

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

По дисциплине Б1.В.07 Изотопная геохимия и геохронология
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

Для направления подготовки (специальности) 05.04.01 Геология
код и наименование направления подготовки (специальности)

Направленность программы (профиль) Прикладная геохимия, минералогия и петрология
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Апатиты

2020

Лист согласования

1 Разработчик:

профессор
должность

УАиМ


подпись

Т.В. Каулина
И.О. Фамилия

2. Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 года, протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020
дата


подпись

Л.Д. Кириллова
И.О.Фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 912.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: – ознакомить студентов с современными геохронологическими методами и с конкретными областями их применения, а также дать базисные знания по использованию изотопно-геохимических данных для исследования процессов становления и развития верхних оболочек Земли в геологическом времени.

Задачи дисциплины:

- дать представление о геохимии изотопов и об использовании изотопов при изучении геологических процессов;
- ознакомить с основными методами изотопного датирования пород и минералов.

В результате освоения программы дисциплины **«Изотопная геохимия и геохронология»** студенты направления 05.04.01 Геология должны

Знать:

- основные системы радиоактивного распада;
- закон радиоактивного распада и основные методы датирования, используемые в геохронологии;
- принципы определения мантийно-коровых источников на основе изменения изотопного состава радиогенных элементов.

Уметь:

- определять возраст пород и минералов U-Pb, Sm-Nd и Rb-Sr методом, используя программы PBDAT и ISOPLOT с построением диаграмм с конкордией;
- строить диаграммы распределения PЗЭ;
- рассчитывать эписилон Nd и строить диаграммы для определения Sm-Nd модельного возраста.

Владеть: навыками работы с разными изотопными системами и разными минералами-геохронометрами.

2. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Изотопная геохимия и геохронология» направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО 05.04.01 Геология (уровень магистратуры). Результаты формирования компетенций и обучения представлены в таблице.

Таблица 2 – Результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ОК – 3. Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия, цели, задачи изотопной геохимии и геохронологии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать цели и определять пути их достижения; - находить информацию в различных источниках. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами сбора информации, ее обработки и анализа.
2.	ОПК – 1. Способность самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные проблемы и задачи изотопной геохимии и геохронологии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно анализировать и систематизировать новые знания; - структурировать и использовать новые знания; - развивать инновационные способности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами адаптации новых знаний в профессиональной деятельности.
3.	ПК – 1. Способность формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базовые понятия фундаментальных разделов изотопной геохимии и геохронологии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов

	и специализированных знаний, полученных при освоении программы магистратуры.		изотопной геохимии и геохронологии. Владеть: - методами интеграции фундаментальных разделов изотопной геохимии и геохронологии.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень дисциплин и их разделов, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины.

- ✓ Химия – знание о свойствах химических элементов, об изотопах и принципе радиоактивного распада элементов.
- ✓ Геохимия – знание о поведении химических элементов в геологических процессах.
- ✓ Минералогия – знание о росте и преобразовании минералов-геохронометров.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Прикладная геохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т.П. Стримжа, С.И. Леонтьев - Красноярск : СФУ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763833447.html>.
2. Титаева Н.А., Ядерная геохимия [Электронный ресурс]: учебник / Титаева Н.А. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2000. - 336 с. - ISBN 5-211-02564-4 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211025644.html>

Дополнительная:

3. Время как объективно-субъективный феномен [Электронный ресурс] / И.А. Хасанов - М : Прогресс-Традиция, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785898265284.html>
4. Жариков, В. А. Основы физической геохимии : учебник / В. А. Жариков. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2005. — 656 с. <http://www.iprbookshop.ru/13063.html>
5. Н.Е.Козлов. А.А. Предовский Введение в геохимию: учебное пособие. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. – 140с.
6. Общая геохимия / авт.-сост. З.В. Стерленко, А.А. Рожнова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». – Ставрополь : СКФУ, 2016. – 148 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459132> – Библиогр.: с. 118. – Текст : электронный.

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Строение атома, изотопы. Механизмы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада. Изотопные системы, используемые в геохронологии. Благородные газы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Из чего состоит атом?
2. Какие виды радиоактивного распада вы знаете?
3. На чем основан закон радиоактивного распада?
4. Наиболее используемые методы датирования?
5. Какие задачи позволяет решать изотопная геохимия?
6. Какие благородные газы вы знаете?
7. Для чего используется К-Аг метод датирования?
8. В чем разница между «коровым» и «мантийным» гелием?
9. Основной резервуар благородных газов.
10. Какие стабильные изотопы вы знаете?
11. Для чего используются стабильные изотопы?
12. Что такое изотопное фракционирование?
13. Какие стандарты используются для стабильных изотопов?

Рекомендуемая литература: [1], [2], [4], [5], [6]

2. U-Th-Pb (U-Pb) метод. Ряды радиоактивного распада урана и тория. U-Pb диаграммы с конкордией. Определение возраста по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Аналитические методики.

Вопросы для самоконтроля:

1. На чем основан U-Pb метод определения возраста?
2. Три вида распада?
3. Преимущества U-Th-Pb метода?
4. Какие виды диаграмм в U-Pb методе вы знаете?
5. Что дает изучение изотопного состава свинца?
6. Что такое метод Кобера?
7. Что такое метод изотопного разбавления?

Рекомендуемая литература: [1], [2], [4], [5], [6]

3. Минералы-геохронометры (U-Pb метод). Циркон, титанит, рутил, монацит и др. Элементы-примеси, температуры закрытия изотопной системы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие минералы используются в U-Pb геохронологии?
2. Преимущества и недостатки разных минералов-геохронометров.
3. Что такое температура закрытия изотопной системы в минерале?
4. Что показывает распределение РЗЭ в минералах?

Рекомендуемая литература: [1-6]

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

Вопросы для самоконтроля:

1. Каковы основные принципы масс-спектрометрии?
2. Назовите три основные части масс-спектрометра.
3. Типы масс-спектрометров.
4. Объясните разницу между TIMS и SIMS.
5. Что такое LA-ICPMS?

Рекомендуемая литература: [1-6]

5. Rb-Sr метод определения возраста. Геохимия рубидия и стронция. Датирование рубидий-содержащих минералов в магматических и метаморфических породах. Изотопная эволюция стронция.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие изотопы используются в Rb-Sr геохронологии?
2. Расскажите о графических методах Rb-Sr геохронологии.
3. Минералы – геохронометры в Rb-Sr геохронологии.
4. Для каких пород или процессов, в основном, используют Rb-Sr метод?
5. Какую информацию можно получить, изучая изотопную эволюцию стронция?

Рекомендуемая литература: [1-6]

6. Sm-Nd метод определения возраста. Геохимия Sm и Nd. Датирование магматических и метаморфических пород. Изотопная эволюция Nd, эпсилон Nd и модельный возраст.

Вопросы для самоконтроля:

1. На чем основан Sm-Nd метод определения возраста?
2. Отличие и сходство с другими методами.
3. Что такое хондритовый резервуар?
4. Что показывает модельный возраст и для чего его рассчитывают?
5. Что такое эпсилон ниодима?

Рекомендуемая литература: [1-6]

7. Lu-Hf, Re-Os, K-Ca методы, треки осколков деления, радиоуглеродный метод. Методы, основанные на нарушении радиоактивного равновесия - датирование по промежуточным продуктам распада урана и тория.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего используется Lu-Hf метод датирования?
2. Для каких пород используется Re-Os метод?
3. Для чего используется K-Ca метод датирования?
4. Что такое треки осколков деления?
5. Что такое температура закрытия изотопной системы?
6. Как образуются космогенные нуклиды?
7. Какую информацию по ним можно получить?
8. Для чего используется радиоуглеродный метод?
9. Какие именно продукты распада U и Th используются для датирования?

Рекомендуемая литература: [1-6]

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы по дисциплине.

Обучающиеся должны на базе проработки теоретического курса лекций по дисциплине выполнить контрольную работу из предложенных вариантов.

Контрольная работа выполняется в виде теста. Вариант контрольной работы содержит 30 вопросов, охватывающих большую часть изученного материала: виды радиоактивного распада, закон радиоактивного распада, U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd методы, типы масс-спектрометров, минералы-геохронометры.

Задания контрольной работы «Определение возраста циркона методом изотопного разбавления и расчет Sm-Nd изохроны»

Вариант 1

- Для определения возраста циркона используется метод изотопного разбавления. Имея данные по навеске и количеству трасера и результаты измерений с масс-спектрометра с использованием программ PBDAT и ISOPLOT (построив диаграмму с конкордией) определить возраст циркона.

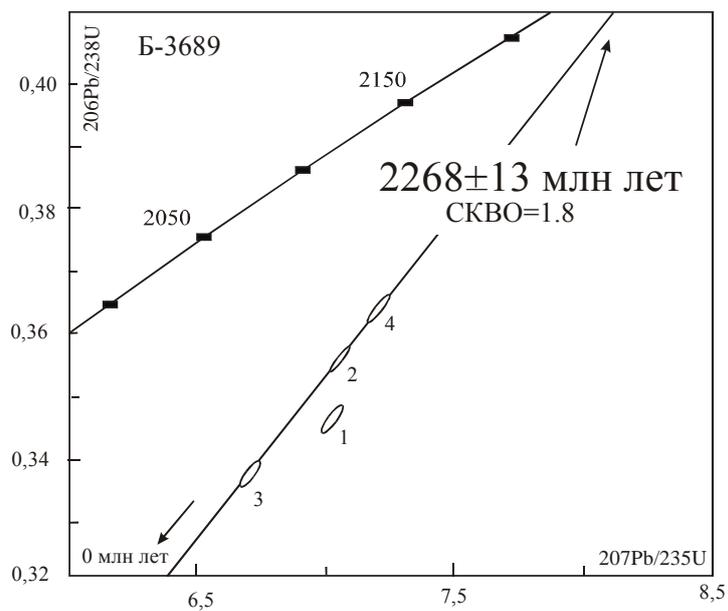
Данные для расчета по программе PBDAT

№ фр	Вес г	Кол-во трасера	Трассир аликвота	Нетрассир аликвота	Изотопный состав			Разбавление		
					$\frac{206}{204}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{238}{235}$
Б-3689 – биотитовый гранитогнейс										
1	0,0021	0,1693	0,5673	1,1927	2110	6,5219	4,4691	5,4414	0,1336	0,2543
2	0,0074	0,1597	0,7009	1,8868	4744	6,8131	4,7254	6,5579	4,7254	1,2507
3	0,0033	0,1749	1,1096	1,3280	1462	6,5390	4,6161	6,2166	0,3559	0,7450
4	0,0020	0,1461	0,8477	1,0585	311	5,4084	3,3228	4,2693	0,2826	0,5154

Полученные по программе PBDAT данные, используемые для расчета по программе ISOPLOT

№ фракции	Исправленные отношения		Возраст, млн. лет
	$\frac{207\text{Pb}}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}}{238\text{U}}$	
1	7,0309	0,3458	2317±2
2	7,0512	0,3545	2279±1
3	6,7088	0,3371	2280±2
4	7,2039	0,3631	2275±4

Построенная по программе ISOPLOT диаграмма с конкордией, верхнее пересечение которой определяет возраст циркона.

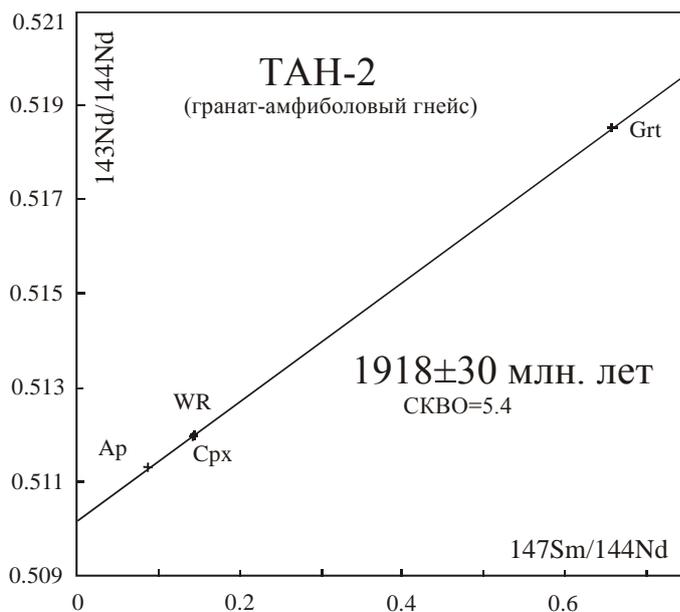


2) Построить Sm-Nd изохрону (ISOPLOT) по метаморфическим минералам.

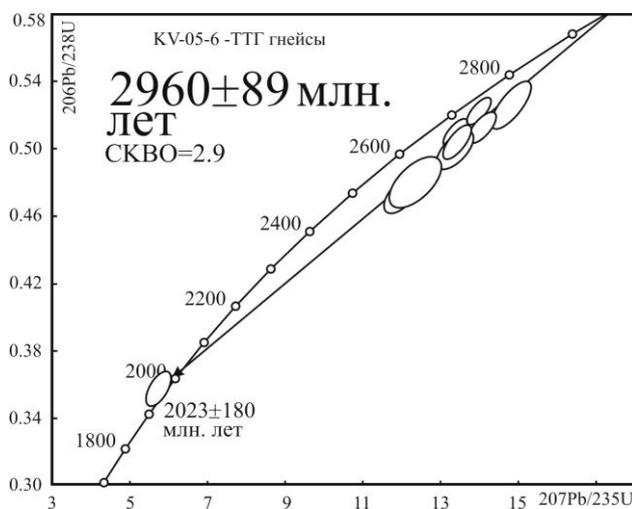
Дано: результаты измерения минералов на масс-спектрометре

№ образца	минерал	Изотопные отношения			
		$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	Err%	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err%
ТАН-2	порода	0,14319	0.30	0,511983	0.003
	Клинопироксен	0,14184	0.30	0,511959	0.003
	Апатит	0,08676	0.30	0,511299	0.003
	гранат	0,65986	0.30	0,518514	0.003

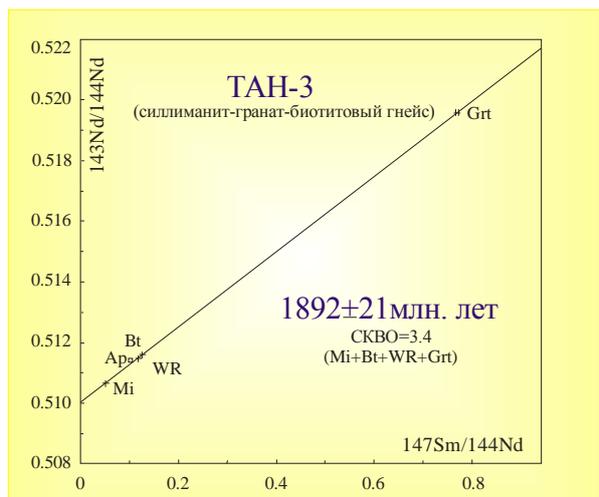
Полученная Sm-Nd изохрона



- 3) Что такое радиоактивность? Дать определение.
- 4) Назовите три составные части масс-спектрометра.
- 5) Какие системы распада Вы знаете?
- 6) По приведенному графику с конкордией определить возраст кристаллизации и метаморфизма породы



- 7) По приведенной изохроне определить первичное отношение изотопов Nd при кристаллизации породы



Вариант 2

- 1) Для определения возраста циркона используется метод изотопного разбавления. Имея данные по навеске и количеству трасера и результаты измерений на масс-спектрометре с использованием программ PBDAT и ISOPLOT (построив диаграмму с конкордией) определить возраст циркона.

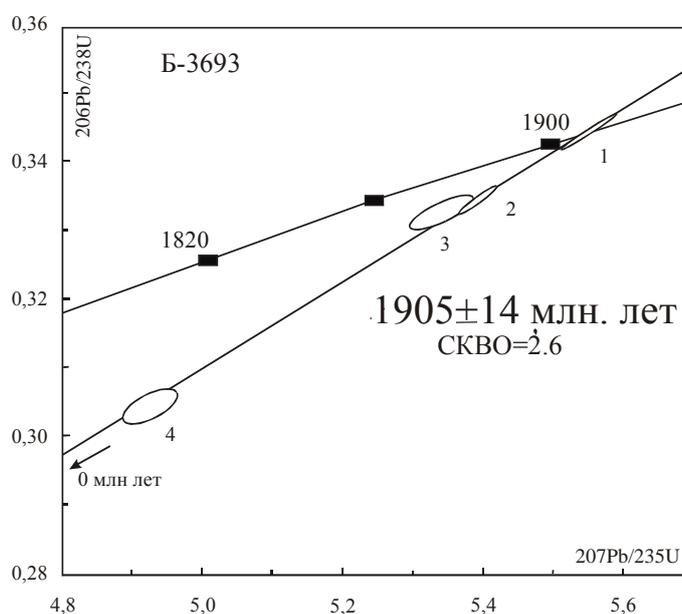
Данные для расчета по программе PBDAT

№ фр	Вес г	Кол-во трасера	Трассир. аликвота	Нетрассир. аликвота	4 Изотопный состав			Разбавление		
					$\frac{206}{204}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{238}{235}$
Б-3693 –аплитовидный гранит										
1	0,0019	0,1618	0,7572	2,9584	2796	8,2322	9,4415	7,3520	0,2425	0,4705
2	0,0023	0,1615	1,0209	1,3799	6241	8,4187	10,2115	7,8513	0,4271	0,8749
3	0,0022	0,2129	0,6033	1,4393	8140	8,4939	11,4280	7,2100	0,2099	0,4159
4	0,0011	0,2071	0,6396	1,5692	666	7,3045	7,6758	6,2509	0,1549	0,3274

Полученные по программе PBDAT данные, используемые для расчета по программе ISOPLOT

№ фракции	Исправленные отношения		Возраст, млн. лет
	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	
1	5,5523	0,3447	1908±2
2	5,3860	0,3345	1908±2
3	5,3426	0,3331	1901±3
4	4,9223	0,3049	1912±4

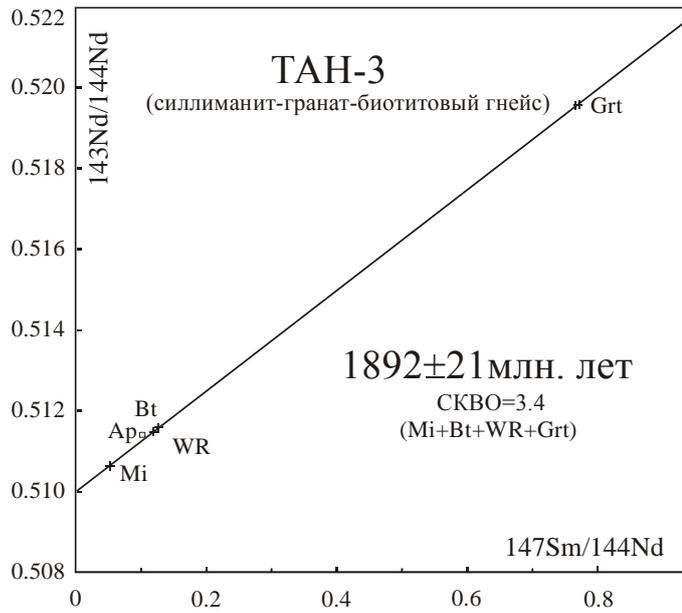
Построенная по программе ISOPLOT диаграмма с конкордией, верхнее пересечение которой определяет возраст циркона.



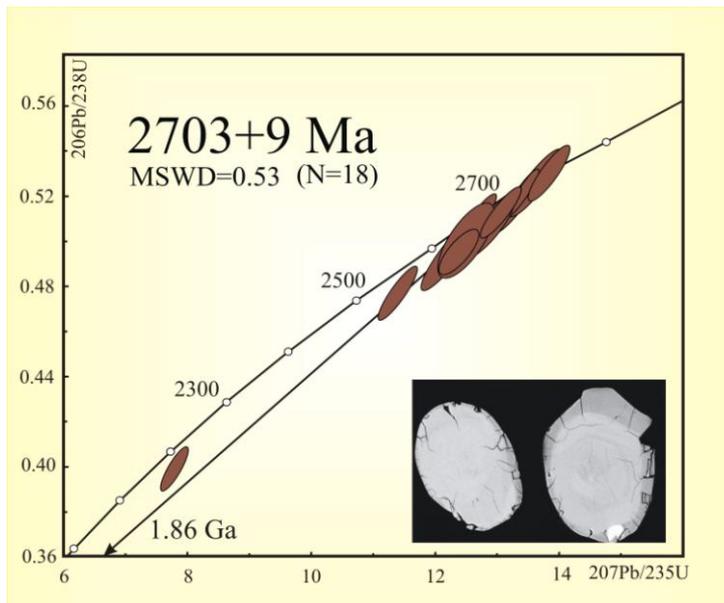
2) Построить Sm-Nd изохрону (ISOPLOT) по метаморфическим минералам.
Дано: результаты измерения минералов на масс-спектрометре

№ образца	минерал	Изотопные отношения			
		$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	Err%	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err%
ТАН-3	порода	0,11971	0.30	0,511474	0.003
	Биотит	0,12640	0.30	0,511586	0.003
	Гранат	0,76929	0.30	0,519578	0.003
	Микроклин	0,05147	0.30	0,510645	0.003
	Апатит	0,10392	0.30	0,511421	0.003

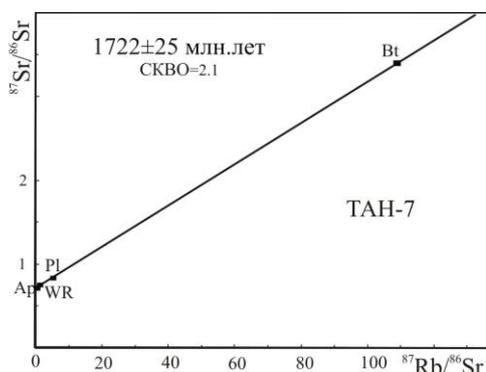
Полученная Sm-Nd изохрона



- 3) Что такое радиоактивность? Дать определение.
- 4) Какие минералы могут быть использованы в качестве геохронометров? Перечислить.
- 5) Можно ли датировать докембрийские породы радиоуглеродным методом?
- 6) По приведенному графику с конкордией определить возраст кристаллизации и метаморфизма породы



- 7) По приведенной изохроне определить первичное отношение изотопов Sr при кристаллизации породы



Вариант 3

- 1) Для определения возраста циркона используется метод изотопного разбавления. Имея данные по навеске и количеству трасера и результаты измерений на масс-спектрометре с использованием программ PBDAT и ISOPLOT (построив диаграмму с конкордией) определить возраст циркона.

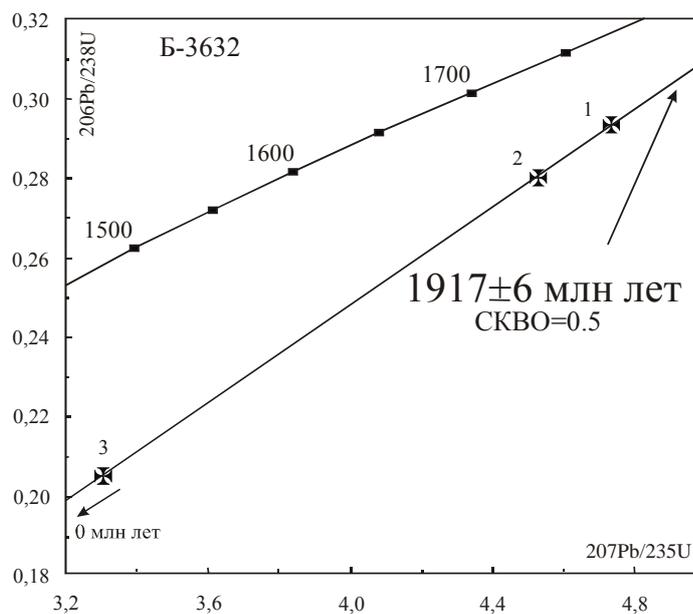
Данные для расчета по программе PBDAT

№ фр	Вес г	Кол-во трасера	Трассир аликвота	Нетрассир аликвота	Изотопный состав			Разбавление		
					$\frac{206}{204}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{206}{207}$	$\frac{206}{208}$	$\frac{238}{235}$
Б-3632 - плагиопегматит										
1	0,0010	0,1502	0,8893	0,9372	954	7,6488	15,2268	7,2794	0,435	0,9832
2	0,0005	0,2353	1,0742	1,6201	1408	7,8978	23,0614	6,2649	0,1229	0,2799
3	0,0003	0,1467	0,7663	1,6840	791	7,4869	15,9439	5,6560	0,1207	0,3683

Полученные по программе PBDAT данные, используемые для расчета по программе ISOPLOT

№ фракции	Исправленные отношения		Возраст, млн. лет
	$\frac{207Pb}{235U}$	$\frac{206Pb}{238U}$	
1	4,7360	0,2936	1911±13
2	4,5319	0,2803	1915±4
3	3,2953	0,2044	1910±5

Построенная по программе ISOPLOT диаграмма с конкордией, верхнее пересечение которой определяет возраст циркона.

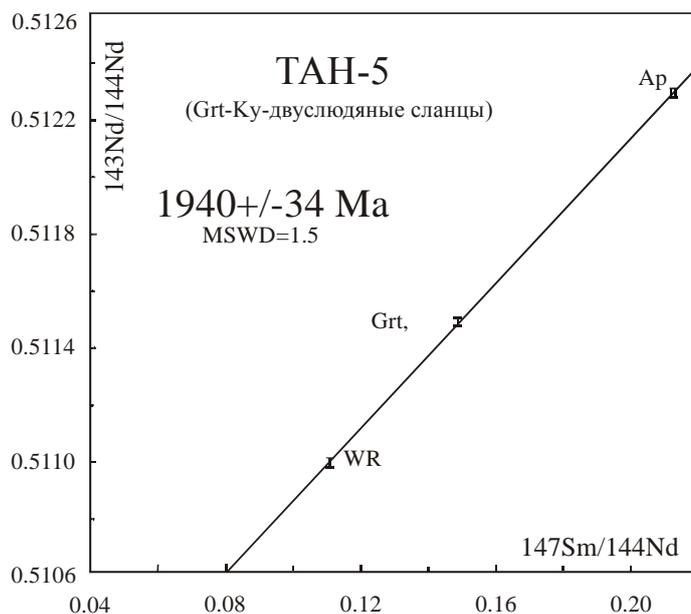


2) Построить Sm-Nd изохрону (ISOPLOT) по метаморфическим минералам.

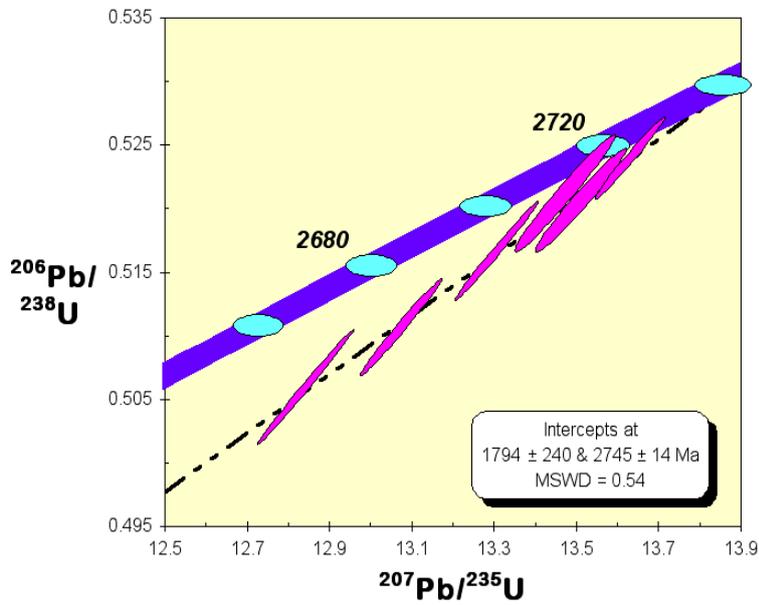
Дано: результаты измерения минералов на масс-спектрометре

№ образца	минерал	Изотопные отношения			
		$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	Err%	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err%
ТАН-5	Порода	0,10960	0.30	0,510999	0.003
	Гранат	0,14866	0.30	0,511493	0.003
	Апатит	0,21261	0.30	0,512298	0.003

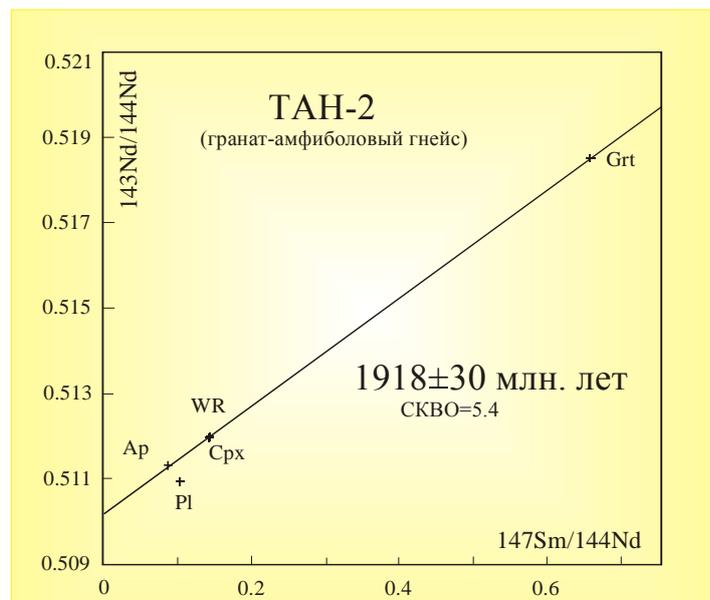
Полученная Sm-Nd изохрона



- 3) Что такое треки осколков деления? Дать определение.
- 4) Что такое радиоактивность? Дать определение.
- 5) Какие методы датирования используются в Геологическом институте?
- 6) По приведенному графику с конкордией определить возраст кристаллизации и метаморфизма породы



- 7) По приведенной изохроне определить первичное отношение изотопов Nd при кристаллизации породы



Тестовые задания по темам 1-7 «Закон радиоактивного распада. Основные методы геохронологического датирования: U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr»

Примерные варианты тестовых заданий.

Вариант 1

1) Что такое изотопы?

Дать свое определение

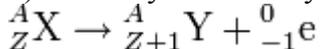
2) Современное изотопное отношение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} =$

- a) 12.84
- b) 115.3
- c) 138.8

3) Со временем отношение изотопов $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в обыкновенном свинце:

- a) уменьшается
- б) увеличивается
- c) не меняется

4) Какому механизму распада отвечает приведенная схема?



- a) β^+ - распад
- a) β^- - распад
- c) α - распад

6) При каком механизме распада образуются атомы гелия:

- a) β^+ - распад
- a) β^- - распад
- c) α - распад

7) Как меняется скорость радиоактивного распада со временем?

- a) увеличивается
- б) уменьшается
- c) постоянна

8) Концентрация самария и неодима в породообразующих минералах по мере их кристаллизации из магмы

- a) увеличивается
- b) уменьшается
- c) не изменяется

9) Зависит ли скорость распада от количества атомов? Чем больше атомов, тем скорость распада

- a) больше
- б) меньше
- c) не зависит

10) В ходе фракционной кристаллизации магмы уран и торий концентрируются в:

- a) жидкой фазе
- б) твердой фазе
- c) уран и торий фракционируют и ведут себя по-разному

- 11) Породы какого состава обогащены ураном и торием?
а) базиты
б) граниты
- 12) Конечным элементом распада ^{238}U является:
а) ^{206}Pb
б) ^{207}Pb
в) ^{208}Pb
- 13) При таком расположении точек, какое именно нарушение изотопной системы происходило?
а) вынос урана
б) вынос свинца
в) привнос урана
- 14) Какой минерал не используется в уран-свинцовой геохронологии?
а) бадделеит
б) уранинит
в) мусковит
г) ксенотим
- 15) Какой минерал имеет самую высокую температуру закрытия U-Pb системы?
а) титанит
б) монацит
в) циркон
г) рутил
- 16) В каком методе используется химическое выделение анализируемых элементов
а) ID-TIMS
б) SIMS
в) LA-ICPMS
- 17) В каком из вышеприведенных методов используется ионизация путем нагрева образца? (а, б, в)
- 18) Каким методом можно датировать сложные многофазные цирконы?
а) метод Кобера
б) метод изотопного разбавления
в) лазерной абляции с индуктивно-связанной плазмой
- 19) Для каких пород характерны высокие концентрации стронция:
а) Граниты
б) Карбонатные породы
в) Габбро
- 20) Какие процессы можно датировать, используя Rb-Sr метод:
а) магматизм
б) метаморфизм
в) осадконакопление
- 21) Можно ли использовать при датировании Rb-Sr методом минералы, образованные в результате метаморфизма:

- а) да
б) нет
- 22) Sm и Nd в ходе фракционной кристаллизации магмы
а) концентрируются в расплаве
б) концентрируются в твердой фазе
в) фракционируют
- 23) Sm/Nd отношения в ходе фракционной кристаллизации
а) не меняется
б) увеличивается
с) уменьшается
- 24) Изотоп ^{143}Nd образуется при распаде
а) ^{149}Sm
б) ^{146}Sm
в) ^{147}Sm
г) ^{148}Sm
- 25) В Sm-Nd методе возраст определяется
а) отрезком, отсекаемым на оси Y
б) наклоном изохроны
в) проекцией точек на ось X
- 26) Какой набор минералов из приведенных позволит определить возраст более точно
а) Cpx+Amf+Ap
б) Ol+Grt+Cpx
с) Kfs+Mon+Bt

Порода или минерал	Sm, млн ⁻¹	Nd, млн ⁻¹	$\frac{\text{Sm}}{\text{Nd}}$
<i>Минералы</i>			
Оливин	0,07	0,36	0,19
Клинопироксен	3,34	9,09	0,367
Амфибол	6,03	17,3	0,347
Биотит	37,0	171,5	0,215
Плагиоклаз	0,541	1,85	0,292
К-полевоый шпат	3,77	26	0,14
Гранат	1,17	2,17	0,539
Апатит	223	718	0,311
Монацит	15000	88000	0,17

- 27) При $\epsilon\text{Nd}=+2$, источником породы был:
а) CHUR
б) кора
с) мантия

Вариант 2

- 1) Чтобы можно было использовать уравнение радиоактивного распада для определения возраста, должно выполняться одно из условий:

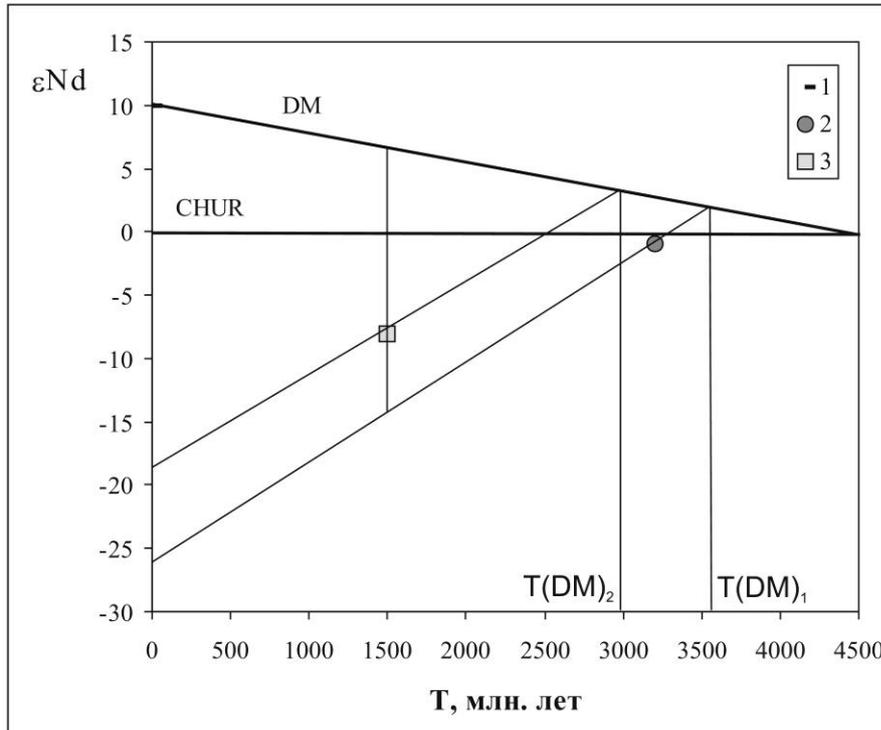
- a) дочерний элемент свободно выносится по мере образования
 - b) родительский элемент постоянно поступает в систему по мере распада
 - c) система закрыта относительно родительских и дочерних элементов.
- 2) Со временем отношение изотопов $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в обыкновенном свинце:
- a) уменьшается
 - б) увеличивается
 - с) не меняется
- 3) Какому методу аналогичен Lu-Hf метод?
- a) U-Pb
 - a) Sm-Nd
 - с) Rb-Sr
- 4) При каком механизме распада образуются атомы гелия:
- a) β^+ - распад
 - a) β^- - распад
 - с) α - распад
- 5) Как меняется скорость радиоактивного распада со временем?
- a) увеличивается
 - б) уменьшается
 - с) постоянна
- 6) Концентрация самария и неодима в породообразующих минералах по мере их кристаллизации из магмы
- a) увеличивается
 - b) уменьшается
 - с) не изменяется
- 7) Зависит ли скорость распада от количества атомов? Чем больше атомов, тем скорость распада
- a) больше
 - б) меньше
 - с) не зависит
- 8) В ходе фракционной кристаллизации магмы уран и торий концентрируются в:
- a) жидкой фазе
 - б) твердой фазе
 - с) уран и торий фракционируют и ведут себя по-разному
- 9) Породы какого состава обогащены ураном и торием?
- a) базиты
 - б) граниты
- 10) Конечным элементом распада ^{238}U является:
- a) ^{206}Pb
 - б) ^{207}Pb
 - с) ^{208}Pb

- 11) При таком расположении точек, какое именно нарушение изотопной системы происходило?
- а) вынос урана
 - б) вынос свинца
 - в) привнос урана
- 12) Какой минерал не используется в Rb-Sr геохронологии?
- а) бадделеит
 - б) уранинит
 - в) мусковит
 - г) ксенотим
- 13) В каком методе используется химическое выделение анализируемых элементов
- а) ID-TIMS
 - б) SIMS
 - в) LA-ICPMS
- 14) В каком из методов используется ионизация под воздействием ионов кислорода?
- а) ID-TIMS
 - б) SIMS
 - в) LA-ICPMS
- 15) Каким методом можно датировать цирконы одной генерации (не имеющие ядер и обрастаний)?
- а) метод Кобера
 - б) метод изотопного разбавления
 - в) лазерной абляции с индуктивно-связанной плазмой
- 16) Для каких пород характерны высокие концентрации стронция:
- а) Граниты
 - б) Карбонатные породы
 - в) Габбро
- 17) Какие процессы можно датировать, используя Rb-Sr метод:
- а) магматизм
 - б) метаморфизм
 - в) осадконакопление
- 18) У каких пород первичные отношения Sr меньше?
- а) у мантийных
 - б) у коровых
- 19) Sm и Nd в ходе фракционной кристаллизации магмы
- а) концентрируются в расплаве
 - б) концентрируются в твердой фазе
 - в) фракционируют
- 20) Sm/Nd отношения в ходе фракционной кристаллизации
- а) не меняется
 - б) увеличивается
 - в) уменьшается

21) В Lu-Hf методе возраст определяется

- а) отрезком, отсекаемым на оси Y
- б) наклоном изохроны
- в) проекцией точек на ось X

22) Определить модельный возраст и эILON Nd (на момент кристаллизации и в настоящее время) для точки 3.



Вариант 3

1) Изотопы это:

- а) атомы одного элемента с разными массами
- в) атомы разных элементов с одинаковыми массами
- с) атомы любых элементов с одинаковым количеством нейтронов

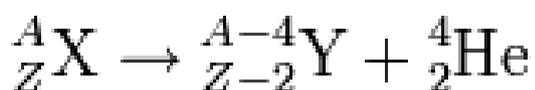
2) Современное изотопное отношение $^{238}\text{U}/^{235}\text{U} =$

- б) 12.84
- с) 115.3
- д) 138.8

3) Со временем отношение изотопов $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ в обыкновенном свинце:

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- с) не меняется

4) Какому механизму распада отвечает приведенная схема?



- a) β^+ - распад
 - a) β^- - распад
 - c) α - распад
- 5) При каком механизме распада образуются атомы гелия:
- a) β^+ - распад
 - a) β^- - распад
 - c) α - распад
- 6) Как меняется скорость радиоактивного распада со временем?
- a) увеличивается
 - б) уменьшается
 - c) постоянна
- 7) Концентрация самария и неодима в породообразующих минералах по мере их кристаллизации из магмы
- a) увеличивается
 - б) уменьшается
 - c) не изменяется
- 8) Зависит ли скорость распада от количества атомов? Чем больше атомов, тем скорость распада
- a) больше
 - б) меньше
 - c) не зависит
- 9) В ходе фракционной кристаллизации магмы уран и торий концентрируются в:
- a) жидкой фазе
 - б) твердой фазе
 - c) уран и торий фракционируют и ведут себя по-разному
- 10) Породы какого состава обогащены ураном и торием?
- a) базиты
 - б) граниты
- 11) При таком расположении точек, какое именно нарушение изотопной системы происходило?
- a) вынос урана
 - б) вынос свинца
 - c) привнос урана
- 12) Какой минерал не используется в Sm-Nd геохронологии?
- a) гранат
 - б) уранинит
 - в) пироксен
- 13) Что такое температура закрытия изотопной системы?
- a) прекращение диффузии
 - б) полная потеря радиогенного изотопа
 - в) частичная потеря изотопов

- 14) В каком методе используется химическое выделение анализируемых элементов
- ID-TIMS
 - SIMS
 - LA-ICPMS
- 15) В каком из вышеприведенных методов используется ионизация под воздействием ионов кислорода? (a, b, c)
- 16) Каким методом можно датировать цирконы одной генерации (не имеющие ядер и обрастаний?)
- метод Кобера
 - метод изотопного разбавления
 - лазерной абляции с индуктивно-связанной плазмой
- 17) Для каких пород характерны высокие концентрации стронция:
- Граниты
 - Карбонатные породы
 - Габбро
- 18) Какие процессы можно датировать, используя Re-Os метод:
- метаморфизм
 - осадконакопление
 - образование рудных месторождений
- 19) У каких пород первичные отношения Sr меньше?
- у мантийных
 - у коровых
- 20) Sm и Nd в ходе фракционной кристаллизации магмы
- концентрируются в расплаве
 - концентрируются в твердой фазе
 - фракционируют
- 21) Sm/Nd отношения в ходе фракционной кристаллизации
- не меняется
 - увеличивается
 - уменьшается
- 22) Изотоп ^{143}Nd образуется при распаде
- ^{149}Sm
 - ^{146}Sm
 - ^{147}Sm
 - ^{148}Sm
- 23) В Rb-Sr методе возраст определяется
- отрезком, отсекаемым на оси Y
 - наклоном изохроны
 - проекцией точек на ось X
- 24) При $\epsilon_{\text{Nd}}=+2$, источником породы был:
- CHUR

- б) кора
- с) мантия

25) Какой набор минералов из приведенных позволит определить возраст более точно

- а) Cpx+Amf+Ap
- б) Ol+Grt+Cpx
- с) Kfs+Mon+Bt

Порода или минерал	Sm, млн ⁻¹	Nd, млн ⁻¹	$\frac{Sm}{Nd}$
<i>Минералы</i>			
Оливин	0,07	0,36	0,19
Клинопироксен	3,34	9,09	0,367
Амфибол	6,03	17,3	0,347
Биотит	37,0	171,5	0,215
Плагиоклаз	0,541	1,85	0,292
К-полевой шпат	3,77	26	0,14
Гранат	1,17	2,17	0,539
Апатит	223	718	0,311
Монацит	15000	88000	0,17

КОНТРОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточной формой контроля знаний студентов, приобретенных при изучении дисциплины «Изотопная геохимия и геохронология», является зачет.

Зачет выставляется по результатам работы студента в семестре. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом (от 60 до 100 баллов), то он считается аттестованным. Если обучающийся не набрал минимальное зачетное количество баллов (60 баллов), ему предоставляется возможность повысить рейтинг до минимального зачетного путем ликвидации задолженностей по отдельным точкам текущего контроля.

Основные вопросы при сдаче зачёта соответствуют вопросам контрольной работы и тестовому заданию, по которым студент получил неудовлетворительную оценку.

Вопросы к зачету

Строение атома, изотопы.

- 1) Механизмы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада.
- 2) Изотопные системы, используемые в геохронологии.
- 3) Благородные газы.
- 4) U-Th-Pb (U-Pb) метод. Ряды радиоактивного распада урана и тория. U-Pb диаграммы с конкордией.
- 5) Аналитические методики.
- 6) Минералы-геохронометры. Циркон, титанит, рутил, монацит и др.
- 7) Элементы-примеси, температуры закрытия изотопной системы.

- 8) Основы масс-спектрометрии. Способы ионизации. Типы масс-анализаторов. Детекторы (приемники) ионов.
- 9) Rb-Sr метод определения возраста. Датирование рубидий-содержащих минералов в магматических и метаморфических породах. Изотопная эволюция стронция.
- 10) Sm-Nd метод определения возраста. Изотопная эволюция Nd, эписилон Nd и модельный возраст.
- 11) Lu-Hf, Re-Os, K-Ca методы определения возраста.
- 12) Датирование по трекам осколков деления.
- 13) Радиоуглеродный метод.
- 14) Методы, основанные на нарушении радиоактивного равновесия - датирование по промежуточным продуктам распада урана и тория.