. Классификация кристаллических структур по типам химической связи и структурным группировкам. Принципы теории плотнейшей упаковки. Изображение структурных типов с помощью полиэдров. Основные структурные типы. Орбитальные радиусы атомов и ионов. Радиусы ионов в кристаллах. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. Электроотрицательность. Кислотно-основные свойства атомов и ионов. Электронная структура переходных элементов. Расщепление энергии d- и f- уровней в кристаллическом поле различной симметрии. Понятие об энергии предпочтения координации. Основной закон кристаллохимии Гольдшмидта. Критерии устойчивости структурного типа. Правила Полинга для ионных кристаллов. Правила устойчивости структурных типов ковалентных и существенно ковалентных кристаллов. Правило октета. Правило Юм-Розери. Правила Партэ. Структурная гомология. Гомологические ряды. Фазы вычитания и внедрения. Полиморфные переходы первого и второго рода. Структурные аспекты явления полиморфизма. Политипия, Отличие политипии от полиморфизма. Способы описания политипных структур. Изоморфизм и изоструктурность. Изодиморфизм. Классификация изоморфизма. Его соотношение с твердыми растворами. Классические правила изоморфизма Гольдшмидта-Ферсмана. Изоморфизм как функция температуры и давления. Распад изоморфных смесей при понижении температуры и повышении давления.</p>
	Рост и морфология кристаллов	<p>Кристаллообразование в гомогенных средах. Диаграммы состояния систем. Поверхностная энергия. Движущая сила кристаллизации и способы ее выражения. Геометрическая модель образования зародышей. Механизм роста</p>

		<p>совершенных кристаллов. Структура границы раздела фаз. Адсорбционный слой.</p> <p>Нормальный и послойный рост кристаллов. Условия их реализации. Анизотропия скоростей послойного роста грани. Тепло- и массоперенос при кристаллизации. Диффузионные и поверхностные процессы. Кинетический и диффузионный режим кристаллизации.</p> <p>Кристаллохимически обусловленная форма кристалла. Метод ПЦС Хартмана. Скелетные формы. Нитевидные кристаллы. Расщепление кристаллов. Сферолиты. Ортотропизм, Ритмический рост. Геометрический отбор.</p> <p>Равновесное и неравновесное распределение примесей при кристаллизации. Эффективные коэффициенты распределения. Концентрационное переохлаждение. Секториальное и зонарное строение кристаллов. Дислокации как источники слоев роста. Формирование двойников. Дефекты упаковки. Границы блоков. Температурные напряжения. Гетерогенные включения маточной среды и посторонних частиц.</p> <p>Общая характеристика методов искусственного получения кристаллов. Условия управляемой кристаллизации. Критерии выбора и общая классификация методов выращивания кристаллов. Сравнительная морфология минералов и их синтетических аналогов.</p> <p>Общие и отличительные признаки минералов и искусственных кристаллов. Структурные и механические примеси в минералах и их влияние на внешнюю и внутреннюю морфологию. Включения: твердые, жидкие, однофазные, двухфазные, трехфазные и более сложные. "Минералы-узники".</p>
	<p>Свойства кристаллов</p>	<p>Окраска кристаллов. Избирательное поглощение, как причина появления окраски. Интерпретация природы окраски минералов в рамках зонной теории, теории молекулярных орбиталей и теории кристаллического поля.</p> <p>Оптические свойства кристаллов. Природа световых лучей и основные понятия кристаллооптики. Связь поляризуемости атомов со значением показателя преломления.</p> <p>Влияние структурных особенностей на оптические свойства кристаллов.</p> <p>Особенности состава и строения люминесцентных и лазерных кристаллов.</p> <p>Магнитные свойства кристаллов. Магнитный момент электрона и атома. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.</p> <p>Сегнетоэлектрические свойства кристаллов. Поляризация кристаллов. Линейные пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, антисегнетоэлектрики.</p> <p>Симметрия полярных кристаллов. Связь полупроводниковых свойств с кристаллической структурой.</p> <p>Сверхпроводимость.</p> <p>Основные методы исследования структуры и свойств кристаллов; рентгеновская дифракция на порошках и монокристаллах,</p>

		рентгеноспектральные методы определения хим. состава, ИК-, КР-спектроскопия.
2	Минералогия	<p>Принципы современной классификации минералов. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Критерии выделения типов, классов, подклассов и групп минералов. Правило 50% при выделении минеральных видов в изоморфных смесях.</p> <p>Минералогия различных промышленных и генетических типов месторождений благородных, черных, цветных, редких металлов и элементов и неметаллического сырья.</p> <p>Минералогия новых видов полезных ископаемых и минералогическое материаловедение.</p> <p>Минералогическое картирование и минералогические методы поисков и оценки месторождений полезных ископаемых.</p> <p>Технологическая минералогия, минералого-технологическое картирование и обоснование эффективной технологии переработки минерального сырья, утилизации промышленных и других отходов.</p> <p>Минералогия алмазов и камнесамоцветного сырья, минералогическое обеспечение геммологи, экспертная оценка, аппаратная диагностика и сертификация драгоценных и цветных камней.</p> <p>Экологическая минералогия.</p> <p>Биоинералогия.</p> <p>Космическая минералогия.</p>

Блок «Геохимия, геохимические методы полезных ископаемых»

	Космохимия.	<p>Положение Земли во Вселенной, её физические константы. Химические и физические характеристики. Понятие “космической” распространенности, основные закономерности распространенности ядер в зависимости от атомного номера. Происхождение химических элементов: космический нуклеосинтез, реакции горения в недрах звезд, e-, s- r- процессы, взрывной нуклеосинтез. Последовательность конденсации вещества из газового облака. Метеориты, их минеральный и химический состав, классификация метеоритов. Модели строения и состава Земли. Распространенность элементов в планетном веществе, гипотеза об аналогии твердого вещества планет и метеоритов. Основные факторы, определяющие вариации состава планет: расстояние от Солнца, время аккреции, импактные процессы. Данные о планетах земной группы: средняя плотность планет, роль металлических ядер, коры планет. Представление об атмосферах и гидросферах, два типа атмосфер планет.</p>
	Изотопная геохимия	<p>Строение ядер атомов, диаграмма нуклидов. Стабильность ядер и распространенность изотопов; радионуклиды. Радиоактивность и ее виды, закон радиоактивного распада, уравнение определения возраста; геохронологическая шкала. Методы изотопного датирования (K-Ar, Ar-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb, Lu-Hf, Re-Os), особенности и области применения. Модельный возраст, особенности интерпретации модельных возрастов для гранитоидов и осадочных пород. Применение изотопной геохимии Sr, Nd, Hf, в решении задач геологии. Космогенные радионуклиды и их значение для решения геологических задач. Стабильные</p>

		<p>изотопы, причины изотопного фракционирования, основные области применения данных по геохимии стабильных изотопов. Геохимическая классификация элементов. Периодический закон Д.И.Менделеева и классификации элементов. Классификации В.М.Гольшмидта, В.И.Вернадского, А.Е.Ферсмана, А.Н.Заварицкого и их основания. Распределение и факторы миграции элементов в природных системах. Состояние (формы нахождения) элементов в природе. Минералы как продукты природных реакций, ограниченность числа минеральных видов. Рассеяние элементов в природе, формы рассеяния, неструктурные примеси.</p> <p>Понятие о миграции; внутренние и внешние факторы миграции. Основные свойства атомов и ионов и их влияние на распределение и миграцию элементов в природных системах.</p>
	<p>Геохимия процессов:</p>	<p>Геохимия магматического процесса. Понятия о редких когерентных и некогерентных элементах; коэффициенты распределения; различия в составе субстратов, магм и остаточных расплавов. Основные факторы, определяющие редкоэлементный состав магм. Влияние ассимиляции, смешения, ликвации, эманационной дифференциации на редкоэлементный состав магматических пород. Индикаторные отношения изотопов и редких элементов в магматических породах. Геохимия пегматитового процесса. Состав и классификации пегматитов (по А.Е.Ферсману, А.И.Гинзбургу и Г.Г.Родионову, Б.М.Шмакину). Представления о механизмах формирования; магматический и постмагматический этапы пегматитообразования. Редкоэлементный состав пегматитов различных типов; поведение петрогенных, летучих и редких элементов при формировании пегматитов. Геохимия процесса метаморфизма. Главные факторы, определяющие минеральный и химический состав метаморфических пород. Типы метаморфизма, поведение элементов в открытых и закрытых системах. Миграция элементов при региональном и контактовом метаморфизме; инертные и подвижные элементы. Использование геохимических данных для реконструкции протолитов метаморфических пород. Геохимия гидротермального процесса. Основные типы гидротермально-метасоматических процессов, ассоциации элементов, характерные для продуктов кислотного и щелочного метасоматоза. Состав, концентрация, Т и Р гидротерм. Изотопно-геохимические данные об источниках гидротермальных растворов и рудного вещества. Формы миграции металлов в гидротермах; основные факторы отложения рудных минералов, геохимические барьеры. Геохимия процессов выветривания и седиментации. Основные агенты и химические процессы в зоне гипергенеза. Основные реакции при химическом выветривании, продукты выветривания. Дифференциация вещества в процессах выветривания, эрозии, переноса и отложения осадков. Вклад взвешенной, сорбированной и растворенной форм переноса вещества в формирование основных типов осадочных пород. Состав основных типов осадочных пород. Специфика состава глубоководных океанических осадков. Роль органического вещества в концентрации микроэлементов в осадках.</p>

	<p>Геохимия Земли, её геосфер.</p>	<p>Геохимические индикаторы областей сноса терригенных пород.</p> <p>Источники сведений о составе и строении мантии. Минеральный состав мантии и его изменение с глубиной. Химический состав верхней мантии, его отличие от состава хондритов. Представление о примитивной мантии. Особенности состава нижней мантии. Обзор моделей строения мантии. Представления о гетерогенности мантии по данным о геохимии базальтов СОХ и океанических островов. Корреляция изотопного состава Nd, Sr, Pb для океанических базальтов, свинцовый парадокс. Геохимия верхней мантии по данным о составе перидотитов альпинотипных и офиолитовых массивов и глубинных ксенолитов. Особенности редкоземельного состава лерцолитов и гарцбургитов; деплетированный и фертильный типы, модели их образования. Геохимия земной коры. Представления о строении земной коры по вертикали; типы земной коры. Распространенность элементов в земной коре, методы оценки. Современные модели состава осадочной оболочки, верхней и нижней континентальной коры и земной коры в целом (модели Ронова-Ярошевского, Тейлора-Мак-Леннана, Уивера-Тарни, Ведеполя, Рудник-Фаунтейна). Особенности состава континентальной коры в целом, механизмы и скорости роста континентальной коры. Геохимия атмосферы. Строение и химический состав атмосферы. Происхождение атмосферы: «избыток летучих», дегазация мантии. Данные о распространенности инертных газов в атмосфере и мантии. Эволюция состава атмосферы в позднем докембрии и фанерозое. Геохимия гидросферы. Масса и состав гидросферы. Состав океанической воды. Главные и рассеянные элементы в морской воде, формы их нахождения. Распределение элементов в океанической воде: консервативные элементы, растворенные газы, нутриенты, элементы, реагирующие с частицами. Взаимодействие океанической воды с породами дна. Источники растворенного вещества в морской воде: речной сток, гидротермальные потоки, атмосфера. Осаждение вещества в океане: биогенное поглощение, реакции с глинистыми частицами, осаждение гидроокислами и окислами, осаждение эвапоритовых солей. Материковые воды, источники минерализации, особенности состава вод рек и озер, подземных вод. Классификация природных вод по А.И. Перельмана, классификационные параметры: температура, окислительно восстановительные и кислотно-щелочные условия, минерализация, растворимые органические вещества, ионный состав. Геохимия биосферы. Определение биосферы. Количество и химический состав живого вещества, ассоциации элементов живого вещества. Накопления организмами элементов и изотопов. Роль органического вещества в геохимической миграции элементов. Определения ноосферы и техногенеза по А.Е. Ферсману и А.И. Перельману. Зависимость размера добычи металла от кларка. Характеристика процессов техногенной миграции. Технофильность элемента. Добыча и последующее рассеяние металла при переработке руд. Оптимизация техногенеза. Типы техногенных аномалий: - глобальные и локальные.</p>
--	------------------------------------	---

	<p>Методы геохимии</p>	<p>в</p> <p>Методы проведения полевых исследований. Репрезентативность отбора проб. Хранение, транспортировка и подготовка проб к анализу. Методы аналитических исследований в прикладной геохимии. Определение содержаний элементов и форм их нахождения в геологических объектах. Химический и физико-химический методы анализа. Эмиссионная спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ, рентгеноспектральный метод, масс-спектрометрические и нейтронно-активационный методы. Возможности и ограничения методов. Математическая обработка геохимических данных и составление геохимических карт. Оценки параметров по выборкам геохимических данных. Численные оценки качества анализа проб. Определение фоновых содержаний и выявление аномалий. Представление о геохимических методах поисков: их основания и задачи. Объекты, изучаемые при прогнозировании и поисках месторождений твердых полезных ископаемых. Задачи, решаемые методами прогнозно-поисковой геохимии на различных стадиях геологоразведочного процесса. Геохимические индикаторы, поисковые критерии и признаки. Классификация геохимических методов поисков полезных ископаемых. Общая последовательность поисково-геохимических работ.</p>
--	------------------------	---

7. Виды самостоятельной работы

Самостоятельная работа с массивами геохимических данных. Изучение стандартных методик проба отбора и подготовки геохимических проб к аналитическому исследованию. Анализ полученных геохимических данных, содержания геохимических карт России и мира, сопряженный анализ карт полезных ископаемых.

Освоение методик подготовки образцов для исследования методами оптической, КР-, ИК- спектроскопии, микрозонда, рентгенофазового и термического анализов. Обработка и статистический анализ результатов анализов.

Самостоятельное изучение теоретического материала. Изучение литературных источников по разделам дисциплины, в соответствии со списком рекомендованной литературы.

Подготовка к кандидатскому экзамену

8. Литература

– Основная литература

Туркина О.М. Лекции по геохимии мантии и континентальной коры. Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2008, 149 с

Интерпретация геохимических данных. Учебное пособие. Е.В. Склиаров (ред). М:Интермет Инжиниринг, 2001, 287 с.

Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990, 180 стр.

Основные понятия минералогии и процессы минералообразования: учеб. пособие / Смирнов С.З., Н.А.Кулик, Ю.Д.Литасов, А.В.Вишневский, Страховенко В.Д.; Новосиб. гос. Ун-т. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2015. – 167с.

Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие / А.Г. Бетехтин; под ред. Б.И. Пирогова, Б.Б. Шкурского.– М.: Изд-во КДУ, 2008.– 736 с.

Мировой океан. Том 2. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер земли - М.: Научный мир, 2014. - 576 с.

Бокий Г. Б. Кристаллохимия. Уч. изд. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1971. - 400 с

Булах А. Г. Минералогия с основами кристаллографии. М., Недра, Москва, 1989 г., 351 с

Годовиков А. А. Минералогия. М., Недра, 1983г. - 647с

Пушаровский Д. Ю. Структура и свойства кристаллов. М., Изд-во МГУ, 1982. - 106 с

Бородаев Ю. С., Еремин Н. И., Мельников Ф. П., Старостин В. И. Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород. М., Изд-во МГУ, 1988. - 296 с

Дриц В. А. Структурные исследования минералов методами микродифракции и электронной микроскопии высокого разрешения. М., : Наука, 1981. 264 с

Воробьев Ю. К. Закономерности роста и эволюции кристаллов минералов. М., Наука. 1990, 184 с

– **Справочная литература**

Алексеев В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Логос, 2005. 354 с.

БРАУНЛОУ А.Х. Геохимия. М.: Недра, 1984, 460 стр.

МЕЙСОН Б. Основы геохимии. М.: Недра, 1971, 307 стр.

Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция. М: Мир, 1988, 380 с

Титаева Н.А. Ядерная геохимия. М.: Изд-во МГУ, 2000, 336с.

Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.Е., Прохоров В.Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990, 477 стр.

ИВАНОВ В.В. Экологическая геохимия элементов. Справочник. В 6-ти книгах. М.: Недра, 1994-1997.

Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. Ред. А.П.СОЛОВОВ. М.: Недра, 1990, 331 стр.

Городец Б. С., Рогожин А. А. Спектры люминесценции минералов. М., ВИМС, Справочник. 2001. 316 с

Семенов Е. И. Минералогический справочник. М., ГЕОС, 2002. 214 с.

Типоморфизм минералов. Справочник. Под ред. Л. В. Чернышевой. М., Недра, 1989. - 559

– **Дополнительная литература**

БЕЛОУСОВ В.В. Очерки геохимии природных газов. Л.: Химтеоретиздат, 1937, 143 стр.

БЕУС А.А. Геохимия литоферы. 2-е изд. М.: Недра, 1981, 334 стр.

ПЕРЕЛЬМАН А.И. Геохимия. 2-е изд. М.: Высшая школа, 1989, 420 стр.

Сауков А.А. Геохимия. – М.: Наука, 1975. – 480 с.

Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 2. – 274 с.

Чахмахчев В.А. Геохимия процесса миграции углеводородных систем. – М.: Недра, 1983. – 231 с.

ВИНОГРАДОВ А.П. Биогеохимические провинции. В книге: А.П.Виноградов. Избранные труды. Геохимия изотопов и проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1993, стр.145-166.

ГАРРЕЛС Р., МАККЕНЗИ Ф. Эволюция осадочных пород. М.: Мир, 1974, 271 стр.

ГОЛЬДШМИДТ В.М. Геохимические законы распределения и частота элементов в космосе. В книге: Основные идеи геохимии, вып.1. Ред.А.Е.Ферсман. Л.: Госхимтехиздат, Ленингр.отд., 1933, стр.250-276.

ГОЛЬДШМИДТ В.М. Основы количественной геохимии. Успехи химии, 1934, т.III, вып.3, стр.448-483.

КРАЙНОВ С.Р., ШВЕЦ В.М. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1992, 458 стр.

ЛИСИЦЫН А.П. *Осадкообразование в океанах*. М.: Наука, 1974, 440 стр.

ПОЛДЕРВААРТ А. Химия земной коры. В книге: *Земная кора*. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957, стр.130-157.

РОНОВ А.Б. Стратисфера или осадочная оболочка Земли (количественное исследование). М.: Наука, 1993, 143 стр.

РОНОВ А.Б., ЯРОШЕВСКИЙ А.А., МИГДИСОВ А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М.: Наука, 1990, 180 стр.

РЯБЧИКОВ И.Д. РЯБЧИКОВ И.Д. Геохимическая эволюция мантии Земли. М.: Наука, 1988, 36 стр.

САФРОНОВ Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Л.: Недра, 1971, 216 стр.

СТРАХОВ Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963, 530 стр.

СТРАХОВ Н.М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976, 293 стр.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины ИГМ СО РАН располагает необходимыми помещениями для проведения лекционных, семинарских и практических занятий. Имеются библиотечные и Интернет ресурсы для самостоятельной работы.

Электронная библиотека аспиранта

<https://www.igm.nsc.ru/index.php/obrazov/aspirantura2/library>

