



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДИСЦИПЛИН
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
«ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА РУД РЕДКИХ И
РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»**

1. СДМ.Р.1 МИНЕРАЛОГИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
2. СДМ.Р.2 ГЕОХИМИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
3. СДМ.Р.3 ПРОМЫШЛЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ. МЕТАЛЛОГЕНИЯ
4. СДМ.Р.4 РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОХИМИЯ
5. СДМ.В.1.1 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ РУД
6. СДМ.В.2.2 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РАЗВЕДКЕ И РАЗРАБОТКЕ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
7. СДМ.Р.5 РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИИ
8. СДМ.Р.6 РАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ПОИСКОВ И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
9. СДМ.Р.7 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ
10. СДМ.Р.8 ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ УРАНОВЫХ РУД
11. СДМ.Р.9 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЯДЕРНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ
12. СДМ.В.2.1 ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА БУРЕНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН
13. СДМ.Р.10 ГИДРОДИНАМИКА ФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
14. СДМ.Р.11 ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

ТОМСК 2009

Минералогия радиоактивных элементов **1**



СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Вводная часть
3. Принципы классификации урановых минералов
4. Особенности физических и физико-химических свойств урановых минералов
5. Методы определения урановых минералов
6. Минералогия урана. Класс I. Гипогенные минералы. Минералы U^{4+} .
7. Класс II. Гипергенные минералы. Минералы U^{6+}
8. Класс III. Урансодержащие минералы
9. Условия образования первичных и вторичных урановых минералов
10. Минералогия тория. Класс I. Собственные ториевые минералы. Класс II. Торий-содержащие минералы
11. Минералогия редких и редкоземельных элементов
12. Минералы и минеральные ассоциации промышленных типов месторождений редких и редкоземельных элементов

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- классифицировать минералы радиоактивных элементов;
- определять:
 - диагностические свойства минералов;
 - условия образования;
 - минеральные ассоциации;
 - технологические свойства.

Минералогия радиоактивных элементов 1

1. Введение

Исключительно важное значение уран приобрел в последние годы в связи с проблемой ядерной энергетики. В настоящее время очевидно, что наиболее экономичный способ обеспечения энергией районов, удаленных от месторождений угля, нефти и природного газа – создание крупных атомных электростанций. При обсуждении перспектив ядерной энергетики важным является вопрос: на какие ресурсы ядерного горючего следует ориентироваться? В качестве реально возможных источников ядерного топлива следует признать уран, торий и получаемый в реакторах трансурановый элемент плутоний. Основным фактором, обеспечивающим высокую рентабельность АЭС, является колоссальная энергетическая емкость урана. Предельная ее величина, отвечающая выходу энергии при ядерном взрыве, показывает эквивалентность 1 кг урана 3000 т высококачественного угля. В процессе управляемых реакций в реакторах АЭС сгорание 1 кг урана эквивалентно сгоранию 10 т угля. Однако это далеко не предел. При использовании продуктов ядерных превращений, в частности плутония-239, эквивалент 1 кг урана возрастает до 100 т угля; практически доказана возможность довести его до 1000 т.

Роль урана, а в перспективе и тория как важнейших видов энергетического сырья в связи с развитием ядерной энергетике неуклонно возрастает. В поисках ресурсов ядерного топлива за последнюю треть века во всем мире проведены колоссальные по масштабам геологические исследования. Выявлены и освоены перспективные типы месторождений урана и тория. Интерес к поискам новых месторождений не ослабевает.

Начало детальных исследований минералогии урана связаны с именами О.В. Шубниковой, А.Г. Бетехтина, М.Ф. Стрелкина, В.Г. Мелкова и др.

В 1957 году опубликовано справочное пособие И.В. Соболевой и И.А. Пудовкиной «Минералы урана»; в 1951 году на русском языке изданы «Система минералогии» К. Фронделя и др., в 1962 году «Минералогия и

геология радиоактивного минерального сырья» Э. Хейнриха. В настоящее время благодаря исследованиям Ю.М. Дымкова, Б.В. Бродина, Г.А. Сидоренко, Т.А. Гриценко, Л.Н. Беловой и других минералогия урана разработана достаточно детально.

Урановые и ториевые минералы характеризуются сложным и переменным химическим составом, что обуславливает изменчивость их физических свойств. Многие из этих минералов имеют сходные внешние признаки и оптические свойства, метамиктны и рентгеноаморфны, легко подвергаются преобразованиям под воздействием наложенных процессов (метастабильны), находятся в тонких сростаниях с другими минералами. Оценка внешних свойств и признаков, даже дополненная оптической характеристикой, для отдельных минералов может оказаться недостаточной. В таких случаях диагностика и характеристика минералов проводятся на основе комплекса современных методов анализа.

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов в области урановой геологии с углубленным знанием минералогии радиоактивных элементов и освоением методов диагностики минералов.

Для достижения поставленной цели магистранту необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить общие принципы классификации минералов;
- уметь систематизировать урановые минералы по их характерным особенностям на классы, подклассы и группы с общей характеристикой этих подразделений;

Минералогия радиоактивных элементов 1

- научиться правильно определять свойства минералов;
- усвоить основные диагностические признаки минералов и методы их диагностики;
- научиться правильно составлять схему последовательности диагностики минералов;
- уметь выделять парагенетические минеральные ассоциации по условиям образования конкретных минералов, оценивать поисковую и промышленную значимость соответствующих ассоциаций с анализом типов руд и принадлежность их к генетической классификации месторождений.

Перечень дисциплин и разделы, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины.

Ф и з и к а. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Естественная радиоактивность.

О б щ а я х и м и я. Основы качественного химического анализа.

Г е о ф и з и к а. Методы определения радиоактивности, природа радиоактивности, продукты распада рядов урана и тория, радиоактивное равновесие.

К р и с т а л л о г р а ф и я. Сингония, габитус и физические свойства кристаллов.

М и н е р а л о г и я и г е о х и м и я. Понятие о минерале. Парагенезис минералов. Изоморфизм. Миграция химических элементов. Геохимия процессов минерогенезиса.

П е т р о г р а ф и я и п е т р о л о г и я. Элементы кристаллооптики. Свойства минералов в проходящем свете.

Л и т о л о г и я. Иммерсионный метод.

Г е о л о г и я п о л е з н ы х и с к о п а е м ы х. Процессы образования месторождений полезных ископаемых. Вторичные процессы в рудных месторождениях.

В преподавании курса минералогии радиоактивных элементов сохраняются идеи и традиции научной школы в области минералогии, заложенных Н.И. Кокшаровым, П.В. Еремеевым, А.Е. Ферсманом, А.Г. Бетехтиным и многими другими.

Изучение дисциплины предполагает знания в области физики, химии, кристаллографии, минералогии и геологии полезных ископаемых.

Учебный процесс по дисциплине ориентирован на обучение студентов способности логически мыслить и умению правильно выбрать методы диагностики минералов.

2. Вводная часть

Цель и задачи курса. Общие сведения о минералогии руд редких и радиоактивных металлов. Распространенность минералов и их

3. Принципы классификации урановых минералов

Классификации Р.В. Соболевой, В.Г. Мелкова. Общие и отличительные черты. Кристаллохимическая классификация А.С. Поверенных (1975), Г.А. Сидоренко (1978). Обобщенная классификация минералов: Класс I. Гипогенные минералы. Минералы U^{4+} . П/класс 1. Простые окислы. П/класс 2. Сложные окислы U и Mo. П/класс 3. Сложные окислы U и Ti. П/класс 4. Силикаты. П/класс 5. Фосфаты. Класс II. Гипергенные минералы. Минералы U^{6+} . П/класс 1. Гидроокислы. П/класс 2. Силикаты. П/класс 3. Фосфаты. П/класс 4. Арсенаты. П/класс 5. Ванадаты. П/класс 6. Карбонаты. П/класс 7. Сульфаты. П/класс 8. Молибдаты. П/класс 9. Селениты. П/класс 10. Теллуриты. П/класс 11. Минералы смешанного состава. Класс III. Урансодержащие минералы. (2 часа).

4. Особенности физических и физико-химических свойств урановых минералов

Радиоактивность. Люминесценция. Цвет и черта. Формы выделения. Блеск. Магнитность. Твердость. Объемный вес. Оптические свойства. Растворимость. Схема исследования минералов урана четырех и шестивалентного. Подготовка материала для исследования. Техника безопасности при работе с радиоактивными веществами и химическими реактивами.

5. Методы определения урановых минералов

Радиографический метод. Макрорадиография является одним из широко распространённых методов изучения характера распределения и формы выделения радиоактивных минералов в исследуемых образцах горных пород и руд. Он основан на способности радиоактивных веществ оказывать влияние на эмульсионный слой фотографической пластинки или фотоплёнки. Это выражается в почернении после проявления тех участков негатива, которые контактировали с радиоактивным минералом. Для получения радиографии отполированный или пришлифованный образец руды кладут в темноте на фотографическую пластинку или плёнку и оставляют на определённое время. Время выдержки колеблется в широких пределах (от 4 часов до 15 суток) и зависит: а) от содержания радиоактивного элемента в образце и б) от чувствительности фотоплёнки. Проявляют плёнку обычным способом. В качестве материала используют рентгеновскую пленку или фотобумагу.

Макрорадиография не позволяет уверенно решать вопрос о природе радиоактивного начала. Для этого применяется метод микрорадиографии. Микрорадиография на фотопластинках для ядерных исследований; микрорадиография с применением жидкой фотоэмульсии; микрорадиография на нитроцеллюлозной пленке и других органических полимерных материалах.

Метод отпечатков (фазовый анализ). Метод отпечатка или контактный метод определения элементов в минералах детально разработан С. А. Юшко. Для определения урана используются некоторые специфические особенности, которые позволяют даже в полевых условиях обнаруживать урановые минералы в руде, определять характер распределения их в руде и при необходимости может заменить радиографический метод.

Метод отпечатка основан на получении нерастворимого осадка соли уранила при действии на раствор проявителем. Растворителем является азотная кислота различных концентраций, переводящая уран в раствор в виде уранилнитрата $UO_2(NO_3)_2$. Проявителем служит 5 %-ный раствор ферроцианида калия $K_4[Fe(CN)_6]$. Взаимодействуя с нитратом уранила, он дает не растворимый в воде красновато-коричневый осадок комплексной соли $K_2UO_2[Fe(CN)_6]$, фиксирующейся на фотобумаге (предварительно обработанная раствором гипосульфита, для удаления бромистого серебра), чертежной или фильтровальной бумаге. На последней получаются менее чёткие отпечатки, но она незаменима в полевых условиях, когда нужно определить распределение урановых минералов в штуфе без шлифовки последнего.

Для получения отпечатка фильтровальную бумагу надо смочить растворителем, завернуть в нее штуф так, чтобы она плотно прилегала к его поверхности, подержать 2 – 3 мин. и, не разворачивая, покапать проявителем. Красновато-

коричневые пятна, выступившие на фильтровальной бумаге, указывают на участки штуфа, содержащие урановые минералы. Этот способ помогает легко ориентироваться при отборе материала для изготовления шлифов.

Отпечаток с аншлифа (или пришлифовки) получают следующим образом: фотографическую или чертёжную бумагу смачивают азотной кислотой, излишки которой приблизительно через 1 мин. удаляют фильтром. К влажной поверхности бумаги при помощи пресса или руки на 1 – 3 мин. прижимают шлиф (или пришлифовку). Находящаяся в порах бумаги азотная кислота растворяет урановые минералы; после проявления бумаги в 5%-ном растворе ферроцианида калия на ней образуется красновато-коричневый отпечаток, строго соответствующий контурам выделений минералов. Отпечаток рекомендуется тщательно промыть в воде и высушить.

Открытию урана мешают молибден и медь, которые дают несколько похожие цветные отпечатки. Влияние молибдена может быть устранено промывкой отпечатка в 20%-ном растворе ацетата натрия (CH_3COONa), от которого жёлто-бурое окрашивание молибдена исчезает, а красновато-коричневая окраска от урана сохраняется.

Отпечаток меди, входящей в состав вторичных минералов (проверены малахит, халькозин и борнит), заметно отличается от отпечатка урана своим фиолетово-розовым тоном на фотобумаге и розовато-бурым – на чертёжной бумаге. Медь, содержащаяся в халькопирите, не растворимая в азотной кислоте в условиях опыта, отпечатка не дает. В отдельных случаях, когда затруднительно дать однозначный ответ, необходимо сделать проверку на медь. Для этого полученный отпечаток промывают в 20%-ном растворе иодида калия или 5%-ном растворе едкого калия, в результате чего окраска от меди в первом случае сильно темнее, а во втором случае переходит в голубую; красновато-коричневая окраска от урана остаётся без изменения, а через некоторое время становится более светлой. Этим методом можно проводить фазовый анализ с целью выявления разновидностей настурана.

Л ю м и н е с ц е н т н ы й м е т о д. Люминесценция минералов основана на способности соединений шестивалентного урана люминесцировать в ультрафиолетовых лучах. Урановые минералы довольно полно изучены по люминесцентным свойствам в длинных волнах спектра ($\lambda = 300 - 400 \text{ м}\mu$). В основу классификации урановых минералов по люминесценции в длинных волнах положены:

1. Интенсивность люминесценции.
2. Тип фотолюминесценции.
3. Спектр люминесценции.

Для наблюдения фотолюминесценции применяются кварцево-ртутные лампы различных конструкций, снабженные светофильтром Вуда. Кроме того, в полевых условиях могут быть использованы солнечные люминоскопы. Для наблюдения люминесценции используются спектрографы.

При наблюдении фотолюминесценции необходимо:

- 1) облучение производить в темноте;
- 2) штуфы и образцы предварительно освобождать (сдуванием) от пыли, которая поглощает ультрафиолетовые лучи или сама люминесцирует;
- 3) сравнивать испытуемые минералы с эталонами, представляющими собой различные по цвету и интенсивности типы свечения (шрёкингеритом, отенитом, уранофаном и др.).

Минералогия радиоактивных элементов 1

Фотолюминесценция урановых минералов

(λ возбуждения = 300 – 400 нм. Поверхность минералов чистая, без пыли и плёнок)

I. Люминесцирующие очень сильно

Голубовато-зелёное свечение (тип шрёкингерита)

Шрёкингерит	$\text{Na}_2 \text{Ca}_3(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \text{SO}_4\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Андерсонит	$\text{Na}_2 \text{Ca}_3(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Швартцит(?)	$\text{Ca Mg}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

II. Люминесцирующие сильно

а) Голубовато-зелёное свечение (тип шрёкингерита)

Ураноталит	$\text{Ca}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 8 - 9\text{H}_2\text{O}$
------------	---

б) Желтовато-зелёное свечение (тип отенита)

Ураноцирцит	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Отенит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Ураноспинит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Салеит	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Новачекит (?)	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Ураношпатит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Смешанные слюдки кальциевые	
Сабугалит	$\text{NaAl}(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_4 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
Уранопилит	$6\text{UO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 16 - 17\text{H}_2\text{O}$
Урансодержащий гиалит	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

III. Люминесцирующие умеренно

а) Голубовато-зелёное свечение (тип шрёкингерита)

Бейлиит(?)	$\text{Mg}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
------------	--

б) Желтовато-зелёное свечение (тип отенита)

Смешанные слюдки меднокальциевые	
Урансодержащий гиалит	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

в) Жёлтое свечение

Бета-уранопилит	$6\text{UO}_3\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
-----------------	--

IV. Люминесцирующие слабо

а) Желтовато-зелёное свечение (тип отенита)

Урансодержащий гиалит	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
-----------------------	--

б) Буровато-жёлтое свечение

Соддиит	$12\text{UO}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
---------	--

Минералогия радиоактивных элементов 1

V. Люминесцирующие очень слабо

а) Зеленоватое свечение

Шарпит(?)	$6\text{UO}_3 \cdot 5\text{CO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
-----------	---

б) Грязножелтоватое-зелёное свечение (тип уранофана)

Склодовскит	$\text{Mg}(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Уранофан	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Бета-уранотил	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Циппеит	$(\text{UO}_2)_2^{2+} (\text{OH})_2(\text{SO}_4) \cdot 3 - 5\text{H}_2\text{O}$
Карнотит	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2^{2+} (\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

VI. Нелюминесцирующие

Пржевальскит	$\text{Pb}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Фоглит из Ферганы	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Фоглит из Яхимова	$\text{Ca}_2\text{Cu}(\text{UO}_2)_2^{2+} (\text{CO}_3)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Торбернит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Метаторбернит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Фритчеит	$\text{Mn}(\text{UO}_2)_2 [(\text{P}, \text{V})\text{O}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}?$
Бассетит	$\text{Fe}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Фосфуранилит	$\text{Ca}_3(\text{UO}_2)_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Ренардит	$\text{Pb}(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Девиндтит	$\text{Pb}_3(\text{UO}_2)_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Дюмонтит	$\text{Pb}_2(\text{UO}_2)_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Парсонсит	$\text{Pb}_2(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Смешанные слюдки медные	
Цейнерит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Метацейнерит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Трёгерит	$(\text{UO}_2)_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Вальпургит	$(\text{UO}_2)_3\text{Bi}_{10}(\text{OH})_{24}(\text{AsO}_4)_4$
Тюямунит	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Сенжьерит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2^{2+} (\text{VO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Купросклодовскит	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Казолит	$\text{Pb}(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Орлит	$\text{Pb}_3(\text{UO}_2)_3(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Иоганнит	$(\text{UO}_2)_2^{2+} \text{SO}_4\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Некоторые ещё не определённые водные сульфаты	
Окислы	
Торосиликаты	
Цирконосиликаты	
Титанаты	
Танталониобаты и титанотан талониобаты	
Органические соединения	

Минералогия радиоактивных элементов 1

VI. Люминесценция не выяснена

Ферганит	$(\text{UO}_2)_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Раувит	$\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot 6\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Уванит	$(\text{UO}_2)_2\text{V}_6\text{O}_{17} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
Рётзерфордин	$(\text{UO}_2)\text{CO}_3?$
Ураконит	$3\text{UO}_3\text{SO}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Люминесцентный анализ является очень важным для выявления и диагностики некоторых вторичных урановых минералов (фосфатов, карбонатов, сульфатов и др.). Минералы, содержащие в своём составе медь, железо, марганец, свинец и висмут, обычно не люминесцируют. Из элементов анионного комплекса люминесценцию гасят или значительно ослабляют кремний и ванадий, вследствие чего силикаты и ванадаты урана не люминесцируют или люминесцируют очень слабо.

Растворимость в кислотах. Методы определения анионного и катионного состава минералов и руд.

Растворимость урановых минералов имеет большое значение при их определении и позволяет делать предварительные выводы о характере минерального соединения. Относительно легкая растворимость главной массы урановых минералов в кислотах положена в основу микрохимического метода определения урана и метода отпечатка.

Все соединения шестивалентного урана растворимы в минеральных кислотах, даже в разбавленных (5–10 %-ных), причём степень растворимости различных химических групп минералов различна. Соединения четырёх- и шестивалентного урана полностью растворимы только в азотной кислоте, причём растворению предшествует окисление U^{IV} до U^{VI} .

При определении урановых минералов, в частности при проведении качественных химических реакций, нужно учитывать следующие данные о растворимости минералов:

1. Некоторые сульфаты (например, иоганнит, частично уранопилит и отдельные разновидности циппеита) растворимы в воде, другие – в разбавленной соляной кислоте.
2. Шрёкингерит (сульфат-карбонат) частично растворим в воде и полностью в соляной кислоте слабой (5%-ной) концентрации. При растворении в кислоте выделяются многочисленные пузырьки углекислоты.
3. Карбонаты легко растворимы в разбавленной соляной и других кислотах, также с выделением многочисленных пузырьков углекислоты.
4. Фосфаты, арсенаты и ванадаты растворяются в слабой соляной и других минеральных кислотах. При воздействии крепкой соляной кислоты на ванадаты раствор окрашивается в густой вишнёво-красный цвет.
5. Простые и сложные гидроокислы урана растворяются в разбавленной соляной кислоте при подогревании с выделением редких пузырьков хлора.
6. Силикаты разлагаются в разбавленной соляной кислоте при слабом нагревании с переходом урана в раствор и выделением геля кремнезема.
7. Окислы урана растворяются в минеральных кислотах, причём степень растворимости их находится в прямой зависимости от содержания в них шестивалентного урана и редких земель.
8. Титанаты, танталониобаты и торосиликаты лишь частично растворяются при

длительном кипячении с серной кислотой, некоторые из них разлагаются только с поверхности. Перевод этих соединений в растворимое состояние осуществляется главным образом сплавлением с пиросульфатом калия, фторидом натрия или калия, селитрой (пять весовых частей Na_2CO_3 и одна часть KNO_3).

Методы определения анионного и катионного состава минералов и руд основаны на характерных микрохимических реакциях. Для выяснения принадлежности минерала к определенной химической группе (например, силикатов, арсенатов и т. д.) проводят определение анионной части минерала. Реакции проводятся с тщательно отобранным минералом. После отнесения минерала по его анионной части к соответствующей химической группе производится определение катионов. Для обнаружения шестивалентного урана пользуются наиболее распространенной реакцией с ферроцианидом калия. Определение урана с ферроцианидом калия $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: минерал или пробу измельченного образца помещают в маленькую фарфоровую чашечку (тигель), на часовое или предметное стекло, растворяют в 3 – 5 каплях соляной кислоты, иногда при лёгком подогревании. На фильтровальную бумагу наносят каплю 5%-ного ферроцианида калия, а затем в центр образовавшегося пятна опускают каплю испытуемого раствора. При наличии урана образуется красновато-коричневое пятно с той или иной степенью интенсивности. При малых содержаниях урана в исследуемом образце для повышения концентрации элемента рекомендуется добавить еще одну каплю ферроцианида калия и испытуемого раствора или раствор несколько подогреть.

Реакцию можно провести также непосредственно в чашечке или на предметном стекле, вводя осторожно в раствор 2 – 3 капли ферроцианида калия; образование красновато-коричневого осадка или окрашивание раствора (в случае небольшого содержания элемента) указывает на присутствие урана. Пользуясь этой реакцией, можно обнаружить уран даже при наличии минимальных (0,1 %) его количеств.

6. Минералогия урана. Класс I. Гипогенные минералы. Минералы U^{4+} .

Минералогия урана. Принципы систематики и классификации урановых минералов. Общая характеристика. Класс I. Гипогенные минералы. Минералы U^{4+} . П/класс 1. Простые окислы. Уранинит, настуран, урановые черни. Из всех минералов наиболее интересными и промышленно ценными являются минералы данного подкласса. Изоморфизм редких земель и свинца в окислах урана. Кислородный коэффициент, как отношение суммы атомов кислорода и урана. Изменение свойств окислов урана в зависимости от величины кислородного коэффициента. Обоснование необходимости выделения разновидностей уранинита, настурана по степени окисленности в группе уранинита: уранинит-I (настуран-I), уранинит-II (настуран-II), уранинит-III (настуран-III), уранинит-IV (настуран-IV). Их основные физико-химические и оптические свойства. П/класс 2. Сложные окислы U и Mo. Седовит, моурит. П/класс 3. Сложные окислы U и Ti. Браннерит, давидит. П/класс 4. Силикаты. Коффинит, ненадкевит. П/класс 5. Фосфаты. Нингбоит, лермонтовит.

7. Класс II. Гипергенные минералы. Минералы U^{6+}

Класс II. Гипергенные минералы. Минералы U^{6+} . П/класс 1. Гидроокислы. Скупит, беккерелит, кюрит. Ряд гидроокислов урана развивается в направлении окисления U^{4+} в U^{6+} , увеличения количества воды и постепенного изменения физических свойств. П/класс 2. Силикаты. Уранофан, склодовскит и казолит. Силикаты урана

являются довольно широко распространенными минеральными соединениями. Они нередко образуют скопления, представляющие промышленный интерес. К настоящему времени в минералогической литературе описано не менее 17 силикатов U^{6+} . Наиболее распространенными являются силикаты щелочных и щелочноземельных элементов (Na, K, Ca, Mg). П/класс 3. Фосфаты. Отенит, торбернит, ураноцирцит, фосфуранилит и парсонсит. Фосфаты урана представлены водной солью ортофосфорной кислоты. В настоящее время известно 25 фосфатов. П/класс 4. Арсенаты. Цейнерит, ураноспинит и трегерит. Арсенаты урана являются структурными аналогами фосфатов. В настоящее время известно 20 арсенатов урана. П/класс 5. Ванадаты. Тюямунит, карнотит. В настоящее время в природе установлено 12 минералов. Эти минералы в минералогической литературе описываются под названием урановые слюдки. П/класс 6. Карбонаты. Резерфордин, андерсонит. Карбонаты урана включают 14 минеральных видов и отличаются как разнообразием состава, так и строением входящих в него минералов. Разнообразие состава выражается прежде всего в вариациях отношения $UO_2:CO_3$, которое изменяется в широких пределах и определяется вариациями условий образования минералов. П/класс 7. Сульфаты. Циппеит, уранопилит. Группа представлена 9 минералами, которые мало изучены, вследствие чего долгое время большая часть минеральных видов объединяется под названием урановые цветы или охры. Кристаллохимически класс сульфатов уранила изучен недостаточно. Сульфаты являются редкими минералами. П/класс 8. Молибдаты. Умохоит, иригинит. Молибдаты уранила представляют сложную группу минералов от хорошо раскристаллизованных до аморфных образований. П/класс 9. Селениты. Известны четыре минеральных вида природных селенитов уранила, представленных гийеминитом, мартозитом, деррикситом демесмекеритом. Минералы изучены предельно слабо. Известны необходимые для диагностики наборы межплоскостных расстояний и параметры элементарных ячеек минералов, их кристаллохимическая формула. П/класс 10. Теллуриды. Известны три теллурида уранила, представленных моктецумитом, шмиттеритом и клиффордитом. П/класс 11. Минералы смешанного состава. Шрекингерит.

8. Класс III. Урансодержащие минералы

Класс III. Урансодержащие минералы. П/класс 1. Уран как изоморфная примесь. В качестве изоморфной примеси в минералы входит только U^{4+} , замещая торий и редкоземельные элементы, возможно, кальций. Наиболее распространено изоморфное вхождение U^{4+} в простые и сложные окислы, силикаты и фосфаты. П/Класс. 2. Уран как механическая примесь. При относительно высоких содержаниях урана в широком кругу природных образований, таких, как битумы или слоистые силикаты, точные анализы позволяют обнаружить примесь самостоятельной минеральной фазы урана – окислы и силикаты. Осколочная радиография дает представление о пространственном распределении урана, о приуроченности его к определенным минералам, кристаллам, зонам роста последних, но не дает информации о форме нахождения самого урана в матрице. Перспективными исследованиями в этом случае является электронная микроскопия с микродифракцией и люминесценция. П/класс 3. Уран в органическом веществе. Роль и место урана в органическом веществе заслуживает особого рассмотрения прежде всего потому, что широко известны концентрации в нем урана и его роль восстановителя и «осадителя». Однако вопрос о форме и характере связи урана с органическим веществом остается в определенной мере открытым из-за отсутствия прямых экспериментов, демонстрирующих эту связь.

9. Условия образования первичных и вторичных урановых минералов

Минералогическая зональность зоны окисления урановых месторождений. Минералы и минеральные ассоциации промышленных типов урановых месторождений.

10. Минералогия тория. Класс I. Собственные ториевые минералы. Класс II. Торий-содержащие минералы

Принципы систематики и классификации ториевых минералов. Класс I. Собственные ториевые минералы. П/класс 1. Простые окислы. Торинанит. П/класс 2. Сложные окислы Th и U. Бреггерит, алданит. П/класс 3. Сложные окислы Th и Ti. Абсит. П/класс 4. Гидроокислы. Th-кюрит. П/класс 5. Силикаты. Торит, торогуммит, ураноторит. П/класс 6. Фосфаты. Брокит, грейит, кивуит, церросфорхаттонит, чералит. П/класс 7. Карбонаты. Торбастнезит. Класс II. Торий-содержащие минералы. П/класс 1. Торий как изоморфная примесь. Эшинит, приорит, Th-монацит. П/класс 2. Торий как механическая примесь.

Минералы и минеральные ассоциации промышленных типов ториевых месторождений.

11. Минералогия редких и редкоземельных элементов

Классификация редких и редкоземельных минералов.

Минералы тантала и ниобия. Пироклор, микролит, лопарит, перовскит (кнопит).

Минералы лития. Петалит, амблигонит.

Минералы бериллия. Фенакит, бартрандит, даналит, гельвин.

Минералы редких земель. Бастнезит, каразит, бритолит, ортит, гадолинит, самарскит, фергюзонит, рабдофанит, эвксенит.

Минералы циркония и гафния. Бадделеит, эвдиалит, наэгит.

12. Минералы и минеральные ассоциации промышленных типов месторождений редких и редкоземельных элементов.

Вопросы для самопроверки

1. Каково значение минералов урана и тория в народном хозяйстве?
2. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать для охраны окружающей среды при работе с радиоактивными минералами?
3. Принципы систематики минералов руд редких и радиоактивных металлов?
4. В чем сущность кристаллохимической классификации?
5. Что понимается под термином «урановая смолка», «урановая смоляная обманка»?
6. Сущность кислородного коэффициента и его значение при выделении разновидностей окислов урана.
7. Какие минералы урана могут быть отнесены к так называемым урановым слюдкам.
8. В каких условиях сохраняются сульфаты и карбонаты урана?
9. Что собой представляет «гуммит» и «гуммитовая оторочка»?
10. Основные промышленные минералы урана?
11. Какими факторами определяется полнота проявленности зоны окисления на урановых месторождениях и её разнообразие минеральными видами?
12. Как отличить торит от окисленного пирита?
13. Привести классификацию минералов тория и назвать наиболее важные.
14. Назвать основные минералы редких элементов.

Минералогия радиоактивных элементов 1

15. В чем отличие подклассов минералов уранила смешанного анионного состава от подклассов силикатов по их люминесцентным свойствам?
16. Назвать отличительные физические признаки подклассов гидроокислов и молибдатов.
17. В чем отличие «фосфатных урановых слюдок» от «мышьяковых урановых слюдок»?
18. Привести основные минеральные ассоциации промышленных руд урана.
19. Какие минералы урана наиболее распространены в зоне окисления?

Минералогия радиоактивных элементов 1

Лабораторные и практические занятия

1. Качественные микрохимические определения урана. Метод отпечатков. (Фазовый анализ).
2. Радиографические исследования. Макрорадиография на рентгеновской пленке и на фотобумаге.
3. Диагностика первичных минералов урана в отраженном свете.
4. Диагностика вторичных минералов урана люминесцентным методом.
5. Метод определения анионного и катионного состава минералов.
6. Иммерсионный метод определения минералов.

Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Диагностика первичных минералов урана».

Лабораторная работа № 2 «Диагностика вторичных минералов урана».

Лабораторная работа № 3 «Диагностика минералов тория, редких и редкоземельных элементов».

Минералогия радиоактивных элементов 1

Программа самостоятельной познавательной деятельности

1. Минералы четырехвалентного урана. Изучение данного раздела включает в себя работу с эталонными коллекциями и самостоятельного выполнения лабораторной работы № 1 с составлением схемы минералообразования и проработкой дополнительной литературы – 6, 7, 8, 12.
2. Минералы шестивалентного урана. Данный раздел требует дополнительного проведения микрохимических реакций на катионы и анионы элементов, а также определение показателей преломления минералов с использованием иммерсионных жидкостей. Требуется углубленная проработка основной (1, 10) и дополнительной (7, 13) литературы.
3. Минералы тория и редких элементов. При изучении данного раздела необходима работа с коллекциями, а также с литературой (основной – 2, 11 и дополнительной – 9, 10)
4. Минералы редкоземельных элементов. Изучение данного раздела включает в себя как работу с коллекциями, так и с основной (2, 11) и дополнительной (9, 10) литературой.
5. Вопросы генезиса минералов и их промышленная значимость. Изучение включает в себя углубленную проработку основной (1, 5, 6, 7, 10, 11) и дополнительной (3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14) литературы.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Белова Л.И. Зоны окисления гидротермальных урановых месторождений. – М.: Недра, 1975. – 157 с.
2. Бурьянова Е.З. Определитель минералов урана и тория. – М.: Недра, 1972. – 80 с.
3. Галюк В.А. Руководство к лабораторным занятиям по курсу «Минералогия и геохимия радиоактивных элементов». – М.: Высшая школа, 1964. – 120 с.
4. Гецева Р.В., Савельева К.Т. Руководство к определению урановых минералов. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – 260 с.
5. Дымков Ю.М. Природа урановой смоляной руды. – М.: Атомиздат, 1973. – 235 с.
6. Дымков Ю.М. Парагенезис минералов ураноносных жил. – М.: Недра, 1985. – 135 с.
7. Королев К.Г., Мичута А.К., Полякова В.М. и др. Минералогия, геологические и физико-химические особенности образования уранотитанатов. – М.: Недра, 1979. – 143 с.
8. Люминесцентно-спектральная диагностика минералов уранила из микронавесок при низких температурах. Инструкция № 4–П. – М.: Изд-во ВИМС, 1979. 16 с.
9. Поваренных А.С., Беднарж М.К. К систематике урановых минералов // Геологический журнал АН СССР, 1974. Т. 34. Вып. 1. – С. 42–53.
10. Рафальский Р.П. Физико-химические исследования условий образования урановых руд. – М.: Госатомиздат, 1973. – 147 с.
11. Семенов Е.И. Минералогия редких земель. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. 296 с.
12. Сидоренко Г.А. Кристаллохимия минералов урана. – М.: Атомиздат, 1978. – 216 с.
13. Сидоренко Г.А., Горобец Б.С., Дубинчук В.Т. Современные методы минералогического анализа урановых руд (Методическое пособие). – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 183 с.
14. Соболева М.В., Пудовкина И.Л. Минералы урана. – М.: Госгеотехиздат, 1957. – 408 с.
15. Терехов В.Я., Егоров Н.И., Баюшкин И.М., Минеев Д.А. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 360 с.
16. Язиков Е.Г. Диагностика первичных минералов урана. Методические указания к выполнению задачи. – Томск: изд-во ТПИ, 1985. – 6 с.

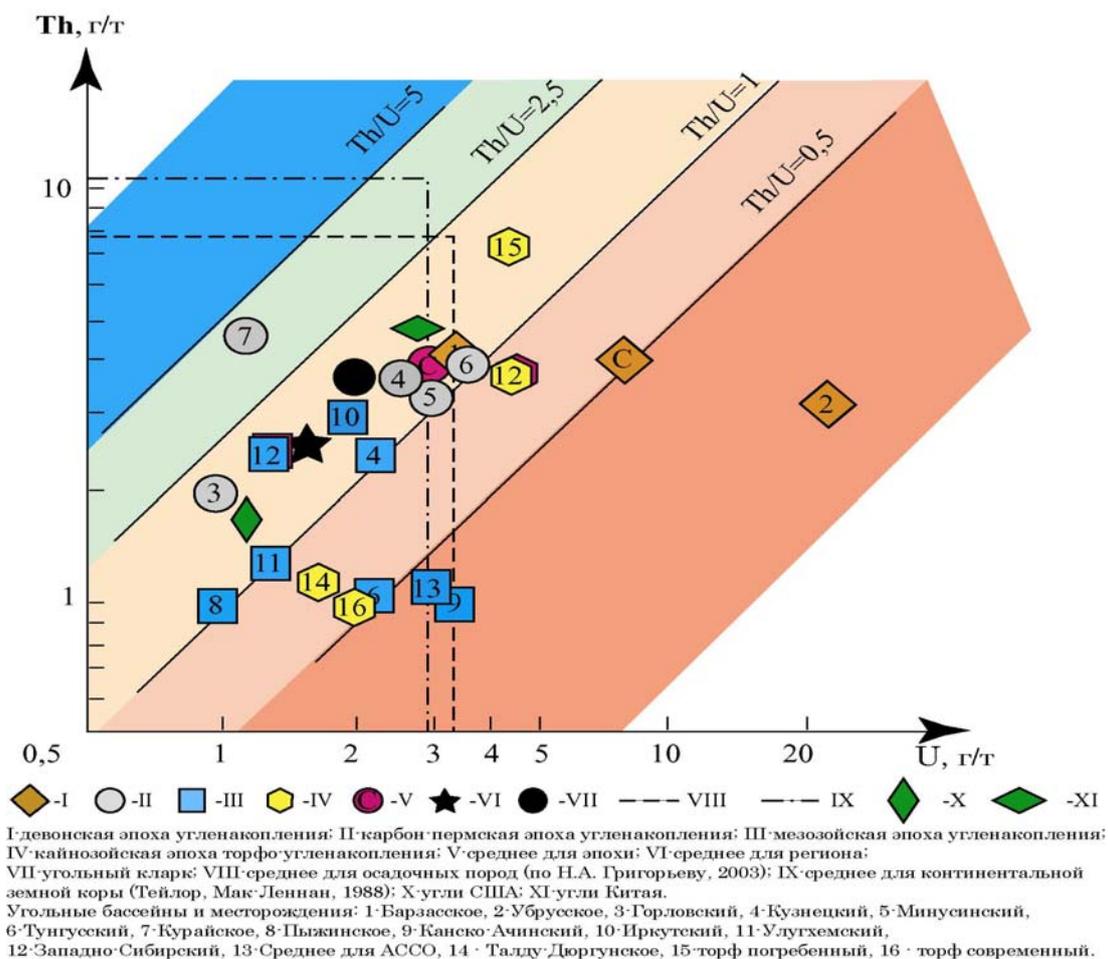
Дополнительная

1. Амборцумян Ц.Л. и др. Термические исследования урановых и урансодержащих минералов. – М.: Госатомиздат, 1961. – 216 с.
2. Атлас электронно-микроскопических фотографий урановых и урансодержащих минералов. – М.: Недра, 1978. – 102 с.
3. Вопросы прикладной радиогеологии. – М.: Атомиздат, 1967. – 387 с.
4. Вопросы прикладной радиогеологии. – М.: Госатомиздат, 1963. 180 с.
5. Геология атомного сырья. – М.: Госатомиздат, 1959. – 520 с.
6. Геология гидротермальных урановых месторождений. – М.: Наука, 1966. – 462 с.
7. Геология и вопросы генезиса эндогенных урановых месторождений. – М.: Наука, 1968. – 471 с.

Минералогия радиоактивных элементов 1

8. Гидротермальные месторождения урана. – М.: Недра, 1978. – 446 с.
9. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. – М.: Недра, 1964. – 829 с.
10. Определение редких и радиоактивных элементов в минеральном сырье. – М.: Недра, 1983. – 251 с.
11. Сидоренко Г.А. Рентгенографический определитель урановых и урансодержащих минералов. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 256 с.
12. Текстуры и структуры урановых руд эндогенных месторождений. – М.: Атомиздат, 1977. – 207 с.
13. Текстуры и структуры урановых руд экзогенных месторождений. – М.: Атомиздат, 1977. – 120 с.
14. Хейнрих Э. Минералогия и геология радиоактивного минерального сырья. – М.: Изд-во ИЛ, 1962. – 604 с.

Геохимия радиоактивных элементов 2



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Особенности строения атомов и краткая характеристика свойств урана и тория**
- 3. Распространенность радиоактивных элементов**
- 4. Геохимия урана и тория в эндогенных процессах**
- 5. Геохимия урана и тория в экзогенных процессах**
- 6. Геохимия изотопов**
- 7. Радиогеохимическое картирование**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- оценивать геохимические свойства урана и тория, редких элементов в определённых геохимических обстановках;
- устанавливать:
 - основные закономерности распределения в Земной коре;
 - особенности процессов миграции и концентрирования в эндогенных и экзогенных условиях, в различных геохимических обстановках;
- выявлять благоприятные обстановки для концентрирования;
- проводить изотопный геохимический анализ.

Геохимия радиоактивных элементов 2

1. Введение

Цель и задачи курса. Методология науки. Геохимия редких и радиоактивных элементов как составная часть геохимии. История становления радиогеохимии как науки. Основоположник геохимии радиоактивных элементов В.И. Вернадский. Ведущие ученые, внесшие наиболее значительный вклад в развитие радиогеохимии: Дж. А.С. Адамс, В.И. Баранов, Б. Болтвуд, А.П. Виноградов, Г.В. Войткевич, О. Ган, В.И. Герасимовский, Дж. Джоли, Н.П. Ермолаев, Л.В. Комлев, Е.С. Ларсен, А.И.Перельман, А.А. Смыслов, И.Е. Старик, Р. Стретт, Л.В. Таусон, А.И. Тугаринов, А.Е. Ферсман, В.Г. Хлопин, В.В. Чердынцев, Д.И. Щербаков, В.В. Щербина и др.

Связь геохимии с другими науками в системе наук о Земле. Прикладное значение геохимии радиоактивных элементов. Важнейшие проблемы нашей эпохи, тесно связанные с радиогеохимией - проблемы окружающей среды и сырьевых ресурсов.

2. Особенности строения атомов и краткая характеристика свойств урана и тория

Происхождения тяжелых радионуклидов. Свойства радиоактивных элементов. Ряды распада урана и тория. Химические свойства урана, тория и продуктов их радиоактивного распада. Химические свойства, определяемые строением ядра. Свойства, определяемые особенностями строения электронной оболочки атомов. Основные химические соединения урана и тория. Свойства четырехвалентного урана и тория. Свойства шестивалентного урана. Растворимость химических соединений урана и тория.

3. Распространенность радиоактивных элементов

Космохимия. Распространенность урана и тория в космосе, в планетах Солнечной системы, в различных оболочках Земли. Понятие о кларках. Кларки радиоактивных элементов.

Понятие о формах нахождения урана, тория. Минералы-носители и минералы концентраторы радиоактивных элементов. Изоморфизм урана и тория в минералах. Вариации содержаний урана, тория и продуктов их радиоактивного распада в минералах.

4. Геохимия урана и тория в эндогенных процессах.

4.1. Геохимия радиоактивных элементов в магматическом процессе. Содержание радиоактивных элементов в различных типах пород. Основные минералы-концентраторы и минералы носители урана и тория магматических пород. Эволюция содержания радиоактивных элементов в процессе эволюции магматизма. Радиогеохимическая типизация гранитоидов. Ураноносные граниты. Поведение урана и тория при формировании эффузивных пород. Формы миграции и концентрирования урана и тория в магматическом процессе.

4.2. Геохимия радиоактивных элементов при пегматитообразовании. Минералы носители и минералы концентраторы урана и тория в пегматитах. Содержание радиоактивных элементов в различных типах пегматитов.

- 4.3. Геохимия урана и тория в карбонатитовом процессе. Формы миграции и концентрирования урана и тория в карбонатитовом процессе. Минералы-носители и минералы-концентраторы урана и тория в карбонатитах. Содержание радиоактивных элементов в карбонатитах.
- 4.4. Геохимия урана и тория в контактово-метасоматическом процессе. Содержание радиоактивных элементов в различных типах скарнов. Поведение урана и тория при формировании метасоматической зональности скарнов. Формы нахождения урана и тория в скарнах. Изменение форм нахождения урана в процессе формирования скарнов.
- 4.5. Геохимия урана и тория в гидротермальном процессе. Формы переноса урана и тория в гидротермальном процессе. Сходство и различие поведения урана и тория в гидротермальных процессах. Причины осаждения урана и тория из гидротермальных растворов. Изменение формы нахождения урана в гидротермальном процессе. Уран и торий в гидротермально-метасоматических породах. Уран и торий в гидротермальных минералах. Радиоактивные элементы как индикаторы гидротермального процесса. Использование торий-уранового отношения и корреляционных связей урана и тория для оценки условий формирования радиоактивных аномалий.
- 4.6. Уран и торий в процессе регионального и контактового метаморфизма. Связь между степенью метаморфизма и содержанием урана. Уран и торий при ультраметаморфизме и гранитизации. Уран и торий в процессе формирования гранито-гнейсовых куполах. Зоны выноса и привноса урана в гранито-гнейсовых куполах. Уран и торий в контактово-метаморфическом процессе. Автолизия минералов. Понятие о степени зрелости Земной коры. Уран и торий как индикаторы степени зрелости Земной коры.
- 4.7. Радиоактивные элементы в эндогенных месторождениях. Уран и торий в месторождениях черных, цветных и редких металлов. Радиоактивные элементы в гидротермально-метасоматических месторождениях неметаллических полезных ископаемых. Проявленность эндогенных месторождений в радиогеохимических полях. Радиогеохимические критерии выявления месторождений по данным аэрогамма съемки.

5. Геохимия урана и тория в экзогенных процессах.

- 5.1. Поведение урана и тория при гипергенном изменении пород и руд. Уран и торий в корях выветривания. Факторы, влияющие на интенсивность миграции урана и тория при корообразовании. Минералы-концентраторы и минералы-носители урана и тория в корях выветривания. Устойчивость урановых минералов в гипергенном процессе. Механизмы миграции и формы переноса урана и тория при формировании коры выветривания. Геохимия урана и тория в различных типах ландшафтов.
- 5.2. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. Градиент барьера, контрастность барьера. Условия формирования гипергенных аномалий урана. Окислительно-восстановительный, кислотно-щелочной, сорбционный, биогенный, испарительный и механический геохимические барьеры. Формирование урановых руд. Геохимические ассоциации характерные для различных типов барьеров. Кларки концентрации элементов в рудах.
- 5.3. Уран и торий в водах зоны гипергенеза. Содержание урана и тория в подземных, грунтовых и поверхностных водах. Зависимость состава грунтовых и поверхностных вод от климатических условий. Зависимость содержания урана и тория от глубины залегания и состава подземных вод. Формы

Геохимия радиоактивных элементов 2

нахождения радиоэлементов в водах. Формы переноса урана и тория в водах в зоне гипергенеза.

- 5.4. Особенности накопления урана и тория в терригенных осадочных породах. Связь гранулометрического состава терригенных осадочных пород и содержаний радиоактивных элементов. Механизмы переноса и концентрирования урана и тория в терригенных осадочных породах.
- 5.5. Радиогеохимия органического вещества. Биогенное концентрирование урана и тория. Пределы биогенного накопления радиоэлементов. Содержание урана и тория в торфах и в углях. Механизмы накопления радиоэлементов в торфе и угле. Природа аномалий урана и тория в торфе и угле. Формы нахождения урана и тория в угле и в торфе.
Радиоактивные элементы в нефтях. Природа радиогеохимических аномалий в месторождениях нефти. Формы нахождения урана, тория и радия в нефтяных породах.
Уран и торий в фосфатоносных породах. Содержание радиоактивных элементов в фосфоритах, в породах обогащенных костным детритом.
Уран и торий в донных отложениях застойных водоемов. Радиогеохимия сапропелей.
- 5.6. Геохимия урана и тория в зоне окисления урановых месторождений.
- 5.7. Техногенная миграция естественных радиоактивных элементов. Сжигание топлива и складирование золошлаковых отходов. Миграция элементов при добыче и транспортировке нефти. Миграция урана и тория при разработке месторождений черных, цветных и редких металлов.

6. Геохимия изотопов.

Характеристика природных рядов распада U и Th. Радиоактивное равновесие в рядах распада. Основные механизмы нарушения радиоактивного равновесия. Состояние радиоактивного равновесия и геохимия изотопов радиоактивных элементов в зонах экзогенеза. Изотопы рядов распада урана и тория в системах порода-вода-осадок, в почвах, в углях, в зонах водонефтяного контакта. Использование изотопов рядов распада урана и тория для определения возраста и происхождения горных пород, руд и минералов.

7. Радиогеохимическое картирование.

Цели и задачи радиогеохимического картирования. Требования к радиогеохимическим картам. Выделение аномалий. Зоны привноса-выноса урана и тория. Методы их выделения. Геохимическая специализация магматических комплексов, формаций осадочных и метаморфических пород. Подвижные формы урана. Геохимические критерии и признаки уранового оруденения.

Геохимия радиоактивных элементов 2

Лабораторные и практические занятия

Тема 1. Способы оценки среднего содержания элементов в крупных блоках Земной коры. Расчет кларка урана и тория для верхней части Земной коры.

Тема 2. Оценка фона при радиогеохимическом картировании различного масштаба.

Тема 3. Составление радиогеохимической карты масштаба 1:50 000.

Геохимия радиоактивных элементов 2

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Предусматривается углубленная самостоятельная проработка магистрантами отдельных проблемных вопросов геохимии радиоактивных и редких элементов. По итогам работы представляется письменный отчет в форме реферата и делается устное сообщение перед магистрантами. Примерные темы рефератов и УИРС:

1. Радиогеохимическая научная школа Томского политехнического университета.
2. Радиогеохимия углей.
3. Радиогеохимия торфов.
4. Радиогеохимия современных термальных растворов.
5. Радиогеохимия органического вещества и нефтеобразования.
6. Основные черты геохимии радиоактивных элементов в магматических процессах.
7. Формы переноса и причины отложения радиоактивных элементов в гидротермальных процессах.
8. Формы переноса урана и тория в подземных и поверхностных водах и причины отложения урановых руд в зоне гипергенеза.
9. Поведение радиоактивных элементов в постмагматических процессах.
10. Основные черты геохимии радиоактивных элементов в экзогенных процессах.
11. Радиоактивные элементы в метаморфических процессах.
12. Радиоактивные элементы в среде обитания человека.
13. Биогеохимия радиоактивных элементов.
14. Радиоактивные элементы в организме человека.
15. Радиоактивные изотопы для определения возраста и происхождения горных пород и руд

Контрольные вопросы

1. Что означает термин “радиоактивное равновесие”?
2. Какие задачи можно решить с использованием изотопного анализа.
3. Основные отличительные особенности химических свойств урана и тория.
4. Основные отличительные особенности химических свойств урана и радия.
5. Какими методами решается вопрос о возрасте урановых руд. Что такое “восстановленная концентрация урана в рудном теле”?
6. Как изменяется содержание урана и тория в процессе эволюции магматизма?
7. Какие тенденции изменения содержания урана и тория характерны для процесса эффузивного магматизма?
8. Как определяются зоны выноса и привноса урана на радиогеохимической карте?
9. Что выносятся на радиогеохимическую карту?
10. Определите роль климатического фактора в накоплении урана в поверхностных и грунтовых водах.
11. Чем обусловлено образование радиоактивных аномалий в углях и торфах.
12. Назовите геохимические барьеры, ответственные за образование гипергенных радиоактивных аномалий.
13. Определите термины “минералы-концентраторы” и “минералы-носители”. В чем практическая значимость этих понятий.
14. Как выделяется радиогеохимическая аномалия?
15. Что такое фон? Какие методы его определения Вы знаете?
16. Как оценивается геохимическая специализация массивов, формаций или комплексов.
17. Формы нахождения радиоактивных элементов в горных породах и рудах.
18. Формы нахождения радиоактивных элементов в захороненном органическом веществе.
19. Формы переноса урана и тория и гидротермальных растворов.
20. Формы переноса урана и тория в поверхностных и грунтовых водах.
21. Поведение радиоактивных элементов в процессе прогрессивного метаморфизма.
22. Изменение форм нахождения урана в процессе гидротермального метасоматоза.
23. Какие геохимические ассоциации характерны для гидрогенного уранового оруденения?
24. Какие геохимические ассоциации типичны для гидротермальных урановых руд.
25. О чем оно свидетельствует величина торий-уранового отношения и какие вопросы позволяет решать?
26. Какие задачи позволяет решать корреляционный анализ?
27. Влияние климата на интенсивность миграции урана и тория при корообразовании.
28. Связь гранулометрического состава терригенных осадочных пород и содержаний радиоактивных элементов.
29. Природа радиогеохимических аномалий в месторождениях нефти.
30. Миграция элементов при добыче угля, сжигании топлива и складировании золошлаковых отходов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Основные черты геохимии урана. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 351 с.
2. Титаева В.Ф. Ядерная геохимия. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - 336 с.
3. Минералогия и геохимия редких и радиоактивных металлов. Учебное пособие для вузов / В.Я. Терехов, Н.И. Егоров, И.М. Баюшкин, Д.А. Минеев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 360с.
4. Перельман А.И. Геохимия.- М.: Высшая школа, 1988.- 527 с.
5. Рихванов Л.П. Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал “Гео”, 2002. – 536с.
6. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре.- Л: Недра, 1974. – 231с.
7. Смыслов А.А. Радиогеохимические исследования. Методические рекомендации. – М, 1974. – 144 с.
8. Шмариович Е.М.

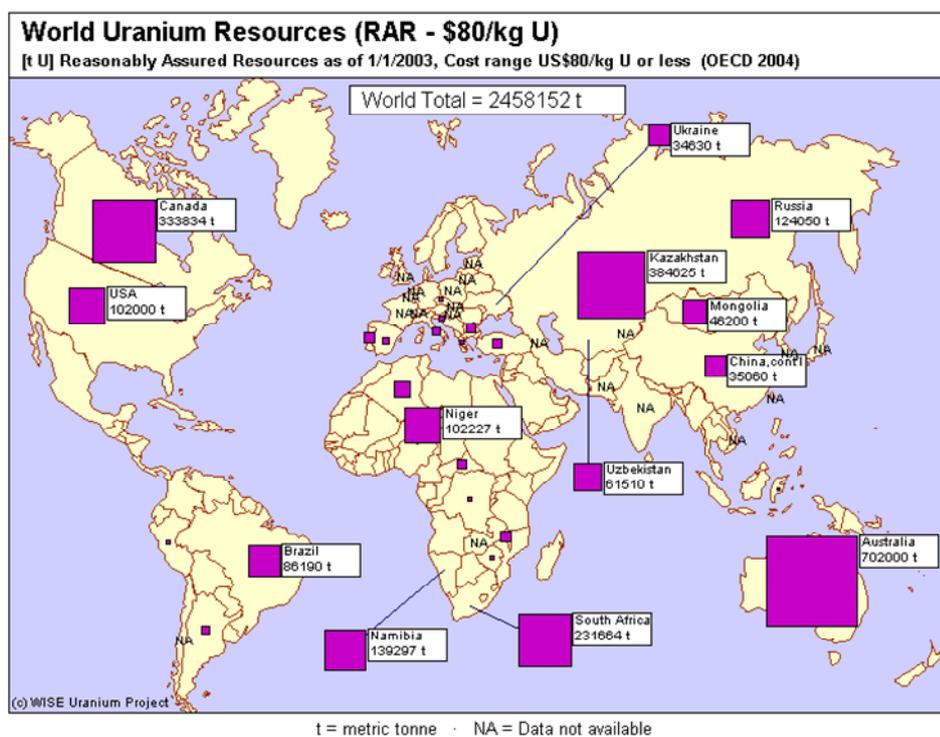
Дополнительная

1. Вернадский В.И. Труды по радиогеологии. – М.: Наука, 1997. – 309с.
2. Геология и радиогеохимия Средней Сибири. - Новосибирск: Наука, 1985. – 200с.
3. Геохимия редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в пороодо- и рудообразующих процессах. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1989. – 213с.
4. Геохимические ассоциации редких и радиоактивных элементов в рудных и магматических комплексах. - Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1991. – 148с.
5. Жмодик С.М. Геохимия радиоактивных элементов в процессе выветривания карбонатитов, кислых и щелочных пород. - Новосибирск: Наука, 1984. – 144с.
6. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Т.1-6, М.:Недра,1994-1996
7. Неручаев С.Г. Уран и жизнь. – М: Уран и жизнь в истории Земли. – Л.: Недра, 1982.
8. Ножкин А.Д., Гавриленко В.А. Золото и радиоактивные элементы в полифациальных отложениях верхнего докембрия. – Новосибирск: Наука Сиб. Отд-ние, 1976. – 198с.
9. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы международной конференции. – Томск: Изд-во “Тандем-Арт”, 2004. – 772 с.
10. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. - Томск: Изд. ТПУ, 1997. - 384 с.
11. Спарвыочник физических констант горных пород. - М.: Мир, 1969
12. Титаева А.А. и др. Геохимия природных радиоактивных рядов распада. - М.: ГЕОС, 2005.- 226 с.
13. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. - М.: Недра, 1998. - 430 с.
14. Эмерли Дж. Элементы. Пер. с англ. Е.А. Краснушкиной. – М.: Мир, 1993.
15. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. -Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 655 с.
16. Handbook of Geochemistry. Vol II/5. Elements La (57) to U (92)/ Executive board K.H. Wedepohl. – Springer-Verlog, Berlin. Heidelberg, New York, 1969.

Периодические издания

1. Геохимия
2. Environmental radioactive

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов **3**



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Геолого-промышленные типы месторождений урана и тория**
- 3. Геолого-промышленные типы месторождений редких металлов и редких земель**

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов **3**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- классифицировать:
 - месторождения редких и радиоактивных элементов;
 - геолого-промышленные типы месторождений;
- определять:
 - генетические модели формирования различных типов месторождений;
- устанавливать закономерности размещения месторождений в континентальных блоках Земной коры.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов **3**

1. Введение

Цель и задачи курса. Роль и значение радиоактивных и редких металлов в развитии человеческого общества: вообще и в развитии российских государств. Современные задачи по изучению и освоению природных концентраций редкометалльного сырья.

Значение проблемы подготовки сырьевой базы радиоактивных и редких металлов для дальнейшего развития научно-технического прогресса в нашей стране.

В качестве базы для успешного освоения курса совершенно необходимы твёрдые знания минералогии, петрографии, полезных ископаемых, исторической и структурной геологии. Зарождение и развитие научного направления «Геология месторождений редких и радиоактивных металлов», как часть учения о месторождениях полезных ископаемых.

История развития представлений по геологии радиоактивных и редких металлов. Роль советских и иностранных учёных в развитии и совершенствовании данного научного направления (В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, Д.И. Щербаков, В.В. Щербина, А.Г. Бетехтин, В.И. Смирнов, М.Ф. Стрелкин, В.Н. Котляр, В.Г. Мелков, А.А. Якжин, М.М. Константинов, А.П. Виноградов, А.И. Тугаринов, Ф.И. Вольфсон, В.С. Домарев, Д.Я. Сужарский, Г.Б. Наумов, Р.П. Рафальский, А.А. Беус, Ю.М. Шумилов, Е.В. Плющев, М.В. Шумилин, М.А. Солодов, А.Д. Минеев, К.А. Власов, Е.С. Ларин, Н.Т. Эванс, Д.Л. Дэвис, В.И. Маккелви, Д.Л. Эвертхарт, Р.М. Джаррелс, П. Рамдор, С.Ф. Дэвидсон, Э.У. Хейнрих, Е.Ф. Камерон, Пэйдж и др.).

2. Геолого-промышленные типы месторождений урана и тория

- 2.1. Экономика урана и тория. Тенденция её развития.
- 2.2. Классификация месторождений редких и радиоактивных металлов. Классификация В.И.Котляра (1974), А.Б. Каждана (1978), Ю.М. Шувалова (1984), С. и Ф. Симовых (1980), Мак-Миллана (1978), Р.Ф. Дэнковцева (1980), В.Е. Бойцова (1989) и др. Эндогенные, экзогенные.
- 2.3. Гидротермальные урановые и уран-титановые месторождения в альбититах областей протоактивизации древних щитов. Геолого-структурная позиция. Минеральный состав метасоматитов и руд. Их зональность. Вопросы генезиса.
- 2.4. Гидротермальные урановые и золото-урановые месторождения в гумбеитах областей мезозойской активизации. Особенности геолого-структурной позиции. Связь со щелочным магматизмом. Минеральный состав руд и метасоматитов. Зональность, генезис.
- 2.5. Гидротермальные месторождения в складчатых областях. Общие и отличительные черты урановых месторождений в складчатых областях. Геологическое положение урана в истории развития геосинклинально-складчатой области. Пространственные и возрастные взаимоотношения оруденения с магматизмом. О временном разрыве между магматизмом и рудообразованием. Связь с дайками базальтоидов. Размещение оруденения в структурных атажах и ярусах. Особенности морфологии рудных тел в зависимости от положения в разрезе коры. Гетерогенный разрез - как благоприятная среда для рудолокализации. Положение месторождений относительно разрывных структур. Минеральные типы урановых месторождений в складчатых областях. Уран-фосфорный и собственно урановый типы. Зависимость минерального состава руд от состава

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

вмещающих пород, геолого-структурного положения. Зональность минеральных ассоциаций в пределах рудных полей. Основные типы гидротермально измененных пород на урановых месторождениях в складчатых областях. Региональные локальные метасоматиты. Пропилиты. Аргиллизиты. Региональные и локальные аргиллизиты. Их зональность. Отличие аргиллизитов от изменений коры выветривания. Особенности аргиллизитов в слаболитофицированных породах. Эйситы и березиты. Их минералого-геохимические особенности и зональность. Физико-химические условия минералообразования на месторождениях урана в складчатых областях. Источники урана для формирования месторождений.

- 2.6. Месторождения урана типа "несогласия". Геолого-структурная позиция и возраст оруденения. Изменения вмещающих пород. Минеральный состав руд. Комплексный состав руд (уран, никель, золото, платина, редкие земли и др.). Взгляды на генезис месторождений типа "несогласия".
- 2.7. Месторождения урана "порфирирового" типа. Особенности геолого-структурного положения, вещественный состав руд. Генезис месторождений.
- 2.8. Краткий обзор месторождений скарнового и карбонатитового типов.
- 2.9. Месторождения тория.
- 2.10. Экзогенные месторождения. Зона окисления урановых месторождений. Зональность зоны окисления. Стадийность формирования зоны окисления.
- 2.11. Инфильтрационные водородные месторождения коры выветривания. Особенности формирования зон пластового окисления. Геолого-структурная позиция месторождений. Морфология рудных тел. Геохимические типы первичных пород. Гидрохимическая, геохимическая, минералогическая, радиогеохимическая, микробиологическая зональность инфильтрационных месторождений. Комплексный характер оруденения (селен, молибден, рений, ванадий, золото, редкие земли и др.).
- 2.12. Поверхностные месторождения урана в гипсоносных и карбонатных породах, "калькреды", "силькреды". Геолого-геоморфологические и климатические особенности формирования месторождений типа "калькредов". Особенности минерального состава месторождений. Испарительный геохимический барьер - как одно из условий формирования аналогичных месторождений.
- 2.13. Урановые и золото-урановые месторождения в древних конгломератах. История открытия. Геолого-структурная позиция. Возраст и состав конгломератов. Минеральный состав руд. Комплексный характер оруденения (золото, уран, платиноиды и др.). Сходство и различие рудных районов Витватерсранд (ЮАР), Блайнд-Ривер (Канада), Жакобина (Бразилия). Главные типы руд на месторождениях. Вопросы генезиса. Метаморфизованные первично-осадочные конгломераты. Гидротермальное происхождение.
- 2.14. Месторождения урана в углеродисто-кремнистых сланцах. Роль процессов метаморфизма в формировании месторождений. Многоступенчатое концентрирование вещества. Роль органического вещества в рудообразовании. Особенности вещественного состава месторождений. Комплексность руд (уран, золото, платиноиды и др.).

3. Геолого-промышленные типы месторождений редких металлов и редких земель

- 3.1. Области применения редких металлов и редких земель. Основные черты

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

геохимии редких земель и редких металлов. Лёгкие и тяжелые редкие земли. Нормированные кривые распределения редких земель в минералах, породах и рудах. Диаграмма А.Д. Минеева по распределению редких земель.

- 3.2. Геохимия ниобия, тантала, скандия, циркония, бериллия, лития, цезия.
- 3.3. Классификация основных промышленных типов месторождений редких металлов и редких земель по Н.А. Солодову.
- 3.4. Комплексные редкометальные месторождения (ниобий, цирконий, редкие земли, уран, торий) в дифференцированных щелочных породах (Хибины).
- 3.5. Комплексные редкометальные месторождения (ниобий, редкие земли и др.) в щелочно-ультраосновных комплексах с карбонатитами (Маунтин-Пасс).
- 3.6. Комплексные редкометальные месторождения (тантал, редкие земли, бериллий и др.) в щелочных метасоматитах (плато Джос, Нигерия).
- 3.7. Комплексные редкометальные месторождения (бериллий, флюорит, скандий, редкие земли, уран, торий, литий и др.) в низкотемпературных метасоматитах в областях континентального вулканизма (Маунтин-Топаз и др.).
- 3.8. Комплексные редкометальные прибрежно-морские россыпи (Траванкор и др.).
- 3.9. Высокоминерализованные россыпи, угли и торфы.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

Лабораторные и практические занятия

Лабораторные занятия предполагают изучение типовых месторождений различных генетических типов месторождений урана, тория, редких и редкоземельных элементов. Во время занятий магистрантами осуществляется самостоятельное исследование типовых образцов основных промышленных типов месторождений, изучается фондовая и опубликованная литература. На проработку выносятся следующие темы:

1. Титан-урановые месторождения в зонах активизации древних щитов в связи с гумбеитами.
2. Урановые месторождения древних щитов в связи с альбититами.
3. Урановые месторождения в складчатых областях в связи с эйситами и березитами.
4. Комплексные урановые месторождения в областях континентального вулканизма.
5. Комплексные урановые месторождения инфильтрационного типа.
6. Урановые месторождения в углеродисто-кремнистых сланцах.
7. Уран-ториевые и редкометальные месторождения в щелочных метасоматитах.
8. Тантал-ниобиевые и редкоземельные месторождения в карбонатитах.
9. Скарновые месторождения.
10. Уран-редкоземельные месторождения в отложениях с рыбьими костями.
11. Уран-торий-редкометальные россыпные месторождения.

Проводится контрольная задача с элементами самостоятельных научных исследований по определению геолого-промышленного типа месторождения на основе изучения выданных образцов, шлифов и аншлифов, карт, разрезов, геохимической информации, а также литературы.

По контрольной задаче выполняется отчет, в котором отражаются возможные геолого-структурные позиции объекта, морфология рудных тел, состав руд, характер изменения вмещающих пород, геохимический состав руд, выводы о возможном генезисе.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

Программа самостоятельной познавательной деятельности

На самостоятельную проработку выносятся следующие вопросы:

1. Месторождения урана и редких земель в фосфоритах.
2. Месторождения урана, редких и редкоземельных элементов в углях, лигнитах, торфах.
3. Комплексные месторождения редких металлов в пегматитах.
4. Месторождения урана в скарнах.
5. Генезис золото-урановых месторождений в древних конгломератах.
6. Геохимия германия, рения, селена, галлия, индия, таллия в геологических процессах.
7. Редкометально-редкоземельные россыпные месторождения.
8. Редкометальные карбонатитовые месторождения.
9. Редкометальные месторождения в щелочных метасоматитах.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

Контрольные вопросы

1. Области применения урана история.
2. Области применения редких земель.
3. Каковы проблемы в применении ядерной энергии?
4. Ваше мнение об источниках энергии будущего.
5. Принципы промышленной классификации урановых месторождений.
6. Принципы промышленной классификации редкометалльных месторождений.
7. Как распределены запасы урана по странам, континентам?
8. Как распределены запасы по промышленным типам месторождения урана?
9. Геохимические особенности урана как элемента.
10. Каким образом можно использовать торий-урановое отношение как индикатор?
11. Каким образом можно использовать отношение цериевых редких земель к иттриевым?
12. Чем обусловлена геохимическая подвижность урана в гидротермальных и экзогенных условиях?
13. Основные особенности накопления урана в минералах магматических горных пород.
14. формы нахождения урана в минералах.
15. Основные особенности накопления урана в интрузивных породах.
16. Основные особенности накопления урана в эффузивных породах.
17. Основные особенности накопления урана в осадочных породах.
18. Типы радиогеохимически специализированных пород.
19. Основные черты геохимии урана при метаморфизме.
20. Геохимия урана в природных водах.
21. Геохимия урана в гидротермальных водных растворах.
22. Особенности геохимии урана при метасоматозе и рудообразовании.
23. Месторождения урана в натровых метасоматитах.
24. сходство и различие урановых месторождений в связи с альбитами в алюмосиликатных породах и железистых кварцитах.
25. Месторождения урана в гумбеитах.
26. Общие черты гидротермальных урановых месторождений в складчатых областях.
27. Отличительные черты гидротермальных урановых месторождений в складчатых областях.
28. Каково положение урановых месторождений в истории развития складчатой области?
29. Соотношение гидротермального уранового оруденения с магматизмом.
30. Соотношение гидротермального уранового оруденения с тектоникой.
31. Соотношение гидротермального уранового и другого оруденения.
32. Особенности локализации гидротермального уранового оруденения в разрезе складчатой области.
33. Основные типы гидротермально измененных пород на урановых месторождениях.
34. Аргиллизиты урановых месторождений. Отличие глинистых изменений кор выветривания в гидротермальной аргиллизации.
35. Сходство и различие натровых метасоматитов докембрия и эйситов.
36. Основные минеральные типы (ассоциации минералов) на гидротермальных урановых месторождениях.
37. Изменение минерального состава руд на месторождениях разных этажей и ярусов.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

38. От чего может зависеть минеральный состав урановых руд месторождений?
39. Физико-химические условия формирования гидротермальных урановых месторождений.
40. Что Вы думаете об источнике урана в гидротермальных месторождениях?
41. Главные геологические особенности месторождений типа несогласия.
42. Минералого-геохимические особенности руд месторождений типа несогласия.
43. Что Вы можете сказать об околорудных изменениях на месторождениях типа несогласия?
44. Сущность диагенетически-гидротермальной модели формирования месторождений типа несогласия.
45. Точки зрения на происхождение месторождений типа несогласия.
46. Расскажите об эндогенных урановых месторождениях будущего. Их генезис?
47. Общие черты геологического строения инфильтрационных месторождений.
48. Как Вы себе представляете схему эпигенетической зональности на инфильтрационных урановых месторождениях.
49. Основные разновидности урановых месторождений зон пластового окисления.
50. Что такое руды окисления и восстановления? Как Вы понимаете их происхождение?
51. Основные геологические особенности месторождений калькретового типа.
52. Каковы представления о генезисе месторождений калькретового типа?
53. Сходства и различия месторождений Витватерсранд, Блайнд-Ривер, Какобина.
54. Основные геологические особенности месторождений типа древних конгломератов.
55. Что такое «Риф», «Лидер»?
56. Какие типы руд Вам известны на месторождении Витватерсранд?
57. Какие доказательства Вы можете привести в пользу гидротермального генезиса урана на месторождениях в древних конгломератах?
58. Какие доказательства Вы можете привести в пользу осадочно-метаморфогенного генезиса?
59. Основные промышленные типы месторождений лития, цезия, бериллия.
60. Основные промышленные типы месторождений тантала, ниобия.
61. Основные промышленные типы месторождений тория.
62. Какие редкие элементы в промышленных содержаниях находятся в карбонатитах?
63. Какие редкие элементы в промышленных содержаниях находятся в щелочных (кварц-альбит-микроклиновых) метасоматитах?
64. Морские россыпи как источник тория, редких земель.
65. Какие редкие металлы добываются из рассолов, рапы озер?
66. Какие редкие металлы могут извлекаться из ультраосновных-основных пород?
67. Какие редкие металлы могут добываться из фосфоритов?
68. Морская вода как источник редких металлов.
69. Какие редкие металлы добываются из углей?
70. Что Вы можете сказать про генезис уран-ториевых месторождений?
71. Основные типы месторождений тория.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов 3

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Бойцов, В.Е. Геология месторождений урана / В. Е. Бойцов. – М.: Недра, 1989. – 302 с.
2. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. 1-3. – С. 608.
3. Гидрогенные месторождения урана. – М.: Атомиздат, 1980. – с. 270.
4. Данчев, В.И. Месторождения радиоактивного сырья / В.И. Данчев, Т.В. Лапинская. – М.: Недра, 1980. – 253 с.
5. Данчев, В.И. Экзогенные месторождения урана / В.И. Данчев, И.Н. Стреленов. – М.: Атомиздат, 1979. – 274 с.
6. Лаверов, Н.П. Зарубежные месторождения урана / Н.П. Лаверов и др. – М.: Недра, 1983. – 319 с.
7. Месторождения радиоактивных и редких металлов. – М.: Атомиздат, 1976. – 335 с.
8. Месторождения урана и редких металлов (практикум). – М.: атомиздат, 1976. – 285 с.
9. Промышленные типы урановых месторождений и методика их поисков. – Л.: Недра, 1984. – 262 с.
10. Черепнин, В.К. Геохимия и типы месторождений урана / В.К. Черепнин. – Томск: Изд-во ТГУ, 1972. – 358 с.

Дополнительная

1. Геология атомного сырья. – М.: Изд-во главного управления по использованию атомной энергии, 1959. – 520 с.
2. Геология атомных сырьевых материалов. – М.: Гос.науч.-техн.изд-во литературы по геологии и охране недр, 1956. – 387 с.
3. Геология, геохимия, минералогия и методы оценки месторождений урана. – М.: Мир, 1988. – 330 с.
4. Коган, П.И. Редкие металлы / П.И. Коган. – М.: Наука, 1979. – 350 с.
5. Гидротермальные месторождения урана. – М.: Недра, 1978. – 446 с.
6. Геология постмагматических ториево-редкометалльных месторождений. – М.: Атомиздат, 1972. – 407 с.
7. Барсуков, В.А. Условия образования урановых руд в вулканических депрессиях/ В.А. Барсуков, Н.П. Лаверов. – М.: Атомиздат, 1972. – 310 с.
8. Месторождения литофильных редких металлов. – М.: Недра, 1980. – 559 с.
9. Казанский, В.И. Эволюция уранового рудообразования / В.И. Казанский, Н.П. Лаверов, А.И. Тугаринов. – М.: Атомиздат, 1978. – 207 с.
10. Образование месторождений урана. – М.: Мир, 1976. – 762 с.
11. Черников, А.А. Поведение урана в зоне гипергенеза / А.А. Черников. – М.: Недра, 1981. – 206 с.
12. Основные черты геохимии урана. – М.: Изд-во АН СССР. – 331 с.
13. Хейнрих, Э. Минералогия и геология радиоактивного минерального сырья / Э. Хейнрих. – М.: Изд-во ИЛ, 1962. – 604 с.
14. Чесноков, Н.И. Угледобывающая промышленность капиталистических стран / Н.И. Чесноков и др. – М.: Атомиздат, 1979. – 233 с.
15. Минеев, Д.А. Лантаноиды в рудах / Д.А. Минеев. – М.: Наука, 1974. – 237 с.
16. Смыслов, А.А. Уран и торий в земной коре / А.А. смыслов. – Л.: Недра, 1974. – 231 с.

Промышленно-генетические типы месторождений радиоактивных элементов **3**

17. Наумов, Г.В. Основы физико-химических модели уранообразования / Г.В. Наумов. – М.: Наука, 1978. – 252 с.
18. Солодов, Н.А. Геологический справочник по легким литофильным редким металлам / Н.А. Солодов. – М.: Недра, 1986. – 287 с.
19. Солодов, Н.А. Геологический справочник по тяжелым литофильным редким металлам / Н.А. Солодов и др. – М.: Недра, 1987. – 287 с.
20. Рыбалов, Б.Л. Источники рудного вещества урановых месторождений / Б.Л. Рыбалов, Б.И. Омеляненко. – М.: Наука, 1989. – 274 с.

Радиогидрогеология и гидрогеохимия 4



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Основы общей и региональной гидрогеологии**
- 4. Основы теоретической и региональной гидрогеохимии**
- 5. Основы радиогидрогеологии**
- 6. Радиогидрогеологические и гидрогеохимические исследования при поисках и эксплуатации месторождений радиоактивных элементов**
- 7. Гидрогеохимические исследования в связи с охраной подземных вод и окружающей среды**
- 8. Заключение**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен:

- использовать константы равновесия;
- моделировать взаимодействие системы вода-горная порода;
- определять формы нахождения элементов в растворах;
- определять физико-химические параметры миграции элементов в водных растворах.

1. Введение

Основной целью преподавания дисциплины является приобретение будущими специалистами урановой промышленности необходимых знаний по гидрогеохимии и радиогидрогеологии, формирование общих представлений и понимания теоретических основ гидрогеохимии, включая формирование химического состава подземных вод, закономерности его пространственно-временного изменения и массопереноса. При этом теоретические знания должны стать базой для освоения методов получения гидрогеохимической информации, её хранения, обработки, обобщения и анализа с использованием современного оборудования, компьютерных технологий и моделирования.

Изучение дисциплины призвано обеспечить знание главных гидрогеохимических процессов в верхней части земной коры и глубоких горизонтах, методов решения геологических и гидрогеологических задач и картирования, умение отбирать и консервировать пробы, описывать и оценивать роль природных и техногенных гидрогеохимических процессов и явлений, проводить полевой, сокращенный и полный анализы вод, рассчитывать формы миграции и равновесия воды с минералами пород, использовать ЭВМ при обработке и анализе информации, с учетом их особенностей в регионах Сибири и Дальнего Востока. В рамках проведения лабораторных работ магистранты должны получить практический опыт использования приборов и оборудования, лабораторного анализа воды, компьютерной обработки результатов полевых и лабораторных работ, статистических обобщений, составления гидрогеохимических карт и разрезов, а также физико-химического моделирования.

Решение перечисленных задач осуществляется в ходе лекций, выполнения лабораторных работ, самостоятельных внеаудиторных занятий, консультаций, ответов на лекционные вопросы, при выполнении рубежных контрольных работ и сдаче экзамена. Оно базируется на активном использовании информационных ресурсов НТБ и применении лабораторного оборудования ПНИЛ гидрогеохимии ТПУ, а также стендовой информации, учебного класса ПЭВМ и соответствующего программного и методического обеспечения кафедры.

2. Вводная часть

Характеристика структуры гидрогеологии и входящих в нее дисциплин в т.ч. гидрогеохимии и радиогидрогеологии их места среди наук геологического и географического циклов. История их развития и современное состояние. Роль В.И.Вернадского, и других ученых в становлении и развитии гидрогеологии, гидрогеохимии и радиогидрогеологии. История развития гидрогеохимического метода поисков месторождений. Роль Томской школы гидрогеохимиков в становлении метода. Гидрогеологические задачи, решаемые геологами при поиске и разработке рудных месторождений, в том числе руд радиоактивных элементов. Задачи, структура и содержание курса. Рекомендуемая литература.

3. Основы общей и региональной гидрогеологии

3.1. Вода в недрах Земли.

Распределение воды в литосфере. Виды воды в горных породах. Водные свойства горных пород. Понятия о водоносных горизонтах, комплексах, водоупорах, гидрогеологических ярусах, этажах и зонах. Питание, движение и разгрузка подземных вод. Гидроизогипсы и гидроизопезы.

- 3.2. Круговорот воды подземной гидросферы. Климатический (гидрологический) круговорот воды. Геологический круговорот воды.
- 3.3. Пространственные формы залегания подземных вод. Верховодка, грунтовые и артезианские воды. Подземные воды многолетней мерзлоты. Подземные воды областей современного вулканизма.
- 3.4. Основные типы гидрогеологических структур. Гидрогеологические массивы. Типы гидрогеологических массивов. Особенности региональной динамики подземных вод. Артезианские бассейны. Строение артезианских бассейнов: фундамент, чехол, покров четвертичных отложений. Классификация артезианских бассейнов. Возраст артезианских бассейнов. Типизация артезианских бассейнов по гидрогеологическим и мерзлотным условиям, характеру стока и др. Особенности региональной динамики. Вулканогенные бассейны. Особенности геологического строения и рельефа вулканогенных бассейнов. Динамика подземных вод. Питание подземных вод. Классификация вулканогенных бассейнов. История развития вулканогенных бассейнов. Вулканогенные бассейны областей современной вулканической деятельности. Распределение основных типов гидрогеологических структур и приуроченность к ним урановых месторождений.
- 3.5. Гидрогеологические условия месторождений рудных полезных ископаемых. Закономерности обводнения вмещающих горных пород и залежей полезных ископаемых в различных ландшафтно-климатических и геологических условиях. Типы водоносных горизонтов, особенности их залегания и взаимосвязи с поверхностными водами и между собой. Режим подземных вод на площадях распространения МПИ. Геолого-промышленная группировка месторождений и основные направления исследований.

4. Основы теоретической и региональной гидрогеохимии

- 4.1. Состав подземных вод. Вещество подземных вод. Параметры состава вод: концентрации и их формы выражения, активности, минерализация, газонасыщенность, рН, Eh, жесткость, щелочность. Ионно-солевой и изотопный состав подземных вод. Источники химических элементов в подземных водах. Основные макро- и микрокомпоненты, включая радиоактивные, их генезис и практическое значение. Газовый состав подземных вод. Органическое вещество в подземных водах. Микрофлора вод и ее геохимическое значение. Современные методы опробования и изучения состава вод. Отображение, наименование и классифицирование вод по составу. Типовые и средние составы вод в различных геохимических обстановках, водах инфильтрационного, седиментационного, метаморфического и магматического происхождения.
- 4.2. Массоперенос в гидрогеохимических системах. Кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия подземных вод, их влияние на условия нахождения и миграцию химических элементов. Подвижность химических элементов в водах и методы ее определения. Коэффициенты водной миграции. Факторы (внешние и внутренние), формы и интенсивность миграции химических элементов в подземных водах. Основы

геохимии комплексных соединений применительно к подземным водам. Геохимические барьеры.

- 4.3. Формирование состава подземных вод.
Основные факторы, процессы и природные обстановки формирования состава подземных вод. Факторы - физико-географические, геологические, физические, физико-химические, биологические, техногенные. Соподчиненность факторов и характер их воздействия. Процессы - растворение, выщелачивание, гидролиз, испарение, вымораживание, ионный обмен, сорбция, окисление-восстановление, дисперсия, диффузия, осмос, радиоактивный распад, радиолит, биогеохимические, техногенные процессы. Формирование состава вод инфильтрационного цикла. Атмогенный, биогенный, литогенный, испарительный и криогенный этапы формирования. Формирование состава глубокозалегающих подземных вод инфильтрационного, седиментационного, вулканогенно-гидротермального генетических циклов.
- 4.4. Региональные гидрогеохимические закономерности.
Геохимическая типизация, зональность и поясность подземных вод. Зональность окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных свойств, газового состава подземных вод, органических соединений и микрофлоры. Связь гидрогеохимической зональности с гидродинамической.
- 4.5. Особенности формирования водных потоков рассеяния рудных месторождений полезных ископаемых.
Понятие водного потока рассеяния. Гидрогеохимические ореолы и потоки рассеяния месторождений полезных ископаемых. Состав водных потоков рассеяния. Параметры и зональность водных потоков рассеяния зон минерализации.
Условия формирования водных потоков рассеяния. Взаимодействие воды с сульфидными минералами. Процессы преобразования рудного вещества и механизм обогащения вод рудогенными элементами. Процессы окисления. Электрохимическое растворение сульфидных руд. Микробиологическое выщелачивание. Влияние минералогического состава зон минерализации на формирование водных потоков рассеяния.
Особенности формирования водных потоков рассеяния в различных геолого-структурных, ландшафтных условиях.
- 4.6. Современные методы обработки данных и исследования гидрогеохимических процессов.
Гидрогеохимические базы данных. Вероятностно-статистические методы анализа данных по составу вод: корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный анализ данных. Использование геоинформационных систем и технологий в обработке и анализе информации и гидрогеохимическом картировании.
Основы термодинамики гидрогеохимических систем. Геолого-геохимическая система вода - порода - газ - органическое вещество. Механизмы взаимодействия воды с горными породами. Соотношение состава воды с составом горных пород. Закон действия масс. Методы определения активности компонентов раствора. Расчет комплексообразования. Моделирование гидрогеохимических процессов.

5. Основы радиогидрогеологии

- 5.1. Условия обогащения природных вод радиоактивными элементами.

Общие сведения о радиоактивных элементах. Физико-химические свойства радиоактивных элементов. Геохимические свойства радиоактивных элементов. Содержание и форма нахождения радиоактивных элементов в горных породах.

5.2. Гидрогеохимия радиоактивных элементов.

Критерии выделения и классификация радиоактивных вод. Особенности формирования состава радиоактивных вод в пределах геологических структур на участках развития различных по составу горных пород. Влияние ландшафтного фактора на состав радиоактивных вод. Формирование состава радиоактивных вод под влиянием месторождений урана. Миграция радиоактивных элементов; образование водных потоков рассеяния и их зональность. Формы миграции радиоактивных элементов. Влияние природных геохимических барьеров «Eh-pH- состав вод» на миграцию радиоактивных элементов.

5.3. Гидрогеохимия уранового рудообразования.

Современное минерало – и рудообразование с участием подземных вод. Классификация химических элементов применительно к гидрогенному рудообразованию. Геохимические свойства и процессы концентрирования важнейших рудообразующих металлов, в том числе урана. Инфильтрационное рудообразование урановых месторождений. Гидрогенные рудообразующие системы.

5.4. Теоретические основы применения гидрогеохимических и радиогидрогеологических методов исследований.

Общие сведения о геологических, гидрогеологических и генетических особенностях урановых месторождений. Закономерности локализации урановых месторождений в локальных и региональных гидрогеологических структурах. Региональные и локальные радиогидрогеологические прогнозно-поисковые критерии и признаки уранового оруденения.

6. Радиогидрогеологические и гидрогеохимические исследования при поисках и эксплуатации месторождений радиоактивных элементов

6.1. Методика ведения гидрогеохимических поисковых работ.

Цели и задачи гидрогеохимических исследований в процессе геологоразведочных работ. Задачи и место гидрогеохимических поисков при разных масштабах геолого-поисковых работ. Место и роль гидрогеохимического метода поисков в общем комплексе геолого-поисковых работ. Условия наибольшей применимости гидрогеохимического метода поисков. Объекты гидрогеохимических поисков. Масштабы и виды гидрогеохимических работ. Гидрогеохимические поисковые признаки и предпосылки. Соотношение стадийности исследований и набора поисковых признаков. Влияние природных условий на выбор методики гидрогеохимических работ. Особенности методики поисковых работ в горно-складчатых областях и платформенных структурах, в условиях аридного и гумидного климата. Сеть опробования и объекты опробования, особенности методики при разных масштабах геолого-поисковых работ.

6.2. Этапы гидрогеохимических исследований.

Значение предполевого периода. Предполевые проработки. Гидрогеологическое районирование. Гидрогеологическая стратификация разреза. Гидродинамические исследования. Особенности проектирования.

Полевой период. Организация полевых работ. Проведение полевых радиогидрогеологических исследований. Маршрутные исследования, работа на точке наблюдения. Отбор проб воды из различных водопоявлений (водотоков, водоемов, источников, мочажин, колодцев, шурфов и шахт, скважин). Требования к гидрогеохимическому опробованию водных объектов. Отбор проб на различные виды анализов. Фильтрация, концентрирование, выполнение анализов. Наблюдения при бурении скважин. Проведение опытно-фильтрационных работ.

Камеральный период. Составление карт, отчета. Виды гидрогеохимических карт, методика их составления.

6.3. Методические указания по интерпретации радиогидрогеологических материалов.

Методы статистической обработки аналитических данных. Способы графического представления материалов гидрогеохимических и радиогидрогеологических исследований. Методы составления обзорных мелко-, средне- и крупномасштабных радиогидрогеологических карт. Методы количественного прогнозирования уранового оруденения, связанного с зонами пластового окисления, с использованием радиогидрогеологических параметров.

7. Гидрогеохимические исследования в связи с охраной подземных вод и окружающей среды

Источники загрязнения подземных вод. Физико-химические процессы в загрязненных подземных водах. Очищающие свойства подземных вод.

Основные методические материалы и нормативные документы, определяющие проведение мероприятий по охране окружающей среды. Экологические исследования при проведении гидрогеологических исследований твердых полезных ископаемых. Требования по ликвидации выработок и скважин, сбросу шахтных и рудничных вод, захоронению загрязнённых стоков и отходов, а также сохранению чистоты природных вод и почв.

Влияние рудных месторождений на гидрогеологические условия прилегающей территории в связи с разработкой мероприятий по охране подземных вод.

Использование достижений гидрогеохимии в целях охраны окружающей среды. Гидрогеохимический мониторинг.

8. Заключение

Научные и практические проблемы гидрогеохимии и радиогидрогеологии в свете решения экономических задач. Пути повышения эффективности гидрогеохимических и радиогидрогеологических исследований.

Лабораторные и практические занятия

Изучение дисциплины сопровождается проведением цикла лабораторных работ, посвященных выполнению конкретных учебных заданий с максимально широким использованием ЭВМ:

1. Построение и описание карты гидро - и пьезоизогипс.
2. Первичная обработка, пересчеты и оформление результатов анализа вод в режимах ручного и машинного счета.
3. Создание и использование компьютерных гидрогеохимических баз данных.
4. Вероятностно-статистическая обработка и анализ гидрогеохимической информации на ЭВМ. Оценка параметров распределения, фона и степени аномальности.
5. Автоматизированное картирование. Построение карт изолиний гидрогеохимических показателей средствами пакета SURFER. Выделение рудоперспективных участков.
6. Создание и работа с гидрогеохимическими картами в среде ГИС.
7. Изучение гидрогеохимических процессов методами компьютерного физико-химического моделирования

Лабораторный курс основывается на реальных исходных данных по составу вод одного из районов Сибири, в т.ч. полученных магистрантами при самостоятельном проведении анализа воды. В результате выполнения учебных заданий осуществляется комплексная оценка перспектив изучаемого участка на рудные полезные ископаемые и решается ряд относительно независимых вопросов практической оценки качества, формирования химического состава и использования подземных вод. Сводный отчет оформляется в редакторе Word по безбумажной технологии.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

При изучении дисциплины “Гидрогеохимические методы поисков” самостоятельной работе магистрантов отводится существенная роль. Рекомендуется регулярная проработка лекционного материала.

Самостоятельная работа выполняется по тематике лекционных и лабораторных занятий по проблемам, важным для формирования магистранта как специалиста, способного самостоятельно повышать свою научно-производственную эрудицию. Магистранты должны знать специальные журналы и монографии, выпускаемые отечественными и зарубежными издательствами. Для этого магистранты просматривают периодические специальные издания в библиотеке ТПУ и кафедры. Контроль усвоения теоретических знаний осуществляется при выполнении двух рубежных письменных работ на аудиторных занятиях. Ответы оцениваются в баллах и используются при подведении итогов текущего рейтинга. Отдельные темы выносятся на самостоятельную проработку, контролируются при устном опросе и проверке подготовленных по установленной форме рефератов. Оценки этих работ учитываются при подведении итогов рейтинга.

В рамках выделенной учебным планом нагрузки, на индивидуальную работу выносятся следующие темы:

1. Круговорот воды подземной гидросферы.
2. Оборудование и приборы при изучении состава подземных вод.
3. Использование гидрогеохимических данных при решении геологических задач.
4. Изучение методических указаний по производству гидрогеохимических исследований в процессе мелкомасштабных, среднемасштабных и крупномасштабных съемок, требований к проведению геохимических исследований при ГСР-50, требований к проведению многоцелевого геохимического картирования.
5. Знакомство с опытом гидрогеохимических поисков различных типов месторождений полезных ископаемых и в разнообразных природных условиях.
6. Знакомство с опытом гидрогеохимических исследований за рубежом.

Индивидуальная работа выполняется каждым магистрантом под контролем преподавателя как в аудитории (согласно расписанию) так и в библиотеке. Контроль за этот раздел учебной работы осуществляется при собеседовании с преподавателем в установленные сроки. Дополнительно преподавателем проверяется библиографическая картотека по курсу в целом, в список которой должны входить литературные источники, определяющие основу знаний по тематике индивидуальных занятий. Изученная научно-методическая литература по темам индивидуальных занятий кратко (в тезисной форме) конспектируется, что является дополнением к лекционным конспектам магистранта.

Контрольные вопросы

1. Вероятностно-статистические методы анализа гидрогеохимической информации.
2. Вертикальная (геологическая) гидрогеохимическая зональность.
3. Виды анализа подземных вод.
4. Влияние кларков горных пород, форм нахождения химических элементов в породах, растворимости минералов на обогащение вод химическими элементами.
5. Водорастворенные органические вещества.
6. Газовый состав подземных вод.
7. Газонасыщенность вод.
8. Где и почему протекают процессы континентального засоления?
9. Где и почему протекают процессы криогенеза?
10. Где протекает биогенный этап формирования состава воды?
11. Геохимическая обстановка вод и параметры, контролирующие ее характер.
12. Гидрогеохимические барьеры
13. Гидрогеохимические признаки и предпосылки потенциальной рудоносности недр.
14. Гидрогеохимические поиски рудных месторождений.
15. Eh подземных вод.
16. Изотопный состав подземных вод.
17. Изучение степени равновесия подземных вод с минералами пород.
18. Интенсивность водной миграции.
19. Использование гидрогеохимических данных при оценке структурно-тектонических особенностей территорий.
20. Историческая справка о развитии гидрогеохимических исследований и становлении гидрогеохимии как науки.
21. Классифицирование вод по химическому составу.
22. Климат и его роль в формировании состава природных вод.
23. Комплект карт, составляемых при гидрогеохимических поисках.
24. Латеральная гидрогеохимическая зональность.
25. Макрокомпонентный состав вод.
26. Методы изучения состава вод.
27. Методы исследований при гидрогеохимических поисках
28. Миграция химических элементов в водах. Микрокомпонентный состав подземных вод.
29. Микрофлора подземных вод.
30. Моделирование геомиграции.
31. Моделирование гидрогеохимических процессов.
32. Наименование вод по химическому составу.
33. Объекты опробования и правила отбора проб при гидрогеохимических поисках. Полевые камеральные работы.
34. Определение гидрогеохимического фона и степени аномальности.
35. Определение форм миграции компонентного состава вод.
36. Осаждение химических элементов из вод. Геохимические барьеры.
37. Основные процессы взаимодействия вод с рудными минералами.
38. Основные процессы обогащения вод химическими элементами при взаимодействии вод с карбонатами и алюмосиликатами.
39. Основные процессы, формирующие химический состав подземных вод.
40. Особенности взаимодействия вод с алюмосиликатами.

Радиогидрогеология и гидрогеохимия 4

41. Особенности районирования территорий по условиям ведения гидрогеохимических поисков.
42. От чего зависит состав атмосферных осадков?
43. От чего зависят окислительно-восстановительные условия?
44. Понятие - гидрогеохимические провинции.
45. Понятие чувствительность метода анализа вод.
46. Программные средства, используемые в гидрогеохимии
47. Равновесно-неравновесный характер взаимодействия системы вода-порода. Индекс агрессивности.
48. Распространенность химических элементов в земной коре.
49. Растворение карбонатов и равновесие вод с карбонатными минералами.
50. Рельеф и его роль в формировании состава природных вод.
51. Роль CO_2 в формировании состава подземных вод.
52. Роль сорбции и ионного обмена в формировании состава вод.
53. Связь общей минерализации и сухого остатка.
54. Состав морской воды.
55. Степень загрязнения подземных вод.
56. Условия применения и виды гидрогеохимических поисков.
57. Факторы водной миграции элементов.
58. Факторы формирования состава подземных вод.
59. Формирование состава вод месторождений полезных ископаемых.
60. Формирование состава подземных вод вулканогенно-гидротермального цикла.
61. Формирование состава седиментогенных вод.
62. Формы водной миграции.
63. Формы выражения результатов анализа вод.
64. Формы миграции химических элементов водах.
65. Циклы формирования состава подземных вод.
66. Чем отличается конгруэнтное растворение минералов от инконгруэнтного?
67. Что такое активность компонентов раствора?
68. Что такое рН раствора.
69. Этапы формирования состава подземных вод зоны гипергенеза

ЛИТЕРАТУРА

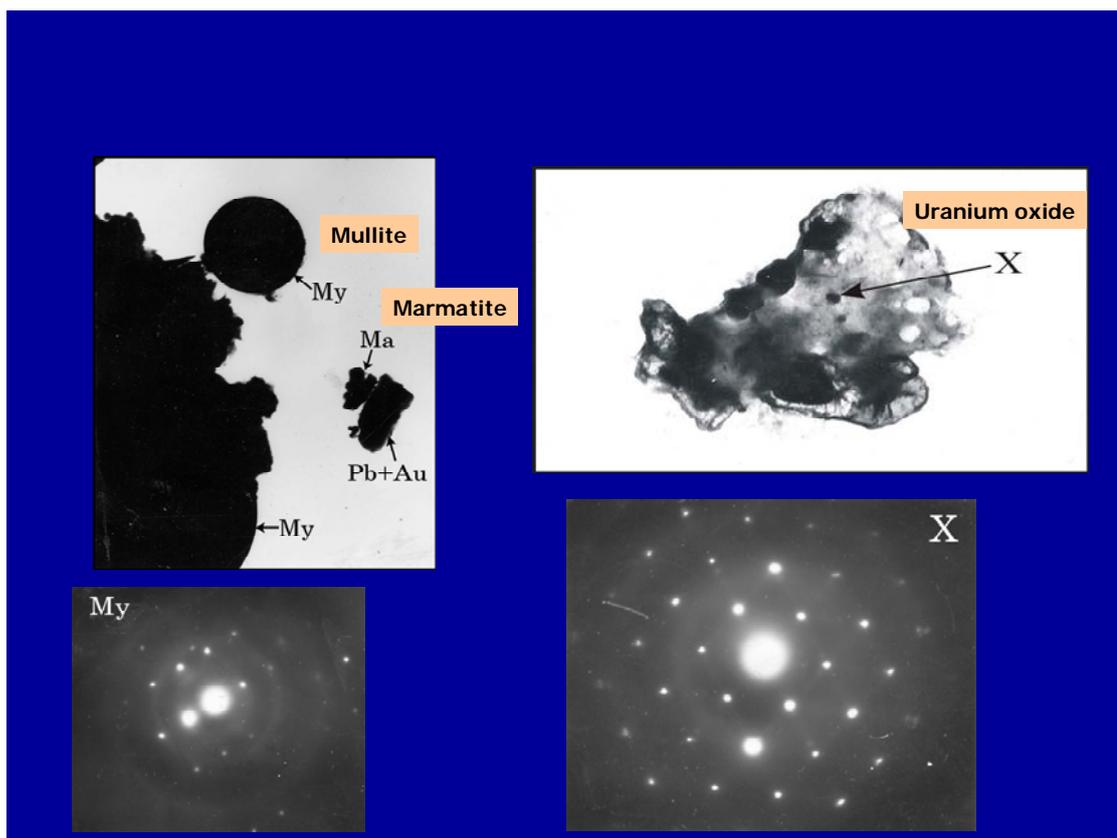
Основная

1. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1996. – 423 с.
2. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1993. – 384 с.
3. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
4. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н. Швец В.М. Геохимия подземных вод – М.: Недра, 2001
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. - М.: Недра, 1998.–366 с.
6. Бродский А.А. Основы гидрогеохимического метода поисков сульфидных месторождений. - М.: Недра, 1964.
7. Букаты М.Б., Шварцев С.Л. Методы обработки гидрогеохимической информации. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПИ, 1987. – 95 с.
8. Токарев А.Н., Куцель Е.А., Попова Т.П. и др. Радиогидрогеологический метод поисков месторождений урана. М.: Недра, 1975, 255 с.
9. Токарев А.Н., Щербаков А.В.. Радиогидрогеология М.: Госгеолтехиздат 1956, 263 с.

Дополнительная

1. Гидрогенные месторождения урана: Основы теории образования /Под редакцией А.И. Перельмана. М.: Атомиздат, 1980. 270 с.
2. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР. - Л.: Недра, 1986. - 240 с.
3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. - М.: Недра, 1965.
4. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений /Григорян С.В. и др. - М.: Недра, 1983.
5. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование.- М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000.- 608 с.
6. Климентов П.П., Овчинников А.М. Гидрогеология месторождений твердых полезных ископаемых. - М.: Недра, 1966.
7. Колотов Б.А. Гидрогеохимия рудных месторождений. - М.: Недра, 1992.
8. Кудрявцев В.Е. Предпосылки гидатогенного рудообразования. СПб. Изд-во ВСЕГЕИ. 1998.- 120 с.
9. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. Пер. с англ.- М.: Мир, 1976.- 498 с.
10. Лисицин А. К. Гидрогеохимия рудообразования (на примере экзогенных эпигенетических урановых руд). М., «Недра», 1975. 248 с.
11. Методическое руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений / П.А. Удодов, С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, В.М. Матусевич, Р.С. Солодовникова. - М.: Недра, 1973.- 184 с.
12. Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии. / Под ред. С.Р.Крайнова. – М.: Недра, 1988. – 254 с.
13. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений/Б.А. Колотов, С.Р. Крайнов, В.З. Рубейкин и др. - М.: Недра, 1983. - 199 с.
14. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высшая школа. 1989.- 528 с.

15. Плотников Н.И., Рогинец И.И. Гидрогеология рудных месторождений. - М.: Недра, 1987. - 285с.
16. Радиогидрогеологические исследования при прогнозировании и поисках урановых месторождений, связанных с зонами пластового окисления./Е.В.Анкудинов, А.Г.Арье, А.М.Боголюбов и др.- Л: Недра, 1988-168 с.
17. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. - М.: Недра, 1970. – 224 с.
18. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых /А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. Под редакцией А.П. Соловова. - М.: Недра, 1990.- 335 с.
19. Справочное руководство гидрогеолога. - Л.: Недра, 1979.-т.т.1 и 2.-807с.
20. Термодинамическое моделирование в геологии: минералы, флюиды, расплавы. / Р.К.Ньютон, А.Навротки, Дж.Вуд и др. – М.: Мир, 1992. – 534 с.
21. Требования к проведению геохимических исследований при ГСР-50. - М.: ИМГРЭ, ВСЕГЕИ, 1990.- 128 с.
22. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000 /А.А. Головин, Н.Н. Москаленко, А.И. Ачкасов, К.Л. Волочкович и др. - М.: ИМГРЭ, 2002.- 92 с.
23. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000 000/А.А. Головин, А.И. Ачкасов, К.Л. Волочкович и др. - М.: ИМГРЭ, 1999. - 276 с.
24. Удодов П.А., Копылова Ю.Г., Лукин А.А. и др. Гидрогеохимия. Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПИ, 1
25. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. I. Методы химического анализа вод. - М., 1977. - 831 с.



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Метрологические основы аналитических работ**
- 4. Основы пробоподготовки**
- 5. Методы изучения фазового состава радиоактивных руд и минералов**
- 6. Методы изучения элементного состава**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- устанавливать оптические, физические и физико-химические особенности минералов руд редких и радиоактивных элементов;
- выбирать комплекс аналитических методов для исследования эндогенных и экзогенных руд;
- выполнять электронно-микроскопический, люминесцентный и рентгено-структурный фазовый анализ;
- составлять схемы минералообразования.

1. Введение

Целью преподавания дисциплины является – подготовка специалистов в области урановой геологии с углубленным знанием методов исследования радиоактивных руд и минералов.

Основными задачами при изучении данного курса являются:

- получить теоретические знания о принципах и физических основах методов исследования радиоактивных руд и минералов;
- получить практические навыки работы с изучаемыми методами исследования;
- научиться правильно выбирать, применять и комплексировать изученные методы исследования для диагностики радиоактивных руд и минералов.

2. Вводная часть

Цель и задачи курса. Структура курса. Направления и возможности применения методов исследования вещественного и элементного состава. Классификации методов исследования. Основные тенденции развития методов исследования радиоактивных руд и минералов. Возможность комплексирования методов исследования. Рассмотрение методов исследования вещественного и минерального состава как составной и неотъемлемой части всего геологоразведочного процесса.

3. Метрологические основы аналитических работ

3.1. Метрологические характеристики.

- 3.1.1. Природа и типы погрешностей. Грубая, случайная, систематическая погрешности.
- 3.1.2. Метрологические характеристики аналитических методик. Предел определяемых содержаний, диапазон измеряемых содержаний, чувствительность методики, предел обнаружения, достоверность и точность результата измерений, воспроизводимость методики их правильность.
- 3.1.3. Требования к качеству аналитических работ. Разнообразие методик аналитических работ и их классификация в зависимости от значения их метрологических характеристик.
- 3.1.4. Аттестация аналитических методик.
- 3.1.5. Методика метрологического контроля. Внутрिलाбораторный и внешнелабораторный контроль.

3.2. Стандартные образцы состава. Номенклатура стандартных образцов состава минерального сырья. Аттестационные анализы стандартных образцов. Изготовление стандартных образцов.

4. Основы пробоподготовки

- 4.1. Подготовка проб для аналитических и минералогических исследований. Подготовка материала к анализу. Организация аналитического опробования. Понятие представительности. Дробление, истирание, расситовка, квартование. Предупреждения ошибок, вызванных загрязнением пробы.
- 4.2. Изготовление шлифов, аншлифов, брикетов и других препаратов. Этапы и основы методики изготовления. Современные приборы для шлифовки и полировки.

- 4.2.1. Изготовление шлифов и аншлифов.
- 4.2.2. Подготовка объектов для растровой электронной микроскопии.
- 4.2.3. Изготовление иммерсионных препаратов.
- 4.3. Подготовка пробы для качественного микрохимического анализа. Основные стадии подготовки проб.

5. Методы изучения фазового состава радиоактивных руд и минералов

- 5.1. Оптические методы изучения вещества. Понятие минераграфии. Задачи минераграфии.
 - 5.1.1. Определение отражательной способности. Понятие отражательной способности. Эталоны отражательной способности. Показатель отражения урановых минералов.
 - 5.1.2. Измерение микротвердости. Понятие твердости минералов. Методы изучения микротвердости и приборы.
 - 5.1.3. Определение показателя преломления. Иммерсионный метод. Показатель преломления кристалла. Характеристика урановых минералов.
- 5.2. Микрохимические реакции на уран и торий. Характерная особенность микрохимического анализа минералов урана и тория.
 - 5.2.1. Определение урана. Методики микрохимических определений урана в минералах и горных породах. Реакция с ферроцианидом калия (желтой кровяной солью). Обнаружение урана с помощью реактивов арсеназо (уранон). Обнаружение шестивалентного урана. Обнаружение четырехвалентного урана в присутствии TR, V, Al, Fe, Be и других элементов. Определение урана при помощи 8-оксихинолина (оксина). Определение урана (U^{6+}) при помощи флуоресцеина. Определение урана (U^{6+}) действием салицилата натрия $C_6H_4OHCOONa$. Реакция с ализарином S.
 - 5.2.2. Определение тория. Определение тория при помощи реактива торон. Определение тория с ализарином S (ализаринсульфонатом натрия).
- 5.3. Метод отпечатков. Применение метода. Методика исследований.
- 5.4. Люминесцентный анализ.
 - 5.4.1. Свойства люминесценции. Определение люминесценции. Классификации люминесценции.
 - 5.4.2. Фотолюминесценция. Классификация урановых минералов. Аппаратурная база.
- 5.5. Методы электронной микроскопии.
 - 5.5.1. Общие сведения об электронной микроскопии. Определение электронной микроскопии. Разновидности электронных микроскопов. Классы электронных микроскопов и их разрешающие способности.
 - 5.5.2. Просвечивающая электронная микроскопия. Определение просвечивающей электронной микроскопии. Физические основы методики просвечивающей электронной микроскопии. Устройство и принципы работы просвечивающего электронного микроскопа.
 - 5.5.3. Растровая электронная микроскопия. Определение растровой электронной микроскопии. Физические основы методики растровой электронной микроскопии. Устройство и принципы работы растрового электронного микроскопа.

- 5.5.4. Электронно-зондовый микроанализ. Задачи которые позволяет решать электронно-зондовый микроанализ. Оборудование используемое при электронно-зондовом микроанализе.
- 5.6. Термический анализ. Понятие и определение термического анализа. Разновидности термического анализа. Принципы работы и возможности дифференциально-термического анализа. Геометрические параметры. Термогравиметрия, метод дифференциальной термогравиметрии, метод термодилатометрии, метод термомагнитометрии, метод термоволюметрии, дифференциальная сканирующая калометрия, эманационный термический анализ
- 5.7. Рентгено-структурный анализ. Общие свойства рентгеновских лучей. Определение рентгено-структурный анализ. Аппаратурная база. Принципиальная основа метода.
- 5.8. Радиографические методы.
 - 5.8.1. Классификация радиографических методов. Терминология и классификация методов. Основные виды детекторов, применяемых для микрорадиографии.
 - 5.8.2. Макрорадиография. Понятие и методика макрорадиографических исследований.
 - 5.8.3. Микрорадиография. Задачи и методика микрорадиографических исследований. Количественное изучении при микрорадиографических исследований.
 - 5.8.4. Осколочная радиография (f-радиография). Основы осколочной радиографии. Методика осколочной радиографии. Необходимые условия и стадии подготовки образцов.

6. Методы изучение элементного состава

- 6.1. Перлово-люминесцентный анализ. Задачи решаемые перлово-люминесцентным анализом. Приготовление перлов. Определению урана в перле. Основные характеристики.
- 6.2. Спектральные методы. Характеристика спектральных методов.
 - 6.2.1. Эмиссионно-спектральный анализ. Определение эмиссионно-спектрального анализа. Принцип эмиссионно-спектрального анализа. Источника возбуждения. Основные этапы эмиссионно-спектрального анализа. Качественный и количественный спектральный анализ. Основные элементы спектрального прибора. Приборная база.
 - 6.2.2. Атомно-эмиссионно спектральный с индуктивно связанной плазмой. Основные характеристики метода. Принципы методики.
 - 6.2.3. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Основные характеристики метода. Области применения метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой Принципы методики. Приборная база. Устройство масс-спектрометра.
 - 6.2.4. Рентгеноспектральный анализ. Характеристика метода. Аппаратура и принципы ее работы.
- 6.3. Активационные методы. Понятие активационного анализа. Источники нейтронов.
 - 6.3.1. Нейтронно-активационный анализ. Определение нейтронно-активационный анализ и его разновидности. Методика нейтронно-активационный анализа. Полупроводниковые детекторы.

-
- 6.3.2. Метод запаздывающих нейтронов. Определение и основные принципы методики. Характеристики метода.
 - 6.3.3. Радиохимический анализ. Определение. Специфические особенности радиохимических методов. Разновидности метода.
 - 6.4. Радиометрические методы. Понятие радиометрических методов. Классификация методов.
 - 6.4.1. γ -спектрометрия. Основы метода. Решаемые задачи. Измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Выявление природы радиоактивности. Аппаратурная база.
 - 6.4.2. β -спектрометрия. Основы метода. Решаемые задачи. Аппаратурная база. Комплексный β - γ -метод.
 - 6.4.3. α -спектрометрия. Понятие и методические основы.

Лабораторные и практические занятия

Лабораторные занятия предполагают практическое использование теоретических знаний, полученных в процессе изучения курса «методы исследования радиоактивных руд и минералов». Предполагается, что на лабораторных занятиях магистранты будут решать поставленные преподавателем задачи, изученными методами, с целью научиться на практике использовать эти методы и целенаправленно комплексировать для решения вопросов, связанных с определением вещественного и элементного состава радиоактивных руд и минералов.

Предлагаемые лабораторные работы с элементами научных исследований, предназначены для самостоятельного выполнения магистрантами под руководством преподавателя.

Темы лабораторных занятий:

Лабораторная работа № 1 Радиометрические и гамма-спектрометрические исследования (определение общей радиоактивности и выявление природы радиоактивности).

Лабораторная работа № 2 Определение рудных минералов под микроскопом по их диагностическим свойствам.

Лабораторная работа № 3 Диагностика рудных минералов методом отпечатков.

Лабораторная работа № 4 Диагностика минералов урана и тория с помощью микрохимических реакций.

Лабораторная работа № 5 Анализ шлихов комплексом методов исследования.

Лабораторная работа № 6 Определение химического состава вещества локальным спектральным анализом с лазерным отбором пробы.

Лабораторная работа № 7 Определение минерального состава рентгеноструктурным анализом.

Лабораторная работа № 8 Люминесцентное исследование минералов.

Лабораторная работа № 9 Изучения характера распределения и форм нахождения элементов методом макрорадиографии.

Лабораторная работа № 10 Определение природы радиоактивности минералов по их микрорадиографиям.

Лабораторная работа № 11 Определение характера распределения и содержания элементов в минералах методом осколочной радиографии (f-радиографии).

Лабораторная работа № 12 Диагностика вещества комплексом методов.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Предусматривается углубленная самостоятельная проработка магистрантами отдельных проблемных вопросов методов исследования радиоактивных руд и минералов.

Программа включает:

1. Работа с учебной и научной литературой по теоретическим разделам курса. Углубленное изучение отдельных вопросов теории курса или теоретических основ некоторых специальных методов лабораторного исследования.
2. Проведение практических занятий в форме самостоятельной работы магистрантов под руководством преподавателя.
3. Индивидуальные задания по всем разделам курса, с введенными задачами повышенной сложности.
4. Изучение в полированных шлифах диагностических свойств главнейших рудообразующих минералов. Самостоятельно должно быть изучено порядка 50 наиболее распространенных минералов.
5. Изучение шлихообразующих минералов. Самостоятельно должно быть изучено порядка 50 шлихообразующих минералов.
6. Научно-исследовательская работа магистрантов (с обязательным выступлением на студенческой конференции).

Контрольные вопросы

1. Назовите методы изучения вещественного и элементного состава.
2. Перечислите основные метрологические характеристики.
3. Охарактеризуйте основные этапы пробоподготовки.
4. Назовите основные части рудного микроскопа.
5. Определение минераграфии.
6. Перечислите диагностические признаки минералов.
7. От чего зависит форма минеральных выделений, образующихся в процессе кристаллизации расплавов и растворов (кристаллических зерен).
8. Назовите основные методы измерения микротвердости.
9. Назовите виды микрохимических реакций на уран и торий.
10. Поясните суть метода отпечатков.
11. Назовите основные люминесцентные методы.
12. Назовите приборы люминесцентного анализа.
13. Назовите основные виды электронной микроскопии.
14. Назовите отличие просвечивающей и растровой микроскопии.
15. Какие задачи решает электронно-зондовый микроанализ.
16. Назовите методы термического анализа.
17. Охарактеризуйте метод дифференциально-термического анализа.
18. Какие задачи решают рентгено-структурный анализ.
19. Назовите современные приборы рентгено-структурный анализа.
20. Перечислите и охарактеризуйте наиболее используемые методы радиографических исследований.
21. Какие задачи решают радиографические методы.
22. Расскажите методику осколочной радиографии.
23. Какие задачи решает спектральный анализ.
24. Назовите разновидности спектрального анализа.
25. Назовите анализ, в котором применяют установки, содержащие ОКГ.
26. Какие задачи решает масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.
27. Приведите примеры современных активационных методов.
28. Перечислите основные этапы нейтронно-активационного анализа.
29. Назовите основные радиометрические методы.
30. Назовите современные радиометрические приборы.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Алимарин И.П., Фрид Б.И. Количественный микрохимический анализ минералов и руд. Практическое руководство. – М.: Госхимиздат, 1961. – 399 с.
2. Арнаутов Н.В., Глухова Н.М., Яковлева Н.А. Приближенный количественный спектральный анализ природных объектов: та блицы появления и усиления спектральных линий. – Новосибирск: Наука, 1987. – 104 с.
3. Галюк В.А. Руководство к лабораторным занятиям по курсу «Минералогия и геохимия радиоактивных элементов». – М.: Высшая школа, 1964. – 138 с.
4. Гецева Р.В., Савельева К.Т. Руководство по определению урановых минералов. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – 260 с.
5. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. /в 2-х томах, Т.2, - М: Недра, 1966, – 360 с.
6. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. – М.: Недра, – 1981. – 237 с.
7. Горобец Б.С., Гафт М.Л., Подольский А.М. Люминесценция минералов и руд. (Учебное пособие) – М.: Недра, 1989. – 53 с.
8. Дробышев А.И. Основы атомного спектрального анализа: Учебное пособие. – СПб.: изд-во С.-Петербург ун-та, – 1997. – 200 с.
9. Исаенко М.П., Афанасьева Е.Л. Лабораторные методы исследования руд. – М.: Недра, 1992.
10. Лазерный спектральный микроанализ: Методическое руководство по работе на ЛМА-10 с использованием МАЭС. – Томск: Изд-во ТПУ, – 2003. – 52 с.
11. Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов. / Под ред. Г. В. Остроумова. – М.: Недра, – 1979. – 400 с.
12. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: Методические указания к лабораторным работам для магистрантов специальности 130100 по программе «Урановая геология» / Сост. А.В. Волостнов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 48 с.
13. Методы исследования радиоактивных руд и минералов: учебное пособие / А.В. Волостнов – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 161 с.
14. Методы минералогических исследований. Справочник. / Под ред. А.И. Гинзбурга. – М.: Недра, 1985. – 480 с.
15. Михеев В.Н. Рентгенометрический определитель минералов. – М.: Гос. научн.-техн. изд-во, 1957. – 34 с.
16. Недома И. Расшифровка рентгенограмм порошков. – М.: Металлургия, 1975. – 56 с.
17. Определение содержания урана в минералах и горных породах по следам от осколков деления. Инструкция НИСАМ. – М.: МИНГЕО, 1974. – 28 с.
18. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. – Томск. Изд-во ТПУ, – 1997. – 410 с.
19. Соболева М.В., Пудовкина И. А. Минералы урана. Госгеолтехиздат, 1957. 408 с.
20. Справочник по радиометрии. / Под. ред. А.И. Колосова. – М.: Госгеолтехиздат, – 1957. – 198 с.
21. Текстуры и структуры урановых руд эндогенных месторождений. Под ред. Р.П. Петрова. – М.: Атомиздат, 1977. – 280 с.
22. Флеров Г.Н., Берзина И.Г. Радиография минералов, горных пород и руд. – М.: Атомиздат, 1979. – 224 с.
23. Юшко С.А. Методы лабораторного исследования руд. Учебное пособие для вузов.–5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 389 с.

24. Языков Е.Г., Рябцева Н.А., Методические указания «Лазерный спектральный микроанализ (ЛМА-10)», – Томск, Изд. ТПИ, – 1990. – 25 с.
25. Powder Diffraction File. ISPDS, International Centre for Diffraction Data. (ASTM). – (картотека Американского общества испытателей материалов ASTM). Наиболее полный рентгенометрический справочник.

Дополнительная

1. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Рентгено-структурный анализ, т.1, – М.: МГУ, 1964. – 489 с.
2. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород. Справочное пособие. – М.: Недра, 1985. – 511 с.
3. Жуковский А.Н. Высокочувствительный рентгенофлуоресцентный анализ с полупроводниковыми детекторами. – М.: Химия, – 1991. – 159 с.
4. Катченков С.М. Спектральный анализ горных пород. Л.: Недра, – 1964. – 272 с.
5. Косолец Ю.Г., Ставров О.Д. Локальный спектральный анализ в геологии. – М.: Недра, 1983. – 103 с.
6. Крейг Дж., Воган Д. Рудная микроскопия и рудная петрография. – М.: Мир, 1983. – 423 с.
7. Лебедева С.И. Определение микротвердости минералов. – М.: изд-во Академии наук СССР, – 1963. – 123 с.
8. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород: Учебник / М.А. Афанасьева, Н.Ю. Бардина, О.А. Богатикова. – М.: Логос, 2001. – 768 с.
9. Полуколичественное рентгенографическое определение минералов глинистых силикатов (слоистых силикатов). – М.: Ротапринт ВИМС, 1984. – 24 с.
10. Сарнаев С.И., Рихванов Л.П. Опыт по созданию эталона для определения урана методом f-радиографии // Радиографические методы исследования в радиогеохимии и смежных областях: Тез. докл. III Всесоюз. совещ. Новосибирск, 1991.
11. Фекличев В.Г. Диагностика минералов. Теория, методика, автоматизация. – М.: Наука, 1975. – 237 с.
12. Флейшер Р.Л., Прайс П.Б., Уокер Р.М. Треки заряженных частиц в твердых телах: Принципы приложения. В 3-х ч. Пер. с англ. Под общ. ред. Ю.А. Шуколюкова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 152 с.
13. Фролов В.В. Ядерно-физические методы контроля делящихся веществ. – М.: Энергоатомиздат, – 1989. – 184 с.
14. Шуколюков Ю.А. Деление ядер урана в природе. – М.: Атомиздат, 1970.
15. Якубович А.Л., Зайцева Е.И., Пржиягловский С.М. Ядерно-физические методы анализа горных пород. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, – 1982. – 264 с.

Геофизические методы при разведке и разработке урановых месторождений **6**



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Общие черты геохимии и геологии месторождений урана**
- 4. Петрофизика гидротермально-метасоматических образований**
- 5. Физико-геологические модели месторождений урана**
- 6. Геофизические методы при разведке месторождений урана**
- 7. Геофизические методы при эксплуатации урановых месторождений**
- 8. Заключение**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- анализировать проявленность месторождений редких и радиоактивных элементов в геофизических полях;
- интерпретировать специфику геофизических полей;
- использовать аэрогеофизические и другие дистанционные методы;
- проводить ядерно-физический каротаж;
- использовать ядерно-физические методы опробования;
- определять концентрацию урана и тория.

1. Введение

Преподавание дисциплины «Геофизические методы при разведке и разработке месторождений радиоактивного сырья» имеет целью формирования у студента целостной системы представлений, знаний и навыков по основным содержательным направлениям дисциплины.

В процессе ее изучения студент должен овладеть способами создания и анализа петрофизических и физико-геологических моделей месторождений урана, методами геофизических наблюдений, способами интерпретации геофизических аномалий на урановых месторождениях, навыками составления по геофизическим данным геологических карт, разрезов, прогнозирования рудных объектов и геофизического обеспечения разработки урановых месторождений.

2. Вводная часть

Место геофизических методов в процессе поисков, разведки и разработки месторождений урана.

3. Общие черты геохимии и геологии месторождений урана

Геохимия урана, формы нахождения в горных породах, поведение в осадочных, магматических, метаморфических и гидротермально-метасоматических процессах. Роль окислительно-восстановительных барьеров, долгоживущих разрывных нарушений, других рудоконтролирующих факторов.

Гамма-спектрометрический метод определения концентраций урана, тория и калия в горных породах.

4. Петрофизика гидротермально-метасоматических образований

Петрофизическая классификация рудных и жильных минералов.

Изменение физических свойств горных пород при их гидротермально-метасоматических преобразованиях. Петрофизика основных метасоматитов урановых месторождений: щелочных и кремне-щелочных метасоматитов, эйситов, березитов, аргиллизитов и карбонатитов.

5. Физико-геологические модели месторождений урана

Содержание физико-геологических моделей месторождений. Геологические, петрофизические и геофизические составляющие модели.

Физико-геологические модели (ФГМ) основных промышленных типов урановых месторождений. ФГМ метаморфогенных месторождений древних платформ (железо-урановые месторождения, урановые месторождения в альбититах).

ФГМ эндогенных месторождений складчатых областей (гидротермальные месторождения, связанные с андезит-диоритовой и гранит-липаритовой формациями) в лайковых поясах, палеовулканах и вулканических депрессиях, в трубках взрыва и некках, в контактовых зонах малых интрузий и карбонатно-терригенных отложениях.

ФГМ эндогенных месторождений активизированных областей (торий-урановые, титан-урановые, флюорит-урановые и мышьяково-урановые месторождения).

ФГМ экзогенных месторождений (эпигенетические инфильтрационные месторождения урана в терригенных и карбонатных отложениях, в угленосных породах, седиментационно-диагенетические урановые месторождения). Геофизическая типизация месторождений урана.

6. Геофизические методы при разведке месторождений урана

Геолого-геофизические условия локализации урановых месторождений. Изучение геофизическими методами зон глубинных разломов, метасоматитов, благоприятных рудовмещающих пород, восстановительных барьеров, межслоевых разрывов, структур палеовулканов и других рудоконтролирующих структур. Задачи и комплексы геофизических методов при разведке месторождений урана. Использование результатов аэрогеофизических исследований (магниторазведка, гамма-спектрометрия). Методы радиометрии и другие наземные геофизические работы. Геофизические исследования в скважинах. Геофизическое опробование в других горных выработках. Особенности задач и комплексов геофизических методов при разведке урановых месторождений различных промышленных типов.

7. Геофизические методы при эксплуатации урановых месторождений

Геофизический мониторинг разработки уранового месторождения. Задачи экологической геофизики на разрабатываемых месторождениях. Геофизическое обеспечение подземного скважинного выщелачивания. Петрофизика инфильтрационного и диффузионно-адсорбционного процессов. Геофизические исследования скважин и наземные геофизические работы с целями изучения геологического разреза и задания рядов закачных и откачных скважин. Геофизическое слежение за процессом подземного скважинного выщелачивания. Особенности геофизического обеспечения подземного выщелачивания урана из месторождений в скальных горных породах.

8. Заключение

Лабораторные и практические занятия

Перечень лабораторно-практических работ*

- Работа 1.* Электрический каротаж методом кажущегося сопротивления (КС).
- Работа 2.* Метод потенциалов собственной поляризации.
- Работа 3.* Гамма-каротаж.
- Работа 4.* Нейтронные методы исследования скважин.
- Работа 5.* Литологическое расчленение геологического разреза.
- Работа 6.* Расчет коэффициентов радиоактивного равновесия в урановых рудах.
- Работа 7.* Определение границ и мощности рудных тел.
- Работа 8.* Определение содержания урана.
- Работа 9.* Оценка фильтрационных свойств рудовмещающих горных пород по результатам геофизических исследований скважин.
- Работа 10.* Определение скорости фильтрации пластовых вод по данным резистивиметрии.

* На примерах урановых месторождений Казахстана и России.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

1. Выполнение курсовой работы

Выполняется курсовая работа с обобщенным названием **«Прогноз петрофизической и геофизической характеристики уранового месторождения»** с индивидуальным заданием каждому студенту по конкретному месторождению. Исходным материалом является опубликованная в рекомендуемой литературе [5,8,9] геология одного из месторождений Казахстана.

Рекомендуемые месторождения (варианты заданий).

Эндогенные месторождения: Ишимское, Камышовское, Шакпакское, Молодежное, Дубровское, Викторовское, Акканбурлукское, Балкашинское, Восток, Звездное, Тушинское, Дергачевское, Грачевское, Казачихинское, Чаглинское, Абайское, Славянское, Коксорское, Заозерное, Тастыкольское, Межозерное, Глубинное, Шатское, Агашское, Маныбай, Аксу, Кербайское, Южно-Маныбайское, Круглое.

Экзогенные месторождения: Кызылсай, Ботабурум, Джусандалинское, Курдай, Колгуты, Мынкудук, Инкай, Жалпак, Уванас, Канжуган, Моинкум, Карамурун, Заречное, Кызылколь, Сулучекинское, Кольджатское, Нижнеийское, Меловое, Гранитное.

2. Подготовка к лабораторно-практическим занятиям и написание по ним отчетам.

3. Подготовка к рубежным контрольным работам.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Бойцов В.Е. Геология месторождений урана. М.: Недра, 1989.
2. Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С., Номоконова Г.Г. Физика горных пород: Учебник для вузов. Томск: Изд-во ТПУ, 2006.
3. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач /Под редакцией В.Е. Никитского, В.В. Бродового. М.: Недра, 1987.
4. Ларионов В. В., Резванов Р. А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. М.: Недра, 1988.
5. Петров Н.Н., Язиков В.Г., Аубакиров Х.Б., Плеханов В.Н., Вершков А.Ф., Лухтин В.Ф. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные). Алматы: Гылым, 1995.
6. Петрофизика: Справочник: В 3 кн. /Под ред. Н. Б. Дортман, А. А. Молчанова. М.: Недра, 1992. Кн. 1. Горные породы и полезные ископаемые; кн. 2. Техника и методика исследований; кн. 3. Земная кора и мантия.
7. Рудные месторождения СССР. Т.2. /Под ред. В.И.Смирнова. М.: Недра, 1974. 8. Урановые месторождения Казахстана /Н.Н. Петров, В.Г. Язиков, Б.Р. Берикболов, А.Ф. Вершков и др. Алматы, 2000.
8. Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. Алматы, 2001.

Дополнительная литература

1. Геология и генезис месторождений урана в осадочных и метаморфических толщах. М.: Недра, 1980.
2. Гравиразведка. Справочник геофизика. /Под ред: Е.А.Мудрецкой. М.: Недра, 1981.
3. Гречухин В. В. Изучение угленосных формаций геофизическими методами. М.: Недра, 1980.
4. Комаров В. А. Электроразведка методом вызванной поляризации Л.: Недра, 1980.
5. Крупенников В.А., Толкунов А.Е., Хорошилов Л.В. и др. Геологические структуры эндогенных урановых рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1986.
6. Ларионов В. В., Резванов Р. А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. М.: Недра, 1988.
7. Магниторазведка: Справочник геофизика. /Под ред. В.Е. Никитского, Ю.С.Глебовского. М.: Недра, 1980.
8. Мейер В. А., Ваганов П. А. Основы ядерной геофизики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985.
9. Рихванов Л.П. Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований (на примере Алтае-Саянской складчатой области)-Новосибирск: Изд-во СОРАН, филиал «Гео», 2002.
10. Семёнов А. С. Электроразведка методом естественного электрического поля. - М.: Недра, 1968.
11. Скважинная ядерная геофизика. М.: Недра, 1990.
12. Филиппов Е. М. Ядерная разведка полезных ископаемых. - Киев: Наукова думка, 1978.
13. Хмелевской В. К. Основной курс электроразведки. Ч. 2. М.: Изд-во МГУ, 1971.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозэкологии

7



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. История открытия и изучения радиоактивности**
- 3. Радиоактивность как всеобщее свойство материи**
- 4. Единицы измерения радиоактивности**
- 5. Методы и средства измерения радиоактивности.**
- 6. Методы оценки дозовых нагрузок**
- 7. Основные радиационно-опасные факторы природного и техногенного характера**
- 8. Воздействие радиоактивного излучения на биоту и человека**
- 9. Нормирование допустимых доз облучения**
- 10. Проблема радиоактивных отходов (РАО)**
- 11. Организация и методы контроля за радиационной обстановкой**
- 12. Основные геохимические свойства естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ)**
- 13. Распространенность естественных радионуклидов в главных минералах и основных типах горных пород**
- 14. Распределения запасов радиоактивного сырья по континентам, странам и типам пород**
- 15. Основные геолого-промышленные типы месторождений радиоактивного сырья**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- исследовать распределение природных и техногенных радионуклидов;
- устанавливать природу радиационной опасности;
- анализировать радиозащитную ситуацию в районах функционирования горнодобывающих и перерабатывающих комплексов;
- осуществлять радиозащитный мониторинг;
- применять методы обращения с радиоактивными отходами.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

1. Введение

Основной целью данной учебной дисциплины является получение знаний об одном из всеобщих свойств материи-радиоактивности и её материальных носителях - радиоактивных элементах, а также о тех проблемах которые возникают в процессе использования данного явления и данных элементов для удовлетворения основных потребностей человека.

При этом, должно быть получено целостное, взаимосвязанное представление о том, что общая радиационная обстановка формируется как при участии естественных, так и техногенных факторов, что радиация существует везде и всюду, а её действие на биологические объекты носит как позитивный так и негативный характер.

На основании полученных знаний, обучающийся должен быть способен анализировать радиозащитную обстановку, складывающуюся в том или ином регионе, предприятии, уметь прогнозировать развитие ситуации, в том числе с созданием теоретических моделей, например, по оценке дозовых нагрузок и т.д. и на основании этого разрабатывать программы инженерно-технического и социально-экономического характера.

В процессе изучения данной дисциплины магистранты должны получить умение и навыки пользования научно-технической картографической и справочной информацией, измерения радиоактивности и концентрации радионуклидов в природных объектах, методикой их обработки и интерпретации.

Основной задачей изложения дисциплины является:

1. В доступной форме обобщить и довести до магистранта основные представления и понятия по проблеме радиоактивности и радиоактивным элементам, степени их опасности для человека.
2. Убедить, что радиоактивные элементы являются "всюидными" и, что они одновременно являются "добром и злом".
3. Показать, что существует разумный компромисс в использовании радиоактивных элементов и их свойства-радиоактивности и безопасностью существования биологических видов и человека. А возникающие при этом противоречия, часто носят субъективный характер, когда человеческий фактор не ставится во главу угла, когда политические проблемы главенствуют над нравственными.

2. История открытия и изучения радиоактивности

История открытия и изучения радиоактивности. Основные этапы: А. Беккерель, 1896г. Случайность или закономерность открытия явления радиоактивности. М. Кюри, П. Кюри, Э. Резерфорд, О. Ганн, Г. Штрассман, Г.Н. Флеров и др. Индуцированное и спонтанное деление ядер. Радиоактивность как переход от неустойчивого состояния ядра атома в устойчивое.

3. Радиоактивность как всеобщее свойство материи

Радиоактивность как всеобщее свойство материи. Альфа-бета-частицы, гамма-излучение. Период полураспада. Общая классификация радиоактивных элементов: естественные, техногенные, осколочные элементы и элементы активации. Ряды естественной радиоактивности: урана-238; урана-235, тория-232. Продукты распада естественных радионуклидов. Газообразные продукты распада: радон, торон,

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

антонон, радиоактивное равновесие. Радий - как продукт распада урана. Цепочки распадов техногенных радионуклидов. Общие физические свойства альфа-, бета-, гамма-излучений. проникающая способность, независимость распада от температуры и давления. Выделение тепла. Влияние радиоактивности на физическое состояние вещества: свечение, сцинтилляция, деполимеризация, разрушение кристаллической решетки, радиоактивное "гало", почернение фотоэмульсии, изменение оптических свойств, радиолиз воды, ионизация воздуха, Химические реакции и др.

4. Единицы измерения радиоактивности

Единицы измерения радиоактивности Кюри (Ки) - как активность 1г Ra. Беккерель (Бк) - как один распад радионуклида в 1 секунду. Соотношение между Ки и Бк. Кратные единицы радиоактивности. Удельная активность: Ки/кг; Бк/кг и т.д. Площадная активность: Ки/м², Ки/км², Бк/м² и т.д. Понятие о суммарной эффективной удельной активности. Суммарная эффективная удельная радиоактивность строительных материалов. Переход от удельной активности к площадной от весовых концентраций радионуклидов к удельной активности. Соотношение между площадной активностью (Ки/км²) и мощностью экспозиционной дозы (мкР/час), на примере Cs¹³⁷.

Объемная концентрация активности: Ки/м³, Бк/дм³ и т.д. Эман, Махе.

Понятие об экспозиционной дозе ионизирующего излучения. Рентген как единица экспозиционной дозы гамма-излучения в воздухе. Мощность экспозиционной дозы. Р/ч, Р/сек, А/кг. Кратные единицы мР, мР/ч, МКР/г и т.д. Гамма-постоянная радионуклида.

Поглощенная доза - как энергия излучения, поглощенная единицей массы вещества: Дж/кг=1 Грей (Гр). Рад. 1 рад=0.01 Гр. Мощность поглощенной дозы: Гр/ч, Гр/сек, Гр/год рад/час и т.д.

Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) излучения. Линейная потеря энергии (ЛПЭ), коэффициент качества излучения (ККИ).

Эквивалентная доза - как поглощенная доза с учётом ККИ. Биологический эквивалент рентгена (БЭР). Зиверт (Зв) как единица эквивалентной дозы. Соотношение Зв и Бэр. Мощность эквивалентной дозы Зв/ч, Зв/сек, мЗв/ч, мкЗв/ч и т.д.

5. Методы и средства измерения радиоактивности

Методы и средства измерения радиоактивности. Ионизационный, люминесцентный, оптический, фотографический, калориметрический, химический. Радиометры, дозиметры, спектрометры. Полевые, лабораторные (стационарные), индивидуальные.

Метрологические параметры аппаратуры. Контроль за метрологическими параметрами. Поверка и эталонировка аппаратуры. Образцовые Государственные источники и стандартные образцы состава (ОСГИ, СОС и т.д.). Понятие о государственном реестре средств измерения.

6. Методы оценки дозовых нагрузок

Методы оценки дозовых нагрузок. Прямые и расчётные методы. Внешнее и внутренне облучение организма. Стандартные, физиологические параметры

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

среднестатистического человека. Классификация радионуклидов по особенностям распределения в организме человека: остеотропные, тканевые ретикулоэндотелиальные, избирательно-накапливающиеся, равномерно распределяющиеся.

Обобщённые модели миграции и путей облучения человека. Причины ошибок в установлении дозовых нагрузок аппаратными и расчётными методами: неравномерность распределения и поступления радионуклидов, сочетанное внутреннее и внешнее облучение, сложный энергетический спектр радионуклидов, недоучёт всех факторов радиоактивного воздействия.

Методы прямого определения радионуклидов в человеке. Счётчик импульсов человека (СИЧ).

Биологические методы дозиметрии: метод хромосомных аберраций, микроядерный тест, электронный парамагнитный резонанс (ЭПР-спектрометрия). Преимущества методов биодозиметрии перед прямыми физическими измерениями и расчётными данными. Метод определения поглощенных доз внешнего гамма-излучения по спектрам ЭПР - как гостированный метод. ГОСТ Р22.3.04-96.

7. Основные радиационно-опасные факторы природного и техногенного характера. Гамма-, бета-альфаизлучающие радионуклиды. Их сравнительная степень опасности.

1. Радон (Rn) - альфаизлучающий газ без запаха и цвета. Основные источники радона: почва, горная порода, вода, природный газ. Особенности накопления в помещениях. Сезонные и суточные колебания. Проблемы измерения концентрации. Мгновенная и экспозиционная (суточная, месячная и годовая) концентрации. Биологическая опасность радона. Лёгочная ткань как основной объект воздействия. Нормирование уровней накопления радона в зданиях. Методы защиты.
2. "Горячая" частица - как техногенное образование любого радионуклидного и химического состава размером до 50 мкм и удельной активностью $\geq 4\text{Бк}$. Природа "горячих" частиц. "Горячие" частицы как основной неконтролируемый фактор альфа- и бета облучения внутренних органов и тканей человека.
3. Плутоний (Pu) - как основной альфа-излучатель техногенного характера. Источники поступления. Уровни накопления. Проблемы измерения.
4. Тритий (H3) - как основной бета-излучатель клетки. Природные и техногенные источники поступления. Уровни накопления.
5. Углерод-14 (C14) - как основной бета-излучатель в клетке. Природные и техногенные источники поступления. Уровни накопления. А.Д.Сахаров о радиационной опасности C14.
6. Криптон-85 (Kr-85) - как бета-излучатель. Миф о безвредности инертного радиоактивного газа. Источник поступления. Уровни накопления. Последствия для природной среды: облучение кожных тканей, повышение электропроводности атмосферы.
7. Радиоактивный йод (I-131, I-129) - как основной радиационный фактор воздействия на щитовидную железу, особенно в условиях природной недостаточности йода. Источники поступления. Уровни накопления. Сравнительная радиационная опасность I-131 ($T_{1/2}=8$ суток) и I-129 ($T_{1/2} \sim 15$ млн. лет), выход в реакциях деления 99 и 1%, соответственно.

8. Цезий-137 (Cs-137) - как основной контролируемый и нормированный гамма-излучатель. Источники поступления и уровни накопления. Сравнительная биологическая опасность с альфа-и бета-излучателями.
9. Стронций-90 (Sr-90) - как основной контролируемый нормированный бета-излучатель. Источники поступления. Уровни накопления.

8. Воздействие радиоактивного излучения на биоту и человека

Воздействие радиоактивного излучения на биоту и человека. Радиоактивность как фактор позитивного и негативного воздействия. Опыты А.А. Дробкова, А.М. Кузина и др. Механизмы воздействия радиации на клетки. Прямые (физические) и косвенные (химические). Эффекты заряженных частиц, электрического взаимодействия, физико-химического и химического изменения (свободные радикалы, радикал-перекись O₂ и т.д.), биологического изменения (клеточные эффекты, эффект Петко и др.). Радиобиологические изменения на молекулярном (повреждение ферментов и т.д.), субклеточном (повреждение ядер, хромосом), клеточном (трансформация клеток и т.д.), тканевом уровнях. Соматический и генетический характеры воздействия. Отдалённые генетические, тератогенные и канцерогенные эффекты. Беспороговая и пороговая гипотезы эффекта воздействия ионизирующего излучения на организмы. Принцип "доза-эффект-риск". Понятие о высоких, средних и малых дозах радиации (облучение). Летальные дозы ионизирующего облучения. Формы проявления радиационного синдрома.

9. Нормирование допустимых доз облучения

Нормирование допустимых доз облучения. Нормирование территорий по уровню радиационного загрязнения. Тенденции в изменении допустимой дозы облучения населения за последние 100 лет. Генетически значимая доза облучения в эволюции Земли. Степень приемлемого риска.

10. Проблема радиоактивных отходов (РАО)

Проблема радиоактивных отходов (РАО). Классификация радиоактивных отходов на высоко-, средне- и низкоактивные (ВАО, САО, НАО) отходы. Твердые и жидкие РАО. Изменение концепции обращения с РАО в историческом масштабе времени: разбавление до приемлемо безопасных уровней (слив в реки, море), захоронение контейнеров в мировом океане, хранение в озёрах и т.д.

Современные концепции захоронения ВАО и ОЯТ: кондиционирование (сжигание, прессование, отверждение) и захоронение в геологические формации и в приповерхностные сооружения (шурфо-скважины, каньоны и т.д.). РАО - как техногенные месторождения. Инженерная, физическая и химическая защита РАО.

Требования к выбору мест под строительство хранилищ ВАО (Сейсмичность района, гидрогеологические и геологические особенности района, тип пород, наличие месторождений, близость к населённым пунктам и т.д.).

Проблемы захоронения жидких РАО в геологические формации. Преимущества (аналог естественных гидрогенных месторождений, нет прямого воздействия на биоту и человека и т. д.) и недостатки (отсутствие долговременного опыта хранения, нарушение технологий выбора площадок и технологий закачек)

Альтернативные способы хранения и удаления: захоронение РАО в центре

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

планеты, удаление в космос, трансмутация радионуклидов, сжигание некоторых радионуклидов в котлах внутреннего сгорания с замкнутым топливно-энергетическим циклом, захоронение РАО в глубоководных илах дна Океана.

11. Организация и методы контроля за радиационной обстановкой

Организация и методы контроля за радиационной обстановкой. Основная нормативная база. Предупредительный и текущий надзор. Задачи текущего контроля. Контроль за глобальным и региональным загрязнением. Аэрогамма-спектрометрия как основной метод. Преимущества и недостатки. Природные планшеты.

Контроль за радиационной обстановкой на территориях, прилегающих к объектам ядерного технологического цикла. Санитарно-защитная зона (СЗЗ), зона наблюдения (ЗН), зона контроля (ЗК). Периодичность, масштабы и объем исследования в СЗЗ, ЗН, и ЗК. Системы автоматизированного контроля радиационной обстановки (АСКРО).

Организация контроля за радиационной безопасностью строительных материалов и жилых помещений. Организация и методы контроля за радоном.

12. Основные геохимические свойства естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ)

Основные геохимические свойства естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ), обусловленные строением ядра и электронных оболочек. Близость ионных радиусов U^{+4} , Th^{+4} , TR , Zr , Y и их изоморфизм. Особенности U^{+6} . Уранил-ионный комплекс - как главная причина разнообразия урановых минералов в природе.

Различия в миграционных особенностях Th^{+4} и U^{+6} . Величина торий-уранового отношения как индикатор изменения физико-химических параметров среды.

Формы нахождения ЕРЭ в природе. Главные методы их определения.

13. Распространенность естественных радионуклидов в главных минералах и основных типах горных пород

Распространенность естественных радионуклидов в главных минералах и основных типах горных пород. Кларк естественных радионуклидов. Основные черты геохимии урана и тория в магматическом процессе. Взаимосвязь их содержания с кремнекислотностью. накопление в остаточных расплавах. Величина торий-уранового отношения как индикатор условий формирования магматических пород и их рудоносности.

ЕРЭ в процессах осадкообразования. Взаимосвязь содержания ЕРЭ с терригенной и пелитовой составляющей в породах морских и озёрных фаций. Особенности накопления в породах прибрежно-морских и дельтовых фаций. Взаимосвязь содержания ЕРЭ с фосфатными и органическими веществами. ЕРЭ в углях.

ЕРЭ в процессах контактового и регионального метаморфизма. Взаимосвязь уровня накопления ЕРЭ с фациями метаморфизма.

ЕРЭ в процессах эпигенетического и метасоматического преобразования пород. Изменение уровня накопления, интенсивное перераспределение, изменение величины торий-уранового отношения и форм нахождения радиоактивных элементов.

ЕРЭ в гидротермальных минералах. Естественные радиоактивные элементы, как индикаторы эпигенетического преобразования пород и рудоносности.

14. Особенности распределения запасов радиоактивного сырья по континентам, странам и типам пород

Особенности распределения запасов радиоактивного сырья по континентам, странам и типам пород. Главные страны и фирмы, осуществляющие добычу радиоактивного сырья. Основные страны потребители сырья и главные области использования. Экономические ограничения использования того или иного вида сырья. Отходы радиоактивного сырья как главная проблема развития ядерной энергии.

15. Основные геолого-промышленные типы месторождений радиоактивного сырья

- 15.1. Урановые и железо-урановые месторождения в метасоматитах (альбититах) зон древней активизации щитов (украинский тип).
- 15.2. Титан-урановые, золото-урановые месторождения в калиевых метасоматитах (гумбеитах) зон мезозойской активизации щитов (алданский тип).
- 15.3. Гидротермальные урановые и фосфор-урановые месторождения в березитах, эйситах, тектонических зон в пределах гранито-гнейсовых куполов и их обрамления (северо-казахстанский тип).
- 15.4. Гидротермальные урановые и молибден-урановые месторождения в аргиллизитах, березитах, эйситах областей континентального вулканизма (стрельцовский тип).
- 15.5. Урановые, золото-урановые месторождения зон структурно-стратиграфического несогласия (атабасский тип).
- 15.6. Комплексные урановые месторождения зон пластового окисления (инфильтрационные месторождения коры выветривания) в мезо-кайнозойских терригенных породах артезианских бассейнов и палеорусел (чу-сарысуйский тип).
- 15.7. Уран-угольные месторождения (илийский тип).
- 15.8. Урановые месторождения на испарительных и геохимических барьерах (йилирийский тип).
- 15.9. Месторождения «порфирирового типа», как тип будущих источников урана.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты **7**

Лабораторные и практические занятия

1. Изучение техники безопасности при работе с радиоактивными веществами. Работа по изучению норм радиационной безопасности (НРБ-99), правил транспортировки радиоактивных веществ и др.
2. Измерение объемной активности радона и его дочерних продуктов распада в воздухе рабочих помещений.
4. Определение природы радиоактивности образцов с использованием полевых гамма-спектрометров.
5. Определение объемной активности Cs^{137} , K^{40} в почвах и водах на установке типа РУГ.
6. Оценка факторов радиационного риска конкретных территорий на основе изучения специальных карт (из комплекта геологического атласа России (1997)).
7. Изучение коллекций руд основных геолого-промышленных типов месторождений радиоактивного сырья.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Данная программа предполагает выполнение серий лабораторных и практических занятий в часы расписания, а также самостоятельную работу по поиску информации через сеть Internet и через справочно-информационные базы библиотек ТПУ по проблемам радиозащиты, необходимую для написания реферата, а также просмотр видеофильмов по проблемам радиозащиты.

Реферат является обязательным видом самостоятельной работы. Он является одной из контрольных точек. Темы рефератов выбираются самостоятельно и их содержание определяется, прежде всего, интересом магистранта. Ориентировочный круг тем рефератов обозначен ниже.

Возможные темы рефератов и научно-исследовательской работы

1. Мария Кюри. История женщины-матери, ученой, гражданина.
2. Радиоактивность и радиоактивные элементы как всеобщее свойство материи.
3. Изменение параметров радиоактивности среды за исторический период нашей эры.
4. История создания и испытания ядерного оружия.
5. Последствия испытаний ядерного оружия в атмосфере для биосферы.
6. Атомная энергетика - как альтернативный источник энергии для человечества.
8. Анализ основных преимуществ и недостатков ядерной энергетике. "За" и "против" атомной энергетике.
9. Курение и радиоактивность.
10. Энергетика, основанная на использовании угля и радиоактивность окружающей среды.
11. Радон. Распространенность, источник. Вред и польза.
12. Аппаратура и методы измерения параметров радиоактивности среды.
13. Проблема "горячих" частиц в атмосфере.
14. Радиоактивность атмосферы.
15. Радиоактивность воды.
16. Радиоактивность почв.
17. Радиоактивность продуктов питания.
18. Радиоактивность минералов.
19. Радиоактивность пород.
20. Радиация и жизнь.
21. Радиозащитные проблемы территорий (Вашей области, района, населённого пункта, бассейна, реки, региона, Вашего производства).
22. Возможны ли приемлемые варианты обращения с радиоактивными отходами?
23. Месторождения урана - как природный прототип зон захоронения радиоактивных отходов.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

Контрольные вопросы и задания

1.

1. Понятие о радиоактивности.
2. Общая характеристика методов оценки дозовых нагрузок на человека.
3. Понятие "горячие частицы". В чём их радиационная опасность?
4. Что Вы понимаете под урановыми месторождениями типа несогласия?

2.

1. Единицы измерения радиоактивности.
2. В чём сущность беспороговой гипотезы эффекта воздействия радиации на организм?
3. Тритий - как радиационно-опасный фактор.
4. Охарактеризуйте в чём заключается сходство и различие гидротермальных урановых месторождений в складчатых областях?

3.

1. Классификация радиоактивных элементов.
2. Предельно допустимые дозы облучения на организм человека. Каковы основные тенденции в изменении этих нормативов?
3. Трансурановые элементы - как радиационно-опасный фактор.
4. Чем Вы объясняете большое разнообразие урановых минералов в природе?

4.

1. Цепочки радиоактивного распада естественных радионуклидов.
2. Нормирование дозовых нагрузок на организм человека.
3. Углерод-14-как радиационно-опасный фактор.
4. С какими химическими элементами отмечается совершенный изоморфизм тория?

5.

1. Понятие об экспозиционной дозе ионизирующего излучения.
2. Индикаторные виды заболеваний человека от воздействия радиации.
3. Sr^{90} - как радиационно-опасный фактор.
4. Назовите главные геохимические особенности урана и тория в магматическом процессе.

6.

1. Поглощённая и экспозиционная доза радиоактивного облучения.
2. Эффект воздействия радиации на ткани, организмы и клетки.
3. Cs^{137} - как радиационно-опасный фактор.
4. Охарактеризуйте особенности урановых месторождений украинского типа.

7.

1. Взаимосвязь между величиной линейной потери (ЛПЭ) и коэффициентом качества излучения.
2. Соматические и генетические последствия действия радиации на организм.
3. Радон - как радиационно-опасный фактор.
4. Охарактеризуйте особенности урановых месторождений алданского типа.

8.

1. Единицы активности радионуклида.
2. Раскройте сущность определения дозовой нагрузки на человека по эмали зубов.
3. Криптон-85 - как радиационно-опасный фактор.
4. Основные черты геохимии урана и тория в процессах регионального метаморфизма.

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозэкологии 7

9.

1. Удельная, объемная и площадная активности радионуклидов.
2. Внешнее и внутреннее облучение организма. Какой вид радиоактивного излучения наиболее опасен для внутреннего облучения?
3. Радиоактивный йод - как радиационно-опасный фактор.
4. Особенности накопления урана и тория в гранулометрическом ряду терригенных отложений морских фаций.

10.

1. Понятие о суммарной эффективной удельной активности. В каких случаях она наиболее широко применяется?
2. В чём сущность концепции "доза-эффект-риск"?
3. Уран - как радиационный и химический фактор опасности.
4. В чём заключается индикаторная роль величины отношения тория к урану?

11.

1. Отличие между понятием "Рад" и "Бэр", "Грей" и "Зиверт". В каких случаях они могут быть одинаковыми?
2. В чём выражается двойственный характер воздействия радиации на живые организмы?
3. Основные источники радиационного загрязнения поверхностных вод.
4. Какова взаимосвязь радиоактивных элементов с содержанием фосфора и органического вещества?

12.

1. Какой аппаратурой измеряется МЭД, поглощенная и экспозиционная дозы?
2. Охарактеризуйте основные биологические методы определения дозовых нагрузок на организм человека.
3. Возможные источники повышенной радиационной опасности в районах нефте- и газодобычи.
4. Особенности поведения урана при гидротермальной переработке пород.

13.

1. Дать понятие "Кюри" и "Беккерель". Показать соотношение между ними.
2. В чём заключается сущность пороговой концепции воздействия радиации на организм человека?
3. Радиационно-опасные факторы в районах проведения подземных ядерных взрывов.
4. Охарактеризуйте урановые месторождения стрельцовского (забай-кальского) типа.

14.

1. Для каких целей применяется понятие гамма-постоянная радиоизотопа?
2. В чём заключается разница в воздействиях высоких и малых доз радиации?
3. Основные радиационно-опасные факторы в зонах проведения испытаний ядерного оружия.
4. Охарактеризуйте месторождения "порфирирового типа". Почему их называют месторождениями будущего?

15.

1. Назовите основные коротко-, средне- и долгоживущие радионуклиды техногенной природы.
2. Как Вы охарактеризуете понятие "малая доза" радиации?
3. Основные радиационно-опасные факторы, возникающие в жилых домах при нарушении норм радиационного контроля за строительными материалами.
4. Опишите механизм формирования месторождений урановых зон пластового окисления (инфильтрационных).

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

16.

1. Назовите основные осколочные и активационные элементы, образующиеся во время ядерного взрыва.
2. Понятие о высоких, средних и малых дозах радиации.
3. Основные радиационно-опасные факторы при разработке урансодержащих руд.
4. Охарактеризуйте урановые месторождения "калькретового" и "гипсокретового" типов. На каком типе геохимического барьера они образуются?

17.

1. Охарактеризуйте основное принципиальное различие изотопов йода 131 и 129.
2. В чём заключается недостаток расчётных модельных определений дозовых нагрузок?
3. Основные радиационно-опасные факторы в зоне влияния предприятий ядерного топливного цикла.
4. Основные формы переноса урана поверхностными и подземными водами.

18.

1. В чём сходство и различие радона, торона и актинона?
2. В чём заключается недостаток прямых физических методов определения дозовых нагрузок?
3. Основные радиационно-опасные факторы, которые могут существовать в районах размещения "могильников" радиоактивных материалов.
4. Основные формы переноса урана в гидротермальных процессах.

19.

1. Сравните между собой активности 1 грамма радионуклидов Cs^{137} , Si^{90} , U^{235} , K^{40} .
2. Модели путей миграции и облучения организма.
3. Основные радиационно-опасные факторы, которые могут возникнуть при захоронении жидких радиоактивных отходов в геологические формации.
4. К каким последствиям может привести отсутствие знаний о коэффициенте радиоактивного равновесия? Как Вы его понимаете?

20.

1. По какому физическому параметру производится идентификация гамма-излучающих компонентов в их смеси?
2. Классификация радионуклидов по особенностям распределения в организме.
3. При использовании каких минеральных удобрений могут возникать радиационно-опасные факторы и какие именно?
4. Классификация основных типов урановых месторождений.

Тестовые вопросы контрольной работы после изучения первой части дисциплины

1. 1 Ки – активность какого радиоактивного изотопа (1 балл):

- | | |
|------------|--------------------------|
| U^{238} | <input type="checkbox"/> |
| Th^{232} | <input type="checkbox"/> |
| K^{40} | <input type="checkbox"/> |
| Ra^{226} | <input type="checkbox"/> |
| Rb^{87} | <input type="checkbox"/> |

2. Коэффициент $3,7 \cdot 10^{10}$ применяется для перехода от внесистемной единицы измерения к системной (1 бала):

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Активности | <input type="checkbox"/> |
| Экспозиционной дозы излучения | <input type="checkbox"/> |

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты

7

- Мощности экспозиционной дозы
- Поглощенной дозы
- Эквивалентной дозы

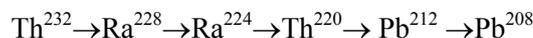
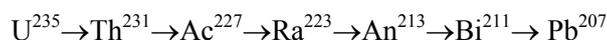
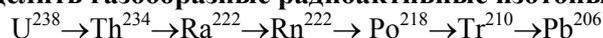
3. Отметьте внесистемные единицы мощности дозовых нагрузок (4 бала).

- | | | | |
|--------|--------------------------|-------|--------------------------|
| А\кг | <input type="checkbox"/> | Рад | <input type="checkbox"/> |
| Р\сек | <input type="checkbox"/> | Бэр | <input type="checkbox"/> |
| Грей | <input type="checkbox"/> | Кл/кг | <input type="checkbox"/> |
| Зиверт | <input type="checkbox"/> | Р | <input type="checkbox"/> |

4. Каков на Ваш взгляд правильный ряд по длине пробега частиц и гамма-квантов 1; 2 3 4 (1 балл).

- 1) α : γ : β :n
- 2) γ : β : α :n
- 3) n: α : γ : β
- 4) α : β : γ :n

5. Выделить газообразные радиоактивные изотопы в рядах (3 балла):



6. Период полураспада ($T^{1/2}$) это ядерно-физическая величина 1; 2 3 4 (1 балл):

- 1) один акт распада в секунду
- 2) масса радионуклида, делённая на атомную массу
- 3) доля общего числа атомов, распадающихся в секунду
- 4) время необходимое для того, чтобы распалась половина атомов данного радиоактивного элемента.

7. Какие существуют единицы измерения радиоактивности и мощности дозы в системе СИ? (1 балл):

- а) Кюри, рад, бэр
- б) Кюри, грей, бэр
- в) Беккерель, рад, бэр
- г) Беккерель, зиверт, грей

8. какие частицы испускаются при α -распаде?

- а) e^-
- б) p^+
- в) n^0
- г) β^+
- д) 2_4He

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

9. Наиболее биологически опасным видом излучения является (2 балла)?

- а) α
- б) β
- в) γ
- г) ρ
- д) n

10. Основными характеристиками, определяющими опасность излучения для биологических тканей являются (3 балла)?

- 1. химический состав радионуклида
- 2. период полураспада
- 3. массовый номер радионуклида
- 4. вид излучения
- 5. положение в ряду радиоактивного распада
- 6. энергия излучения

11. Какой параметр почв необходимо учитывать при переходе от удельной активности радионуклида к его площадной активности? (2 балла)

- 1. влажность
- 2. пористость
- 3. объемный вес
- 4. температура
- 5. содержание калия

12. Укажите естественные радиоактивные изотопы. (6 баллов)

- | | | | |
|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| U^{238} | <input type="checkbox"/> | Th^{232} | <input type="checkbox"/> |
| Cs^{137} | <input type="checkbox"/> | Ra^{226} | <input type="checkbox"/> |
| Co^{60} | <input type="checkbox"/> | Rn^{222} | <input type="checkbox"/> |
| Sr^{90} | <input type="checkbox"/> | J^{131} | <input type="checkbox"/> |
| K^{40} | <input type="checkbox"/> | P^{32} | <input type="checkbox"/> |
| Rb^{87} | <input type="checkbox"/> | Pu^{239} | <input type="checkbox"/> |

13. Гамма-постоянная радионуклида позволяет переходить от (1 балл):

- 1. удельной активности к площадной
- 2. объемной активности к удельной
- 3. экспозиционной дозы к поглощенной
- 4. мощности экспозиционной дозы к активности радионуклида

14. У какого вида радиоактивного излучения линейная потеря энергии в биологической ткани выше? (1 балл)

- а) α
- б) β
- в) γ
- г) n^0

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты

7

15. К остеотропным радионуклидам относятся (2 балла):

- H^3
 C^{14}
 Cs^{137}
 Sr^{90}
 P^{32}

16. К избирательно-накапливающимся радионуклидам в определённых органах и тканях, относятся (3 балла):

- | | | | |
|------------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| La^{140} | <input type="checkbox"/> | J^{131} | <input type="checkbox"/> |
| Ce^{144} | <input type="checkbox"/> | Fe^{59} | <input type="checkbox"/> |
| K^{40} | <input type="checkbox"/> | Co^{60} | <input type="checkbox"/> |
| J^{129} | <input type="checkbox"/> | | |

17. Наиболее объективным методом оценки дозовой нагрузки на человека является: (1 балл):

1. метод прямого измерения дозиметрами
2. расчетный метод
3. метод прямого измерения счетчиком импульсов человека (СИЧ)
4. метод биодозиметрии

18. Какой из указанных строительных материалов является максимально потенциально радиационно опасным? (3 балла):

1. саман
2. кирпич
3. дерево
4. бетон с наполнителем из базальта
5. с наполнителем из гранита
6. гранитные блоки
7. фосфогипсовые блоки

19. В здании, построенном на каком основании, можно ожидать максимальную концентрацию радона? (2 балла)

1. на глиняном
2. на песчаном
3. на диоритовом
4. на гранитном
5. на базальтовом

20. В каких помещениях жилого здания, изготовленного из одного и того же строительного материала, будет максимальная концентрация радона? (3 балла)

- | | | | |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| 1. коридор | <input type="checkbox"/> | 5. кухня | <input type="checkbox"/> |
| 2. ванная | <input type="checkbox"/> | 6. подсобное помещение | <input type="checkbox"/> |
| 3. спальня | <input type="checkbox"/> | 7. подпол | <input type="checkbox"/> |
| 4. гостиная | <input type="checkbox"/> | | |

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты 7

21. Какой из радиоактивных α -излучающих газов наиболее опасен? (1 балл)

- 1. радон
- 2. актинон
- 3. торон

22. Какой из радиоактивных элементов являются долгоживущими ($T^{1/2} > 10$ лет)? (3 балла)

- Ru¹⁰⁶
- J¹³¹
- Co⁶⁰
- Sr⁹⁰
- J¹²⁹
- Zr⁹⁵
- Na²⁴
- Cs¹³⁴

23. Какой из радионуклидов йода наиболее опасен? (1 балл)

- J¹²⁹
- J¹³¹
- J¹³²
- J¹³³

24. В каком интервале почв по глубине концентрируется около 75-90% запасов радионуклидов. (2 балла)

- 0-5 см
- 0-10 см
- 5-15 см
- 10-20 см
- 20-50 см

25. Термин «горячая частица» введён по параметрам: (1 балл)

- а) температуры
- б) размерам
- в) активности
- г) активности и температуры
- д) активности и размерам

26. Основные дозообразующие радионуклиды (β -излучатели, α -излучатели; γ -излучатели в зоне влияния предприятий ядерного топливного цикла. (9 баллов)

β	α	γ
Na ²⁴	U ²³⁸	Cs ¹³⁷
H ³	Pu ²³⁹	Mn ⁵⁴
C ¹⁴	Rn ²²²	Cu ⁶⁴
Sr ⁹⁰	Po ²¹⁰	Th ²³²
P ³²	Am ²⁴¹	Ra ²²⁶
J ¹²⁹		Ru ¹⁰⁶
J ¹³¹		
Kr ⁸⁵		

Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты

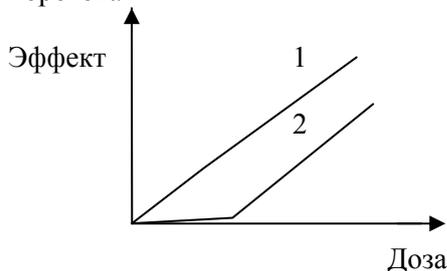
7

27. Какой физический параметр необходимо учитывать при безопасном хранении радиоактивных отходов? (1 балл)

- 1. влажность
- 2. давление
- 3. температура
- 4. объем
- 5. плотность

28. Каким гипотезам эффекта воздействия ионизирующей радиации соответствуют кривые (проставить цифру. (2 балла)

- беспороговая
- пороговая



29. Выберите тип кривой, соответствующий

- курящему (>20 сигарет в сутки)
- курящему (<20 сигарет в сутки)
- и некурящему человеку

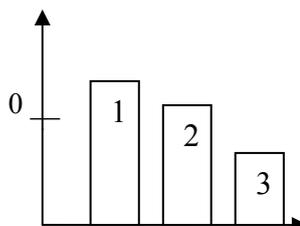
Проставьте номер (3 балла).



30. Определите категории (3 балла):

- курящих женщин
- некурящих женщин
- живущих с курящими мужьями
- некурящих женщин, живущих с некурящими мужьями

Частота заболевания раком



Максимальное количество баллов – 67

Оценочный уровень знаний:

Отлично > 50 баллов; Хорошо – 40-50 баллов;

Удовлетворительно – 35 баллов; Неудовлетворительно < 35 баллов

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Авдонин В.С., Бойцов В.Е. и др. Месторождения металлических полезных ископаемых. - М., Геоинформмарк, 1998.
2. Бойцов В.Е. Геология месторождений урана. - М., Недра, 1989.
3. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиозащиты*). - Томск, издание ТПУ, 1997.
**Примечание. Существует электронный вариант книги.*
4. Игнатов П.А., Верчеба А.А. Радиозащита. - М., изд-во МГГА, 1994.
5. Суслин В.П. Лекции по радиационной экологии и гигиене. - Новосибирск, 1996.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96).-М.,1996.

Дополнительная

1. Атом без грифа "секретно". Книга 1.-М.,1992; Книга 2. - М., 1996.
2. Биоиндикация радиоактивных загрязнений. - М., Наука, 1999.
3. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. - М., 1990.
4. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиационные выбросы в биосфере. Справочник. - М., Энергоатомиздат, 1991.
5. Кузин А.П. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли. - М., Наука, 1991.
6. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиозащита после Чернобыля. - М., Мир, 1999.
7. Радиация: дозы, эффект, риск. - М., Мир, 1988.
8. Ядерная энциклопедия. - М., 1996.
9. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник. - Л., Химия, 1990.
10. Моисеев А.А., Иванов В.П. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. - М., Атомиздат, 1974 или другие года изданий.
11. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Том 6. - М., Недра, 1994.
12. Яблоков А.В. Ядерная мифология. Заметки эколога об атомной индустрии. - М., Наука, 1997.
13. Радиационное наследие холодной войны. - М., Зелёный Крест, 1999.

Периодические издания

Научно-информационный журнал по радиационной экологии "АНРИ".
Радиобиология. Журнал РАН.
Радиохимия. Журнал РАН.

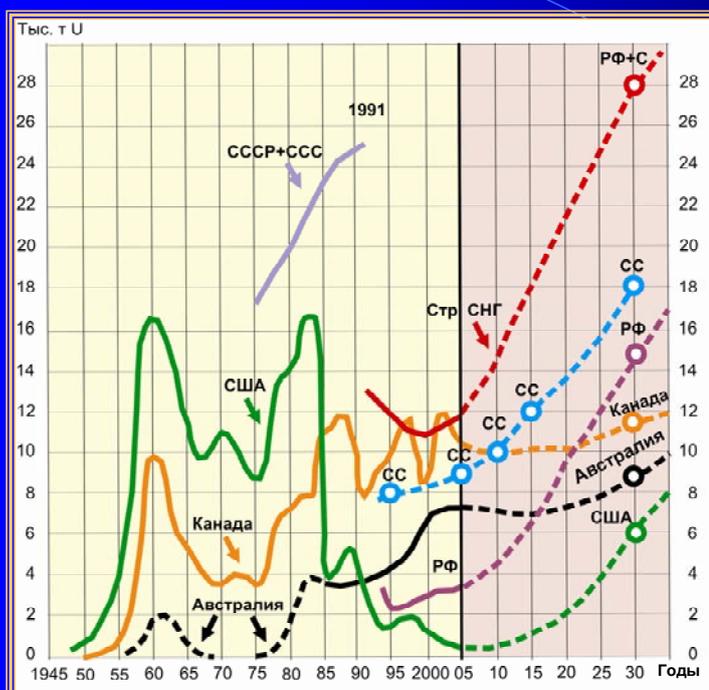
Некоторые адреса в сети Internet и электронной почты

- [http:// WWW.usgs.gov](http://WWW.usgs.gov) (Сервер геологической службы США, информация по радону, радиозащиты США).
- <http://WWW.atomsafe.ru> (Бюллетень программы ядерная и радиационная безопасность).
- <http://WWW.grida.no/ngo/bellona/> (Информация объединения "Белуна" по ядерной безопасности).

Рациональная методика прогнозирования, поисков и геолого-экономической оценки месторождений руд редких и радиоактивных элементов

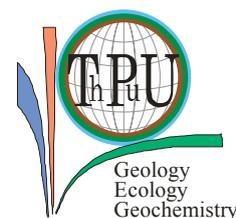
8

Динамика добычи урана (1945-2005 гг., прогноз до 2030 г.)



Прогноз 2030 г.

- Австралия - 8-10 т.т/год
- Канада - 10-12 т.т/год
- США - 6-8 т.т/год
- РФ - 15-20 т.т/год
- Страны Содружества:
 - Казахстан - 15 т.т/год
 - Узбекистан - 3 т.т/год
 - Украина - 2 т.т/год



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Прогнозирование и поиски месторождений руд редких и радиоактивных элементов (МРРРЭ) (Часть 1)**
- 3. Геолого-экономическая оценка месторождений руд редких и радиоактивных элементов (МРРЭ) (Часть 2)**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- определять:
 - прогнозные и поисковые критерии и признаки урановых и редкометалльных месторождений различных геолого-промышленных типов;
 - минералого-геохимические признаки месторождений;
 - условия ведения геолого-разведочных работ в различных ландшафтных условиях;
- использовать комплекс дистанционных методов прогнозирования и поисков;
- оценивать прогнозные ресурсы;
- составлять:
 - топографические планы и схемы;
 - геологические планы, схемы, карты, разрезы и погоризонтные планы при карьерной и подземной отработке и разведке месторождений на основе первичной документации обнажений, горных выработок и керна скважин;
- проводить опробование полезных ископаемых и других объектов в т.ч., с использованием радиометрических и других геофизических методов с последующей оценкой качества масштабов проявлений полезных ископаемых;
- выполнять подсчёт запасов.

1. Введение

В преподавании современных основ поисков и разведки развиваются идеи и традиции научной школы в области методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, в том числе радиоактивного сырья, созданной трудами В.М. Крейтера, М.Н.Альбова, П.Л. Каллистова, А.Б. Каждана, М.В. Шумилина, В.И. Красникова С.В. Григоряна, И.С Васильева, Ф.Н. Шахова, В.К. Черепнина, И.В. Кучеренко, Л.П. Рихванова, В. Г. Язикова, Бойцова и многих других.

Изучение дисциплины предполагает знания в области физики, химии, общей, исторической, структурной геологии, минералогии, петрографии, геологии полезных ископаемых.

Учебный процесс по дисциплине ориентирован на обучение магистрантов способности логически строго и аргументировано мыслить и умению излагать в письменной и устной форме освоенные знания, используя обширные эмпирические материалы, сведения из области других наук.

При изучении теоретического материала магистрантам необходимо научиться понимать закономерности формирования месторождений радиоактивных руд (МРР), условия залегания рудных тел и применительно к этому формировать рациональный прогнозно-поисковый и разведочный комплексы. Главное внимание на лабораторных занятиях сосредоточено на обучении магистрантов грамотно формировать комплекс поисково-разведочных работ и геолого-экономической оценки. Магистранты работают с картами поисковых площадей, планами и разрезами месторождений.

Цель учебной дисциплины.

Дисциплина призвана формировать у магистрантов способность понимать, анализировать и исследовать закономерности формирования МРС, ориентироваться в вопросах промышленной типизации месторождений полезных ископаемых и экономики минерального сырья, правильно выбирать рациональный комплекс исследований.

Изучивший дисциплину магистрант должен знать:

- государственную систему изучения недр;
- основные принципы изучения недр;
- критерии рудоносности;
- геологическое строение, условия залегания и образования типовых месторождений важнейших видов полезных ископаемых;
- принципы промышленной типизации месторождений полезных ископаемых;
- ведущие промышленные типы радиоактивного сырья (СР);
- области промышленного использования важнейших для экономики страны и мира металлических и неметаллических полезных ископаемых, требования потребителей к их качеству и количеству, запасы, добыча их в мире и в России;
- роль сибирских регионов в обеспечении РС потребностей страны и экспорта по видам металлических и неметаллических полезных ископаемых;
- цены на минеральное сырье по видам, ожидаемые тенденции изменения цен;
- методы и методику проведения прогнозных и поисковых работ;
- общие методологические положения разведки;
- опробование тел полезных ископаемых;

- технические средства поисков и разведки;
- методика подсчёта запасов основных и сопутствующих компонентов;
- основные принципы эколог-геолого-экономической оценки МРР.

Изучивший дисциплину магистрант должен уметь:

- составлять обзоры по экономике радиоактивного минерального сырья на основе опубликованных и фондовых материалов;
- определять промышленно-генетический тип МРР;
- проектировать рациональный комплекс поисковых и разведочных работ основываясь на принципе достижения максимальной эффективности при минимальных затратах;
- производить оконтуривание и подсчёт запасов;
- производить эколог-геолого-экономическую оценку МРР.

Задачи учебной дисциплины

Для достижения поставленных целей дисциплины магистрантам необходимо:

- усвоить понятийную базу дисциплины;
- изучить принципы промышленно-генетической классификации МРР;
- усвоить классификацию месторождений по сложности геологического строения и понятие стадийности геолого-разведочных работ;
- научиться проектированию рационального комплекса прогнозно-поисковых и разведочных работ, применительно к типу полезного ископаемого;
- производить расчёты по эколог-геолого-экономической оценке МРР;
- изучить области промышленного использования, требования промышленности (потребителей) к качеству, технологические типы и сорта минерального сырья, состояние минерально-сырьевой базы, объём добычи в мире, в России, в восточных районах страны, цены продуктов переработки радиоактивного минерального сырья на мировом рынке.

Содержание теоретического раздела

1. Разработка и совершенствование учения о геологических предпосылках (закономерностях) как основы для геологических прогнозов, разведки и геолого-экономической оценки месторождений.
2. Совершенствование методов крупномасштабных геологических прогнозов как основы для проектирования эффективной разведки месторождений и их оценки.
3. Разработка новых более точных и эффективных методов теоретических исследований в разведочном деле, в частности экспериментального и математического методов для прогнозирования геолого-промышленных параметров месторождений полезных ископаемых.
4. Разработка методов геолого-экономической оценки месторождений на всех стадиях поисков и разведки.
5. Разработка эффективных методов (и их комплексов) для поисков и разведки закрытых (слепых) залежей и месторождений.
6. Разработка принципиально новых методов геологической документации геологоразведочных выработок и её обработки с привлечением компьютерных технологий.
7. Совершенствование и разработка новых методов опробования полезного ископаемого в целях наиболее эффективного, полного и комплексного использования сырья.

8. Совершенствование и разработка новых видов поисковой и разведочной техники, экологически чистых технологий добычи.
9. Совершенствование организации поисков и разведки.
10. Совершенствование методов геолого-экономической оценки МПИ.

В каждом из этих направлений имеется большое число тем и комплексных проблем, которые требуют исследования.

В учебном плане подготовки специалистов геологов уранового профиля в течении двух, семестров предусмотрено изучение дисциплины «Рациональная методика прогнозирования, поисков и геолого-экономической оценки месторождений руд редких и радиоактивных элементов».

Дисциплина состоит из двух частей:

Часть 1. Прогнозирование и поиски руд редких и радиоактивных элементов.

Часть 2. Геолого-экономическая оценка месторождений руд редких и радиоактивных элементов.

По дисциплине предусмотрен минимально необходимый объем лабораторных работ и выполнение курсового проекта

2. Прогнозирование и поиски месторождений руд редких и радиоактивных элементов (МРРРЭ) (Часть 1)

2.1. Основы прогнозирования и поисков.

2.1.1. Введение.

Основные определения. История развития научного направления и учебной дисциплины в России, в ТПУ. Основные научные школы. Связь с базовыми дисциплинами. Научная и учебная литература, периодические и информационно-справочные издания.

Виды радиоактивного сырья (РС) и комплекс требований к их изученности. Критерии промышленной ценности минеральных скоплений (качество, количество и технологические свойства РС, горно-геологические условия эксплуатации, геоэкологическое и географо-экономическое положение).

2.1.2. Государственная система изучения недр и учёта МРР.

Закон РФ «О недрах». Система лицензирования пользования недрами. Этапность и стадийность геологоразведочных работ. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов полезных ископаемых, в том числе МРР.

Функции, структура и деятельность МПР РФ. Органы управления государственным фондом недр. Функции и деятельность федерального горного и промышленного надзора России (Госгортехнадзор).

Функции и деятельность Государственной (ГКЗ) и территориальных комиссий (ТКЗ) по запасам. Росгеолфонд и территориальные геологические фонды. Государственный кадастр и государственные сводные балансы запасов

2.1.3. Основные принципы изучения недр.

История возникновения принципов. Принцип - как краткое выражение накопленных знаний и традиций. Актуальность следования принципам: рациональный подход и критический анализ.

Принцип последовательных приближений. Стадийность геологоразведочных работ. Целевое назначение стадий.

Принцип аналогии. Подобие характеристик объекта-эталона и изучаемого объекта, Создание объектов-эталонов на различных стадиях геологоразведочных работ при решении прогнозных, поисковых и разведочных задач.

Принцип выборочной детализации. Представительность и типичность участков детализации Зависимость оптимальных объёмов и степени детализации от различных факторов.

Принцип необходимости и достаточности.

Рациональное сочетание всех принципов на различных стадиях геологоразведочных работ.

2.1.4. Геологоразведочные наблюдения.

Содержание понятия - геологоразведочное наблюдение Точка наблюдения, линия наблюдения. Ориентировка геологоразведочных наблюдений. Правила ориентировки. Основные ситуации ориентировки

Привязка геологоразведочных наблюдений. Требования к точности привязки. Способы привязки. Поисковые и разведочные сети -и планы

Содержание понятия - масштаб исследований. Выбор масштаба исследований. Используемые стандарты масштабов. Кратность в соотношении смежных масштабов.

2.1.5. Иерархия структурных уровней оруденения. Основные закономерности размещения рудных образований в структурах земной коры

Особенности изучения недр, Недоступность недр для непосредственного наблюдения, Необходимость выборочного изучения. Неоднородность недр Неоднородности высоких и низких порядков.

Системный подход к изучению недр. Иерархия структурных уровней оруденения. Характеристика уровней и их взаимоотношение Рекомендуются масштабы изучения. Неоднородность распределения запасов и ресурсов в пределах уровней.

Закономерности размещения РС в структурах земной коры. Соотношение между крупными, средними и мелкими месторождениями в пределах рудных провинций. Связь между масштабами залежей месторождений, полей, узлов, районов, областей и провинций

2.1.6. Критерии рудоносности РС.

Определение критериев рудоносности и их классификация Предпосылки рудоносности и их характеристика. Признаки рудоносности и их характеристика. Масштаб проявления критериев. Соразмерность критериев рудоносности с масштабами и объёмами геологоразведочных работ.

Сочетание благоприятных критериев и признаков, как условие достоверности прогнозирования потенциальной рудоносности недр.

2.1.7. Природные условия ведения геологоразведочных работ.

Определение понятия «природные условия» применительно к МРР. Типы основных региональных структур, их распространенность и краткая характеристика условий эрозионного вскрытия геологических формаций и связанных с ними месторождений. Легкооткрываемые и труднооткрываемые месторождения. Типы рельефа и его основные характеристики.

Биоклиматическая зональность, характер растительного покрова, формирование почв, основные черты геохимии ландшафтов, интенсивность экзогенных процессов. Аридные и гумидные области, ландшафтно-географические зоны и основные их характеристики Характер четвертичного покрова. Автохтонные и аллохтонные образования. Критическая мощность рыхлых отложений, представительный горизонт опробования. Основные типы площадей в зависимости от типа и мощности рыхлых образований.

Рациональная методика прогнозирования, поисков

Принципы ландшафтного районирования и картографирования природных условий. Основные компоненты ландшафта. Элементарный ландшафт. Методика составления ландшафтных карт.

Вопросы для самопроверки

Каковы цели и задачи курса?

Назовите основные критерии ценности минеральных образований.

Назовите основные компоненты ландшафта.

Охарактеризуйте основные принципы изучения недр.

Основные закономерности размещения рудных образований в структурах земной коры?

Раскройте содержание понятия - геологоразведочное наблюдение.

Дайте расширенную трактовку понятия «природные условия».

Назовите типы рельефа и его основные характеристики.

Биоклиматическая зональность, что это?

Основные принципы ландшафтного районирования и картографирования природных условий.

2.2. Методы и методики проведения прогнозных и поисковых работ РС.

Обзор существующих методов, их систематизация. Применимость методов на различных этапах и стадиях работ.

2.2.1. Этапы и стадии геологического изучения недр.

Этап I. Работы общего геологического назначения. Региональное геологическое изучение недр. Объекты изучения, цель работ, основной конечный результат. Назначение, содержание и результаты комплекса площадных и профильных работ общего геологического и специального назначения. Содержание карт, базы данных, банки информации, принципы оценки перспективности территорий.

Этап II. Поиски и оценка месторождений. Назначение, объекты исследований, содержание и результаты работ. Применяемый комплекс исследований. Содержание карт, схем и планов. Принципы оценки площадей и геолого-экономической оценки выявленных объектов.

Этап III. Разведка и освоение месторождений. Содержание работ этого этапа раскрывается в разделе 2.1.1

2.2.2. Методы прогнозных и поисковых работ.

Аэрокосмические съёмки поверхности и исследование природных ресурсов Земли. Доступ отечественных потребителей к материалам космических исследований. Аэросъёмки поверхности Земли и поиски МОИ. Виды аэросъёмок, комплексирование методов.

Геолого-минералогические методы поисков. Назначение, условия применения, содержание методов. Обработка данных и анализ результатов. Геолого-экономическая эффективность методов.

Радиометрические и гамма-спектрометрические методы поисков. Физическая основа методов. Воздушные, наземные и глубинные методы. Назначение и условия применения методов. Масштабы и методика работ. Обработка результатов и принципы выделения аномалий. Проверка аномалий. Эффективность методов.

Термолюминесцентный метод выявления аномалий радиоактивности. Физические основы, применяемые детекторы, методика работ.

Геохимические и радиогеохимические методы поисков РС. Систематизация методов. Общая характеристика, методика работ, эффективность методов.

Рациональная методика прогнозирования, поисков

Поиски по радону и продуктам его распада. Эманационный, эманационно-трековый методы, метод САН (способ активного налёта) Назначение и условия применения методов. Отбор проб, оценка «фона» и выделение аномалий. Проверка аномалий. Эффективность методов.

Исследование изотопного состава свинца для оценки перспектив рудоносности поисковых площадей и структур.

Метод радиационных дефектов. Назначение, условия и сущность применения метода. Отбор, обработка и анализ проб Возможности метода при оценке рудоносных структур.

2.2.3. Комплексирование прогнозно-поисковых методов

Принципы комплексирования методов в зависимости от назначения и масштабов исследований генетических и промышленных типов месторождений и природных условий ведения работ. Принципы последовательности и сочетания методов

2.2.4. Методика оценки радиоактивных аномалий и проявлений РС.

Объекты исследования. Рациональные комплексы оценочных методов на примере промышленных типов МРР (виды масштабы, очерёдность, объёмы работ). Оценка радиоактивных аномалий (РА): цели, задачи виды и последовательность работ, представление результатов. Примеры оценки РА в различных природных условиях, возможные причины ошибок.

2.2.5. Совершенствование технологии обработки поисковой информации с позиции системного подхода.

Повышение эффективности обработки данных прогнозных и поисковых работ. Обработка информации с применением ГИС-технологий. Последовательная генерализация, применяемые размеры палеток возможность изучения и выявления новых нетрадиционных критериев рудоносности и их комплексный учёт. Геоинформационные системы и технологии обработки прогнозно-поисковой информации.

2.2.6. Обоснование прогнозных ресурсов

Прогнозные ресурсы. Требования, предъявляемые к прогнозным ресурсам. Обзор методов и способов количественной оценки прогнозных ресурсов эколого-геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов.

Вопросы для самопроверки

Назовите этапы и стадии геологического изучения недр.

Охарактеризуйте методы аэрокосмической съёмки поверхности и исследование природных ресурсов Земли.

Назовите модификации геолого-минералогических методов поисков РС.

Сущность радиометрических и гамма-спектрометрических методов поисков РС.

Особенности термолюминесцентного метода выявления аномалий радиоактивности.

Перечислите основные методы радиогеохимических поисков.

В чём заключается принцип комплексирования прогнозно-поисковых методов.

Назовите основные принципы оценки РА и проявлений РС.

В чём заключается совершенствование технологии обработки поисковой информации с позиции системного подхода?

Обоснование прогнозных ресурсов, в чём его суть?

3. Геолого-экономическая оценка месторождений руд редких и радиоактивных элементов (МРРРЭ) (Часть 2)

3.1. Теоретические и методологические основы геолого-экономической оценки

3.1.1. Общие методологические положения разведки

Стадийность разведочных работ. Этап III. Разведка и освоение месторождения. Стадия 5. Разведка месторождения. Стадия 6. Эксплуатационная разведка. Цели и задачи разведки. Объекты изучения, виды, последовательность и масштабы работ. Государственная экспертиза и контроль. Основы учёта и классификация запасов. Балансовые и забалансовые запасы, принципы их выделения Категории запасов и требования к ним.

3.1.2. Опробование

Основные определения: проба, область воздействия пробы Механические пробы и геофизические замеры. Несоизмеримость объёмов отдельных проб с объёмами опробуемых геологических масс. Геологоразведочные параметры, устанавливаемые с помощью опробования.

Влияние объёма, формы и размеров (геометрии) проб на характеристики изменчивости содержаний. Взаимосвязь оценок содержаний химических элементов (минералов) в породах и рудах с геометрией опробуемого пространства.

Зависимость дисперсии, содержаний от формы проб Оценка степени влияния форм и размеров проб на дисперсию содержаний на основе понятия «линейного эквивалента». Определения, основные формулы для изотропных и анизотропных тел полезных ископаемых. Примеры расчёта для бороздовых, керновых и валовых проб.

Виды опробования и их назначение Геохимическое опробование шлиховое, рядовое, техническое, технологическое, товарное.

Способы отбора проб, их характеристика и применение. Штуфной точечный, горстевой (метод вычерпывания), пунктирной борозды, шпуровой, керновый. бороздовый, задириковый, валовый способы.

Отбор групповых проб. Объединение проб в группы по различным признакам Преимущества и ограничения,

Ядерно-физические методы опробования Перспективы. Использование естественных и искусственных радиоактивных изотопов. Экспрессность, экономичность, повторяемость ядерно-физических проб. Определяемые геологоразведочные параметры Комплексование ядерно-физических методов Радиометрические методы опробования месторождений радиоактивных металлов Аппаратура. Радиоактивное равновесие и его нарушение. Изучение радиометрической контрастности руд.

Обработка проб Основные процедуры обработки проб и возникающие проблемы Сохранение представительности пробы, идущей на анализ Принцип и уравнение Ричардса-Чечётта. Принцип и уравнение Демонда и Хальфердаля.

Операции обработки проб. Типы дробилок. Размеры сит (стандарты сит). Способы перемешивания и способы сокращения. Составление схемы обработки проб.

Анализы и испытания проб. Требования ГКЗ, ГОСТов и т.д. Полевые, лабораторные (стационарные) методы исследований. Приближённо - количественные (полуколичественные) и количественные анализы. Минералогические и технологические исследования. Определение объёмных масс

и других физических свойств пород и руд. Комплексование лабораторно-аналитических методов исследований.

Достоверность и представительность опробования. Погрешности опробования и причины их возникновения. Формулы для расчёта погрешности. Составные части погрешности. Погрешности случайные и систематические. Формулы для расчёта и учёт погрешностей. Представительность опробования. Повышение представительности опробования. Определение оптимального числа проб на оцениваемый объём тела. Формулы. Примеры.

Контроль процесса опробования. Внешний и внутренний контроль. Контроль отбора и обработки проб. Количество контрольных проб. Проверка качества радиометрического опробования. Контроль анализов проб. Предельные значения допустимых средних случайных погрешностей анализов.

Вопросы для самопроверки

Назовите стадии разведочных работ.

Охарактеризуйте основные принципы классификации запасов.

Балансовые и забалансовые запасы, принципы их выделения.

Категории запасов и требования к ним.

Какие геологоразведочные параметры, устанавливаются с помощью опробования.

Виды опробования и их назначение.

Назовите диапазон применения радиометрические методов опробования.

С чем связано нарушение радиоактивного равновесия.

Основные процедуры обработки проб и возникающие проблемы.

Уравнения Ричардса-Чечётта, Демонда и Хальфердаля и области их применения.

Требования ГКЗ, ГОСТов к анализам и испытаниям проб.

Для чего нужен контроль процесса опробования?

3.2. Общие методологические положения, технические средства и методы разведки

3.2.1. Неоднородность строения месторождений полезных ископаемых.

Геологические факторы, обуславливающие возникновение неоднородностей строения МРР. Структурные уровни неоднородности природных образований полезных ископаемых. Рудное месторождение; рудная (продуктивная) зона; рудное скопление (локальное рудное обособление). Масштабы проявления, соотношение, распределение запасов, согласный и несогласный характеры залегания.

Влияние размера проб и плотности сети наблюдений (детальности исследований) не представление о структуре объекта разведки.

3.2.2. Разведочные классификации МРр

Принципы классификаций. Основные разведочные факторы размеры и форма рудных тел; неоднородность распределения полезных компонентов коэффициент вариации, коэффициент рудоносности); количество выделяемых разномасштабных уровней оруденения и характер их взаимоотношения.

Группировки МРР для целей разведки по Д.Я Суражскому (1960), А.Б. Каждану и М.В. Шумилину (1982), В.Г. Языкову и др (2005), ГКЗ.

3.2.3. Разведочные системы и разведочные сети

Разведочное пересечение (элемент разведки). Способы создания разведочных пересечений: проходка горных выработок, буровых скважин, линейное опробование обнажённых поверхностей. Ориентировка разведочных пересечений.

Рациональная методика прогнозирования, поисков

Разведочный разрез Вертикальные, горизонтальные, наклонные разведочные разрезы. Ориентировка разведочных разрезов.

Разведочные системы. Виды разведочных систем. Используемые технические средства и их комплексирование. Факторы, определяющие выбор технических средств и системы разведочных работ: геологические, горно-геологические, географо-экономические факторы, природоохранные требования и земельное законодательство, наличие сельхозугодий.

Разведочная сеть. Формы разведочных сетей, Выбор формы Изменение формы разведочной сети и ориентировки разведочных линий. Определение ориентировки разведочных пересечений и разведочных линий по правилу «параллелограмма».

Плотность разведочной сети. Кратное изменение плотности разведочной сети при переходе от одной стадии разведки к другой. Увеличение плотности разведочной сети при изучении сложных месторождений и сложных участков отдельных месторождений. Глубина разведочных выработок. Требования к предельным глубинам. Общие правила определения глубины разведочных выработок. Этажная система расположения разведочных выработок Рекомендации по количеству кондиционных и законтурных разведочных пересечений и разрезов. Рациональное развитие сети при разведке извилистых рудных залежей.

3.2.4. Оптимизация разведочной сети.

Оптимизация сети при проектировании разведочных работ Метод аналогии. Соблюдение кратности при сгущении или при разряжении сети Ориентировка сторон прямоугольной ячейки по направлениям изменчивости свойств полезных ископаемых. Соотношение между сторонами прямоугольной ячейки Недостатки использования регламентированных разведочных сетей применительно к любой группе месторождений.

Оптимизация сети в процессе разведочных работ. Систематическая обработка и анализ геологической информации в процессе разведочных работ Корректировка разведочной сети Критерии оценки оптимальности разведочной сети и её корректировки. Математические и горно-метрические методы анализа разведочной сети.

Оценка оптимальности сети после завершения разведочных работ. Сопоставление результатов разведочных работ с результатами эксплуатационной разведки. Требования инструкции ГКЗ. Сравнение средних значений важнейших геологоразведочных параметров. Оценка степени подтверждения результатов, установление причин расхождения, корректировка разведочной сети или методики работ.

Погрешности оценки параметров Зависимость погрешностей от плотности разведочной сети и от числа разведочных пересечений. Оценка погрешностей геометризации контуров, формулы, допускаемые величины погрешностей для запасов различных категорий.

Вопросы для самопроверки

Геологические факторы, обуславливающие возникновение неоднородностей строения месторождений

Принципы классификаций

Способы создания разведочных пересечений

Виды разведочных систем

3.3. Методика подсчёта запасов

3.3.1. Общие положения.

Важнейшие параметры оценки месторождений и их характеристика (масштаб месторождения, качество руды; географо-экономические, инженерно-геологические, горнотехнические, геоэкологические, гидрогеологические и геокриологические условия его эксплуатации). Техничко-экономические цели эксплуатации месторождения.

Промышленные и непромышленные запасы. Геолого-экономическая оценка. Учёт требований охраны окружающей среды.

3.3.2. Промышленные кондиции.

Определение кондиций. Браковочные (оценочные), временные и постоянные кондиции. Эксплуатационные кондиции (базовый и коммерческий варианты оценки).

Кондиции, предусматривающие достижение общего экономического эффекта при эксплуатации месторождений, и кондиции технологии разработки месторождения. Минимальное среднее промышленное содержание металла в подсчётном блоке. Оконтуривающие лимиты и их связь с промминимумом. Зависимость лимитов от технологии разработки месторождения. Максимальный коэффициент вскрыши и глубина открытой добычи. Группы кондиций для открытого и подземного способов разработки месторождения.

Взаимосвязь и взаимообусловленность кондиций. Повариантные системы расчётов кондиций. Балансовые и забалансовые запасы. Типы забалансовых запасов.

Кондиции технологии переработки радиоактивных руд. Основные технологические свойства руд. Вредные примеси. Условность в определении понятия «вредная примесь». Попутные ценные компоненты. Комплексный характер руд и попутные ценные компоненты. Оконтуривание и учёт запасов попутных ценных компонентов.

3.3.3. Оконтуривание промышленных руд.

Оконтуривание, как совокупность операций по выделению объёмов недр заключающих запасы, отвечающие заданным требованиям. Основные ситуации оконтуривания.

Определение границ рудных интервалов и продуктивных зон в разведочных пересечениях. Определение границ рудных интервалов (учёт бортового содержания, максимальной мощности безрудных пород, рабочей мощности). Установление границ продуктивных зон (учёт геологических границ величины условного бортового содержания, величины расстояния между рудными интервалами).

Оконтуривание рудных залежей и продуктивных зон в плоскостях разведочных разрезов и на проекциях. Методы интерполяции и экстраполяции. Оконтуривание:

- между выработками, вскрывшими кондиционное оруденение;
- между выработками, вскрывшими кондиционное и некондиционное оруденение или безрудные породы;
- при отсутствии ограничивающей выработки.

Требования к контуру разведанных запасов категорий А, В, С₁ и С₂. Меодические ошибки оконтуривания.

3.3.4. Построение подсчётных блоков (блокировка запасов)

Необходимость блокировки запасов. Требование максимальной однородности в геологическом и горно-технологическом отношениях. Ограничение

запасов отдельных блоков на сложных месторождениях (III-IV группы). Изображение блокировки запасов на продольных проекциях месторождений, масштабы проекций. Примеры блокировки запасов.

3.3.5. Исходные данные для подсчёта запасов.

Мощность залежей или продуктивных зон. Достоверность определения мощности по горным выработкам и буровым скважинам, возникающие погрешности. Виды мощностей. Использование различных видов мощностей при подсчёте запасов. Формулы для приведения одного вида мощности к другому. Расчёт средней мощности.

Площади поперечных сечений продуктивных зон или залежей и площади подсчётных блоков. Определение площади на разрезах или проекциях. Измерение площади. Введение поправок в случае непараллельных плоскостей.

Объёмные массы полезных ископаемых. Определение объёмных масс лабораторными методами: или на месте залегания руд. Необходимость изучения объёмной массы по каждому типу и сорту полезного ископаемого. Количество определений. Введение поправок на влажность. Расчёт средних значений.

Содержание полезных компонентов. Подсчёт средних содержаний по разведочному пересечению, по разрезу, по блоку, по ряду блоков. Среднее арифметическое и средневзвешенное. Основные формулы. Ураганные пробы, методика их выявления и учёта. Особенности вычисления средних содержаний по блоку, разведанным с помощью горных выработок и буровых скважин.

3.3.6. Методы подсчёта запасов

Многообразие и существо отличия методов подсчётов запасов. Основные методы подсчёта запасов: разрезов, блоков, статистический. Значение способов разрезов и блоков. Применение статистического способа.

Подсчётов запасов способом разрезов. Учёт особенности морфологии рудных залежей в плоскостях разрезов. Вычисление объёмов.

Подсчёт запасов способом блоков. Условия применения метода. Разделение залежи на отдельные участки-блоки. Определение площади участков блоков на проекциях. Расчёт средней мощности. Разновидности способа.

Сочетание способов блоков и разрезов при подсчёте запасов месторождений, разведанных комбинированными разведочными системами. Поправочные коэффициенты при подсчёте запасов, их оценка и применение.

3.3.7. Подсчёт запасов сопутствующих полезных ископаемых и полезных компонентов

Учет и извлечение полного комплекса полезных компонентов, как важнейшее условие рационального использования недр. Группы сопутствующих полезных компонентов разведываемых месторождений и их характеристика. Оконтуривание и подсчёт запасов. Специальные минералого-геохимические исследования руд. Квалификация запасов. Выделение балансовых и забалансовых запасов.

Кондиции к подсчёту запасов. Основные кондиционные показатели. Использование статистических методов для оценки средних параметров сопутствующих компонентов. Природа ошибок и достоверность подсчёта запасов.

Вопросы для самопроверки

Назовите важнейшие параметры оценки месторождений и их характеристики.

Что входит в понятие «Промышленные кондиции»?

Назовите основные принципы оконтуривания промышленных руд.

Охарактеризуйте основные принципы построения подсчётных блоков (блокировка запасов).

Рациональная методика прогнозирования, поисков

Назовите исходные данные для подсчёта запасов, охарактеризуйте существующие методы и особенности подсчёта запасов радиоэлементов.

Каким образом проводится подсчёт запасов сопутствующих полезных ископаемых и полезных компонентов?

3.4. Оценка экономической эффективности использования месторождений

Сравнительный характер оценки экономической эффективности. Факторы определяющие промышленную ценность месторождений и эффективность использования заключённых в них запасов:

- горно-геологические;
- социально-экономические;
- географические;
- геоэкологические.

Показатели оценки экономической эффективности эксплуатации месторождения:

- годовая производственная мощность горного предприятия,
- выпуск товарной продукции;
- себестоимость товарной продукции;
- прибыль от эксплуатации месторождения;
- рентабельность эксплуатации месторождения.

Показатели оценки эффективности капиталовложений в разведку и строительство комплекса горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Показатели приведённых затрат на производство единицы товарной продукции как оценка эффективности эксплуатационных затрат и капиталовложений.

Формулы для расчёта. Примеры.

Вопросы для самопроверки

Факторы, определяющие ценность месторождения;

Что такое рентабельность освоения месторождения?

Что такое себестоимость товарной продукции?

Что такое прибыль от эксплуатации месторождения?

Что такое приведённые затраты?

Лабораторные и практические занятия

Лабораторные занятия предполагают практическое использование теоретических знаний, полученных в процессе изучения курса «Рациональная методика поисков и геолого-экономической оценки месторождений редких и радиоактивных элементов». Предполагается, что на лабораторных занятиях магистранты будут решать поставленные преподавателем задачи, изученными методами, с целью научиться на практике использовать эти методы и целенаправленно комплексировать для решения вопросов, связанных с рациональной методикой поисков и геолого-экономической оценки месторождений редких и радиоактивных элементов.

Предлагаемые лабораторные работы с элементами научных исследований, предназначены для самостоятельного выполнения магистрантами и магистрантами под руководством преподавателя.

Перечень лабораторных работ

Часть 1. Прогнозирование и поиски МРР

№1. Прогнозирование РС. Содержание работы: анализ геологических, геофизических и геохимических особенностей региона, обоснование его перспектив на основе комплекса прогнозных критериев (на примере конкретных площадей)

№ 2. Оценка перспектив рудоносности площади, ожидаемого типа оруденения и выделение участков для постановки детальных работ

№ 3. Выбор комплекса работ при проведении поисков в зависимости от ожидаемого типа оруденения и природных условий работ.

№ 4. Количественная оценка прогнозных ресурсов МРР по результатам поисковых работ.

Часть 2. Эколого-геолого-экономическая оценка МРРРЭ.

№1. Опробование разведочной скважины и проект лабораторно-аналитических методов исследований

№ 2 Составление схемы обработки проб

№ 3. Расчёт коэффициента рудоносности

№ 4. Составление проекта вскрытия рудной залежи буровой системой разведки.

№ 5. Составление проекта разведки месторождения горно-буровой системой.

№ 6. Подсчёт запасов металла в рудном теле

№ 7. Построение геологоразведочного разреза и подсчёт запасов металла в роллообразной рудной залежи.

Рациональная методика прогнозирования, поисков и геолого-экономической оценки месторождений руд редких и радиоактивных элементов

8

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Предусматривается углубленная самостоятельная проработка магистрантами отдельных проблемных вопросов методов исследования радиоактивных руд и минералов.

Программа включает:

1. Работа с учебной и научной литературой по теоретическим разделам курса. Углубленное изучение отдельных вопросов теории курса или теоретических основ рациональной методики прогнозирования и поисков МПИ.
2. Проведение практических занятий в форме самостоятельной работы магистрантов под руководством преподавателя.
3. Индивидуальные задания по всем разделам курса, с введенными задачами повышенной сложности.
4. Научно-исследовательская работа магистрантов (с обязательным выступлением на студенческой конференции).

Контрольные вопросы

Часть 1. Прогнозирование и поиски МРРРЭ

1. Критерии промышленной ценности РС.
2. Комплекс требований к изученности запасов различных категорий.
3. Охарактеризуйте категории прогнозных ресурсов.
4. Перечислите основные принципы изучения недр.
5. Особенности применения принципа аналогии.
6. Как на практике применяется принцип выборочной детализации?
7. Целевое назначение различных стадий геологоразведочных работ?
8. Дайте характеристику иерархии структурных уровней оруденения?
9. Что такое «ведущий промышленный тип МРР»?
10. Дайте определение критериев, предпосылок и признаков рудоносности. Чем отличаются прямые и косвенные признаки?
11. Охарактеризуйте масштабы проявления критериев.
12. Что понимается под «природными условиями ведения геологоразведочных работ»?
13. Влияние биохимических факторы на проявленность критериев.
14. Чем отличаются автохтонные и аллохтонные рыхлые отложения?
15. Дайте определение элементарного ландшафта.
16. Дайте характеристику геолого-минералогических методов поисков.
17. Чем обусловлена гамма-активность горных пород и руд?
18. Что такое «коэффициент радиоактивного равновесия»?
19. Причины смещения радиоактивного равновесия.
20. Методика и условия применения радиометрических методов.
21. Сущность и методика эманационно-трекового метода поисков.
22. Комплексирование поисковых методов.
23. Цели, задачи и последовательность работ при оценке проявлений полезных ископаемых и аномалий.
24. Каким образом влияет технология обработки прогнозной и поисковой информации на результаты работ?
25. Охарактеризуйте основные способы количественной оценки прогнозных ресурсов.

Часть 2. Геолого-экономическая оценка МРРРЭ

1. Стадии разведочных работ и цели каждой из них.
2. Комплекс требований к изученности запасов различных категорий.
3. Принципы выделения балансовых и забалансовых запасов?
4. Охарактеризуйте группы месторождений по сложности их строения.
5. Какие геологические факторы определяют выбор технических средств разведки и систем разведочных работ?
6. Охарактеризуйте наиболее распространенные приёмы оптимизации разведочной сети при проектировании разведочных работ.
7. Какие требования предъявляются к разведочным пересечениям и к геометрии разведочной сети?
8. Охарактеризуйте виды разведочных систем.
9. Охарактеризуйте основные виды опробования по их назначению.
10. Охарактеризуйте основные способы отбора проб.

-
11. Ядерно-физические методы опробования, перспективы развития.
 12. Радиоактивное равновесие и возможные причины его смещения.
 13. Как составляется схема обработки проб?
 14. Влияние «геометрии» проб на изменчивость содержаний ПИ?
 15. «Линейный эквивалент» пробы, применение и примеры его расчета.
 16. Случайные и систематические погрешности опробования?
 17. Что такое постоянные, временные и эксплуатационные кондиции?
 18. Перечислите и охарактеризуйте оконтуривающие лимиты.
 19. Способы подсчёта запасов, условия их применения.
 20. Опишите методику оконтуривания запасов.
 21. Принципы блокировки запасов?
 22. Что такое ураганные пробы и как они учитываются?
 23. Комплексная оценка МРР. Подсчёт запасов сопутствующих полезных ископаемых и компонентов?
 24. Как оцениваются погрешности геометризации рудных тел?
 25. Важнейшие показатели оценки экономической эффективности использования месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

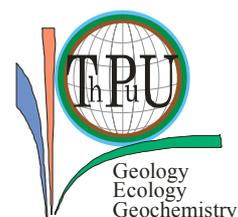
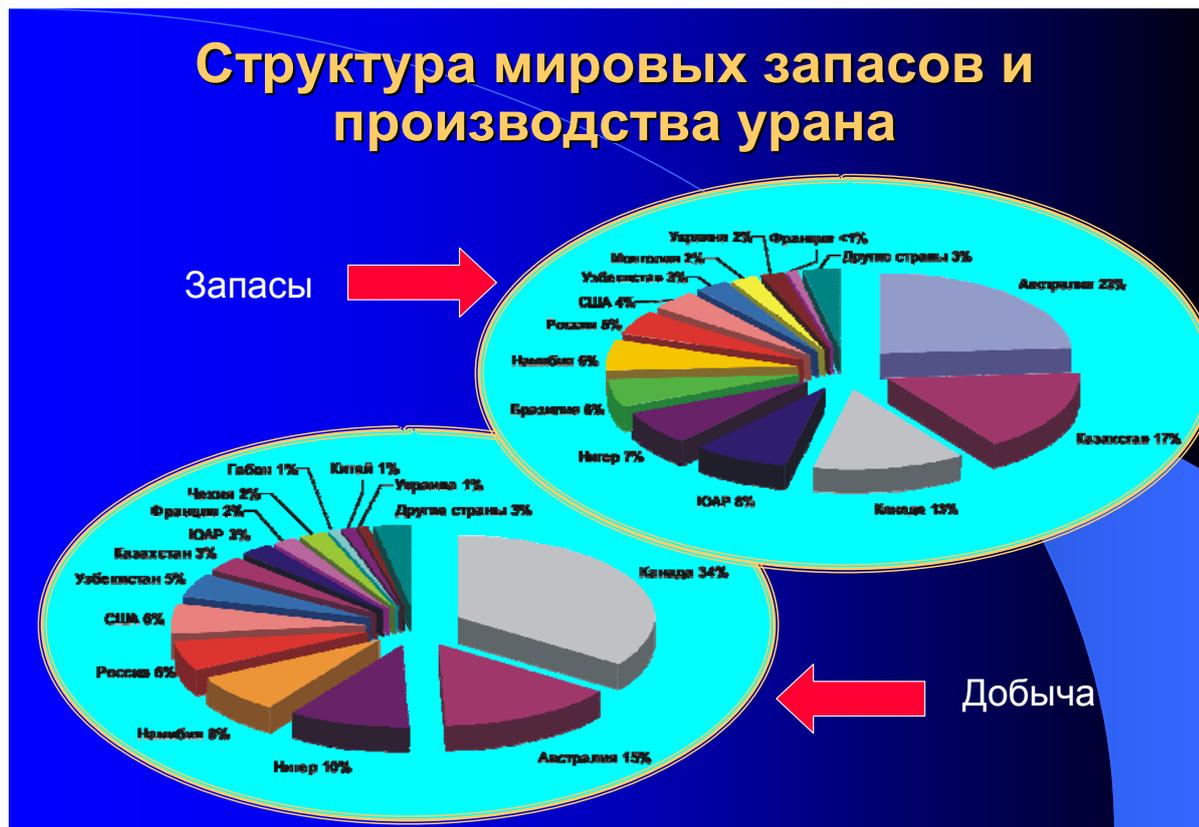
1. Викентьев В.А., Воронцов В.А., Кушнарёв П.И., Ясковский П.П. Оптимизация сети при разведке урановых месторождений. - М.: 1987. – 131 с.
2. Дергачёв А.Л., Дж. Хилл, Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений. - М.:, 2000. – 176 с.
3. Инструкция по гамма-каротажу при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана.- Алматы: 2003. - 126с.
4. Инструкция по каротажу методом мгновенных нейтронов при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана.- Алматы: 2003. - 65с.
5. Каждан А. Б., Кобахидзе Л.П. Геолого-экономическая оценка МПИ – М.: Недра, 1985, 205 с.
6. Каждан А.Б. Поиски и разведка МПИ / Производство геологоразведочных работ /. - М.: Недра, 1985. - 288 с.
7. Каждан А.Б. Соловьёв Н.Н. Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. М.: Недра, 1982, 280с.
8. Кисляков Я.М., Машковцев Г.А., Мигута А.К. и др. Минеральное сырьё. Уран. Справочник. ЗАО «Геоинформарк, М.: 1997, 75с.
9. Коробейников А.Ф., Кузёбный В.С. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: учебник для ВУЗов. – Томск: ИПФ ТПУ, 1998. – 309 с.
10. Методика геолого-экономической переоценки запасов твёрдых полезных ископаемых, М.: 1996. - 46 с.
11. Методические рекомендации по комплексу геофизических исследований скважин при подземном выщелачивании урана, Алматы: 2003, 76 с.
12. Методические рекомендации по экспрессной геолого-экономической оценке месторождений твёрдых полезных ископаемых, Алматы: 1999, 61 с.
13. Методика экспрессной геолого-экономической переоценки запасов месторождений твёрдых полезных ископаемых. МПР РФ. М.: 2002, 34с.
14. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых на территории Республики Казахстан, Кокшетау, 2002, 179 с.
15. Милютин А.Г. Геология- М.: Высшая школа, 2004 – 413 с.
16. Погребницкий Е. О., Парадеев С В , Поротов Г.С. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых- М.: Недра, 1977. – 405 с.
17. Поротов А.С. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. – С.-Петербург, 2004. – 244 с.
18. Соловов А.А., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
19. Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана /Лавёров Н.П., Шумилин М.В., Мельников И.В., Лучин И.А. - М.: Недра, 1990 – 335 с.
20. Учебно-методическое руководство по радиоэкологии и обращению с радиоактивными отходами для условий Казахстана. Алматы: 2002, 3003 с.
21. Учебные программы по специальности «Геология и разведка месторождений редких и радиоактивных руд» М.: 1958, 320 с.
22. Четвериков Л.И. Теоретические основы разведки недр. – М.; Недра. 1984. -260 с.
23. Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчёт запасов урановых месторождений - М.: Недра, 1982. -203 с.
24. Шумилин М.В. Основы горного бизнеса. – М.: 2000.

-
25. Экономика и управление геологоразведочным производством. Ред. В.П. Орлов. - М.: ЗАО «Геоинформарк». 1999, 248 с.

Периодические издания

1. Геохимия.
2. Горный журнал
3. Известия ВУЗов. Геология и разведка.
4. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.
5. Отечественная геология.
6. Разведка и охрана недр
7. Руды и металлы

проектов разработки месторождений по международным стандартам



разработки месторождений по международным стандартам

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Оценка географо-экономических условий освоения месторождений урана**
- 3. Оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий освоения месторождений урана**
- 4. Оценка горнотехнических условий разработки**
- 5. Технологическая оценка уранового сырья**
- 6. Экономическая оценка месторождений урана**
- 7. Оценка экологических условий освоения месторождений урана**
- 8. Оценка прогнозных ресурсов урана по результатам прогнозно-поисковых работ. Составление ТЭС по обоснованию поисково-оценочных работ**
- 9. Оценка уранового месторождения по результатам оценочных работ. Составление ТЭД по обоснованию разведочных работ**
- 10. Оценка уранового месторождения по результатам разведки. Составление ТЭО кондиций для подсчета запасов месторождений урана**
- 11. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при выборе площадки, разработке технико-экономических обоснований и проектов строительства добывающего предприятия**
- 12. Экономический анализ вариантов отработки урановых месторождений. Выбор оптимального варианта освоения месторождений**
- 13. Системы безопасности работы с радиоактивными продуктами ОHSAS, МАГАТЭ и Ростехнадзора**
- 14. Системы экологического менеджмента EMAS, ISO 14001:2004 и ГОСТ Р ИСО 14001-2007**
- 15. Системы менеджмента качества ISO 9001:2000 и ГОСТ Р ИСО 9001-01**

Технико-экономическое обоснование проектов

разработки месторождений по международным стандартам

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- моделировать для оценки достоверности запасов и выбора ТЭО кондиций, для участков выборочной детализации;
- обосновывать рентабельность дальнейшего проведения работ.

1. Введение

Целью преподавания дисциплины «Технико-экономическое обоснование проектов разработки месторождений урана по международным стандартам» является изучение теоретических основ и приобретение практических навыков экономического анализа деятельности предприятий.

При изучении дисциплины «Технико-экономическое обоснование проектов разработки месторождений урана по международным стандартам» ставятся следующие задачи:

1. Рациональное и комплексное использование недр, включая основные и попутные полезные ископаемые и компоненты.
2. Учет обязательных платежей и налогов в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, а также системы страховых и кредитных платежей.
3. Определение показателей эффективности освоения месторождений – чистой дисконтированной прибыли, индекса прибыльности, срока окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы прибыли.
4. Учет факторов времени и риска при оценке месторождений.
5. Оценка социальных и экологических последствий разработки месторождений.
6. Выбор оптимального варианта освоения месторождений.
7. Обоснование кондиций на минеральное сырье.
8. Использование при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании горнодобывающего предприятия российских и международных стандартов обеспечения безопасности работ, защиты окружающей среды и менеджмента качества.

2. Оценка географо-экономических условий освоения месторождений урана

Географо-экономические условия эксплуатации месторождений: географическое положение, рельеф, климат и освоенность района, обеспеченность земельными, лесными, водными ресурсами, электроэнергией, стройматериалами, транспортные условия района, занятость населения, наличие промышленных предприятий, возможных потребителей минерального сырья.

3. Оценка геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий освоения месторождений урана

Геологическая оценка месторождений предусматривает изучение условий залегания тел полезных ископаемых; определение количества и качества минерального сырья, гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей месторождений. При оценке месторождений проводится определение морфологии, глубины и элементов залегания тел полезных ископаемых, их внутреннего строения, тектонической нарушенности. Комплекс специальных гидрогеологических и инженерно-геологических исследований: систематические наблюдения за всеми водопроявлениями, фиксация случаев прорыва подземных вод и появления пьезунов, оползания и обрушения вмещающих пород, производство полевых опытно-фильтрационных работ (откачки, нагнетания и налива воды в скважины), изучение режима и баланса подземных вод.

4. Оценка горнотехнических условий разработки

Обоснование рационального способа и системы разработки месторождения, определение величины потерь и разубоживания полезных ископаемых, производительности горнодобывающего предприятия и срока эксплуатации месторождения. Способ разработки месторождения может быть открытый, подземный, комбинированный, с одновременным или последовательным проведением открытых и подземных работ, или геотехнологический.

5. Технологическая оценка уранового сырья

Исследование технологических свойств полезных ископаемых для обоснования рациональных схем обогащения и переработки минерального сырья. При оценке месторождений урана проводится определение технологических показателей обогащения: выхода концентрата, извлечения урана в концентрат, содержания урана в концентрате и хвостах обогащения – при открытом и подземном способах разработки и средняя концентрация металла в продуктивных растворах, производительность по извлекаемому из недр металлу, затраты растворителя, длительность отработки, 5) степень извлечения урана из недр – при геотехнологическом способе подземного выщелачивания урана.

6. Экономическая оценка месторождений урана

Экономическая оценка месторождений урана включает определение величины инвестиций на формирование фондов промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиций в оборотные средства, эксплуатационных затрат на добычу и переработку полезных ископаемых, показателей эффективности освоения месторождений.

7. Оценка экологических условий освоения месторождений урана

Экологические изменения окружающей природной среды происходят на всех стадиях освоения месторождений урана: поисках, разведке и разработке минерального сырья, его обогащении и переработке. Их оценка включает определение возможных экологических последствий, производимых нарушением целостности недр, земельных, водных, лесных и биологических ресурсов, состояния атмосферного воздуха при проведении геологоразведочных и эксплуатационных работ, разработку и осуществление природоохранных и природовосстановительных мероприятий.

8. Оценка прогнозных ресурсов урана по результатам прогнозно-поисковых работ. Составление ТЭС по обоснованию поисково-оценочных работ

Целевое назначение работ – выявление месторождений в пределах определившихся или потенциальных (прогнозируемых) рудных полей, а также определение целесообразности дальнейшего изучения обнаруженных объектов с оценкой их прогнозных ресурсов по категориям P_2 и P_1 . Оценка экономической

целесообразности поисковой оценки выявленных перспективных проявлений с составлением ТЭС (технико-экономических соображений) освоения месторождения.

9. Оценка уранового месторождения по результатам оценочных работ. Составление ТЭД по обоснованию разведочных работ

Оценка месторождений проводится с целью определения их экономической ценности в качестве возможных поставщиков минерально-сырьевой продукции. В результате работ оцениваются запасы полезного ископаемого в недрах и представляется исходная информация для технико-экономических расчетов по определению целесообразности и очередности промышленного освоения месторождения. Оценка экономической целесообразности разведки наиболее перспективных объектов с составлением ТЭД (технико-экономического доклада) по обоснованию разведочных работ.

10. Оценка уранового месторождения по результатам разведки. Составление ТЭО кондиций для подсчета запасов месторождений урана

Оценочные расчеты и решение о целесообразности освоения месторождения, величина плановой рентабельности проектируемого предприятия, себестоимость товарной продукции. Разделение запасов по качеству и горнотехническим условиям отработки, в соответствии с установленными требованиями промышленности, их геометризация в пространстве и количественная оценка заключенного в недрах сырья, а также его качественных характеристик. Сведения, определяющие технологию добычи и переработки полезного ископаемого и необходимых для выполнения последующих технико-экономических расчетов. Постоянные и временные кондиции. Кондиционные показатели: минимальное промышленное содержание, минимальное содержание (метропроцент) в единичном пересечении, бортовое содержание, минимальный запас в изолированном блоке, максимальный коэффициент вскрыши и глубина отработки при открытой добыче, минимальную рабочую мощность тела полезного ископаемого, максимально допустимую мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур балансовых запасов, максимально-допустимое содержание вредных примесей, минимальное содержание попутных ценных компонентов, для геотехнологического способа отработки – максимальное содержание глинисто-алевритовых частиц и коэффициент фильтрации.

11. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при выборе площадки, разработке технико-экономических обоснований и проектов строительства добывающего предприятия

В рамках ТЭО разрабатывается проект оценки воздействия проектируемой деятельности на окружающую среду (проект ОВОС), начиная с определения этого воздействия в натуральных показателях (объем вовлекаемых природных ресурсов, воздействие на водохозяйственный баланс территории, особо охраняемые зоны, площадь занимаемой и преобразуемой территории, величина выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, объем образующихся отходов, в том числе токсичных,

другие формы физического воздействия проекта на окружающую среду и здоровье населения (шумовое, электромагнитное и т. п.). На этой основе осуществляется денежная оценка воздействия проектируемого объекта на окружающую среду и здоровье населения с использованием рассмотренных нами ранее показателей. В их числе – наносимый (предотвращаемый) в результате реализации проекта ущерб окружающей среде и здоровью населения, рекомендуемый перечень компенсирующих природоохранных мероприятий, оценка экологического риска от реализации проекта.

12. Экономический анализ вариантов отработки урановых месторождений. Выбор оптимального варианта освоения месторождений

Сравнение разных вариантов освоения, как по способу (открытым, подземным, геотехнологическим), так и по объемам производства, с расчетом величин капитальных вложений и сроков их возврата. Расчет основных показателей экономической эффективности освоения месторождений урана: чистого дисконтированного дохода, индекса доходности, срока окупаемости капитальных вложений, внутренней нормы доходности. Оценка степени риска или устойчивости проекта для разных вариантов (оптимального, оптимистического и пессимистического) значений переменных параметров (величины запасов, среднего содержания полезного компонента в руде, величины капиталовложений и эксплуатационных затрат, цены на готовую продукцию). Выбор оптимального варианта разработки месторождения урана.

13. Системы безопасности работы с радиоактивными продуктами OHSAS, МАГАТЭ и Ростехнадзора

Международный стандарт OHSAS 18001:1999 при проведении сертификации систем менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний. Руководящие документы МАГАТЭ: основополагающие принципы безопасности, правила радиационной защиты, обращение с источниками излучения и радиоактивными отходами, безопасная перевозка радиоактивных материалов. Нормы и правила Ростехнадзора: по радиационной защите, обращению с источниками излучения, безопасной перевозке радиоактивных материалов, захоронению радиоактивных отходов.

14. Системы экологического менеджмента EMAS, ISO 14001:2004 и ГОСТ Р ИСО 14001-2007

EMAS: Схема экологического менеджмента и аудита. ISO 14001:2004. Системы экологического менеджмента Требования и руководство по применению. ГОСТ Р ИСО 14001-2007 определяет требования к системе экологического менеджмента, позволяющие организации разработать и внедрить экологическую политику и цели, учитывающие законодательные требования и информацию о значимых экологических аспектах.

15. Системы менеджмента качества ISO 9001:2000 и ГОСТ Р ИСО 9001-01

ISO 9001 – международный стандарт по обеспечению качества, в которых изложены требования к системам менеджмента качества организаций, основные положения и термины, рекомендации по улучшению деятельности организации, требования к проведению аудитов систем менеджмента качества и охраны окружающей среды. ГОСТ Р ИСО 9001-01 – системы менеджмента качества, основанная на процессном подходе. Требования к системе менеджмента качества, установленные в настоящем стандарте, являются дополняющими по отношению к требованиям к продукции.

Лабораторные и практические занятия

1. Оценка прогнозных ресурсов урана по результатам поисковых работ. Составление ТЭС по обоснованию поисково-оценочных работ.
2. Оценка уранового месторождения по результатам оценочных работ. Составление ТЭР по обоснованию разведочных работ.
3. Оценка уранового месторождения по результатам разведки. Составление ТЭО кондиций для подсчета запасов месторождений урана.
4. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при выборе площадки, разработке технико-экономических обоснований и проектов строительства добывающего предприятия.
5. Экономический анализ вариантов отработки урановых месторождений.
6. Обеспечение безопасности работы с радиоактивными продуктами при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании по стандартам OHSAS и МАГАТЭ.
7. Обеспечение качества окружающей среды при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании по стандартам EMAS, ISO 14001:2004 и ГОСТ Р ИСО 14001-2007.
8. Обеспечение качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании по стандартам ISO 9001:2000 и ГОСТ Р ИСО 9001-01.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Самостоятельная работа предназначена для более широкого изучения вопросов, входящих в перечень лекционных и практических занятий, с целью раскрытия методики геолого-экономической оценки месторождений урана. Самостоятельная работа выполняется с использованием рекомендованной литературы.

Темы и вопросы для самостоятельной работы:

1. Оценка условий отработки месторождений урана

- Оценка географо-экономических, геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических, горнотехнических и технологических условий освоения месторождений урана;
- Экономическая оценка месторождений урана.

Литература: 1. Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчет запасов урановых месторождений. – М.: Недра, 1982.

2. Шумилин М.В. и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. – М.: Недра, 1985.

3. Лаверов Н.П. и др. Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана. – М.: Недра, 1989.

4. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья. – Екатеринбург: 2004.

2. Геолого-экономическое обоснование освоения месторождений урана

- Оценка прогнозных ресурсов урана по результатам прогнозно-поисковых;
- Оценка уранового месторождения по результатам оценочных работ;
- Оценка уранового месторождения по результатам разведки;
- Оценка воздействия на окружающую среду;
- Экономический анализ вариантов отработки урановых месторождений.

Литература: 1. Дергачев А.Л., Хилл Дж., Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений: Учебник / Под ред. В.И. Старостина. – М.: Изд-во МГУ, 2000.

2. Быбочкин А.М. и др. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений (основы методики) – М.: Недра, 1990.

3. Федорчук В. П. Экспертная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1991.

4. Руководство по проведению оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при выборе площадки, разработке технико-экономических обоснований и проектов строительства (реконструкции, расширения и технического перевооружения) хозяйственных объектов и комплексов. МПР: 1992.

5. Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых. М.: ГКЗ МПР РФ. 1999

3. Международные и российские стандарты обеспечения разработки месторождений урана

- Стандарты OHSAS, МАГАТЭ и Ростехнадзора;
- Стандарты EMAS, ISO 14001:2004 и ГОСТ Р ИСО 14001-2007;
- Стандарты ISO 9001:2000 и ГОСТ Р ИСО 9001-01.

Литература: ISO 9001:2000, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:1999, EMAS, МАГАТЭ: № SF-1, № WS-G-1.2, № TS-R-1, TS-G-1.1, Стойбер К., Бер А., Пельцер Н., Тонхаузер В. Справочник по ядерному праву. МАГАТЭ, Вена, 2006. Ростехнадзор: НП-052-04, НП-053-04, НП-034-01, ГОСТ Р ИСО 9000-2001, ГОСТ Р ИСО 9001-2001, ГОСТ Р ИСО 14001-2007, Р 2.1.10.1920-04 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01.

ЛИТЕРАТУРА

Учебные пособия по геолого-экономической оценке месторождений урана

1. Шумилин М.В., Викентьев В.А. Подсчет запасов урановых месторождений.– М.: Недра, 1982.– 206 с.
2. Шумилин М.В., Муромцев Н.Н., Бровин К.Г. и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. – М.: Недра, 1985. – 208 с.
3. Лаверов Н.П., Шумилин М.В., Мельников И.В., Лучин И.А. Справочник геолога по поискам и разведке месторождений урана.– М.: Недра, 1989. – 270 с.
4. Дергачев А.Л., Хилл Дж., Казаченко Л.Д. Финансово-экономическая оценка минеральных месторождений: Учебник / Под ред. В.И. Старостина. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 176 с.
5. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральской государственной горно-геологической академии, 2004. – 220 с.
6. Поротов Г.С. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебник. – СПб.: СПбГГИ, 2004. – 244 с.
7. Быбочкин А.М., Быховский Л.З., Воробьев Ю.Ю. и др. Комплексная геолого-экономическая оценка рудных месторождений (основы методики) – М.: Недра, 1990. – 326 с.
8. Каждан А.Б., Кобахидзе Л.П. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 205 с.
9. Сечевица А.М. Геолого-промышленная оценка попутных полезных ископаемых в комплексных рудных месторождениях. М.: Недра, 1987. – 128 с.
10. Федорчук В. П. Экспертная геолого-экономическая оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1991. – 318 с.
11. Шумилин М.В., Алискеров В.А., Денисов М.Н., Заверткин В.Л. Бизнес в ресурсодобывающих отраслях: Справочник. МПР РФ. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 268 с.

Документы Министерства природных ресурсов Российской Федерации

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (утв. приказом МПР РФ от 11 декабря 2006 года № 278)
2. Временные требования к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду (утв. ГКЗ СССР 22.06.90 года).
3. Руководство по проведению оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при выборе площадки, разработке технико-экономических обоснований и проектов строительства (реконструкции, расширения и технического перевооружения) хозяйственных объектов и комплексов. Утв. МПР РФ 01.01.92 г.
4. Требования к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений (утв. ГКЗ РФ 18.12.92 года).

5. Требования к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых (утв. ГКЗ РФ 23.11.92 года).
6. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений (утв. ГКЗ РФ 23.12.92 года).
7. Методические указания к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье / МПР РФ. – М.: 1995. – 12 с.
8. Временное руководство по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу технико-экономических обоснований (ТЭО) кондиций на минеральное сырье. / М.: ГКЗ МПР РФ. 1997. 38 с.
9. Временное положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1998. 26 с.
10. Методические рекомендации по геолого-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). М.: ГКЗ МПР РФ. 1999. 75 с.
11. Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям радиоактивных металлов / МПР РФ. – М.: 2005. – 68 с. (Проект).
12. Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых / МПР РФ. – М.: 2005. – 46 с. (Проект).
13. Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическим обоснованиям кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых / МПР РФ. – М.: 2005. – 44 с. (Проект).
14. Рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов / МПР РФ. – М.: 2005. – 20 с. (Проект)
15. Методические рекомендации по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья / МПР РФ. – М.: 2005. – 28 с. (Проект)
16. Методические рекомендации по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых / МПР РФ. – М.: 2005. – 30 с. (Проект)

Документы Ростехнадзора

1. НП-052-04. Правила обеспечения безопасности при временном хранении радиоактивных отходов, образующихся при добыче, переработке и использовании полезных ископаемых (утв. постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 04.10.04 г. № 4)
2. НП-053-04. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов (утв. постановлением Федеральной службы по атомному надзору от 04.10.04 г. № 5)
3. НП-034-01. Правила физической защиты радиационных источников, пунктов хранения, радиоактивных веществ (утв. постановлением Госатомнадзора РФ от 16.01.02 г. № 3)

4. НП-060-05. Размещение пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности (утв. постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.08.05 г. № 3)
5. НП-058-04. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения (утв. постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31.12.04 г. № 15).
6. Положение о государственном учете и контроле радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Российской Федерации (утв. Минатомом РФ 11.10.99 г.)
7. НП-020-2000. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности (утв. постановлением Госатомнадзора РФ от 27.09.2000 г. № 8).
8. НП-069-06. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности. (утв. постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.04.06 г. № 1).

Российские стандарты

1. ГОСТ Р ИСО 10011-93. Руководящие указания по проверке систем качества.
2. ГОСТ Р ИСО 14001-98. Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.
3. ГОСТ Р ИСО 14004-98. Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования.
4. ГОСТ Р ИСО 14050-99. Управление окружающей средой. Словарь.
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
8. ГОСТ Р 8.589-2001. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
9. ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования.
10. ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности.
11. ГОСТ Р ИСО 19011-2003. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента качества и/или систем экологического менеджмента.
12. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.
13. ГОСТ Р 40.003-2005. Системы менеджмента качества. Порядок сертификации систем менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (ИСО 9001:2000).
14. ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению.

Документы МАГАТЭ

1. Основопологающие принципы безопасности. Основы безопасности. № SF-1.

- МАГАТЭ, Вена, 2007, 34 с.
2. Обращение с радиоактивными отходами, образующимися при добыче и переработке руд. Руководства. № WS-G-1.2. МАГАТЭ, Вена, 2005, 60 с.
 3. Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов (1996). Издание 2005 года. Требования безопасности. № TS-R-1. МАГАТЭ, Вена, 2005, 183 с.
 4. Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов. Руководство. № TS-G-1.1 (ST-2). МАГАТЭ, Вена, 2005, 476 с.
 5. Стойбер К., Бер А., Пельцер Н., Тонхаузер В. Справочник по ядерному праву. МАГАТЭ, Вена, 2006, 213 с.
 6. Принципы обращения с радиоактивными отходами. МАГАТЭ, Вена, 1996, 40 с.
 7. Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами. Учебный курс. МАГАТЭ, Вена, 2005, 230 с.
 8. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения. МАГАТЭ, Вена, 1997. 56 с.
 9. Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников. МАГАТЭ, Вена, 2004. 122 с.
 10. Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. МАГАТЭ, Вена, 1997.
 11. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования. № WS-R-1. МАГАТЭ, Вена, 2003, 50 с.
 12. Оценка безопасности приповерхностного захоронения радиоактивных отходов. Руководство по безопасности. № WS-G-1.1. МАГАТЭ, Вена, 2002, 44 с.
 13. Радиационная защита при профессиональном облучении. Руководство по безопасности. № RS-G-1.1. МАГАТЭ, Вена, 2002, 89 с.
 14. Регулирующий контроль радиоактивных сбросов в окружающую среду. Руководство по безопасности. № WS-G-2.3. МАГАТЭ, Вена, 2005, 66 с.
 15. Обращение с радиоактивными отходами перед их захоронением, включая снятие с эксплуатации. Требования. № WS-R-2. МАГАТЭ, Вена, 2003, 42 с.
 16. Юридическая и государственная инфраструктура ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности радиоактивных отходов и безопасности перевозки. Требования. № GS-R-1. МАГАТЭ, Вена, 2003, 45 с.
 17. Повышение компетентности в области радиационной защиты и безопасного использования источников излучения. Руководство по безопасности. № RS-G-1.4. МАГАТЭ, Вена, 2005, 57 с.
 18. Планирование и готовность к аварийному реагированию при транспортных авариях, связанных с радиоактивными материалами. Руководства. № TS-G-1.2 (ST-3). МАГАТЭ, Вена, 2005, 161 с.
 19. Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации. Требования. № GS-R-2. МАГАТЭ, Вена, 2004, 104 с.
 20. Обращение с радиоактивными отходами, образующимися в результате использования радиоактивных материалов в медицине, сельском хозяйстве, исследованиях и образовании. Руководство по безопасности. № WS-G-2.3. МАГАТЭ, Вена, 2006, 102 с.
 21. Предотвращение непреднамеренного перемещения и незаконного оборота радиоактивных материалов. МАГАТЭ, Вена, 2003, 25 с.

Международные стандарты

1. ISO 9001:2000. «Системы менеджмента качества».
2. ISO 14001:2004. «Системы экологического менеджмента».
3. OHSAS 18001:1999. «Системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья».
4. EMAS. «Схема экологического менеджмента и аудита».

Международные документы, регламентирующие работы с радиоактивными материалами (справочно)

1. Конвенция № 115. О защите трудящихся от ионизирующей радиации. Международная организация труда, Женева, 1960.
2. Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб с Протоколом 1997 года. Конференция стран, производящих ядерные материалы, Вена. 1963.
3. Конвенция о гражданской ответственности в области морских перевозок ядерных материалов. Конференция по морским перевозкам ядерных материалов, Брюссель, 1971.
4. Конвенция о гражданской ответственности за ущерб, причиненный при перевозке опасных грузов автомобильным, железнодорожным и внутренним водным транспортом (КТПОГ), Конференция по перевозкам опасных грузов. Женева, 1989.
5. Конвенция № 174. О предотвращении крупных промышленных аварий. Международная организация труда, Женева. 1993.
6. Модельный закон СНГ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации в результате радиационных аварий, ядерных испытаний и инцидентов. Ассамблея государств - участников СНГ. 2005.

Геотехнология добычи урановых руд **10**



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Основные геолого-промышленные типы урана и их технологические типы**
- 3. Основы геотехнологии подземного выщелачивания (ПВ)**
- 4. Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) урана**
- 5. Основные математические модели фильтрации и кинетики при ПСВ урана.**
- 6. Основные гидродинамические модели при ПСВ урана**
- 7. Определение времени закисления и выщелачивания блока рудной залежи**
- 8. Оптимизация схем вскрытия**
- 9. Основные модели концентрации продуктивного раствора и расхода кислоты в времени**
- 10. Подземное выщелачивание урана из скальных пород**
- 11. Основы кучного выщелачивания урана и сопутствующих элементов**
- 12. Экологические проблемы ПСВ и ПВ**
- 13. Теория адаптивного управления технологией ПСВ**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- осуществлять геотехнологическую типизацию месторождений;
- выбирать способы подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) и кучного выщелачивания (КВ);
- оптимизировать схемы вскрытия рудных залежей технологическими скважинами;
- проектировать и управлять технологией ПСВ и КВ.

1. Введение

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов с области урановой геологии с углубленным знанием геотехнологических методов.

Геотехнология – многоплановая горная наука, объединяющая совокупность знаний о горных объектах, способах освоения и сохранения недр, технологических процессах и технических средствах, позволяющих извлекать полезные ископаемые из недр при помощи физических и химических на них воздействий.

В свою очередь, геотехнология подразделяется на два крупных научных блока – физико-техническую (не считая более мелких направлений, как строительная геотехнология и геотехника). Физико-техническая геотехнология исследует способы и взаимодействия процессов извлечения полезных ископаемых из недр или техногенных образований без изменения химического состава исходного сырья и его агрегатного состояния, физико-химическая геотехнология рассматривает процессы извлечения из недр полезных ископаемых путём физического, химического и биологического воздействия на горные породы.

Развитие геотехнологии основано на таких фундаментальных дисциплинах, как геология, гидрогеология, химия, геохимия, физика, геофизика, горное дело, а при эксплуатации месторождений полезных ископаемых на изучение тепловых, массообменных, биологических, физико-химических, гидродинамических и других процессов.

В горном деле подземное выщелачивание (ПВ) осуществляется с целью извлечения металла из недр на месте его залегания. Процесс состоит из подвода реагирующего вещества к твёрдой поверхности, химической реакции и отвода её продуктов в виде растворов.

Курс данной дисциплины предусматривает изучение теории и методов классификации пластово-инфильтрационных месторождений урана и сопутствующих металлов, расчёта геотехнологических ПСВ, оптимизации схем и параметров расположения технологических скважин, экологические аспекты ПСВ металлов, получение знаний по бурению и оснастки технологических скважин и переработке растворов.

2. Основные геолого-промышленные типы урана и их технологические типы.

Основы геотехнологического картирования месторождений урана. Краткая характеристика месторождений и провинций урана, разрабатываемых методами подземного выщелачивания (ПВ). Гидрогеохимическая модель инфильтрационных урановых месторождений. Сопутствующие урану химические элементы в месторождениях обрабатываемых методом ПВ.

3. Основы геотехнологии ПВ. Термодинамические трудности. Результаты экспериментальных геотехнологических исследований.

4. Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) урана. Общая характеристика. Применяемые системы отработки. Схемы вскрытия рудных залежей технологическими скважинами. Геотехнологическое районирование месторождений.

5. Основные математические модели фильтрации и кинетики при ПСВ урана

- 6. Основные гидродинамические модели при ПСВ урана**
- 7. Определение времени закисления и выщелачивания блока рудной залежи**
- 8. Оптимизация схем вскрытия.** Оптимизация схем и параметров расположения откачных и закачных скважин. Определение оптимальных параметров схем вскрытия по критерию ЖТ.
- 9. Основные модели концентрации продуктивного раствора и расхода кислоты во времени.** Определение минимально-рентабельных содержаний в продуктивных растворах по критерию «прибыль».
- 10. Подземное выщелачивание урана из скальных пород.** Системы выщелачивания с использованием подземных горных выработок и скважин в скальных породах и условия их применения.
- 11. Основы кучного выщелачивания урана и сопутствующих элементов**
- 12. Экологические проблемы ПСВ и ПВ.** Методы реабилитации водоносных горизонтов и других объектов природной среды.
- 13. Теория адаптивного управления технологией ПСВ**

Геотехнология добычи урановых руд **10**

Лабораторные и практические занятия

1. Расчёт концентраций растворённых компонентов в системе «вода - горная порода».
2. Расчёт термодинамических параметров.
3. Изучение влияния Р – Т условий на выщелачивание урана.
4. Экспериментальные геотехнологические исследования.
5. Обоснование плотности сети технологических скважин.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Предусматривается углубленная самостоятельная проработка магистрантами отдельных проблемных вопросов использования геотехнологических методов.

Программа включает:

1. Работа с учебной и научной литературой по теоретическим разделам курса. Углубленное изучение отдельных вопросов теории курса или теоретических основ некоторых специальных методов лабораторного исследования.
2. Проведение практических занятий в форме самостоятельной работы магистрантов под руководством преподавателя.
3. Индивидуальные задания по всем разделам курса с введёнными задачами повышенной сложности.
4. Проведение экспериментов и моделирование технологических процессов.
5. Научно-исследовательская работа магистрантов (с обязательным выступлением на студенческой конференции).

Геотехнология добычи урановых руд 10

Контрольные вопросы и задания

Вопросы:

1. Дайте определение понятия геотехнологии.
2. Основные геотехнологические подходы к добыче минеральных ресурсов.
3. Охарактеризуйте понятие выщелачивание.
4. Охарактеризуйте бактериальное выщелачивание.
5. Охарактеризуйте кислотное выщелачивание.
6. Охарактеризуйте карбонатное выщелачивание.
7. Что такое кучное выщелачивание?
8. Что такое шахтное выщелачивание?
9. Раскройте сущность процесса коагуляции.
10. Общегеологические факторы влияющие на выбор геотехнологических методов.
11. Минералого-литологические (петрографические) факторы, влияющие на эффективность геотехнологических методов
12. Минералого-литологические (петрографические) факторы, влияющие на эффективность метода ПСВ.
13. Охарактеризуйте показатели геотехнологического процесса.
14. Охарактеризуйте понятие отношение к Ж к Т.
15. Что такое маточный раствор?
16. Что такое продуктивный раствор?
17. Раскройте сущность скорости продвижения границы выщелачивания.
18. Охарактеризуйте понятие «степень разубоживания продуктивных растворов».
19. Что такое технологический забаланс?
20. Дайте определение термину « эксплуатационный блок».
21. Охарактеризуйте принципиальную модель взаимодействия откачных и закачных скважин.
22. Перечислите основные геоэкологические проблемы, которые могут возникнуть при реализации метода ПСВ.

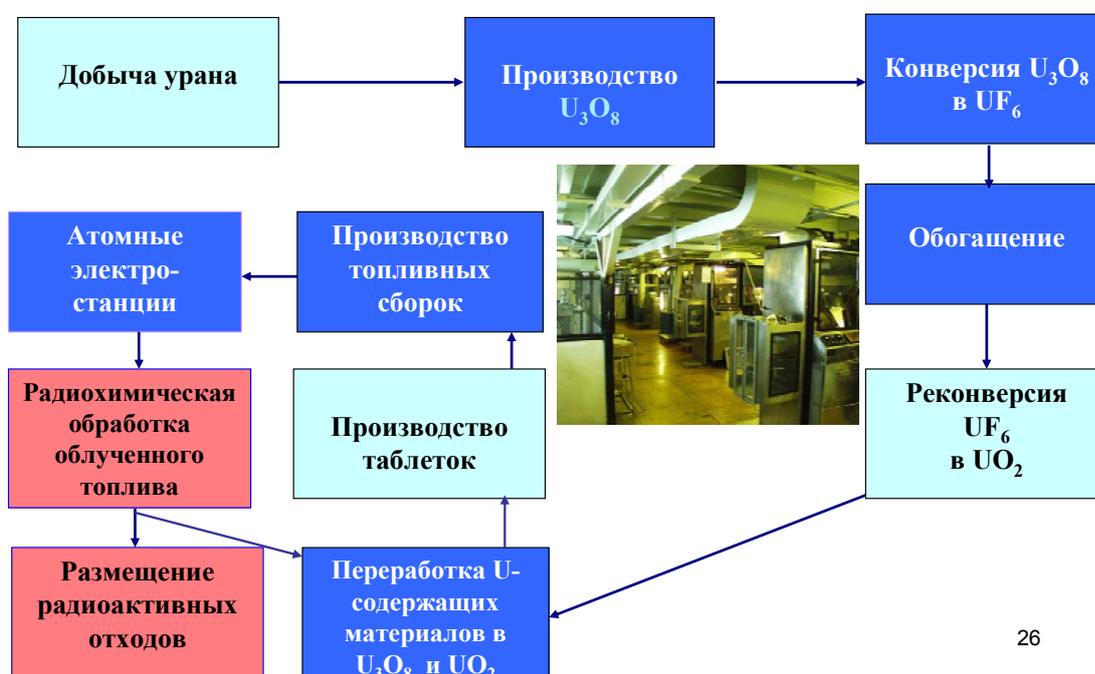
Задания:

1. Имея определённые физико-химические параметры геологической среды и данные о минеральном составе руд рассчитайте необходимое время закисления.
2. Имея данные по результатам разведочных работ обосновать схему расположения технологических скважин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разработке металлов. – М., Недра, 1995. – 155 с.
2. Добыча урана методом выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980.
3. Комплексы подземного выщелачивания. – М., Недра. – 1992.
4. Наумов С.Б., Рыженко Б.Н., Ходанковский И.Л. Справочник термодинамических величин. – М.: Атомиздат, 1971.
5. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. – М., Изд-во горных наук, 1998. – 443 с.
6. Справочник по геотехнологии урана. – М.: Энергоатомиздат. – 1997.
7. Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н. и др. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. – Алматы, 2001. – 244 с.
8. Язиков В.Г., Рогов Е.И., Забазнов В.Л., Рогов А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы, 2005. – 394 с.

Схема ядерно-топливного цикла для легководных реакторов



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Геология, закономерности размещения и условия формирования экзогенных эпигенетических месторождений**
- 4. Методы переработки многокомпонентных продуктивных растворов**
- 5. Комплексная переработка урансодержащих руд и извлечение урана из бедных руд и природных вод**
- 6. Методы получения оксидов урана**
- 7. Техника безопасности и охрана труда в производстве урана**
- 8. Защита окружающей среды**
- 9. Экономические аспекты урановой промышленности**

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- осуществлять контроль подготовки продуктивных растворов;
- рассчитывать ступени сорбции и экстракции;
- использовать сорбционные, экстракционные, мембранные методы;
- анализировать свойства ионообменных смол и экстрагентов; твёрдых экстрагентов (ТВЭК);
- обеспечивать технологию извлечения урана, получение закиси-оксида урана; технологию извлечения комплекса сопутствующих элементов (молибден, рений, селен, скандий, золото и др.).

1. Введение

Цели преподавания дисциплины

Предметом дисциплины «Основы технологии и переработки ядерно-сырьевых ресурсов» является технология получения урана и редких металлов.

Цель преподавания дисциплины - фундаментальное изучение физико-химических основ получения урана и редких элементов.

Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения курса студенты получают знания, позволяющие использовать их при работе на заводах, в научно-исследовательских, конструкторских организациях и в высшей школе.

Перечень дисциплин с указанием разделов, усвоение которых необходимо студентам для изучения дисциплины.

1. Общая и неорганическая химия. Знание в полном объеме.
2. Физическая химия.
3. Физика. Механика. Молекулярная физика. Агрегатное состояние вещества и фазовые переходы. Электричество и магнетизм. Физика твердого тела. Атомная физика.
4. Органическая химия. Углеводороды. Спирты кетоны, аминосоединения, полимеры их синтез.
5. Коллоидная химия.
6. Термодинамика
7. Процессы и аппараты химической технологии, технологии полупроводников, порошковой металлургии.
8. Общая химическая технология.
9. Химия редких рассеянных и радиоактивных элементов
10. Технология урана.
11. Организация, управление и планирование производства.

2. Вводная часть

3. Геология, закономерности размещения и условия формирования экзогенных эпигенетических месторождений

Сравнительная характеристика важнейших месторождений. Краткая характеристика рудных провинций и месторождений, разрабатываемых методом ПВ. Геохимически и геотехнологически сопутствующие элементы. Основы геотехнологии подземного выщелачивания полиэлементных руд. Термодинамические предпосылки. Основные результаты экспериментальных геотехнологических исследований. Сопоставление процессов экзогенного эпигенетического рудообразования и подземного выщелачивания металлов из руд полиэлементных месторождений. Изучение геотехнологических условий выщелачивания полиэлементных месторождений. Вскрытие месторождений, элементы систем и основные стадии скважинной отработки. Анализ результатов отработки блоков ПВ и практические рекомендации. Влияние геоструктурных и геохимических факторов на распространение остаточных сернокислых растворов в водоносных горизонтах. Самопроизвольное восстановление качества подземных вод. Принудительные методы восстановления качества подземных вод. Технологические схемы заводов с применением кислотного выщелачивания Карбонатное выщелачивание. Современные тенденции в технике выщелачивания урановых руд.

4. Методы переработки многокомпонентных продуктивных растворов

Сорбционные методы. Экстракционные методы. Общая характеристика мембранных методов. Технология извлечения урана из растворов ПВ. Технология извлечения молибдена. Технология извлечения рения. Технология извлечения ванадия. Технология извлечения селена. Технология извлечения скандия, иттрия и РЗЭ. Рекомендации по переработке многокомпонентных растворов в том числе ПВ.

5. Комплексная переработка урансодержащих руд и извлечение урана из бедных руд и природных вод

Комплексное извлечение урана и ванадия из карнотитовых руд. Комплексное извлечение урана и молибдена. Извлечение тория и РЗЭ из урансодержащего сырья. Производство оксидов урана. Значение оксидов урана в его технологии. Система уран—кислород. О гомологическом ряде оксидов урана.

6. Методы получения оксидов урана

Восстановление высших оксидов урана до диоксида. Аппаратурное оформление процессов восстановления оксидов урана. Требования к качеству диоксида урана.

7. Техника безопасности и охрана труда в производстве урана

Характеристика источников вредности и травматизма уранового производства 12. Меры по защите персонала от вредных воздействий. Экологические аспекты и обезвреживание отходов урановой промышленности. Загрязнение биосферы при работе тепловых и атомных электростанций. Отходы при производстве урана.

8. Защита окружающей среды

9. Экономические аспекты урановой промышленности

Лабораторные и практические занятия

Лабораторные занятия предполагают практическое использование теоретических знаний, полученных в процессе изучения курса. Предполагается, что на практических занятиях студенты будут решать задачи, возникающие в процессе переработки продуктивных растворов с целью извлечения урана и редких элементов

Темы практических занятий:

Тема 1. Способы оценки среднего содержания урана в месторождениях урана.

Тема 2. Расчет ионообменной колонны.

Тема 3. Расчет концентрирования урана экстракцией.

Контрольные вопросы и задания

1. Какой тип кристаллической решетки имеет диоксид урана
2. Диоксид урана это стехиометрическое соединение? Напишите словами.
3. Какова плотность диоксида урана в урановой руде, г/см² ?
4. Какое соединение наиболее приемлемо для использования его в качестве ядерного топлива?
5. Какова необходимая дисперсность оксидов урана для выщелачивания, мкм?
6. Напишите общую химическую формулу триоксида урана используя латинский шрифт.
7. Какое соединение является исходным для получения сульфата урана? Напишите формулу
8. Какое растворимое соединение используется для получения в последствии труднорастворимого осадка? Напишите химическую
9. Какой оксид получается после прокаливания полиураната аммония до температуры 600 град С
10. Какой оксид получается после прокаливания полиураната аммония до температуры 800 град С
11. Укажите, какая последовательность превращения химических веществ при получении оксидов урана в руде?
12. Как называется соединение, используемое в качестве ядерного топлива? Напишите словами.
13. Какова необходимая дисперсность оксидов урана для карбонатного выщелачивания, мкм?
14. Какая последовательность получения серной кислоты необходимой для выщелачивания урана? (укажите в цифрах через запятую)
15. Какие процессы протекают в указанных аппаратах (сорбционная и десорбционная колонны)?
16. Какая дисперсность (укажите цифрой) пульпы на выходе из откачной скважины в мкм?
17. Какое содержание урана в продуктивных растворах?
18. В каком процесс из указанных используют бикарбонат натрия?
19. Выберите вещество для окисления рения и укажите условия его работы
20. Какая концентрация серной кислоты является оптимальной при подземном выщелачивании урана?
21. Установите соответствие образования уранилсульфатного комплекса
22. Как осуществляется осаждение с целью получения “желтого кека”?
23. Какой параметр увеличивает константу скорости химической реакции?
24. Укажите из набора аппаратов ящичный экстрактор.
25. Выберите по диаграмме оптимальные условия карбонатного выщелачивания молибдена.
26. Можно ли выщелачивать селен карбонатами?
27. Какова предельнодопустимая концентрация (ПДК) урана в сбросных технологических водах?

ЛИТЕРАТУРА

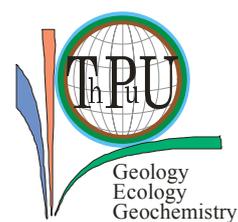
1. Окнина Н.Л. Процессы диффузии и диффузионного выщелачивания солей в глинистых и мелоподобных породах//Формирование инженерно-геологических свойств глинистых пород в процессе литогенеза. М.: АН СССР, 1963. С. 176—201.
2. Окнина Н.А., Приклонский В.А. Процессы диффузии и диффузионного выщелачивания в глинах и их влияние на инженерно-геологические свойства// Материалы совещания по исследованию и использованию глин. Львов, 1957.
3. Экспериментальные исследования по разложению минералов органическими кислотами/Под ред. Д.Г.Сапожникова. М.: Наука, 1968.
4. Лунев Л.И., Грабовников В.Л., Толкунов Б.Л. Инженерные расчеты подземного выщелачивания металлов: Учебно-методическое пособие. М.: МГРИ, 1977.
5. Панин И.М., Ковалев И.Л. Задачник по подземной разработке рудных месторождений. М.: Недра, 1984.
6. Захаров Е.И., Рябчиков Б.Е., Дьяков В.С. Ионообменное оборудование атомной промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Зеликман А.Н., Вольдман Г.М., Беляевская Л.В. Теория гидрометаллургических процессов. М.: Metallurgia, 1975.
8. Зефирова А.П., Ласкорин Б.Н., Невский Б.В. Современное состояние технологии переработки урановых руд//Атомная энергия. 1961. Т.П. Вып.2, С.153-169.
9. Зефирова А.П., Невский Б.В., Бахуров В.Г. и др. Подземное выщелачивание руд урана//Труды 1У Междунар. конф. ООН по мирному использованию атомной энергии. Женева, N 49/p/45, UN IAEA, 1972. V. 8.
10. Ионообменные материалы для процессов гидрометаллургии, очистки сточных вод и водоподготовки: Справочник/Под ред. Б.Н. Ласкорина. М.: ВНИИХТ, 1983.
11. Садыков Р.Х. Подземное выщелачивание урана за рубежом. Обзор. М.: ЦНИИАтоминформ, 1987. Вып.87 (397).
12. Липилина И.И. Уранил и его соединения. М.; Изд-во АН СССР, 1959.
13. Федулов Ю.Н., Алексеева В.В., Водолазов Л.И., Ласкорин Б.Н. Сорбционная колонна непрерывного действия с зажатым слоем ионита//Цветные металлы. 1970. № 2. С.49-51.
14. Шевченко Б.В., Судариков Б.Н. Технология урана. М.: Госатомиздат, 1961.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

1. Атомная промышленность

Технология и техника бурения геолого-разведочных и геотехнологических скважин

12



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Часть 1. Бурение геологоразведочных скважин**
- 3. Часть 2. Бурение и оборудование геотехнологических скважин**
- 4. Часть 3. Буровые машины и механизмы**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- обеспечивать технологические процессы при сооружении разведочных и геотехнологических скважин;
- оптимизировать использование бурового инструмента для бурения;
- повышать ресурс породообразующих инструментов;
- удалять продукты разрушения;
- обеспечивать технологию бурения, крепление ствола скважины, оптимизировать процесс бурения;
- выбирать и обосновывать конструкцию скважины;
- обосновывать технологию вскрытия продуктивного пласта;
- обеспечивать технологию и технику для подъема растворов из геотехнологических скважин.

1. Введение

Повышение экономической эффективности поисковых, разведочных и эксплуатационных работ при добыче урана в значительной степени зависит от внедрения новых методов и технических средств в практику бурения скважин. Внедрение эффективных способов и технологий бурения, создание новых буровых установок, совершенствование существующих технических средств остаётся важнейшей задачей научно-технического прогресса в области сооружения скважин. Всё это вызывает необходимость более углубленного изучения специалистами в области урановой геологии современных технологий и техники разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Магистр по направлению 130100 «Геология и разведка полезных ископаемых», изучивший дисциплину «Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин», будет подготовлен к выполнению следующих видов профессиональной деятельности:

- организационно-технологическая при бурении разведочных и геотехнологических скважин (выбор способов и технических средств для разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых, разработка технологии бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин, контроль качества производственных процессов, эксплуатация бурового оборудования);
- производственно-управленческая (организация работы основных подразделений, занимающихся сооружением геологоразведочных и геотехнологических скважин, расчет потребности в материалах, энергии и рабочей силе; расчет технико-экономической эффективности проектных решений);
- проектная (участие в разработке технической части проектов разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых; проектирование траекторий скважин, выбор технических средств для направленного бурения, отбора проб, контроля и автоматизации производственных процессов; использование ЭВМ и микропроцессорной техники для управления процессами бурения; разработка технических заданий на модернизацию и создание новых технических средств.);
- научно-исследовательская (определение физико-технических свойств горных пород и промывочных жидкостей; выявление закономерностей естественного искривления скважин; теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов при бурении скважин).
- магистр, изучивший дисциплину «Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин» должен знать:
 - историю развития и современное состояние технологии бурения скважин и буровой техники в России и за рубежом;
 - устройство, принцип работы, технические характеристики современного бурового оборудования;
 - основные технологические схемы и технические средства, используемые при бурении геологоразведочных и геотехнологических скважин.

2. Часть 1. Бурение геологоразведочных скважин

Общие сведения о колонковом бурении. Буровая скважина, ее элементы; область применения скважин и решаемые задачи.

2.1. Способы разрушения горных пород

Классификация способов разрушения горных пород.

Механика разрушения горных пород: разрушение горных пород при вращательном, ударно-вращательном, ударном бурении скважин.

2.2. Физико-механические свойства горных пород

Классификация и основные физико-механические свойства горных пород. Классификация горных пород по крепости и буримости.

2.3. Способы бурения скважин

Классификация способов бурения скважин: механическое (бурение породоразрушающим инструментом), гидродинамическое, термическое, термомеханическое, электротермическое, взрывное, электрофизические способы.

2.4. Основные технологические процессы при сооружении геологоразведочных и геотехнологических скважин

- 2.4.1. Строительство коммуникаций, буровой вышки, бурового здания, подсобных и бытовых помещений.
- 2.4.2. Монтаж-демонтаж бурового оборудования.
- 2.4.3. Забуривание и оборудование устья скважины. Геолого-техническая документация на буровой установке. Подготовительные работы к бурению скважины. Забуривание скважины. Оборудование устья скважины (установка направляющей трубы и кондуктора), герметизация устья скважины.
- 2.4.4. Производительные операции при бурении скважин: бурение, производство спуско-подъёмные операций, наращивание бурового снаряда, извлечение керна, смена породоразрушающего инструмента (ПРИ), крепление ствола скважины; технически необходимые вспомогательные работы: сборка – разборка бурильных труб, смена талевого каната, спуск фильтра, замеры глубины скважин, геофизические измерения, замеры зенитного и азимутального углов, ликвидация скважин и др.

2.5. Буровой технологический и вспомогательный инструмент для бурения геологоразведочных скважин

Состав бурового снаряда для колонкового бурения. Бурильные трубы и их соединения; утяжеленные бурильные трубы. Колонковые, шламовые и обсадные трубы и их соединения. Типоразмеры труб. Принадлежности для бурильных и обсадных труб.

Буровой вспомогательный и рабочий инструмент.

2.6. Породоразрушающий инструмент для бурения геологоразведочных скважин

- 2.6.1. Твёрдосплавный породоразрушающий инструмент. Конструкции, типоразмеры, вооружение твердосплавных коронок, область применения.
- 2.6.2. Алмазный породоразрушающий инструмент. Алмазы естественные и синтетические, сверхтвердые материалы для ПРИ. Коронки, долота, расширители, кернорватели: конструкции, типоразмеры, область применения.
- 2.6.3. Шарошечный породоразрушающий инструмент, лопастные долота. Конструкции, типоразмеры, область применения шарошечных и лапастных долот.
- 2.6.4. Методы повышения ресурса породоразрушающего инструмента. Криогенная обработка инструмента. Радиационное облучение инструмента. Комплексная криогенно-радиационная обработка алмазного инструмента.

2.7. Удаление продуктов разрушения при бурении скважин

- 2.7.1. Способы удаления продуктов разрушения. Способы удаления продуктов разрушения из скважин: механический способ, гидравлический способ.
- 2.7.2. Промывочные жидкости, их свойства и параметры. Назначение и виды промывочных жидкостей: техническая вода, глинистый раствор, безглинистый раствор, естественный глинистый раствор, аэрированный раствор, насыщенные растворы солей. Параметры промывочных жидкостей: плотность, вязкость, водо-отдача, содержание песка, толщина корки, статическое напряжение сдвига, концентрация водородных ионов, тиксотропия, удерживающая способность, суточный отстой. Глинистые растворы для бурения в нормальных геологических условиях, для бурения в осложненных условиях (обвалы, осыпи стенок скважины, водопроявления, поглощения, образование сальников и липкой глинистой корки). Эмульсионные промывочные жидкости. Полимерные промывочные жидкости. Пены. Специальные промывочные растворы. Очистка промывочных жидкостей от шлама. Циркуляционные системы.
- 2.7.3. Приготовление и способы регулирования параметров промывочных жидкостей. Способы и рецептура приготовления промывочных растворов. Приготовление глинистых растворов, контроль параметров. Приготовление аэрированных глинистых растворов. Приготовление безглинистых промывочных растворов. Основные реагенты для обработки промывочных растворов, их приготовление. Способы обработки промывочных растворов.
- 2.7.4. Расчёт параметров промывки скважин.
- 2.7.5. Особенности бурения скважин с продувкой воздухом. Область применения, достоинства, недостатки продувки скважин сжатым воздухом.
- 2.7.6. Расчет параметров продувки скважин.

2.8. Технология бурения геологоразведочных скважин

- 2.8.1. Выбор и обоснование конструкции скважин. Классификация скважин. Разработка конструкций скважин и их оптимизация.
- 2.8.2. Бурение скважин твёрдосплавным ПРИ вращательным и ударно-вращательным способом. Вращательное бурение твердосплавными коронками. Выбор коронки и расчет параметров режима бурения по мягким породам, породам малой и средней твердости, твердым, перемежающимся породам. Технология ударно-вращательного бурения скважин гидроударными машинами. Выбор коронки и расчет параметров режима бурения.
- 2.8.3. Бурение скважин алмазным ПРИ одинарными и двойными колонковыми снарядами. Выбор коронки и расчет параметров режима бурения одинарными колонковыми снарядами. Рациональная эксплуатация алмазных коронок и расширителей. Вибрации бурильной колонны, методы борьбы с вибрацией.
- 2.8.4. Бурение скважин шарошечными и лопастными долотами. Технология бурения скважин шарошечными долотами. Технология бурения скважин лопастными долотами. Опробование и геологическая документация при бескерновом бурении скважин.

- 2.8.5. Техника и технология бурения скважин снарядами со съёмным керноприёмником. Состав комплексов ССК и КССК. Основной и вспомогательный инструмент. Технология бурения комплексами ССК и КССК: выбор типа коронки; рекомендуемые режимы бурения; особенности технологии бурения комплексами.
- 2.8.6. Оборудование и технология крепления скважин. Цель и задачи обсадки и тампонирования. Закрепление стенок скважины обсадными трубами. Тампонажные материалы, тампонажные растворы и смеси. Доставка тампонажных составов в скважину. Технология тампонирования скважины глиной. Цементирование скважин.
- 2.9. **Оптимизация процессов бурения при сооружении скважин**
 - 2.9.1. Факторы, определяющие эффективность процесса бурения скважин. Влияние усилия подачи (осевой нагрузки) на механическую скорость бурения. Влияние частоты вращения (окружной скорости) ПРИ на эффективность вращательного способа бурения. Влияние интенсивности промывки (продувки) на эффективность работы породоразрушающего инструмента. Зависимость технико-экономических показателей от диаметра ПРИ. Влияние износа ПРИ на снижение механической скорости бурения.
 - 2.9.2. Методика расчёта рациональных параметров режима бурения. Методика обработки диаграмм записи параметров технологического процесса. Методы контроля процесса бурения с целью его оптимизации.
- 2.10. **Буровая контрольно-измерительная аппаратура. Автоматизация производственных процессов бурения**
 - 2.10.1. Классификация буровой контрольно-измерительной аппаратуры (БКИА). Классификация БКИА по функционально-технологическому признаку: аппаратура для контроля технологических параметров, аппаратура для контроля технико-экономических показателей, комплексная аппаратура, аппаратура для определения параметров и свойств материалов, аппаратура по ТБ и охране труда.
 - 2.10.2. Аппаратура контроля технологических параметров процесса бурения. Назначение, классификация аппаратуры. Измерители веса снаряда и осевой нагрузки. Измерители расхода и давления промывочной жидкости. Измерители и регистраторы крутящего момента и потребляемой мощности.
 - 2.10.3. Аппаратура контроля эффективности процесса бурения. Классификация аппаратуры. Измерители механической скорости бурения. Измерители и регистраторы рейсовой скорости бурения. Комплексная аппаратура для контроля технологических и технико-экономических показателей процесса бурения.
 - 2.10.4. Аппаратура контроля технического состояния бурильных труб. Классификация основных методов неразрушающего контроля. Дефектоскоп бурильных труб ДБТ, толщиномеры Т-1, “Кварц-15”, детектор износа бурильных труб ДИТ, шаблоны, дефектоскопические станции.
 - 2.10.5. Буровые автоматические системы. Буровые станки и установки как объект регулирования и автоматизации. Основные процессы, контролируемые и регулируемые параметры при бурении скважин. Критерии регулирования процесса бурения. Автоматический регулятор подачи инструмента АРП-1.

2.11. Техника и технология получения кондиционных проб керна при бурении по вмещающим горным породам и полезному ископаемому

- 2.11.1. Классификация горных пород по трудности отбора керна. Критерии и способы оценки представительности кернового материала – количество и качество.
- 2.11.2. Способы и технология опробования при бурении геологоразведочных скважин. Способы и технология опробования: по керну, шламу, керну и шламу. Дополнительное опробование. Боковые грунтоносы.
- 2.11.3. Общие технико-технологические мероприятия для повышения выхода керна.
- 2.11.4. Специальные буровые снаряды и технология бурения ими по полезным ископаемым. Двойные колонковые снаряды, одинарные и двойные эжекторные снаряды, снаряды со съёмным керноприёмником. Встреча пластов полезного ископаемого. Технология бурения специальными снарядами. Бурение скважин с гидротранспортом керна.

Вопросы для самопроверки

1. Назвать и дать определение основных свойств горных пород. Классификация горных пород по буримости: дать определение и привести примеры горных пород разных категорий по буримости.
2. Назвать способы разрушения горных пород и раскрыть их сущность.
3. Изложить методику разработки конструкции скважины.
4. Алмазный породоразрушающий инструмент для колонкового бурения: схематично изобразить конструкцию алмазной коронки, назвать типы, размеры коронок.
5. Твердосплавный породоразрушающий инструмент для колонкового бурения: привести и пояснить классификацию коронок; назвать типы, размеры коронок; привести примеры выбора коронок для бурения горных пород различных категорий по буримости.
6. Что такое ребристая твердосплавная коронка, назначение, типы?
7. Породоразрушающий инструмент для бурения сплошным забоем: охарактеризовать конструкцию шарошечных и лопатных долот, привести классификацию шарошечных долот.
8. Бурильные трубы и их соединения, утяжеленные бурильные трубы: привести материал, типоразмеры бурильных труб; охарактеризовать соединения бурильных труб; раскрыть методику подбора утяжеленных бурильных труб.
9. Назначение колонковых и шламовых труб, привести размеры труб, охарактеризовать переходники.
10. Назначение обсадных труб, привести размеры труб (телескоп), назвать и пояснить типы соединений.
11. Удаление продуктов разрушения: назначение очистных агентов, привести классификацию (разновидности) очистных агентов, пояснить область их применения.
12. Назвать параметры глинистого раствора, дать им определение; привести в цифрах параметры нормального глинистого раствора.
13. Какие осложнения при бурении скважины можно избежать при применении в качестве промывочной жидкости глинистого раствора.
14. Назвать причины возникновения вибраций бурильной колонны в процессе бурения, назвать методы и средства борьбы с вибрацией.

15. Что понимается под режимом бурения, например твердосплавным породоразрушающим инструментом?
16. Раскрыть содержание геолого-технического наряда на бурение скважины.
17. Раскрыть понятие кондиционного выхода керна.
18. Назвать и раскрыть методы, способы и средства для повышения выхода керна пород и полезного ископаемого.
19. Назначение двойных колонковых снарядов, назвать их типы, схематично изобразить простейшую конструкцию ДКС.
20. Пояснить технологию работ при забурировании и оборудовании устья скважины.
21. Привести классификацию буровой контрольно-измерительной аппаратуры по функционально-технологическому признаку.
22. Раскрыть роль измерителей веса снаряда и осевой нагрузки в оптимизации режима бурения.
23. Раскрыть роль расходомеров промывочной жидкости в оптимизации режима бурения.
24. Раскрыть понятия оптимального, рационального режима бурения.
25. Изложить методику обработки диаграмм записи параметров технологического процесса бурения скважин.
26. Назвать аппаратуру контроля технического состояния бурильных труб, пояснить назначение и принцип работы.
27. Назвать основные мероприятия по охране природы и недр при сооружении геологоразведочных скважин.
28. Когда проводится консервация и ликвидация скважин? Содержание и технология работ?
29. Привести пример измерителя осевой нагрузки, пояснить принцип его работы.
30. Привести пример измерителя расхода промывочной жидкости и пояснить принцип его работы.
31. Привести пример измерителя механической скорости бурения и пояснить принцип его работы.

3. Часть 2. Бурение и оборудование геотехнологических скважин

3.1. Общие сведения о геотехнологических методах добычи полезных ископаемых

Сущность и технологическая схема подземного выщелачивания полезных ископаемых. Типы растворов для выщелачивания урана.

3.2. Системы разработки урановых месторождений методом подземного выщелачивания (ПВ)

Определение систем разработки месторождения (или его части) методом ПВ. Классификация систем разработки месторождений урана методом ПВ: бесшахтные (скважинные), шахтные и комбинированные.

Подготовка месторождений к отработке методом ПВ через скважины с поверхности: бурение и обвязка скважин поверхностными коммуникациями, оснащение узлов рабочим (технологическим и контрольно-измерительным) оборудованием и приборами. Подготовка рудных залежей к выщелачиванию с созданием временных гидрозавес для ограничения движения или направления растворов, расчленение рудовмещающих пород гидроразрывом.

Три группы систем ПВ урана через скважины с поверхности: с площадным (ячеистым), линейным и комбинированным расположением скважин. Площадные

(ячеистые) системы расположения скважин – треугольные, квадратные, гексагональные и др. для сложных в морфологическом отношении рудных залежей с относительно невысокими коэффициентами фильтрации (K_f до 0,1 – 1,0 м/сутки).

Линейные системы расположения скважин при разработке протяженных гидрогенных урановых месторождений, сложенных осадочными, хорошо водопроницаемыми ($K_f > 1,0$ м/сутки) рудами и породами.

Густота сети эксплуатационных скважин. Схемы вскрытия и отработки залежей различного морфологического типа системами ПВ через скважины с поверхности. Выбор расстояний между скважинами.

Системы разработки с использованием противofiltrационных завес. Расположение скважин для создания механического и химического барьеров.

3.3. Влияние физико-механических свойств горных пород на эффективность сооружения геотехнологических скважин

Изучение вещественного состава слагающих залежь горных пород, их физико-химические, химико-технологические и физико-механические свойства, а также гидрогеологические особенности месторождения для выбора способа бурения, бурового оборудования, инструмента, режимов бурения. Выбор наиболее целесообразных видов рабочих агентов для выщелачивания урана.

Важнейшие физико-механические свойства горных пород, (прочность, твердость, абразивность, пористость, трещиноватость, водопроницаемость, устойчивость и др.), влияющие на процесс сооружения геотехнологических скважин. Пористость и проницаемость залежей, определяющие свойства для подземного выщелачивания урана.

3.4. Сооружение геотехнологических скважин

3.4.1. Основные сведения о геотехнологических скважинах и их классификация

Скважина – главный элемент геотехнологического процесса, при котором обеспечивается поиск и разведка месторождения урановых руд, определение запасов, подача рабочих растворов в пласт (извлечение урана в раствор) и подъем технологических растворов на поверхность. Разделение скважин по назначению, составу и объему выполняемых функций и конструктивному оформлению: разведочные, технологические (закачные – нагнетательные и откачные), барражные, наблюдательные и контрольные.

3.4.2. Способы бурения геотехнологических скважин

Вращательное бурение с прямой промывкой. Применяемый породоразрушающий инструмент при вращательном бурении с прямой промывкой без отбора керна – долота (лопастные и шарошечные, пикобуры). Твердосплавные коронки для бурения с отбором керна в породах средней крепости и мягких; алмазные коронки и шарошечный инструмент (коронки – бурголовки) для бурения с отбором керна в крепких породах.

Вращательное бурение с обратной промывкой, его преимущества. Специализированные трехшарошечные долота для бурения с обратной промывкой.

Повышение качества вскрытия продуктивных горизонтов при бурении с продувкой при сооружении технологических скважин.

Комбинированные методы бурения для отдельного вскрытия породного и рудного интервалов: до рудного тела – с использованием промывочной жидкости, а по рудному телу – с применением воздуха или воздушно-водяной смеси.

3.4.3. Бурение и оборудование скважин для создания противофильтрационных завес вокруг рудного тела

Бурение барражных скважин для создания вертикальных и горизонтальных противофильтрационных завес. Оборудование скважин и технология упрочнения песков: забивка иньекторов, нагнетание раствора; извлечение иньекторов, контроль качества упрочнения массива.

3.5. *Технология сооружения геотехнологических скважин*

3.5.1. Выбор и обоснование конструкции скважин для подземного выщелачивания урана

Основные факторы, оказывающие влияние на выбор конструкций эксплуатационных скважин ПВ.

Конструкции откачных и нагнетательных технологических скважин. Одноступенчатые и двухступенчатые конструкции технологических скважин. Интервалы и способы гидроизоляции пространства выше зоны движения продуктивных растворов.

Типовые конструкции одноколонных эксплуатационных скважин подземного выщелачивания металлов: с гидроизоляцией при помощи пакера (манжеты), с гравийной обсыпкой фильтров, с комбинированной эксплуатационной колонной и эрлифтным подъемом продуктивных растворов, с комбинированной эксплуатационной колонной и подъемом продуктивных растворов с помощью погружных насосов.

Типовые конструкции высокодебитных скважин.

3.5.2. Крепление геотехнологических скважин с установкой обсадных колонн и беструбное крепление

Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин. Требования к трубам для крепления и оборудования эксплуатационных скважин для подземного выщелачивания полезных ископаемых с использованием кислотных растворителей металла, связанные с выбором материала и с гидроизоляцией зон движения промышленных растворов.

Стальные трубы из обычной стали (ГОСТ 632—80) для обсадки и оборудования различных скважин (барражные, для гидроразрыва пластов, водопонижительные и др.); использование данных труб в качестве обсадных, защитных колонн в откачных и нагнетательных скважинах.

Улучшение коррозионной стойкости материала за счет футерования полиэтиленом и лаковыми покрытиями.

Трубы из нержавеющей стали (ГОСТ 9940—81) – бесшовные, горячедеформированные, коррозионностойкие для изготовления фильтров глубоких скважин и скважинного оборудования, и применяемые в качестве раствороподъемных колонн.

Трубы из неметаллических материалов (полиэтилен, полипропилен, винипласт, стеклопластик), а также трубы из разнородных материалов (металлопластовые, полимерно-армированные, бипластмассовые и др.).

Монтаж и спуск эксплуатационных и обсадных колонн. Контрольная проверка обсадных и эксплуатационных колонн перед спуском их в скважину.

Соединения металлических обсадных колонн: резьбовое, муфтовое и с помощью электросварки. Два вида соединений при спуске в скважину полиэтиленовых обсадных и эксплуатационных колонн: термоконтактная сварка встык, резьбовое соединение.

Способы монтажа полиэтиленовых труб при спуске их в скважину: 1 – традиционный – поочередное наращивание отрезков труб длиной 6–12м, соединяемых между собой с помощью резьбовых соединений или с использованием термических методов (сварка встык); 2 – спуск полностью собранной на поверхности колонны труб в скважину с помощью специальных приспособлений.

Методы ускорения спуска обсадных и эксплуатационных колонн из полимеров: снижение плотности скважинной жидкости или увеличение массы самих колонн с помощью различных утяжелителей – стационарных и съёмных.

Спуск и установка фильтра с надфильтровым патрубком (полиэтилен, стеклопластик, нержавеющая сталь) в скважине «впотай».

Расчет неметаллических обсадных и эксплуатационных колонн труб на смятие горным давлением.

Беструбное крепление скважин. Современные методы беструбного крепления скважин: стабилизация промывочными растворами в процессе бурения, химическое упрочнение стенок скважин и закрепление неустойчивых пород формированием на их поверхности прочного водонепроницаемого покрытия из твердеющих тампонажных растворов (цементация, смолизация, силикатизация, электрохимическое упрочнение, термическое упрочнение).

Технология беструбного крепления скважин и применяемые тампонажные растворы.

3.5.3. Забойное оборудование геотехнологических скважин

Основные требования к фильтрам технологических скважин ПВ. Состав фильтров. Типы фильтров, их конструкции и параметры: каркасные трубчатые с круглой и щелевой перфорацией без покрытия; каркасные трубчатые и стержневые с тонкими фильтрующими покрытиями – сетчатые, провололочные; дисковые (тарельчатые); с фильтрующим заполнением – кожуховые, блочные фильтры с засыпкой – гравийно-обсыпные фильтры.

Оборудование технологических скважин ПВ фильтрами с гравийной обсыпкой. Фильтры, создаваемые на поверхности земли. Фильтры кожуховые с гравийным наполнителем. Фильтры блочного типа. Гравийные фильтры, создаваемые на забое скважины. Сооружение гравийных обсыпок в восходящем потоке жидкости. Сооружение гравийных обсыпок в нисходящем потоке жидкости. Сооружение гравийных обсыпок путем подачи гравия по бурильным трубам. Сооружение гравийных обсыпок при применении пакерных устройств для гидроизоляции. Сооружение гравийных обсыпок с предварительной подачей гравия на забой скважины.

Сооружение гравийных обсыпок в прифильтровой зоне скважин с одновременной установкой фильтров. Способ сооружения обсыпных фильтров из гранул низкой плотности. Выбор материала для обсыпки фильтров, его подготовка и устройство в скважинах.

3.5.4. Оборудование устья технологических скважин

Назначение, функции устьевого арматуры и требования, предъявляемые к ней. Конструкция оголовков для нагнетательных скважин работающих в режиме свободного налива. Конструкция оголовков для нагнетательных скважин, работающих в напорном режиме. Оголовки для откачных скважин. Обвязка устья скважин при применении в качестве откачных средств эрлифтов. Герметизатор с раствороотводным патрубком с задвижкой для откачки растворов с помощью погружных электрических насосов.

3.5.5. Цементирование и гидроизоляция геотехнологических скважин

Назначение цементирования и гидроизоляции. Материалы для тампонажа и гидроизоляции пород. Требования, предъявляемые к тампонажным и гидроизоляционным материалам, для обеспечения качественной гидроизоляции и разобщения пород, вскрытых скважинами.

Схемы цементирования обсадных колонн из полимерных материалов в скважинах с применением заливочных трубок. Цементирование неметаллических обсадных (эксплуатационных) колонн, оборудованных в нижней части фильтром. Цементирование неметаллических обсадных колонн с одной или двумя разделительными пробками.

Технические средства для цементирования скважин. Цементно-смесительная машина СМ-4М. Смесительно-осреднительная мобильная установка УСО-20. Цементировочный агрегат ЦА-320М. Установки насосные для цементирования скважин УЦП4320. Цементировочный агрегат на раме АЦС-320. Агрегаты насосные цементировочные АНЦ-320 и АНЦ-500. Установки цементосмесительные 1СМР-20 и УС-6-30.

Технология гидроизоляции зон движения рабочих и продуктивных растворов при сооружении технологических скважин подземного выщелачивания. Схемы гидроизоляции с применением различных материалов. Способ с использованием жестко закрепленных кислотостойких резиновых манжет с впаянным в основание металлическим кольцом. Схема герметизации прифилтрового пространства и зон движения рабочих и продуктивных растворов с использованием разобщающих манжет, перемещаемых вверх или вниз относительно фильтра. Применение одноколонных конструкций скважин с гидроизоляцией затрубного пространства с помощью гидравлических пакеров, которые позволяют разобщить зону продуктивного пласта от вышележащих пород. Гидроизоляционные материалы при сооружении технологических скважин ПВ: растворы сульфатостойких и кислотостойких цементов, различные пасты, в том числе гель-цементные, и специальные растворы. Способы доставки гидроизоляционных материалов в скважину, оборудованную неметаллическими колоннами.

3.5.6. Вскрытие и освоение продуктивного горизонта в геотехнологических скважинах

Понятия – вскрытие и освоение продуктивных пластов. Основные факторы, снижающие проницаемость продуктивного пласта. Две зоны коагуляции. Глубина проникновения глинистого раствора в

пласт и влияние его свойств на проницаемость пласта. Очистные агенты для вскрытия продуктивных горизонтов при вращательном бурении. Применяемые при вращательном бурении малоглинистые растворы и их свойства, аэрированные растворы и сжатый воздух. Вскрытие продуктивных горизонтов с помощью обратной промывки. Операции по сооружению технологических скважин, связанные с восстановлением проницаемости продуктивного горизонта и определение работоспособности скважин перед вводом их в эксплуатацию. Способы разглинизации скважин: гидромеханический, физический и химический. Способы освоения технологических скважин: прямая промывка внутренней поверхности фильтра (в том числе – использование струйных насадок в нижней части буровой колонны); прямая промывка при посадке фильтров «впотай»; прямая промывка при сооружении скважин с гравийными фильтрами; обратная поинтервальная промывка при фильтровой зоне; обратная промывка через фильтр; прямая затрубная промывка для разглинизации при фильтровой зоне технологических скважин одноколонной конструкции, оборудованных фильтрами с гравийной обсыпкой. Новые перспективные физические и гидромеханические способы разглинизации водоносных горизонтов с помощью гидравлических, пневматических и электрических импульсов, взрывов ВВ, ультразвуковых колебаний и др. Химические способы освоения технологических скважин ПВ.

3.6. Технология и техника для подъема растворов из геотехнологических скважин

Основные средства: эрлифты, погружные центробежные электронасосы, струйные насосы (гидроэлеваторы). Применение эрлифтов для подъема продуктивных растворов из технологических скважин подземного выщелачивания, их основные достоинства. Эрлифты с аксиальным и параллельным размещением воздухоподающих и раствороподъемных труб. Конструкция эрлифта с несколькими раствороподъемными трубами, собранными в пакет. Применение в скважинах увеличенного диаметра эрлифтов кольцевых одно- и двухрядных, центральных двухрядных и др. Основные принципы использования эрлифта для раствороподъема; расчет эрлифта.

Погружные скважинные насосы в коррозионно-стойком исполнении. Преимущества насосов при подъеме раствора, основные технические характеристики насосов ЭЦНК4 и ПЭН6.

Струйные насосы, принцип работы, достоинства, недостатки.

Установка беструбного подъема раствора.

3.7. Ликвидация технологических скважин

Виды работ, выполняемых при ликвидации скважин. Требования, предъявляемые к выбору тампонажного материала.

Вопросы для самопроверки

1. Пояснить сущность подземного выщелачивания урана.
2. Привести и пояснить технологическую схему подземного выщелачивания полезных ископаемых.
3. Охарактеризовать бесшахтные (скважинные), шахтные и комбинированные системы разработки месторождений урана.

4. Описать системы разработки месторождений урана с использованием противofильтрационных завес.
5. Привести пример расположения скважин для создания механического и химического барьеров.
6. Объяснить влияние физико-механических свойств горных пород на эффективность сооружения геотехнологических скважин.
7. Привести классификацию скважин, сооружаемых на месторождениях урана, по их назначению.
8. Объяснить функции эксплуатационных скважин.
9. Объяснить влияние барражных скважин при ПВ урана.
10. Охарактеризовать способы бурения геотехнологических скважин.
11. Перечислить основные факторы, оказывающие влияние на выбор конструкций эксплуатационных скважин ПВ.
12. Описать технологические схемы типовых конструкций одноколонных эксплуатационных скважин подземного выщелачивания металлов.
13. Привести типовые конструкции высокодебитных скважин.
14. Назвать типы и охарактеризовать обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин.
15. Объяснить метод беструбного крепления эксплуатационных скважин.
16. Сформулировать основные требования к фильтрам технологических скважин ПВ.
17. Пояснить методы формирования гравийной обсыпки в закачных и откачных скважинах.
18. Пояснить назначение и функции устьевой арматуры закачных и откачных скважин.
19. Объяснить назначение цементирования и гидроизоляции при сооружении технологических скважин ПВ.
20. Привести примеры схем цементирования обсадных колонн из полимерных материалов.
21. Объяснить сущность гидроизоляции зон движения рабочих и продуктивных растворов при сооружении технологических скважин ПВ.
22. Описать основные факторы, снижающие проницаемость продуктивного пласта.
23. Объяснить сущность работы эрлифта при подъеме продуктивных растворов из технологических скважин подземного выщелачивания, их основные достоинства.
24. Описать виды работ, выполняемых при ликвидации технологических скважин.

4. Часть 3. Буровые машины и механизмы

Введение

Некоторые сведения из истории развития буровой техники в России и за рубежом. Буровая установка как комплекс машин, механизмов, приборов, приспособлений и рабочего инструмента, с помощью которых выполняются технологические процессы при сооружении скважин. Условия, определяющие облик и состав буровой установки: способ бурения, глубина и диаметр скважин, назначение скважин, геолого-технические, климатические, дорожно-транспортные условия и т.д. Деятельность научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций в области создания бурового оборудования.

4.1. Буровые установки для бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин

4.1.1. Общая схема буровых установок

Элементы буровой установки: буровой агрегат (станок, насос, силовой привод, пусковая и контрольно-измерительная аппаратура), вышка или мачта, средства механизации и автоматизации трудоёмких и вспомогательных работ. Превышечные сооружения: балки, укрытия, стеллажи, подстанции, склады.

Классификация буровых установок по характеру транспортной базы, по назначению, глубине бурения, грузоподъёмности и другим признакам.

4.1.2. Буровые станки

Классификация станков по виду компоновки, по типу вращателя, по типу привода, по назначению. Общее устройство, принципиальные кинематические схемы буровых станков. Параметры технической характеристики современных станков.

Анализ общей структуры кинематических схем станков для вращательного бурения. Основные группы механизмов, составляющие буровой станок: вращатель, механизм подачи, грузоподъёмное устройство, коробка передач и другие преобразователи крутящего момента, распределительная трансмиссия, механизм перемещения станка.

Вращатели. Классификация вращателей: шпиндельные, роторные, подвижные. Основные признаки конструкций вращателей. Кинематические схемы и конструктивные решения. Достоинства и недостатки каждого типа.

Механизмы подачи бурового инструмента. Требования, предъявляемые к механизмам подачи. Классификация механизмов подачи: гидравлические, механические, комбинированные. Теория работы механизмов подачи, обеспечивающих постоянство осевой нагрузки при переменной скорости бурения и постоянство скорости бурения при переменной осевой нагрузке. Кинематические схемы, конструктивные решения и принципы действия современных механизмов подачи. Основные параметры механизмов подачи.

Грузоподъёмные механизмы для проведения спуско-подъёмных операций. Лебёдки, экстракторные устройства, гидравлические подъёмники. Общие требования, оптимальная область их применения.

Лебёдки. Классификация лебёдок: планетарные, фрикционные, дифференциальные. Устройство, принцип работы планетарных лебёдок, работающих по схеме "барабан - зубчатый венец" и "барабан - водило", фрикционных лебёдок с дисковым или конусным фрикционом. Устройство лебёдок мощных буровых установок (для бурения глубоких геологоразведочных скважин, а также скважин на нефть и газ). Основные параметры лебёдок, методика их выбора и расчёта. Требования охраны труда к грузоподъёмным машинам.

Коробки передач. Классификация коробок передач: ступенчатые, бесступенчатые; с дополнительным редуктором, без дополнительного редуктора. Принципы построения кинематических схем коробок передач. Кинематические схемы коробок передач станков типа

"ЗИФ", "СКБ" и др. Анализ работы коробок передач. Перспективы применения бесступенчатых передач (плавно регулируемого привода).

Фрикционы. Классификация фрикционов: механические (дисковые, конусные), гидравлические, пневматические. Устройство, принцип работы фрикционов. Способы регулирования. Эксплуатационные требования к фрикционам.

Силовой привод. Классификация приводов (на базе электрических двигателей, двигателей внутреннего сгорания, гидравлических и пневматических двигателей). Индивидуальный, групповой, комбинированный привод. Гибкость характеристики различных двигателей (коэффициент перегрузочной способности, диапазон регулирования, приёмистость). Нагрузочные характеристики основных механизмов буровой установки. Способы искусственной приспособляемости двигателей.

Современные буровые станки для бурения геологоразведочных скважин. Назначение, устройство, техническая характеристика буровых станков нового поколения СКБ-3, СКБ-4, СКБ-5, СКБ-7 и др. Конструктивные особенности, правила эксплуатации.

Назначение, устройство, техническая характеристика, конструктивные особенности, правила эксплуатации буровых станков ЗИФ-650М, ЗИФ-1200МР.

4.1.3. Буровые насосы

Назначение насосов в составе буровой установки. Эксплуатационно-технические требования к буровым насосам (жёсткая напорно-расходная характеристика, универсальность к различным видам промывочной жидкости, высокий уровень надёжности и т.д.). Классификация и общая характеристика буровых насосов. Поршневые и плунжерные насосы. Принципиальные схемы насосов, конструкции основных узлов. Привод насосов. Основные параметры технической характеристики современных насосов. Способы регулирования производительности и давления насосов, интенсивности промывки скважины.

Современные типы поршневых насосов, используемых для комплектования буровых установок: НБ-32, НБ-50, НБ-80, НБ-125.

Нормальный ряд плунжерных буровых насосов: НБ1-25/16, НБ2-63/40, НБ4-160/63, НБ4-320/63, НБ5-320/100.

Принадлежности к насосам. Буровые сальники и сальники-вертлюги, их общее устройство и принцип работы. Шланги напорные и всасывающие. Регулировочные краны, их назначение и устройство. Контрольно-измерительные приборы: манометры, расходомеры.

Порядок опрессовки напорной магистрали буровой установки.

4.1.4. Средства механизации и автоматизации трудоёмких процессов

Анализ современного состояния механизации и автоматизации трудоёмких процессов при бурении геологоразведочных скважин.

Механизмы для свинчивания и развинчивания буровых и обсадных труб. Общее устройство, принципиальные кинематические схемы. Современные механизмы для свинчивания и развинчивания буровых труб: РТ-1200М, РТ-300, РТ-100.

Трубодержатели для работы с гладкоствольными колоннами труб. Правила эксплуатации, требования охраны труда.

Полуавтоматические элеваторы для работы с бурильными трубами. Классификация элеваторов, их принцип действия и область применения.

4.1.5. Буровые вышки, мачты и здания

Определение понятий: вышка, мачта, буровое здание. Назначение и общее устройство вышек и мачт. Основные требования к вышкам и мачтам.

Классификация вышек: по пространственной геометрической форме, по количеству граней, по углу наклона, по виду применяемых материалов, по высоте и другим признакам. Основные параметры технической характеристики вышек и мачт (тип, высота, грузоподъемность, размеры нижнего и верхнего оснований, масса и др.) и методика их выбора и расчёта. Способы монтажа вышек: "снизу - вверх", "сверху - вниз", по методу Духнина (подъём и опускание вышки в собранном виде). Требования охраны труда при эксплуатации вышек.

Современные типы буровых вышек (ВРМ-24/540, В-26/50, Н-22, Н-18 и др.), их общее устройство и техническая характеристика.

Буровые мачты. Классификация и область применения мачт. Особенности эксплуатации. Способы монтажа-демонтажа. Современные буровые мачты (БМТ-4, БМТ-5, МРУГУ-2, МРУГУ-3 и др.), их общее устройство и техническая характеристика.

Буровые здания. Классификация, область применения. Современные буровые здания (ПБЗ-4, ПБЗ-5, ПБЗ-7 и др.), их устройство. Правила размещения технологического и вспомогательного оборудования в буровом здании, требования охраны труда при эксплуатации.

4.1.6. Талевые системы

Назначение, общее устройство, классификация талевых систем. Устройство кронблоков, талевых блоков, кронблочных рам. Схемы талевых систем, используемые на буровых установках. Условия применения различных талевых систем, правила эксплуатации, требования охраны труда.

Конструкции канатов, порядок их выбора для различных условий бурения. Рациональная эксплуатация канатов.

Методика определения числа рабочих струн, грузоподъемности талевой системы, нагрузки на вышку, диаметра каната.

4.1.7. Комплексные буровые установки для бурения геологоразведочных скважин

Состав комплексной буровой установки: буровой станок, буровой насос (компрессор), механизмы для проведения спускоподъемных операций, вышка (мачта), пусковая и контрольно-измерительная аппаратура, буровое здание, система отопления, система освещения, транспортная база и т.д.

Буровые установки на базе станков ЗИФ-650М, ЗИФ-1200МР. Область применения, общее устройство. Размещение технологического оборудования с учётом требований охраны труда. Технические характеристики.

Установки нормального ряда "УКБ", выпускаемые по ГОСТ 7959-74: УКБ1-12,5/25, УКБ2-50/100, УКБ3-200/300, УКБ4-300/500, УКБ5-500/800, УКБ7-1200/2000, УКБ8-2000/3000. Область применения.

Общее устройство. Основные отличия установок типа УКБ от ранее выпускаемых буровых установок. Оснащённость буровых установок контрольно-измерительными приборами. Модификации буровых установок. Унификация узлов и механизмов. Технические характеристики.

4.1.8. Самоходные буровые установки

Классификация самоходных буровых установок (по транспортной базе, по условиям применения). Достоинства и недостатки самоходных буровых установок, их рациональная область применения.

Самоходные буровые установки общего назначения (универсальные): УКБЗ-200/300С, УКБ-4С, УКБ-500С и др.

Специализированные буровые установки: УБР-2М, УРБ-2А2, УРБ-2А2-КГК, УРБ-2,5А (для бурения картировочных, поисковых, изыскательских и геофизических скважин); УРБ-3А3, 1БА-15В, 1БА-15К, 1БА-15Н (для бурения структурных скважин, эксплуатационных скважин на воду, технических скважин). Общее устройство установок. Принципиальные кинематические схемы, технические характеристики. Особенности эксплуатации.

4.1.9. Современные зарубежные буровые установки

Современные буровые установки фирмы Atlas Copco, Bort Longir и др. для бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин. Принципиальные отличия от отечественных буровых установок. Особенности эксплуатации и обслуживания.

4.2. Забойные машины и механизмы

1.2.1. Гидроударники

Классификация гидроударников по кинематике рабочего процесса (прямого действия, обратного действия, двойного действия, непосредственно гидросилового действия), по энергии удара (с малой энергией удара, с большой энергией удара), частоте ударов. Общее устройство, принцип работы, достоинства и недостатки каждого типа гидроударников, область их оптимального применения. Параметры гидроударников.

Современные типы гидроударников: Г-76, Г-59, Г-46. Общее устройство, порядок регулировки, техническая характеристика, правила эксплуатации. Вспомогательный и аварийный инструмент при бурении с гидроударниками. Отражатели ударных волн, их назначение и общее устройство.

Технологическая схема буровой установки при работе с гидроударниками. Дополнительные требования к буровому оборудованию. Правила охраны труда.

1.2.2. Пневмоударники

Область применения. Классификация пневмоударников по способу распределения воздуха (клапанные, бесклапанные, золотниковые), по назначению (горного типа, геологоразведочные). Общее устройство, принцип работы. Параметры пневмоударников.

Современные геологоразведочные пневмоударники: РП-133А, РП-111, РП-94, РП-94М и др. Пневмоударники горного типа: ПП-75, П-125, МП-3 и др. Общее устройство, принцип работы, правила эксплуатации, технические характеристики.

Технологическая схема буровой установки при работе с пневмоударниками. Назначение, общее устройство масловлагоотделителей, холодильников, автомаслёнок, циклонов, герметизаторов устья скважины. Правила охраны труда.

Вопросы для самопроверки

1. Сформулировать задачи изучаемого раздела "Буровые машины и механизмы".
2. Изобразить структурную схему буровой установки.
3. Изобразить блок-схему бурового станка.
4. Перечислить типы вращателей, их достоинства и недостатки.
5. Изобразить кинематическую схему планетарной лебёдки, пояснить принцип работы.
6. Перечислить основные типы механизмов подачи, отметить достоинства и недостатки.
7. Изобразить принципиальную гидравлическую схему бурового станка, пояснить принцип работы основных её элементов.
8. Изобразить коробку передач станка типа "ЗИФ" или "СКБ" и записать кинематические цепочки всех скоростей на вращатель и лебёдку.
9. Перечислить типы и марки буровых насосов.
10. Изобразить принципиальную схему поршневого насоса, пояснить принцип его работы.
11. Перечислить типы буровых вышек и их основные параметры.
12. Изобразить конструктивные схемы талевых систем, применяемых на буровых установках.
13. Какие струны талевой системы относятся к рабочим струнам?
14. Пояснить принцип работы механизма для свинчивания и развинчивания бурильных труб.
15. Перечислить типы (марки) полуавтоматических элеваторов и пояснить принцип их работы.
16. Перечислить типоразмеры буровых установок нормального ряда по ГОСТ-7959-74.
17. Перечислить основные типы самоходных буровых установок. Условия их применения.
18. Перечислить виды забойных буровых машин. Определить назначение каждого вида.
19. Классификация гидроударников по признаку "кинематика рабочего процесса".
20. Пояснить принцип работы гидроударника прямого действия.
21. Классификация пневмоударников.
22. Пояснить принцип работы пневмоударника клапанного типа.

Лабораторные и практические занятия

Часть 1. Бурение геологоразведочных скважин

Темы лабораторных работ:

1. Изучение твердосплавного, алмазного породоразрушающего инструмента, долот.
2. Разработка конструкций геологоразведочных скважин.
3. Расчет режимов бурения твердосплавными и алмазными коронками.
4. Изучение технических средств для получения представительных проб полезных ископаемых.
5. Составление геолого-технического наряда на бурение типовой геологоразведочной скважины.

Часть 2. Бурение и оборудование геотехнологических скважин

Темы лабораторных работ:

1. Определение основных свойств промывочных жидкостей для бурения скважин.
2. Регулирование основных свойств промывочных жидкостей для бурения скважин при вскрытии рудоносного горизонта
3. Построение конструкции откачной скважины.
4. Определение основных свойств тампонажных растворов для закрепления технологических скважин

Часть 3. Буровые машины и механизмы

Темы лабораторных работ:

1. Общее устройство буровой установки и буровых станков. Изучение устройства, принципа работы вращателей.
2. Механизмы подачи (МП): устройство, принцип действия, Задание и регулирование осевой нагрузки на буровых станках с гидравлическим механизмом подачи.
3. Изучение устройства, принципа работы лебёдок буровых станков.
4. Изучение кинематических схем современных буровых станков.
5. Изучение устройства, принципа работы поршневых и плунжерных буровых насосов.
6. Изучение устройства, принципа работы трубозвонков и элеваторов.
7. Изучение устройства, принципа работы гидроударников прямого действия.
8. Изучение устройства, принципа работы пневмоударников.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Часть 1. Бурение геологоразведочных скважин

Проработка теоретического материала:

1. Физико-механические свойства горных пород (ГП).
2. Твёрдосплавный породоразрушающий инструмент (ПРИ).
3. ПРИ для бурения сплошным забоем.
4. Удаление продуктов разрушения при бурении скважин.
5. Выбор и обоснование конструкций геологоразведочных скважин.
6. Бурение скважин твёрдосплавным ПРИ.
7. Бурение скважин ПРИ сплошного забоя.
8. Бурение скважин комплексами ССК, КССК.
9. Оборудование и технология крепления и тампонирувания геологоразведочных скважин.
10. Оптимизация процессов при сооружении скважин.
11. Буровая контрольно-измерительная аппаратура (БКИА).
12. Получение кондиционных проб керна ГП и полезного ископаемого.

Изучение дополнительных разделов:

1. Классификация ГП по буримости.
2. Изучение натуральных образцов коронок (стенды коронок).
3. Изучение натуральных образцов коронок (стенды коронок).
4. Приборы для определения параметров глинистых растворов.
5. Оптимизация конструкций скважин, критерии оптимизации.
6. Корректировка и оптимизация режимов бурения.
7. Корректировка и оптимизация режимов бурения.
8. Изучение натуральных образцов (по материалам стендов).
9. Тампонажные материалы, технология их приготовления; доставка в скважину.
10. Критерии оптимизации процессов при сооружении скважин.
11. Аппаратура контроля режимных параметров.
12. Изучение натуральных образцов (по материалам стендов).

Часть 2. Бурение и оборудование геотехнологических скважин

Проработка теоретического материала:

3. Общие сведения о геотехнологических методах добычи полезных ископаемых.
4. Системы разработки урановых месторождений методом подземного выщелачивания (ПВ).
5. Влияние физико-механических свойств горных пород на эффективность сооружения геотехнологических скважин.
6. Основные сведения о геотехнологических скважинах и их классификация.
7. Способы бурения геотехнологических скважин.
8. Выбор и обоснование конструкции скважин для подземного выщелачивания урана.
9. Крепление геотехнологических скважин с установкой обсадных колонн и беструбное крепление.
10. Забойное оборудование технологических скважин.
11. Типы фильтров, их конструкции и параметры.
12. Оборудование технологических скважин ПВ фильтрами с гравийной обсыпкой.
13. Оборудование устья технологических скважин.
14. Цементирование и гидроизоляция геотехнологических скважин.

15. Вскрытие и освоение продуктивного горизонта в геотехнологических скважинах.
16. Технология и техника для подъёма растворов из геотехнологических скважин.
17. Ликвидация технологических скважин

Подготовка индивидуальных реферативных тем по направлению:

Перспективные направления совершенствования технологии скважинного подземного выщелачивания урана на месторождениях России: изучение вопросов разработки скважинной технологии ПВ для скальных месторождений; разработка технических средств, повышающих производительность и снижающих стоимость бурения, улучшающих фильтрационные свойства прифилтровой зоны технологических скважин.

Часть 3. Буровые машины и механизмы

Проработка теоретического материала:

14. Общее устройство буровой установки. Вращатели буровых станков.
15. Механизмы подачи буровых станков (МП).
16. Грузоподъёмные механизмы буровых установок (лебёдки, гидроподъёмники).
17. Коробки передач буровых станков.
18. Привод буровых установок.
19. Современные буровые станки.
20. Буровые насосы.
21. Буровые вышки и мачты.
22. Талевые системы.
23. Нормальный ряд буровых установок УКБ по ГОСТ 7959-74.
24. Самоходные буровые установки.
25. Гидроударники.
26. Пневмоударники.

Изучение дополнительных разделов:

1. Система смазки вращателей. Выбор параметров вращателей.
2. Дифференциально-винтовые МП.
3. Плавно регулируемый привод.
4. Общее устройство, технические характеристики дизельэлектростанций.
5. Кинематические схемы буровых станков.
6. Факторы, определяющие производительность и давление насосов.
7. Методика выбора и расчёта талевого каната.
8. Анализ буровых установок типа УКБ.
9. Общее устройство установки УРБ-3А3, КГК-300.
10. Устройство гидроударников обратного и двойного действия.
11. Устройство, принцип работы маслолагоотделителей, холодильников и циклонов.

Контрольные вопросы и задания

1. Контролирующие материалы к теоретической и практической части раздела “Часть 1. Бурение геологоразведочных скважин”

Текущий контроль

Тема 1. Буровая скважина и ее элементы. Основные свойства горных пород. Способы разрушения горных пород. Классификация способов бурения.

1. Зарисовать схему скважины и назвать ее элементы.
2. Назвать и дать определение основным физико-механическим свойствам горных пород.
3. Что такое буримость горных пород? От чего она зависит? В чем измеряется? Классификация горных пород по буримости: привести примеры горных пород разных категорий по буримости.
4. Как учитываются свойства горных пород при выборе породоразрушающего инструмента и назначении режима бурения?
5. Назвать способы разрушения горных пород и пояснить работу породоразрушающего элемента при каждом способе.
6. Назвать и пояснить способы бурения скважин.

Тема 2. Забуривание и оборудование устья геологоразведочных скважин

1. Какая геолого-техническая документация должна быть на буровой установке перед началом бурения скважины?
2. Какие подготовительные работы проводятся перед началом забуривания скважины?
3. Как производится забуривание скважины?
4. Принимаемые меры против искривления скважины при забуривании.
5. Какие виды работ производятся при оборудовании и герметизации устья скважины?

Тема 3. Производительные операции при бурении скважин. Буровой технологический и вспомогательный инструмент для бурения геологоразведочных скважин

1. Назвать производительные операции при бурении скважин.
2. Назвать вспомогательные работы при бурении скважин.
3. Что такое буровой технологический инструмент? Назвать инструменты.
4. Что такое буровой вспомогательный инструмент? Назвать инструменты.
5. Привести схему бурового снаряда для колонкового бурения.
6. Назвать типы, размеры бурильных труб.
7. Назначение утяжеленных бурильных труб.
8. Назвать размеры колонковых, шламовых и обсадных труб.
9. Перечислить принадлежности для бурильных и обсадных труб.

Тема 4. Породоразрушающий инструмент для бурения геологоразведочных скважин

1. Схематично зарисовать твёрдосплавную коронку.
2. Назвать типы твердосплавных коронок и их назначение.
3. Назвать размеры твердосплавных коронок.
4. Область применения алмазных коронок.
5. Типы алмазных коронок для одинарных колонковых снарядов.

6. Привести пример (тип) алмазной коронки и дать расшифровку.
7. Схематично зарисовать конструкцию алмазного расширителя, пояснить назначение расширителя.
8. Схематично зарисовать конструкцию кернорвателя при алмазном бурении и пояснить его назначение и принцип работы.
9. Область применения шарошечного породоразрушающего инструмента.
10. Охарактеризовать конструкции шарошечных долот.
11. Механизм разрушения горных пород при шарошечном бурении.
12. Типы шарошечных долот и назначение долот каждого типа.
13. Лопастные долота, их назначение, конструкции.
14. Методы повышения ресурса породоразрушающего инструмента.

Тема 5. Удаление продуктов разрушения из скважин. Промывочные агенты, их свойства и параметры

1. Привести классификацию способов удаления продуктов разрушения из скважин.
2. Назвать виды промывочных жидкостей и область их применения.
3. Раскрыть сущность параметров промывочных жидкостей: плотность, вязкость, водоотдача, содержание песка, толщина корки, статическое напряжение сдвига, концентрация водородных ионов, тиксотропия, удерживающая способность, суточный отстой.
4. Привести параметры нормального глинистого раствора.
5. Описать технологию приготовления глинистого раствора.
6. Назвать основные реагенты для обработки промывочных растворов.
7. Описать технологию приготовления азрированного глинистого раствора.
8. Что такое утяжеленный глинистый раствор? Когда он применяется?
9. Когда применяется обработка глинистого раствора? Привести пример.
10. Охарактеризовать способы и средства очистки промывочных жидкостей от шлама.
11. В чем заключаются особенности бурения скважин с продувкой воздухом?

Тема 6. Технология бурения геологоразведочных скважин

1. Как производится выбор и обоснование конструкции скважин?
2. Что понимается под параметрами режима бурения?
3. В чем заключается выбор твердосплавной коронки для бурения горных пород?
4. Раскрыть технологию ударно-вращательного бурения скважин гидроударными машинами
5. В чем заключается выбор алмазной коронки и расчет параметров режима бурения одинарным колонковым снарядом?
6. Назвать причины возникновения вибраций бурильной колонны при алмазном бурении, методы борьбы с вибрацией.
7. Как производится опробование при бескерновом бурении скважин.
8. Что входит в состав комплексов ССК и КССК?
9. В чем заключаются особенности технологии бурения комплексами ССК и КССК?
10. Назовите цель и задачи обсадки и тампонирования; тампонажные материалы, тампонажные растворы и смеси: доставка тампонажных составов в скважину.
11. Раскрыть технологию тампонирования скважины глиной, цементными растворами.

Тема 7. Оптимизация процессов бурения при сооружении скважин

1. Назвать факторы, определяющие эффективность процесса бурения скважин.
2. Объяснить влияние усилия подачи (осевой нагрузки) на механическую скорость бурения.
3. Объяснить влияние частоты вращения ПРИ на эффективность вращательного способа бурения.
4. Объяснить влияние износа породоразрушающего инструмента на снижение механической скорости бурения.
5. Раскрыть методику нахождения рациональных параметров режима бурения.
6. Раскрыть методику обработки диаграмм записи параметров технологического процесса.

Тема 8. Буровая контрольно-измерительная аппаратура

1. Раскрыть классификацию БКИА по функционально-технологическому признаку.
2. Назначение, классификация аппаратуры контроля технологических параметров процесса бурения.
3. Назвать измерители веса снаряда и осевой нагрузки. Принцип работы измерителя ГИВ-6, конструкция диаграммного диска, работа бурильщика с измерителем ГИВ-6.
4. Измерители расхода промывочной жидкости: классификация расходомеров, пояснить принцип работы одного из расходомеров (по выбору).
5. Привести классификацию аппаратуры контроля эффективности процесса бурения.
6. Принцип работы одного из измерителей механической скорости бурения (по выбору).
7. В чем заключается эффективность применения комплексной аппаратуры для контроля технологических и технико-экономических показателей процесса бурения?
8. Классификация основных методов неразрушающего контроля. Раскрыть содержание и работу дефектоскопа бурильных труб ДБТ, толщиномера Т-1.

Тема 9. Техника и технология получения кондиционных проб керна горных пород и полезного ископаемого

1. Назвать классификацию горных пород по трудности отбора керна.
2. Назвать и пояснить методы количественного определения выхода керна.
3. Раскрыть технологию опробования по керну, шламу, керну и шламу.
4. Что такое дополнительное опробование и когда оно применяется?
5. Привести классификацию двойных колонковых снарядов.
6. Раскрыть принцип работы эжекторных снарядов.
7. Состав снарядов со съёмным кернаприёмником, назначение каждого узла. Раскрыть сущность вопроса повышения выхода керна.
8. Бурение скважин с гидротранспортом керна. Раскрыть сущность вопроса повышения выхода керна.
9. Классификация способов встречи пластов полезного ископаемого в процессе бурения.

Рубежный контроль

Задание №1.

1. Основные свойства горных пород. Классификация горных пород по буримости.

2. Способы разрушения горных пород.
3. Способы бурения скважин.
4. Методика разработки конструкций геологоразведочных скважин.

Задание №2.

1. Породоразрушающий инструмент для бурения геологоразведочных скважин: твердосплавные, алмазные коронки, долота; область их применения, типоразмеры.
2. Буровой технологический и вспомогательный инструмент для бурения геологоразведочных скважин: состав, назначение.
3. Удаление продуктов разрушения из скважин: классификация. Промывочные агенты: классификация; параметры глинистого раствора.
4. Расчет параметров режимов бурения твердосплавными коронками.

Задание №3.

1. Классификация горных пород по трудности отбора керна.
2. Способы опробования при бурении геологоразведочных скважин.
3. Состав комплексов ССК и КССК. Технология бурения комплексами.
4. Двойные колонковые снаряды, одинарные и двойные эжекторные снаряды. Бурение скважин с гидротранспортом керна.

2. Контролирующие материалы к теоретической и практической части раздела «Часть 2. Бурение и оборудование геотехнологических скважин»

Текущий контроль

1. Раствороприемная часть технологической скважины при ПВ урана: фильтровая и бесфильтровая; состав фильтровой колонны; основные типы фильтров и область их применения.
2. Понятие о статическом и динамическом уровнях, дебите и удельном дебите скважины.
3. Способы подъема растворов из скважины. Основные типы насосов, условия их применения, достоинства и недостатки.
4. Способы крепления стенок скважин. Обсадные трубы: разновидности труб, способы их соединений, технология спуска обсадных колонн.
5. Способы цементирования скважин с использованием обсадных труб: прямое и обратное, одно- и двухступенчатое; тампонаж через заливочные трубы; тампонаж цементом с разделяющими пробками.
6. Тампонирующее скважин цементным раствором: тампонажные цементы и растворы, основные свойства цементных растворов, их определение (приборы, методика), достоинства и недостатки цементирования скважин.
7. Конструкция технологических скважин при ПВ, принципы ее разработки.
8. Гидравлический способ удаления продуктов разрушения горных пород при бурении скважин: условия применения, схемы реализации, достоинства и недостатки.
9. Промывочные жидкости (перечислить); условия их применения. Нормальные и специальные глинистые растворы. Глинистые растворы для вскрытия продуктивных горизонтов. Приготовление глинистого раствора.
10. Основные параметры глинистого раствора и их определение (приборы, методика).
11. Классификация способов удаления продуктов разрушения при бурении скважин.

12. Основные физико-механические свойства горных пород: твердость, прочность, абразивность, Их влияние и учет при вращательном бурении скважин. Влияние свойств на добычу урана.

Рубежный контроль (реферативная работа по индивидуальному заданию)

Цель и задачи реферативной работы.

Задачей реферативной работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами в процессе изучения теоретического курса и выполнении практических работ; изучение перспективных направлений совершенствования технологии скважинного подземного выщелачивания урана на месторождениях России: изучение вопросов разработки скважинной технологии ПВ для скальных месторождений; разработка технических средств, повышающих производительность и снижающих стоимость бурения, улучшающих фильтрационные свойства прифильтровой зоны технологических скважин.

В процессе выполнения работы студенты получают навыки анализа современных направлений комплексного решения конкретных задач по бурению и оборудованию скважин для ПВ урана на основании индивидуального задания, углубленно знакомятся с современными технологиями бурения эксплуатационных скважин на месторождениях урана, методами добычи полезного ископаемого по технической и периодической литературе, патентам, каталогам, проспектам и т.п. Кроме того, студенты получают навыки сжатого изложения проработанного вопроса перед аудиторией, формулирования вопросов по прослушанной теме и ответов на задаваемые вопросы.

Указания по выполнению работы.

Реферат должен содержать обобщенную информацию, основанную на анализе современной технической литературы и проведенного патентного поиска. Идеальный вариант завершения работы – новые, предложенные студентом, идеи, решения, разработки. Реферат должен быть хорошо иллюстрирован, иметь список использованной литературы. Объем реферата не менее 10 листов рукописного текста.

Расчетная часть задания: проектирование добычной скважины для подземного выщелачивания урана

На основании индивидуального задания:

- определить категории и группы пород, слагающих геологический разрез;
- определить необходимый диаметр пробы в продуктивном пласте;
- определить типоразмер долота при бурении в этом пласте;
- выбрать технологическую схему бурения;
- определить интервалы установки обсадных труб;
- определить типоразмер фильтровой колонны и интервал ее установки;
- выбрать метод изоляции затрубного пространства;
- выбрать растовоподъемное оборудование;
- определить диаметры бурения и обсадных колонн.
- построить обоснованную конструкцию добычной скважины.

3. Контролирующие материалы к теоретической и практической части раздела «Часть 3. Буровые машины и механизмы»

Текущий контроль

Тема 1. Общие сведения о буровой установке. Структурная схема бурового станка. Вращатели буровых станков

1. Перечислить основные элементы буровой установки для сооружения геологоразведочной скважины.
2. Вписать основные недостающие узлы шпиндельного вращателя на примере станка СКБ-4: корпус, _____, ведущая шестерня, _____, гидропатроны, _____.
3. Дополнить схему передачи вращения от привода бурового станка с вращателем шпиндельного типа к колонне бурильных труб: электродвигатель - фрикцион - коробка передач ведущая шестерня _____, _____, _____, _____, колонна бурильных труб.
4. Где смонтирована вращающаяся часть постоянно замкнутого гидропатрона: на шпинделе или на траверсе?
5. Как осуществляется закрепление бурильной трубы в постоянно замкнутом гидропатроне: усилием пружин или усилием поршня?
6. Какой тип шпинделя обеспечивает устойчивую работу при высоких частотах вращения снаряда ?
7. Какую функцию во вращателе станка СКБ-4 выполняет нижний гидропатрон?
8. Какие нагрузки воспринимает ротор при бурении с забойными двигателями?
9. Дополнить перечень операций, выполняемых с помощью подвижных вращателей: спуск бурильной колонны, _____, бурение, _____, _____, подъем бурильной колонны.
10. Определить величину максимального крутящего момента на вращателе. (По заданным условиям).

Тема 2. Механизмы подачи

1. Перечислить основные типы механизмов подачи.
2. Определить рациональную область применения канатно-цепных механизмов подачи.
3. Почему у гидравлических механизмов подачи усилие подачи вверх больше, чем вниз?
4. С какими полостями гидроцилиндров механизма подачи с дросселем на линии нагнетания соединяется нагнетательная линия при:
бурении с дополнительной нагрузкой;
при бурении с разгрузкой;
при быстром подъеме шпинделя
5. Когда в процессе бурения применяется операция «Быстрый подъем шпинделя»?
6. С верхней или нижней полостью гидроцилиндров соединяется нагнетательная магистраль механизма подачи с дросселем на линии слива при бурении с разгрузкой?
7. Увеличится или уменьшится усилие подачи механизма с дросселем на линии слива при переходе из твердых горных пород в мягкие?
8. Увеличится или уменьшится усилие подачи механизма с дросселем на линии слива при выходе из строя резцов породоразрушающего инструмента?

9. Перечислить все основные элементы гидравлической системы бурового станка с дросселем на линии нагнетания.
10. Определить давление в нижних полостях гидроцилиндров механизма подачи с дросселем на линии слива при следующих условиях: вес колонны бурительных труб – 2000 кГс; осевая нагрузка на коронку – 1500 кГс; давление масла в верхних полостях гидроцилиндров – 50 кГс/см; рабочая площадь в верхних полостях гидроцилиндров – 80 см; рабочая площадь поршней в нижних полостях гидроцилиндров – 150 см.

Тема 3. Лебёдки буровых станков

1. Классификация буровых лебёдок по признаку «кинематика рабочего процесса».
2. Перечислить основные узлы планетарной лебёдки.
3. Какая деталь планетарного механизма лебёдки бурового станка СКБ-4 неподвижна при заторможенном шкиве тормоза спуска?
4. Подвижны или неподвижны оси сателлитов относительно вала лебёдки станка СКБ-5 при подъёме снаряда из скважины?
5. Какая деталь планетарного механизма лебёдки бурового станка СКБ-5 неподвижна при заторможенном шкиве тормоза подъёма?
6. Назвать принципиальное конструктивное отличие планетарных лебёдок, работающих по схеме «барабан – зубчатый венец» и «барабан – водило».
7. Чем конструктивно отличается тормоз спуска от тормоза подъёма?
8. С помощью чего устанавливается необходимый зазор между тормозными колодками и шкивами на лебёдках станков СКБ-5, ЗИФ-1200МР?
9. В каком случае барабан фрикционной лебёдки будет вращаться при выключенном фрикционе?
10. Определить величину тормозного момента для удержания бурового снаряда в подвешенном состоянии (для заданных условий).

Тема 4. Поршневые и плунжерные буровые насосы

1. Что такое «напорно-расходная характеристика» насоса? Какой она должна быть у буровых насосов?
2. Какие факторы влияют на производительность поршневых и плунжерных насосов?
3. Какие параметры определяют давление, создаваемое насосом?
4. Какую функцию выполняет обратный клапан, установленный на всасывающей линии насоса?
5. Почему поршневые насосы называются насосами двойного действия?
6. С помощью чего изменяют интенсивность промывки скважины при использовании насосов НБ-32, НБ-50?
7. Почему КПД плунжерных насосов выше, чем поршневых?
8. Какое количество всасывающих клапанов имеют насосы НБ-50 и НБ-320/100?
9. Какими способами можно изменять (регулировать) производительность насосов НБ4-320/63 и НБ4-10/63?
10. Какие факторы влияют на высоту всасывания жидкости насосом? Чему равна максимальная теоретическая и практическая высота всасывания?

Тема 5. Гидроударники

1. Классификация гидроударников по признаку «кинематика рабочего процесса».
2. Изобразить упрощенную схему гидроударника прямого действия.
3. Перечислить стадии движения бойка гидроударника прямого действия.

4. Перечислить основные параметры гидроударников прямого действия и способы их регулирования.
5. Особенности технологической схемы буровой установки при работе с гидроударниками.

Тема 6. Пневмоударники

1. Классификация пневмоударников по признаку «способ распределения воздуха в рабочие камеры».
2. Изобразить схему ударного узла клапанного пневмоударника.
3. Изобразить общую технологическую схему буровой установки при работе с пневмоударниками.
4. Перечислить основные параметры пневмоударников.
5. Назначение масловлагоотделителя и холодильника при бурении с пневмоударниками. Всегда ли необходимо их применение?

Рубежный контроль

Задание №1.

1. Изобразить упрощенную схему вращателя роторного типа.
2. Определить величину осевой нагрузки для гидравлического механизма подачи с дросселем на линии слива при следующих условиях: вес бурового снаряда $Q=1500$ кгс; площадь поршня в верхних полостях цилиндров $F_v=100$ см²; площадь поршня в нижних полостях $F_n=150$ см²; давление масла в верхних полостях $P_v=10$ кгс/см²; давление в нижних полостях $P_n=2$ кгс/см².
3. Порядок задания осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент на станке СКБ-4.
4. Определить скорость перемещения подвижного вращателя вниз на установке УРБ-2А2, если скорость движения поршня в гидроцилиндре равна 0,8 м/с.

Задание № 2.

1. Каким образом можно зафиксировать шпindel бурового станка СКБ -4 для восприятия реактивного момента при бурении с забойным двигателем?
2. Определить частоту вращения шпинделя при частоте вращения вала приводного двигателя $n=2800$ об/мин и следующем передаточном отношении шестерен, находящихся в зацеплении при передаче крутящего момента на вращатель:

$$\frac{20}{45} \frac{33}{33} \frac{26}{46} \frac{27}{46} \frac{27}{54}$$

3. Начертить принципиальную кинематическую схему коробки передач бурового станка ЗИФ-650М.

Задание 3.

1. Определить число рабочих струн талевой системы, выбрать конструкцию талевой системы при заданных условиях: глубина скважины, тип бурильных труб, грузоподъемность лебёдки, высота вышки.
2. Определить нагрузку на вышку при известной конструкции талевой системы и нагрузке на крюке.
3. Определить усилие в лебёдочном конце каната при подъёме снаряда из скважины при заданных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

Перечень рекомендованной литературы к части 1 «Бурение геологоразведочных скважин»

Основная

1. Соловьев Н.В., Кривошеев В.В., Брылин В.И., Храменков В.Г. и др. Бурение разведочных скважин: Учеб. для вузов.– М.: Высш. шк., 2007.– 904 с.
2. Рябчиков С.Я., Храменков В.Г., Брылин В.И. Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007.– 328 с.
3. Сулакшин С.С. Бурение геологоразведочных скважин: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1994. – 432 с.
4. Сулакшин С.С. Способы, средства и технология получения представительных образцов пород и полезных ископаемых при бурении геологоразведочных скважин: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 284 с.
5. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в осложнённых условиях: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1987. – 269 с.
6. Пономарев П.П., Каулин В.А. Отбор керна при колонковом геологоразведочном бурении. – Л.: Недра, 1989. – 256 с.
7. Храменков В.Г. Контроль и автоматизация технологических процессов при бурении геологоразведочных, нефтяных и газовых скважин.– Томск: Изд-во ТПУ, 2004.– 300 с.

Дополнительная литература

1. Рябчиков С.Я. Буровые машины и механизмы. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 108 с.
2. Башлык С.М., Загибайло Г.Т. Бурение скважин.– М.: Недра, 1990.– 446 с.
3. Рябченко В.И. Управление свойствами буровых растворов.– М.: Недра, 1990. – 230 с.
4. Егоров Н.Г. Бурение скважин в сложных геологических условиях.– Тула: ИПП «Триф и К», 2006.– 304 с.
5. Пономарев П.П., Каулин В.А., Власюк В.И. Технические средства и технологии отбора керна высокого качества при бурении скважин. – М., 2003.– 116 с.: (Техн., технол. и организация геол.-разв. работ). Обзор ООО «Геоинформцентр».

Справочная литература

1. Афанасьев И.С. и др. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – С.Пб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.
2. Буровой инструмент для геологоразведочных скважин: Справочник / Н.И. Корнилов, Н.Н. Бухарев, А.Т. Киселёв и др. Под ред. Н.И. Корнилова. – М.: Недра, 1990. – 395 с.
3. Булатов А.И., Долгов С.В. Спутник буровика: Справ. пособие: в 2 кн. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – Кн. 1. – 379 с.
4. Булатов А.И., Долгов С.В. Спутник буровика: Справ. пособие: в 2 кн. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – Кн. 2. – 534 с.
5. Ивачёв Л.М. Промывка и тампонирующее бурение геологоразведочных скважин: Справочное пособие. – М.: Недра, 1989. – 247 с.

Перечень рекомендованной литературы к части 2 «Бурение и оборудование геотехнологических скважин»

Основная

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2001. –656 с.
2. Аренс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. –М.: Недра, 1975.
3. Рябчиков С.Я., Брылин В.И., Храменков В.Г. Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 328 с.
4. Бурение разведочных скважин. Учеб. для вузов/ Соловьев Н. В., Брылин В. И., Храменков В. Г. и др.; Под общ. ред. Н. В. Соловьева. – М.: Высш. шк., 2007. – 904 с.
5. Мамилов В. А., Петров Р. П. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980 –248 с
6. Сергиенко И. А. Мосеев А. Ф. Бурение и оборудование геотехнологических скважин. – М.: Недра, 1984. –224 с.

Дополнительная литература

1. Аренс В.Ж., Гайдин А.М. Геолого-гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи полезных ископаемых. М., «Недра», 1978, 215 с.
2. Бахуров В. Г., Вечеркин С. Г., Луценко И. К.. Подземное выщелачивание урановых руд. – М.: Атомиздат, 1969. – 152 с.
3. Пути интенсификации подземного выщелачивания. Под ред. Н.И. Чеснокова. – М.: Энергоиздат, 1988.
4. Пухальский Л. Ч., Шумилин М. В. Разведка и опробование урановых месторождений.- М., Недра, 1977.- 248 с.
5. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания /Шумилин М. В., Муромцев Н. Н., Бровин К. Г. и др. – М.: Недра, 1985. – 208 с.
6. Сергиенко И.А., Мосеев А.Ф. Бурение и оборудование скважин для подземного выщелачивания. Техника, технология и организация геологоразведочных работ. Обзор. М.: 1989. – 51 с.
7. Сергиенко И. А., Волынец В. П. Обоснование конструкции буровых скважин при подземном выщелачивании полезных ископаемых // Известия вузов. Серия Геология и разведка. – М.: 1974 – №4 – С. 132 – 137.

Справочная литература

1. Башкатов Д.Н., Сулакшин С.С. Справочник по бурению скважин на воду. - М.: Недра, –1979. –560 с.
2. Калинин А. Г., Власюк В. И., Ошкордин О. В., Скрыбин Р. М. Технология бурения разведочных скважин. – М.: Изд-во "Техника", ТУМА ГРУПП, 2004. – 528 с.
3. Справочник по бурению геологоразведочных скважин / И.С. Афанасьев, Г.А. Блинов, П.П. Пономарев и др. – СПб: ООО "Недра", 2000. – 712 с.
4. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: ООО «Недра», 2000. –712 с.

Перечень рекомендованной литературы к части 3 «Буровые машины и механизмы»

Основная

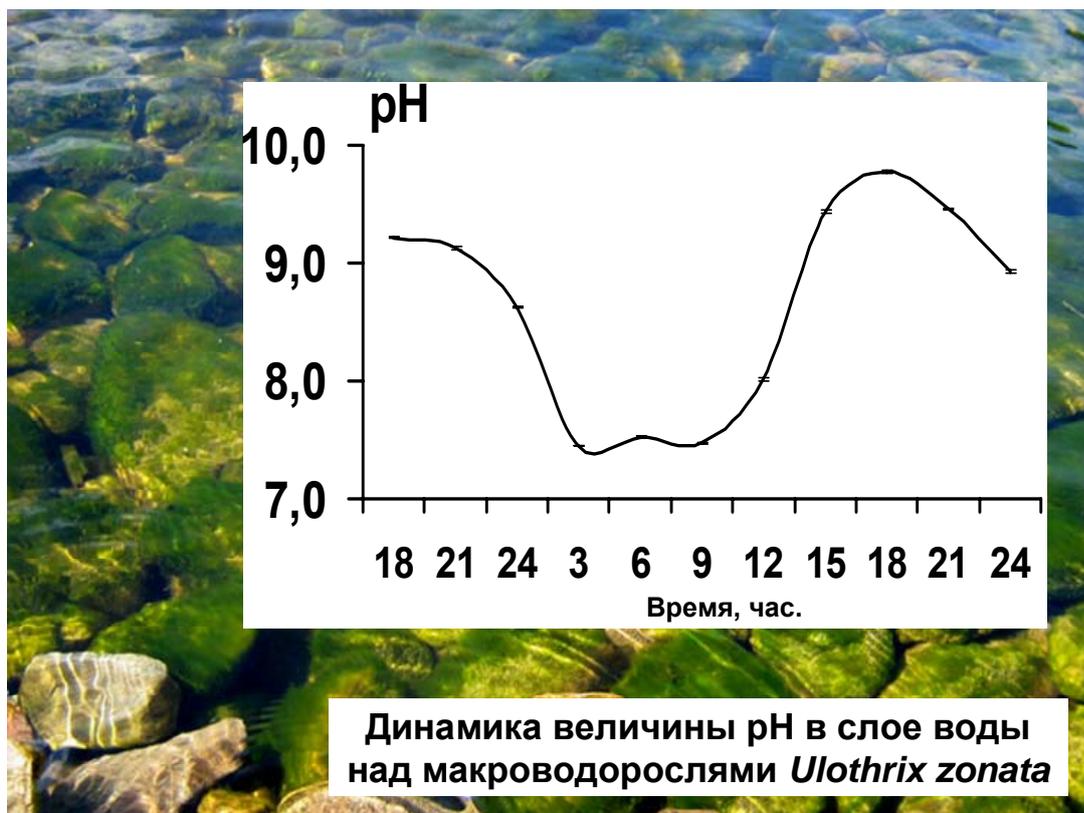
1. Кирсанов А.Н., Зиненко В.П., Кардыш В.Г. Буровые машины и механизмы. – М: Недра, - 1981.- 448 с. – учебник.
2. Рябчиков С.Я. Буровые машины и механизмы. – Томск: Изд. ТПУ, 1999.- 108 с. – учебное пособие.
3. Рябчиков С.Я. Проектирование буровых машин и механизмов. – Томск: Изд. ТПУ, 2005.- 114 с.- учебное пособие.
4. Рябчиков С.Я., Дельва В.А., Чубик Л.С. Практикум по буровым машинам и механизмам. - Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 112 с. – учебное пособие.
5. Рябчиков С.Я., Храменков В.Г., Брылин В.И. Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 328 с.
6. Рябчиков С.Я., Храменков В.Г., Брылин В.И. Лабораторный практикум по бурению геологоразведочных и геотехнологических скважин. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 200 с.

Дополнительная литература

1. Марамзин А.В., Блинов Г.А. Технические средства для алмазного бурения. – Л.: Недра, 982. – 335 с.
2. Волков А.С. Машинист буровой установки.- М.: ВИЭМС, - 2003. – 640 с.
3. Калинин А.Г., Власюк В.И., Ошкордин О.В., Скрыбин Р.М. Технология бурения разведочных скважин. – М.: Изд. «Техника», ГУМА ГРУПП, 2004. – 528 с.
4. Соловьёв Н.В., Кривошеев В.В., Башкатов Д.Н. и др. Бурение разведочных скважин. – М.: Высшая школа, 2007. – 904 с.
5. Блинов Г.А., Буркин Л.Г., Володин О.А. и др. Техника и технология высокоскоростного бурения.– М.: Недра, –1982.– 408 с.

Справочная литература

1. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. Под редакцией Е.А. Козловского. – С.-П.: Недра, 2000. – 712 с.
2. Козловский Е.А., Кардыш В.Г., Мурзаков Б.В. и др. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин. – м.: Недра, –1984. – 1 том, - 512 с.
3. Медведев Н.В., Гланц А.А., Григорьевский А.С. Справочник механика геологоразведочных работ,– М.: Недра, 1987.– 444 с.



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Гидродинамические основы движения подземных вод в земной коре**
- 4. Математические основы теории движения подземных вод**
- 5. Основы притока воды к скважинам**
- 6. Теоретические основы опытно-фильтрационных работ**
- 7. Программный комплекс гидродинамического моделирования: «Groundwater Modeling System» (GMS)**
- 8. Заключение**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- **создавать:**
 - математические модели фильтрации и кинетики при подземном скважинном выщелачивании;
 - гидродинамические модели ПСВ;
 - математические модели концентрации продуктивного раствора и расхода кислоты в функции времени.
 - технологические свойства.

1. Введение

Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов изучается как специальная дисциплина для магистрантов, обучающихся по программе: «Урановая геология». Освоение этого курса дает представление о количественных методах оценки движения подземных вод в естественных и нарушенных условиях при решении практических задач эксплуатации месторождений полезных ископаемых методом подземного выщелачивания.

Цель преподавания дисциплины «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов»:

- дать представление о теоретических основах количественного изучения закономерностей движения подземных вод и растворов в пределах месторождений твёрдых полезных ископаемых;
- сформировать представление о методах и способах количественного анализа фильтрационных потоков;
- выработать навыки выполнения количественных оценок движения подземных вод в типовых условиях с использованием методики численного моделирования, реализованной в современных программных средствах для ПЭВМ;

Для достижения поставленных целей, магистранты в процессе обучения должны решить несколько основных задач:

- получить представление о фундаментальных законах фильтрации, положенных в основу количественной оценки естественных и искусственных фильтрационных потоков;
- изучить основы схематизации гидрогеологических условий для целей гидродинамического моделирования;
- ознакомиться с программными средствами моделирования гидрогеологических условий;
- получить практические навыки гидродинамического моделирования на примере создания учебных моделей реальных производственных объектов.

Задачи обучения решаются за счет выполнения комплекса учебно-методических работ, включающих следующее:

- изучение теоретических основ фильтрации;
- приобретение навыков выполнения самостоятельных геофильтрационных аналитических расчетов на лабораторных занятиях;
- освоение основных приемов работы со специализированными программами гидродинамического моделирования на ПЭВМ;
- выполнение курсового проекта на базе комплексного анализа гидрогеологических условий месторождения с привлечением материалов опытно-фильтрационных работ для прогноза изменения гидрогеологических условий с использованием методики численного моделирования.

Магистрант, изучивший дисциплину «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» **должен иметь представление:**

- об основных законах фильтрации флюидов в водоносных горизонтах;
- о фильтрационных параметрах горных пород и методах их лабораторных и полевых определений;
- о разнообразии основных и вспомогательных программных средств, используемых для выполнения прогнозных геофильтрационных расчетов.

Магистрант, изучивший дисциплину «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» **должен знать:**

- закон Дарси и базовые аналитические зависимости для расчёта расхода и напоров фильтрационных потоков в естественных и нарушенных условиях;
- назначение и возможности основных модулей специализированного программного комплекса Groundwater Modeling System (GMS);

Магистрант, изучивший дисциплину «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» **должен уметь**:

- оценивать степень сложности гидрогеологических условий и обосновывать необходимость применения методов гидродинамического моделирования;
- самостоятельно выполнять схематизацию гидрогеологических условий;
- обоснованно выбирать рациональные методы создания модели области фильтрации и управления потоком исходных данных;
- планировать оптимальный объем необходимых численных экспериментов для отладки гидродинамической модели;
- управлять процессом решения нестационарной геофильтрационной задачи на конечно-разностной сетке;
- представлять результаты моделирования в виде наглядных схем, карт и объемных диаграмм, включая элементы анимации;

2. Вводная часть

Определение объема и предмета динамики подземных вод. Связь с другими науками. Методы исследований. Значение динамики подземных вод как теоретической базы количественной оценки ресурсов и запасов подземных вод и решения прогнозных задач в связи разработкой месторождений твердых полезных ископаемых методом подземного выщелачивания.

3. Гидродинамические основы движения подземных вод в земной коре

- 3.1. Теоретические основы изучения закономерностей движения подземных вод. Гидрогеологические и гидродинамические системы их элементы, свойства, виды взаимодействий. Фильтрация как основная форма движения подземных вод в гидрогеологических системах.
- 3.2. Основные физические свойства жидкостей и водонасыщенных горных пород – вязкость, сжимаемость, гравитационная и упругая ёмкость горных пород.
- 3.3. Основной закон фильтрации и пределы его применимости. Фильтрационная среда и ее показатели. Пространственная изменчивость фильтрационных свойств, гомогенная и гетерогенная среды.
- 3.4. Структура и мерность потоков. Область фильтрации и ее элементы. Границы потоков и виды граничных условий.
- 3.5. Принципы типизации и схематизации гидрогеологических условий. Гидродинамические особенности потоков подземных вод. Принципы и критерии схематизации гидрогеологических условий для целей гидродинамического моделирования.

4. Математические основы теории движения подземных вод

- 4.1. Основные дифференциальные уравнения геофильтрации. Расчетные модели жесткого и упругого режимов фильтрации. Элементы теории подобия для дифференциальных уравнений как основа математического моделирования фильтрации. Условия однозначности решения дифференциальных уравнений – внутренне строение области фильтрации. Начальные и граничные условия.

- 4.2. Методы решения задач стационарной фильтрации. Плоскопараллельная фильтрация в напорном и безнапорном потоках.
- 4.3. Методы решения задач нестационарной фильтрации на примере простейшего одномерные решения нестационарной фильтрации по методу Каменского. Численные методы решения задач фильтрации. Конечно-разностные уравнения и их применение к изучению нестационарной фильтрации на ПЭВМ.

5. Основы притока воды к скважинам

- 5.1. Постановка задачи, понятие и точечных и линейных источниках-стоках. Режимы водопритока к скважинам: нестационарный (уравнение Тейса), квазистационарный (уравнение Тейса-Джейкоба), стационарный (уравнение Дюпюи). Исходные математические модели для радиального, плано— радиального, сферического и профильно-радиального потоков.
- 5.2. Оценка понижения уровня в системе взаимодействующих скважин с использованием аналитического решения. Учет изменения числа, дебита и времени ввода в работу скважин. Метод «большого колодца», обобщенные системы скважин. Расчеты скважин в полуограниченных пластах с границами первого и второго рода. Метод «зеркальных отображений».

6. Теоретические основы опытно-фильтрационных работ

- 6.1. Общая гидродинамическая характеристика опытно-фильтрационных работ. Типизация условий опробования водоносных горизонтов.
- 6.2. Основные расчетные схемы и способы количественной обработки опытно-фильтрационных работ по данным кустовых откачек и восстановлению уровня воды в скважине после откачки.

7. Программный комплекс гидродинамического моделирования: «Groundwater Modeling System» (GMS)

- 7.1. Назначение программного комплекса. Краткая характеристика отдельных модулей и их взаимодействия между собой. Основные элементы интерфейса.
- 7.2. Методы создания геологических моделей области фильтрации: а) путем непосредственного задания фильтрационных параметров в узлы конечно-разностной сетки; б) путем использования механизма концептуальной модели для реалистичного представления пространственной геометрии области фильтрации в виде пластовой системы.
- 7.3. Управление решением нестационарной геофильтрационной задачи. Эпигнозное и прогнозное моделирование. Калибровка модели, уточнение фильтрационных параметров путем решения обратных задач.
- 7.4. Управление выводом результатов моделирования. Представление решения в виде карт изолиний, пространственных трёхмерных схем и анимации. Интерпретация результатов моделирования гидрогеологических условий месторождений твердых полезных ископаемых.

8. Заключение

Обзор программных средств для моделирования гидрогеологических условий.

Использование вспомогательных программных комплексов для создания и актуализации геологических моделей как основы схематизации гидрогеологических условий. Перспективы развития и интеграции.

Хозяйственные задачи и теоретические проблемы гидрогеологии, определяющие дальнейшие перспективы и пути развития динамики подземных вод как науки о различных формах движения в гидрогеологических системах земной коры, их оценке и прогнозировании.

Лабораторные и практические занятия

1. Определение направления, скорости фильтрации и действительной скорости движения подземных вод в условиях безнапорного водоносного горизонта.
2. Расчет систем взаимодействующих скважин в сложных условиях с использованием ПЭВМ на основе аналитических расчётов.
3. Оценка работы системы взаимодействующих скважин в сложных гидрогеологических условиях в режиме постоянно действующей модели.
4. Создание геологической модели.
5. Задание граничных и начальных условий на пространстве конечно-разностной сетки.
6. Калибровка гидродинамической модели.
7. Управление нестационарным режимом работы гидрогеологических скважин.
8. Управление режимом вывода результатов моделирования.

Практическая часть курса «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» базируется на фундаментальных представлениях о количественной оценке фильтрационных потоков и полностью согласована с теоретической частью курса. Темы лабораторных занятий выбраны с таким расчетом, чтобы обеспечить приобретение магистрантами основных навыков в выполнении гидрогеологических расчетов, необходимых при планировании и проведении гидрогеологических исследований на месторождениях твёрдых полезных ископаемых. При освоении практической части курса раскрываются базовые приемы решения геофильтрационных задач, направленных на прогноз изменения гидрогеологических исследований при интенсивном техногенном воздействии. Формируются навыки моделирования гидрогеологических условий месторождений твёрдых полезных ископаемых.

Темы, связанные с необходимостью анализа работы возмущающих сооружений в сложных гидродинамических условиях на основе аналитических расчетов и при численном моделировании, предусматривают их реализацию в многовариантной постановке для решения оптимизационных задач и осваиваются магистрантами с использованием ПЭВМ.

Курсовая работа

Курсовая работа выполняется по индивидуальным заданиям, материалы к которой подбираются магистрантами в производственных и научных предприятиях и организациях по согласованию с преподавателем. Тематика курсовых работ и основные требования к их выполнению содержатся в методических указаниях к курсовой работе с элементами научных исследований, оформленных отдельным изданием.

Темы курсовых работ могут быть разнообразными, но связанными с моделированием гидрогеологических условий месторождений твёрдых полезных ископаемых. Они определяются руководителем, но могут быть предложены и самими магистрантами. В качестве ориентировочных примеров ниже приводятся темы различной направленности.

1. Исследование динамики уровня подземных вод в процессе отработки месторождения.
2. Исследование влияния фильтрационной неоднородности водоносных горизонтов на работу эксплуатационных скважин.
3. Исследование влияния фильтрационной неоднородности водоносных горизонтов на структуру фильтрационного потока.
4. Исследование влияния граничных условий водоносных горизонтов на работу эксплуатационных скважин.
5. Долгосрочный прогноз поведения уровня подземных вод в процессе отработки месторождения.

Курсовая работа направлена на закрепление знаний, полученных при освоении теоретической части курса, умений приобретенных при выполнении лабораторных работ и призвана стимулировать развитие навыков самостоятельного выполнения прогнозных фильтрационных расчетов на численных моделях месторождений полезных ископаемых.

При выполнении курсовой работы магистрант должен пользоваться новейшими программными средствами в области моделирования гидрогеологических условий, что требует от магистрантов приобретения стойких навыков свободного общения со средствами вычислительной техники, знания основных возможностей прикладных программных комплексов общего назначения и отдельных модулей специализированных программных продуктов.

Курсовая работа выполняется, как правило, на основе реальных материалов различных геологических служб и предполагает активное использование первичного фактического и разнообразного картографического материала. Основные требования к содержанию и правилам оформления курсовой работы изложены в методических указаниях, оформленных отдельным изданием.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

При изучении дисциплины «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» самостоятельной работе магистрантов отводится существенная роль. Требуется постоянная, настойчивая работа над лекционным материалом и дополнительной литературой по описанию работы программного комплекса моделирования гидрогеологических условий. Контроль усвоения лекционного материала осуществляется в начале каждой лекции в форме краткого опроса в письменной форме. Ответы рецензируются, оцениваются в баллах и используются при подведении итогов текущего рейтинга. Отдельные темы выносятся на самостоятельную проработку. Вопросы по этим темам включаются в самостоятельные работы рубежного контроля и также учитываются при подведении итогов текущего рейтинга.

Индивидуальная работа выполняется как по тематике лекционных занятий, так и по проблемам, важным для формирования магистранта как специалиста, способного самостоятельно повышать свою научно-производственную эрудицию.

На индивидуальную работу по курсу «Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов» по тематике лекционных и лабораторных занятий для полноты знаний выносятся следующие темы:

1. Способы решения дифференциальных уравнений.
2. Решение системы линейных алгебраических уравнений по явной схеме.
3. Решение системы линейных алгебраических уравнений по неявной схеме.
4. Состав общих пакетов управления решением программного комплекса GMS.
5. Управление параметрами интерполяции отметок поверхностей раздела геологической модели в модуле 2D Scatter point.
6. Управление режимом передачи параметров концептуальной модели из модуля 2D Scatter point в блоки конечно-разностной сетки модуля 3D Grid.
7. Управление режимом просмотра решения в изолиниях напора для многопластовой системы.
8. Управление режимом просмотра решения в виде баланса расходов фильтрационного потока для выделенного фрагмента модели.
9. Управление режимом просмотра решения в виде пространственного представления поверхностей равных напоров для многопластовой системы.
10. Создание анимации для численного решения нестационарной геофильтрационной задачи.

Индивидуальная работа выполняется каждым магистрантом под контролем преподавателя как в аудитории (согласно расписанию) так и самостоятельно. Контроль этого разделом учебной работы осуществляется при практическом использовании возможностей программного комплекса на лабораторных работах, собеседовании с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Какой метод используется для учета влияния границ водоносного горизонта при откачке?
2. Можно ли решить данную задачу методом зеркальных отображений?
(Схема изображает две скважины по разные стороны от границы первого рода).
3. Есть ли существенные отличия в расчетных схемах?
(Схема изображает пласт-квадрант с разнородными границами: в одном случае скважина расположена у непроницаемой границы, а в другом - у питающей).
4. Каким является водоносный горизонт по форме в плане и характеру граничных условий?
(Схема изображает пласт прямоугольной формы, ограниченный попарно противоположными по характеру границами без указания местоположения скважины).
5. Будет ли взаимодействовать с границей скважина №2?
(Схема изображает скв. №1 у границы первого рода, скважина работает в режиме нагнетания, а далее по лучу расположена скв. №2, которая работает в режиме откачки).
6. Составить аналитическое решение задачи в общем виде (в виде суммы срезок уровня).
(Схема изображает две скважины на одинаковых расстояниях от границы первого рода, но работающих в разных режимах, требуется определить понижение в точке А, где наблюдательная скважина отсутствует).

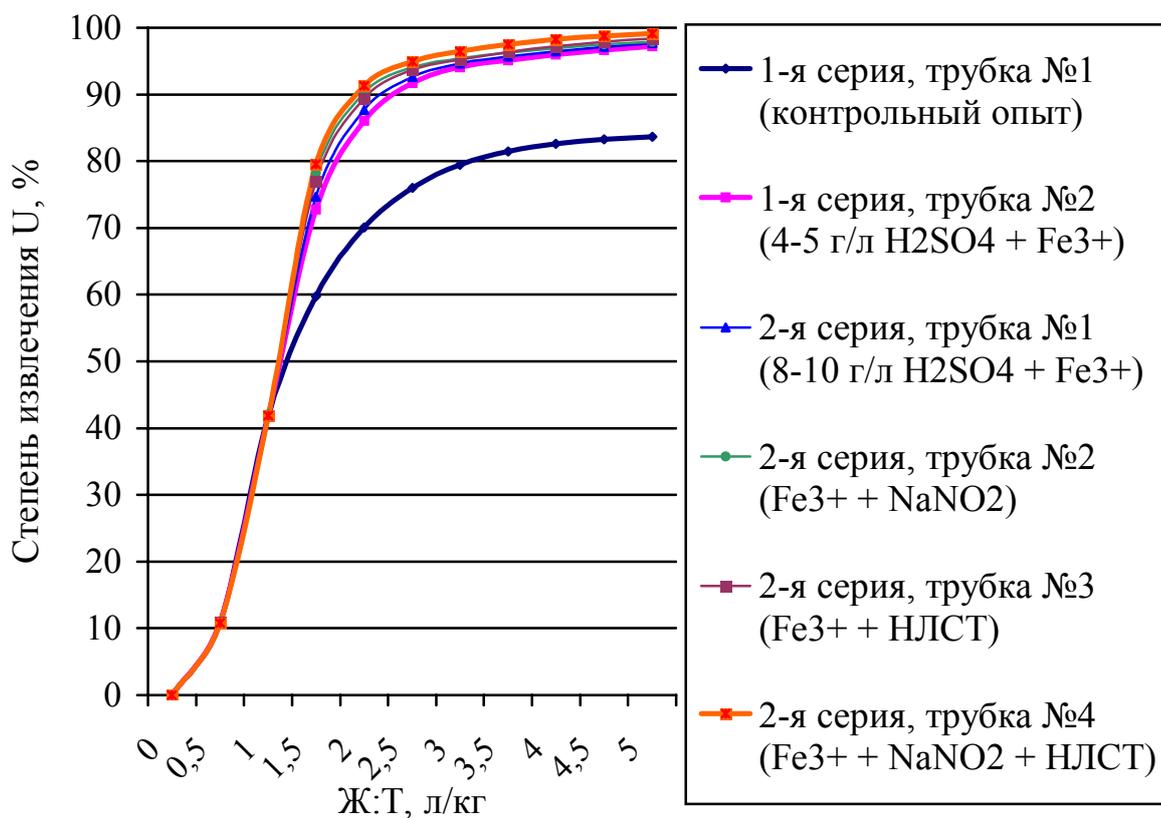
ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М: МГУ, 1995.
2. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. М: Недра, 1988.
3. Гавич И.К. Гидрогеодинамика. М: Недра, 1988.
4. Гавич И.К., Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии, М: Недра, 1980.
5. Документация и интерактивная справочная система программного комплекса GMS.

Дополнительная литература

1. Мироненко В.А., "Динамика подземных вод», Л: ЛГИ, 1996.
2. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М: Недра, 1983.
3. Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С., "Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек". - М: Недра, 1979.
4. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. Новосибирск, 1983.



СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Вводная часть**
- 3. Принципы описания природно-техногенных физико-химических систем**
- 4. Термодинамические данные и параметры моделей**
- 5. Физическая химия природных и техногенных водных растворов**
- 6. Гидрогеохимические процессы и принципы их математического описания**
- 7. Техническая и программная база моделирования**
- 8. Сопряженное моделирование геофильтрации и геомиграции на пространственных сетках**
- 9. Моделирование геохимических процессов**
- 10. Визуализация и интерпретация результатов моделирования**
- 11. Научные и прикладные модели геомиграции радионуклидов**

ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Освоив теоретический курс и выполнив комплекс лабораторных и практических заданий, обучающийся будет способен решать следующие задачи:

- классифицировать численные методы;
- использовать численные методы решения краевых задач в математической физике;
- создавать математические модели многофазной фильтрации;
- использовать программные комплексы 3D визуализации;
- создавать алгоритмы формирования карт изолиний, расчеты средневзвешенных концентраций и физико-химических параметров;
- рассчитывать средневзвешенные концентрации и физико-химические параметры;
- разрабатывать алгоритм расчета формирования контуров.

1. Введение

Цели преподавания дисциплины

Общей целью преподавания дисциплины является усвоение студентами вопросов теории и практики численного моделирования геомиграции радионуклидов с применением современных информационных технологий и формирование у них мотивации к самообразованию за счет активации самостоятельной деятельности. Конкретная цель - сформировать у студентов целостную систему представлений и знаний о теоретических основах, методах, алгоритмах, программной реализации и применении численного моделирования геохимических процессов, научить студента использованию этих знаний в своей профессиональной деятельности.

Задачи изложения и изучения дисциплины

В соответствии с поставленными целями основными задачами курса являются:

- дать студентам - будущим магистрам, общие представления по теории геомиграции, условиям протекания геохимических процессов и принципам их численного физико-химического моделирования;
- развить умение физико-химического описания природно-техногенных геохимических систем;
- дать знания и развить навыки использования методов численного моделирования при поисках, разведке и разработке месторождений уранового сырья;
- создать предпосылки для более глубокого понимания геологической природы месторождений редких и радиоактивных элементов;
- дать знания и привить навыки в обработке и интерпретации геохимических данных в урановой геологии с помощью численного моделирования;
- сформировать, в итоге, представления, необходимые для правильного понимания роли и задач численного моделирования геомиграции радионуклидов при решении конкретных геологических задач.

Эти цели и задачи будут достигнуты:

- организацией лекций по теоретической части курса с учетом их посещения;
- проведением лабораторных занятий с требованием подробных отчетов по каждой работе, включая ответы на контрольные вопросы;
- проведением рубежных контрольных работ, с анализом ответов на поставленные вопросы;
- выполнением курсовой работы и защитой её на семинаре;
- планированием содержательной части самостоятельной работы;
- организацией учебного процесса, обеспечивающей активизацию познавательной деятельности студента.

После изучения данной дисциплины студент должен знать:

- основные теоретические предпосылки моделирования геомиграции и геохимических процессов;
- методы и способы программной реализации численного моделирования;
- планирование и проведение моделирования геомиграции применительно к реальным природным и техногенным геохимическим системам;
- способы визуализации и интерпретации результатов моделирования.

Студент должен уметь:

- формулировать содержательные цели и задачи численного моделирования геомиграции;
- использовать современные программно-аппаратные средства моделирования;

- задавать пространственную и временную дискретизацию области моделирования, исходные данные, граничные условия и сценарии расчетов, выполнять настройку физико-химической системы и собственно моделирование;
- осуществлять верификацию, валидацию и калибровку моделей;
- проводить первичную обработку результатов моделирования, включая их графическую визуализацию;
- выполнять интерпретацию результатов применительно к конкретным поисково-разведочным и геотехнологическим задачам;
- составлять отчеты о проделанной работе.

Студент должен иметь навыки проведения научных исследований по данной дисциплине.

2. Вводная часть

Виды информации в геологии. Геологические и геохимические модели природных и природно-техногенных объектов. Сущность моделирования геомиграции. Место численного моделирования геомиграции в общем комплексе геолого-геофизических исследований земных недр. Состояние изученности проблемы, основные учебные и научные публикации.

3. Принципы описания природно-техногенных физико-химических систем

Термодинамическая (физико-химическая) система. Обмен веществом и энергией с внешней средой. Твердые, жидкие и газообразные фазы. Компоненты физико-химических систем. Термодинамическое состояние систем и его описание на основе законов равновесной и неравновесной (синергетика) термодинамики. Закон действия масс, как основа моделирования физико-химических процессов. Константа равновесия, произведение растворимости и активности, квотант и параметр насыщения/недонасыщенности реакций. Определение направления протекания реакций и процессов.

4. Термодинамические данные и параметры моделей

Изменения энергии Гиббса, энтропии, теплоемкости и объема в ходе физико-химических взаимодействий. Стандартные термодинамические параметры веществ, химических реакций и физико-химических процессов. Справочники и электронные базы термодинамических данных. Методы расчета свободных энергий и констант равновесия. Учет давления и температуры. Уравнения теплоемкости и изменения объема. Определение термодинамических констант равновесия.

5. Физическая химия природных и техногенных водных растворов

Ионы, ионные ассоциаты (ионные пары, тройники, квадруполи, комплексные соединения), незаряженные частицы, активные радикалы растворов. Принцип электронейтральности. Идеальные и реальные растворы, минералы, газы. Понятия стандартного состояния и активности. Коэффициенты активности и их определение на основе уравнений теории Дебая-Хюккеля и метода Питцера. Основы химической кинетики и способы её учета при описании поведения моделей в реальном времени.

6. Гидрогеохимические процессы и принципы их математического описания

Растворение/осаждение, окисление/восстановление, фазовые переходы, сорбция и ионный обмен, радиоактивный распад, химическая и биodeградация, дисперсия, диффузия. Принципы и методы математического описания геохимических и гидрогеохимических процессов.

7. Техническая и программная база моделирования

Современные ЭВМ и их главные характеристики применительно к моделированию геомиграции. Возможные решения проблем используемой памяти и быстродействия. Принципы многопроцессорных и многопоточных вычислений. Обзор существующих программных разработок, их возможности и сравнительные характеристики: отечественные и зарубежные программные средства.

8. Сопряженное моделирование геофильтрации и геомиграции на пространственных сетках

Методы дискретизации и описания фильтрационного поля: конечных разностей, конечных элементов, граничных элементов. Системы уравнений баланса масс, прямые (матричной алгебры) и итерационные методы их решения: исключения Гаусса, прогонки с переменной направлений, сопряженных градиентов, релаксации. Конвективная, гравитационная (плотностная), диффузионная и дисперсионная составляющие массопереноса. Общее уравнение баланса компонентов раствора. Теплоперенос. Системы уравнений баланса растворенных веществ и теплопереноса. Методы их решения. Граничные условия. Внешние и внутренние источники-стоки.

9. Моделирование геохимических процессов

Способы формализации уравнений химических и физико-химических взаимодействий: элементный, предопределенных химических, элементарных реакций. Принципы описания состояния геохимических систем с помощью методов «минимизации свободной энергии» и «констант равновесия». Учет неидеальности компонентов системы с использованием метода активности Льюиса. Экспериментальное определение (измерение) и теоретический расчет активностей компонентов растворов, минералов и газов. Определение термодинамических параметров и констант равновесия процессов. Способы и уравнения моделирования комплексообразования, растворения-осаждения, окислительно-восстановительных реакций, эвазии и инвазии газов. Основные способы моделирования физико-химической и биохимической сорбции, ионного обмена, радиоактивного распада и биodeградации. Учет pH и Eh растворов, давления и температуры в ходе моделирования.

10. Визуализация и интерпретация результатов моделирования

1, 2 и 3D визуализация результатов моделирования. Таблицы, графики, карты, блок-диаграммы, динамические изображения. Методы перехода между неравномерными и равномерными сетями наблюдения. Программные средства

описания и визуализации многомерных и пространственно распределенных данных. Проверка и содержательная геолого-геохимическая интерпретация результатов моделирования.

11. Научные и прикладные модели геомиграции радионуклидов

Геологические и геохимические задачи, решаемые с помощью численного моделирования геомиграции, при поисках и разведке урановых месторождений. Решение вопросов формирования месторождений урана. Геотехнологические вопросы при проектировании и разработке месторождений редких и радиоактивных элементов. Моделирование геоэкологических последствий захоронения радиоактивных отходов и реабилитации отработанных участков урановых месторождений.

Лабораторные и практические занятия

1. Использование баз термодинамических данных, обоснование системы моделирования.
2. Пересчеты состава воды, породы и газа.
3. Моделирование изменения ТР-условий, смешения, распада, деградации и сорбции.
4. Моделирование взаимодействия раствор-порода-газ.

Рубежная контрольная работа № 1

5. 3D сеточная дискретизация, определение и расчет геофильтрационной модели.
6. Преобразование геофильтрационной 3D модели в геомиграционную, моделирование поведения «инертного» компонента.
7. Моделирование 3D геомиграции, включая физико-химические взаимодействия в системе вода-порода.
8. Визуализация и геохимическая интерпретация результатов сеточного моделирования.

Рубежная контрольная работа № 2

Курсовая работа

Студентам могут быть предложены исследовательские или реферативно-аналитические работы по следующим темам:

- Моделирование формирования гидротермальной урановой минерализации.
- Моделирование опытно-промышленной эксплуатации месторождения урана методом подземного выщелачивания.
- Исследование процессов выщелачивания урана из руд кислыми и/или щелочными растворами.
- Моделирование мероприятий по реабилитации продуктивных водоносных горизонтов.
- Возможности моделирования геомиграции при поисках урана на конкретных участках Западной Сибири.
- Оценка геохимической эффективности методов и технологий подземного и кучного выщелачивания урана водными рабочими растворами.
- Проверка точности и достоверности численных моделей геомиграции урана по данным натурных наблюдений.

Программа самостоятельной познавательной деятельности

Структура самостоятельной познавательной деятельности студента включает следующие виды:

- Углубленная самостоятельная работа над лекционным материалом.
- Самостоятельная проработка материала по теме курсовой работы.
- Ответы на контрольные вопросы к лабораторным работам и составление отчета.
- Подготовка к двум рубежным контрольным работам.

Самостоятельная подготовка к экзаменам выносится за рамки плановых часов в семестре, т.к. на это в сессию выделяется отдельное время.

Контрольные вопросы и задания

Контрольные вопросы к лабораторной работе «Использование баз термодинамических данных (ТБД), обоснование системы моделирования»:

- поясните, какие компоненты системы выбраны в качестве базовых и почему?
- уточните, как изменится характер взаимодействия минерала с раствором, если в ТБД отсутствуют данные по изменению энтропии, теплоемкости или мольного объема минерала или составляющих его базовых частиц?
- поясните, как определить изменение энергии Гиббса и энтропии, используя данные о растворимости?
- как поступить, если в ТБД отсутствуют данные по компонентам, поведение которых в системе требуется изучить?
- рассчитайте, с какой точностью будет определена константа равновесия кальцита, если точность энергии Гиббса его образования составляет ± 0.1 Дж/моль?
- как изменится растворимость минерала, если увеличить или уменьшить величину изменения энергии Гиббса его образования?
- о чем свидетельствует величина периода полураспада?
- почему в ТБД не обязательно задавать плотность минерала?

Контрольные вопросы к лабораторной работе «Моделирование изменения ТР-условий, смешения, распада, деградаци и сорбции»:

- почему растворимость одних минералов при повышении температуры возрастает, а других уменьшается?
- поясните, как нужно изменять пропорции смешения, если требуется выяснить, не происходит ли выпадения минералов из смеси двух растворов?
- какую величину составляет активность урана 235 в растворе в Бк/л, если его концентрация в нем составляет 5 мкг/л?
- чем определяется значение константы сорбции компонента раствора и ёмкость обмена породы?
- чем с точки зрения математического описания отличаются радиоактивный распад и биодеградация?
- какие методы расчета коэффициентов активности следует выбрать при ионной силе раствора 0.1 и 3.2?
- какие процессы могут возникнуть при смешении растворов различного состава?
- почему незаряженные частицы раствора тоже могут сорбироваться породой?

Вопросы для рубежных контрольных работ:

- Способы определения активности компонентов раствора.
- Закон действия масс и его применение при моделировании геохимических взаимодействий.
- Как связаны объем памяти, занимаемый моделью, и быстродействие расчетов? Как ими можно управлять?
- Основные виды граничных условий при гидродинамическом и геохимическом 3D моделировании. Способы их задания.
- Составьте сценарий численного моделирования опытной эксплуатации месторождения урана.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии. / Под ред. С.Р. Крайнова – М.: Недра, 1988. – 254 с.
2. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т.1 Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. // Под ред. С.Л. Шварцева. - Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005, 244 с.
3. Букаты М.Б. Геоинформационные системы и математическое моделирование. Учеб. пособие. – Томск: изд. ТПУ, 2002. – 75 с.
4. Гидрогеодинамические расчеты на ЭВМ. Учебное пособие. / Под ред. Р.С. Штенгелова – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 335 с.
5. Керн Р., Вайсброт А. Основы термодинамики для минералогов, петрографов и геологов. – М.: Мир, 1966. – 278 с.

Дополнительная

1. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968. – 368 с.
2. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. - М.: Наука, 2004. - 677 с.
3. Термодинамическое моделирование в геологии: минералы, флюиды и расплавы. / Р.К. Ньютон, А. Навротски, Б.Дж. Вуд и др. - М.: Мир, 1992. - 534 с.
4. Langmuir D. Aqueous Environmental Geochemistry. – London: Prentice-Hall International, 1997. – 601 pp.
5. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Т.1 Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 611 с.
6. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. / В.Г. Язиков, В.Л. Забазнов, Н.Н. Петров, Е.И. Рогов, А.Е. Рогов. – Алматы, 2001. - 444 с.
7. <http://www.scisoftware.com>
8. <http://water.usgs.gov/software>
9. <http://www.geolink-ltd.com>
10. <http://www.softwareperfect.com>