

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Геологический факультет

Утверждена
Методическим советом
Геологического факультета МГУ
"__" _____ 2014 г.

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру
для научной специальности 25.00.09
“Геохимия,
геохимические методы поисков полезных ископаемых”

Составил: проф. Д.В.Гричук

Москва 2014

1. Предмет и методы геохимии. История геохимии.

Определение геохимии. Объект геохимии. Взаимоотношение геохимии с другими науками. Методы геохимических исследований. Возникновение геохимии. Работы Ф.У.Кларка, В.И.Вернадского, В.М.Гольдшмидта.

2. Распространенность элементов в природе.

Состав Солнечной системы. Определение понятия “распространенность элементов (кларк)“. “Космическая“ распространенность элементов, ее основные закономерности. Нуклеосинтез, основные типы ядерных реакций. Химический состав метеоритов. Основополагающая гипотеза об аналогии химического состава твердого вещества планет и состава метеоритов.

Строение Земли. Составы оболочек Земли (ядро, мантия, кора). Полиморфизм и состояние вещества в глубинных сферах Земли. Дифференциация мантии, принцип частичного плавления, гипотеза зонной плавки А.П.Виноградова. Земная кора, как продукт дифференциации мантии. Происхождение атмосферы и гидросферы Земли за счет дегазации мантии. Источники энергии геологических процессов.

Геохимическая классификация элементов В.М.Гольдшмидта. Эмпирическая основа классификации, физико-химические и геохимические принципы интерпретации.

Геохимия земной коры. Распространенность элементов в земной коре. Методы оценки среднего химического состава земной коры. Оценки распространенности элементов в земной коре (по А.Б.Ронову и А.А.Ярошевскому).

3. Физическая геохимия.

Миграция элементов, понятие о формах миграции. Закон рассеяния В.И.Вернадского. Внутренние и внешние факторы миграции.

Термодинамика природных процессов. Определения понятий (система, фаза, набор независимых компонентов, число степеней свободы). Равновесное состояние химической системы. Направленность природных химических реакций; критерий минимума свободной энергии. Правило фаз Гиббса, применение для решения геохимических задач. Открытые системы, термодинамика систем с вполне подвижными компонентами.

Диаграммы состояния конденсированных систем.

Уравнение смещенного равновесия и вытекающие из него законы (закон действующих масс и др.). Распределение химических элементов между фазами в условиях равновесия. Понятие коэффициента распределения, представление о геотермометрах и геобарометрах.

Термодинамика водных растворов. Формы нахождения элементов в растворах, активности и концентрации компонентов. Уравнение Дебая-Хюккеля. Комплексообразование в растворах, влияние на растворимость минералов.

Изоморфизм. Ряды изоморфизма Вернадского. Гетеровалентный изоморфизм и диагональные ряды Ферсмана. Изоморфизм как фактор, определяющий закономерности распределения микроэлементов. Практические следствия изоморфизма для комплексного использования полезных ископаемых. Экологические последствия изоморфного вхождения токсичных микроэлементов в горнорудное сырье.

Геохимия стабильных изотопов. Изотопные стандарты. Вариации изотопного состава, фракционирование изотопов. Равновесные и кинетические изотопные эффек-

ты. Использование изотопных данных в геохимических исследованиях (индикаторы источника вещества, геотермометры).

Изотопная геохронология. Радиоактивные и радиогенные изотопы. Типы радиоактивности. Закон радиоактивного распада, основные уравнения изотопной геохронологии. Основные методы изотопной геохронологии.

4. Геохимия геологических процессов.

Геохимия магматических процессов. Проблема источников магм (мантийные и коровые). Общие закономерности изменения распространенности элементов в зависимости от содержания кремнезема. Относительная распространенность различных типов магматических пород.

Физико-химические закономерности кристаллизационной дифференциации, поведение элементов-примесей в этом процессе. Ликвация и ее роль в судьбе халькофильных элементов.

Геохимия ультраосновных пород, базальтов, щелочных пород; геохимические признаки их глубинного (мантийного) происхождения. Граниты, их химический и изотопный состав, проблема формирования гранитного вещества в земной коре.

Главные типы магматических рудных месторождений.

Геохимия гидротермально-метасоматических процессов. Термодинамические условия процесса. Источники вещества гидротермального процесса, геохимические критерии их выявления. Формы переноса элементов в гидротермальных растворах. Факторы отложения и концентрирования рудных элементов. Гидротермально-метасоматические процессы; теория метасоматической зональности Д.С.Коржинского. Главные типы гидротермальных рудных месторождений.

Геохимия процессов выветривания и осадкообразования. Факторы экзогенных процессов, процессы выветривания, почвообразование и его геохимическая роль. Относительная распространенность литологических типов осадочных пород.

Геохимическая классификация осадочных образований В.М.Гольдшмидта.

Факторы и механизмы дифференциации вещества в осадочном процессе. Типы литогенеза по Н.М.Страхову. Зональность осадочных образований в океане (циркумконтинентальная, климатическая, вертикальная). Роль биогеохимических факторов в осадкообразовании. Типы осадочных рудных месторождений.

Диагенез: источники энергии, преобразование минерального состава осадков.

Эволюция процессов осадкообразования в истории Земли.

Геохимия атмосферы. Химический состав воздуха, происхождение его компонентов, эволюция атмосферы в истории Земли. Антропогенное изменение состава атмосферы.

Геохимия гидросферы. Строение гидросферы, ее масса, роль океана. Состав воды океана. Постоянство макросостава морской воды в пространстве. Вертикальная неоднородность распределения микроэлементов в морской воде, роль биогеохимических процессов.

Галогенез, его геохимические закономерности.

Формирование химического состава вод суши. Химический состав речных вод, климатическая зональность. Химический состав подземных вод, формирующие его процессы. Геохимические индикаторы генезиса вод.

Представления о происхождении гидросферы и эволюция ее состава в геологической истории.

Геохимия биосферы. Определения понятий “биосфера” и “живое вещество”. Геохимические функции живого вещества: энергетическая, концентрационная, конст-

рукционная, кинетическая, средообразующая, транспортная. и др. Основной биогеохимический цикл: фотосинтез - дыхание; принципиальное значение его неполной замкнутости.

Возраст жизни. Деятельность живого вещества как фактор эволюции поверхностных оболочек Земли.

Связь живого организма с химическим составом среды; понятие эндемии, причины эндемических заболеваний. Биогеохимические провинции, факторы их формирования, значение для хозяйственной деятельности человека.

Круговорот химических элементов в земной коре, геохимические циклы.

Понятие геохимического цикла, его структура; резервуарная модель геохимического цикла. Понятие времени пребывания элемента, оценка интенсивности кругооборота вещества. Взаимосвязь эволюции земной коры, гидросферы, атмосферы и биосферы.

5. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.

Общие принципы геохимических методов поисков. Понятия о геохимическом поле, местном геохимическом фоне, “явных” и слабых геохимических аномалиях. Месторождение полезного ископаемого как частный случай геохимической аномалии. Десятичная классификация месторождений полезных ископаемых по запасам, соотношение между численностью месторождений различных классов крупности. Принцип геометрического и геохимического подобия генетически однотипных объектов различных классов крупности. Первичный ореол месторождения. Гипергенное поле рассеяния; вторичные ореолы и потоки рассеяния полезных ископаемых в геосферах.

Параметры геохимического поля, понятие о параметрических и непараметрических геохимических показателях. Показатель площадной продуктивности геохимической аномалии, его независимость от масштаба съемки. Зависимость между кларками элементов в литосфере и промышленными запасами в месторождениях одинаковой крупности.

Классификация ландшафтов на основе биоклиматической зональности. Коэффициенты водной миграции и талассофильности элементов, элементы с контрастной миграционной характеристикой. Типы геохимических барьеров и их роль в образовании геохимических аномалий.

Литохимические методы поисков. Потоки рассеяния рудных месторождений. Ежегодный слой денудации; идеальный поток рассеяния в русле 1-го порядка. Продуктивность потока рассеяния; зависимость содержаний и продуктивности потока рассеяния от положения рудного объекта в бассейне водосбора; коэффициент пропорциональности. Динамика формирования потока рассеяния, влияние на состав аллювия материала ближайших склонов. “Кажущаяся” продуктивность потока рассеяния и оценка его истинной продуктивности.

Вторичные ореолы рассеяния. Классификация вторичных ореолов рассеяния по фазе, генезису и признаку доступности для обнаружения. Взаимоотношения между идеальным и реальными ореолами, коэффициент остаточной продуктивности и его зависимость от местных ландшафтно-геохимических условий. Оценка прогнозных ресурсов рудных объектов по категориям P_2 и P_1 . Солевой ореол рассеяния сульфидного месторождения. Наложённые геохимические ореолы рассеяния; испарительная, сорбционная и биогенная аккумуляция рудных элементов у поверхности.

Первичные ореолы рудных месторождений. Поиски слепых рудных тел по первичным ореолам на флангах и глубоких горизонтах разведываемых и эксплуатируемых месторождений. Ряды зонального отложения элементов типоморфного комплекса и методы их выявления. Генетически однотипные месторождения различной крупности как

геометрические и геохимические фигуры подобия. Соотношения между полными запасами, учет уровня эрозионного среза и доли забалансовых руд.

Гидрохимические, атмосферические и биогеохимические методы поисков. Гидрохимические поиски рудных месторождений по катионам металлов и по сульфатиону путем опробования поверхностных водных потоков. Образование газовых ореолов рассеяния путем эффузии и диффузии газов через горные породы. Типы и виды газовых съемок: гелиевая, газо-ртутные съемки. Биогеохимический и геоботанический методы поисков. Коэффициент биогенного поглощения элементов, биогеохимические барьеры. Области эффективного применения биогеохимического метода поисков.

6. Экологическая геохимия.

Понятие “техногенез”, технофильность химических элементов.

Техногенные геохимические аномалии в горнорудных районах. Рудные месторождения как источники загрязнения окружающей среды. Воздействие на окружающую среду при промышленной обработке месторождений: выбросы в атмосферу, накопление в хвостах, потери при транспортировке, промышленные стоки. Формы нахождения химических элементов и техногенная геохимическая миграция. Природоохранные мероприятия.

Загрязнение урбанизированных территорий. Виды и основные источники загрязнений окружающей среды в городах: промышленные, коммунальные и бытовые отходы. Аэрогенные аномалии, выпадение твердых осадков на поверхность, жидкие стоки. Пути уменьшения воздействия от выбросов и очистка стоков.

Загрязнение сельскохозяйственных территорий. Агрогенное и техногенное воздействие на сельскохозяйственные территории. Агротехническая обработка, мелиорация, загрязнение при использовании минеральных удобрений и пестицидов.

Радионуклиды в биосфере. Физические основы радиоактивности. Гигиенические аспекты воздействия радиоактивности на организм человека; понятия дозы, ПДК, природного фона. Естественные радионуклиды. Первичные радионуклиды и природные ряды распада, их геохимические особенности в биосфере. Основные источники загрязнения биосферы естественными радионуклидами. Искусственные радионуклиды, основные источники поступления в биосферу.

Методика эколого-геохимических исследований и аналитическое обеспечение работ. Виды и масштабы эколого-геохимических съемок. Связь между источниками загрязнений, средой опробования и масштабом съемок. Опробование почв, поверхностных и подземных вод, снега. Геохимический мониторинг окружающей среды. Многоцелевое геохимическое картирование.

Показатели, используемые при оценке загрязнения компонентов окружающей среды. Токсичность и классы опасности химических элементов. Предельно допустимые концентрации химических элементов (ПДК); ориентировочно допустимые концентрации химических элементов и ориентировочно безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ.

Количественные геохимические показатели, используемые при оценке компонентов окружающей среды: среднеаномальные содержания, кларк концентрации, площадь загрязнения, количество металла в загрязняющем слое. Суммарный показатель загрязнения, уровни загрязнения компонентов окружающей среды.

7. Геохимия отдельных элементов.

Характеристика геохимических свойств элемента (группы элементов) и поведения в природе идет по схеме:

Основные химические свойства элемента. Кристаллохимические свойства и проявляющийся в природе изоморфизм. Главные собственные минералы, породообразующие минералы - носители. Распространенность в метеоритах, земной коре и главных типах пород. Изотопы элемента, использование в геохимии.

Поведение в магматическом процессе, причины концентрирования, месторождения магматического генезиса. Гидротермальные процессы, формы переноса в растворе, главные типы месторождений. Осадочный процесс, поведение при выветривании, формы миграции в природных водах, осадочные месторождения.

Характерные ассоциации с другими элементами в природных процессах, причины геохимической дифференциации тесно связанных элементов, возможность использования отношений элементов для интерпретации природных процессов.

Роль в биосфере. Биогеохимические провинции рассматриваемого элемента, их природа, эндемические заболевания, связанные с избытком и недостатком элемента.

Наиболее важные источники загрязнения окружающей среды. Токсичность при локальном загрязнении, возможные меры предотвращения.

Геохимические группы элементов:

Щелочные элементы (Li, Na, K, Rb, Cs); щелочноземельные элементы (Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) и бериллий; галогены (F, Cl, Br, I); сера и ее аналоги (Se, Te); главные элементы биосферы - O, H, N, P, C, Si, B, Al; элементы группы железа (Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni); Sc, Y и редкоземельные элементы; тяжелые литофильные элементы (Zr, Hf, Nb, Ta); тяжелые халькофильные элементы (Cu-Ag-Au, Zn-Cd-Hg, Ga-In-Tl, Ge-Sn-Pb, As-Sb-Bi); W-Mo-Re; платиноиды (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt); U, Th и трансурановые элементы (Np, Pu, Am); благородные газы (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn).

ЛИТЕРАТУРА:

Основная:

- Перельман А.И. Геохимия. 2-е изд. М., Высшая школа, 1989, 528 с.
Браунлоу А.Х. Геохимия, М., Недра, 1984, 464 с.
Хендерсон П. Неорганическая геохимия. М., Мир, 1985.
Ярошевский А.А. Проблемы современной геохимии. Новосибирск, Новосиб. Гос. Ун-т, 2004, 194 с.

Дополнительная:

- Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М., Логос, 2000, 627 с.
Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов. М., Изд-во Московского ун-та, 1992, 256 с.
Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. 2-е изд. М., Наука, 1987, 340 с.
Виноградов А.П. Избранные труды. Проблемы геохимии и космохимии. М., Наука, 1988, 336 с.
Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М., Мир, 1968, 368 с.
Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М., «Академия», 2003, 400 с.
Драйвер Дж. Геохимия природных вод. М., Мир, 1985, 440 с.
Жариков В.А. Основы физической геохимии. М., МГУ. 2005. 654 с.
Зверев В.П. Вода в Земле. М., Научный мир, 2009, 252 с.
Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. Книги 1 - 6. М., Недра, 1994-1997.

- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., Мир, 1989. 376 с.
- Ковальский В.В. Геохимическая экология. М., Наука, 1974, 299 с.
- Коржинский Д.С. Теория метасоматической зональности. М., Наука, 1969, 111 с.
- Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические прикладные и экологические аспекты. М., Наука, 2004, 677 с.
- Матвеев А.А., Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., КДУ, 2011, 564 с.
- Наумов Г.Б. Геохимия биосферы. М., «Академия», 2010, 379 с.
- Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А. Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. М., Наука, 1990, 182 с.
- Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., и др. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 1990, 335 с.
- Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. Под ред. А.П.Соловова. М., Недра, 1990, 335 с.
- Титаева Н.А. Ядерная геохимия. 2-е изд. М., Изд-во Моск. Ун-та, 2000, 336 с.
- Фор Г. Основы изотопной геологии. М., Мир, 1989, 589 стр.
- Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса. М., ГЕОС, 2006, 608 с.
- Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. М., Недра, 1998, 366 с.