

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИ-  
ВЕРСИТЕТ

Кафедра водно-технических изысканий

Фонд оценочных средств дисциплины

## ГЕОФИЗИКА

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

### 05.03.02 «География»

Направленность (профиль):

**Физическая география и ландшафтоведение**

Квалификация:

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры

24 декабря 2022 г., протокол № 12

Зав. кафедрой Исаев Д.И.

Автор-разработчик:

Соколова А.А. Соколова А.А.

Санкт-Петербург 2022

**1. Паспорт Фонда оценочных средств по дисциплине  
ГЕОФИЗИКА**

Таблица 1

Очная форма обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Формируемые компетенции	Наименование средств текущего контроля
1	Введение. Геофизические данные, их обработка и интерпретация	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы
2	Земля в структуре Вселенной	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, доклады
3	Физические модели Земли	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, доклады, практическая работа
4	Геофизические поля	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, доклады
5	Пространство и время в науках о Земле	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, практическая работа
6	Взаимодействие внутренних геосфер	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, доклады, практическая работа
7	Взаимодействие внешних геосфер	ОПК-1.3	Устный опрос, ответы на контрольные вопросы, доклады, практическая работа
<b>Форма промежуточной аттестации: экзамен</b>			

**2. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины**

Таблица 3

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
<b>Код компетенции: ОПК-1</b> Способен применять базовые знания в области математических и естественных наук, знания фундаментальных разделов наук о Земле при выполнении работ	<b>Знать:</b> - методологические основы «Геофизики»; - современные взгляды на устройство Вселенной и Солнечной системы как ее структурного элемента; - геометрические модели Земли; - устройство поверхности Земли и ее геосфер; - основные характеристики геофизических полей; - геохронологические шкалы;	<b>Задания репродуктивного уровня:</b> устный опрос – контрольные вопросы

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств
географической направленности	- связь физических полей Земли с природными и антропогенными процессами; - возможности геофизических методов, применяемых при исследовании всех геосфер. - характер и принципы взаимодействия геосфер. - устройство и функционирование границ океан-литосфера и атмосфера – литосфера; - основные теории развития поверхности литосферы.	
	<b>Уметь:</b> – понимать и интерпретировать комплексную геофизическую информацию, получаемую при исследовании геосфер; – использовать геофизическую информацию при изучении и анализе гидрометеорологических процессов; - определять основные минеральные виды и горные породы в рабочих коллекциях - работать с геологическими картами; - работать с горным компасом;	<b>Задания реконструктивного уровня:</b> доклады, ответы на контрольные вопросы, рефераты, практическая работа
	<b>Владеть:</b> - навыками построения геологических и геоморфологических разрезов по картам; - методиками составления сводных литолого-стратиграфических колонок для района исследований; - возможностями геофизического описания и анализа природных процессов при решении задач, связанных с изучением и охраной природной среды.	<b>Задания практико-ориентированного / исследовательского / творческого уровня:</b> Устный опрос, практическая работа

### 3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 4

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-10
Устный опрос – контрольные вопросы	0-10
Практическое задание №1	0-10
Практическое задание №2	0-10
Практическое задание №3	0-10
Практическое задание №4	0-10
Практическое задание №5	0-10
Доклады	0-10
Промежуточная аттестация (экзамен)	0-20
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 5

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

#### 4. Содержание оценочных средств текущего контроля. Критерии оценивания Задания репродуктивного уровня:

##### Устный опрос – контрольные вопросы

Контрольные вопросы позволяют проверить сформированность компетенций у студента по дисциплине (используются при проверке усвоенного лекционного материала, для самостоятельной оценки качества освоения учебной дисциплины, при подготовке к экзамену).

При поиске ответов на вопросы рекомендована основная и дополнительная литература (список литературы представлен в рабочей программе дисциплины).

##### Перечень контрольных вопросов:

##### *Геофизические данные, их обработка и интерпретация*

1. Что такое геофизическая аномалия?
2. В чем состоит физический и геологический смысл редукции геофизических полей?
3. Приведите примеры временных и пространственных помех в геофизических наблюдениях.
4. В чем смысл трансформаций геофизических полей?
5. Как вычисляются локальные (остаточные) аномалии геофизических полей?
6. В чем состоят прямая и обратная задача геофизики?

##### *Сейсмология*

7. В чем отличия сейсмологии и сейсморазведки?
8. Дайте определения понятиям «длина волны», «скорость волны», «амплитуда волны» и «частота колебаний».
9. Чем отличаются продольные и поперечные колебания?
10. Что такое «фронт волны» и «сейсмический луч»?
11. Волна распространяется в горных породах со скоростью 3 км/с и падает на горизонтальную границу раздела, ниже которой скорость равна 5 км/с, под углом 45°. Под каким углом волна уйдет в нижнюю среду?
12. Р-волна падает на границу мантии и ядра под углом 25°. Выше границы (в мантии) ее скорость равна 14 км/с, ниже (в ядре) – 7 км/с. Под каким углом волна проникнет в ядро?
13. Среда состоит из двух слоев, в верхнем из которых скорость составляет 2 км/с, а в нижнем – 5 км/с. При каком значении критического угла волна, падающая на границу раздела этих сред, начнет скользить вдоль этой границы?
14. Почему в реальных геологических средах преломляющих границ всегда меньше, чем отражающих?
15. Волна распространяется в горных породах со скоростью 4 км/с, падает на горизонтальную границу раздела, ниже которой скорость равна 6 км/с, и скользит вдоль нее. Под каким углом покинут границу раздела преломленные на ней (головные) волны?
16. Объясните, почему так важно знать строение и скоростные характеристики самого верхнего тонкого приповерхностного слоя даже в тех случаях, когда нас интересуют более глубокие слои и границы раздела?

17. Почему морская сейсморазведка МОВ не регистрирует S-волны?

18. Чем отличается временной разрез от глубинного?

*Гравитационное поле Земли*

19. Поясните различие между силой тяжести и ускорением свободного падения.

20. Луна имеет массу, равную  $1/80$  массы Земли, а ее радиус вчетверо меньше земного. Рассчитайте ускорение свободного падения на поверхности Луны, а также свой вес, если бы Вы очутились на Луне.

21. Что такое избыточная плотность пород?

22. Магматическая порода подверглась метаморфизму. Ее плотность при этом уменьшилась. Поясните возможную причину.

23. Поясните физический смысл (а) редукции Фая, (б) редукции Буге, (в) топографической редукции.

24. Какова максимальная аномалия силы тяжести от тоннеля метрополитена, проходящего на глубине 50 м в глинистой породе с плотностью  $2,3 \text{ г/см}^3$  и имеющего радиус 5 м?

25. Горная цепь высотой 4 км находится в состоянии полной изостатической компенсации. Эрозия уничтожила верхние 2 км гор. Какую высоту будут иметь эродированные горы после восстановления равновесия? (Плотность коры принять равной  $2,7 \text{ г/см}^3$ , астеносферы –  $3,2 \text{ г/см}^3$ ).

26. Какие аргументы из области гравиметрии Вы приведете, чтобы опровергнуть мнение о том, что океаны представляют собой затопленные материки?

27. В процессе столкновения двух континентов кора одного из них, имеющая мощность 35 км, подошнулась под кору другого, имеющую мощность 25 км. В результате возникло горное плато. Определите его высоту после того, как в регионе восстановилась изостазия. (Плотность коры принять равной  $2,7 \text{ г/см}^3$ , астеносферы –  $3,2 \text{ г/см}^3$ ).

*Магнитное поле Земли*

28. Поясните различие между географическим, магнитным и геомагнитным полюсами. На какой из них указывает стрелка компаса?

29. В приближении дипольного магнитного поля Земли определите: а) значение модуля полного вектора магнитного поля  $T$  на границе между корой и мантией; б) на каком расстоянии над поверхностью Земли величина  $T$  составляет половину ее значения на поверхности?

30. Две различные горные породы имеют одинаковое содержание железа. Намагниченность этих пород различна. Приведите несколько возможных причин этого факта.

31. Почему миграцию геомагнитных полюсов в геологическом прошлом считают «кажущейся»? Действительно ли палеомагнитные полюса всегда точно совпадают с географическими?

32. Опишите области применения и ограничения палеомагнитного метода реконструкции дрейфа континентов.

33. Полосовая магнитная аномалия 5 имеет возраст 10 млн. лет. Определите расстояние: а) от аномалии 5 до гребня срединно-океанского хребта при полускорости спрединга  $2 \text{ см/год}$ ; б) между аномалиями 5 при асимметричном спрединге с полускоростями 1 и  $2 \text{ см/год}$ .

34. Определите ширину источника осевой магнитной аномалии для Срединно-Атлантического хребта (скорость спрединга  $3 \text{ см/год}$ ) и Восточно-Тихоокеанского поднятия ( $15 \text{ см/год}$ ).

*Электрическое поле Земли*

35. От каких факторов зависит электропроводность пород?

36. Какие руды являются проводниками и полупроводниками?

37. В чем суть явлений электрической индукции, электромагнитной индукции?

38. Электрическое поле атмосферы

*Радиационное поле Земли*

38. Какие природные элементы являются радиоактивными?  
39. Как определяется постоянная распада, среднее время жизни элемента, период полураспада?  
40. Сформулируйте закон радиоактивного распада.  
41. В каких магматических породах содержание урана наибольшее и наименьшее?  
42. В каких условиях уран накапливается, а в каких мигрирует?  
43. В каких осадочных породах наименьшее содержание радиоактивных элементов?  
44. Какие методы изотопной геохронологии вы знаете? Почему этих методов так много?  
45. Сравните возможности рубидий-стронциевого и калий-аргонового методов.  
46. Возраст каких объектов может быть определен с помощью радиоуглеродного метода?

*Тепловое поле Земли*

47. Дайте физические определения тепла и температуры. Объясните связь между ними.  
48. Почему температура в Земле растет с глубиной?  
49. Объясните, почему в жаркие дни в погребе холодно, а в морозные – тепло.  
50. Дайте определение геотермического градиента, теплового потока и плотности теплового потока.  
51. Поясните различие между кондуктивным и конвективным теплопереносом.  
52. В чем состоят отличия величины и структуры теплового потока на континентах и в океанах?  
53. Почему даже при очень низких значениях геотермического градиента тепловой поток может быть высоким? Где на Земле может наблюдаться такое явление?  
54. Чем определяется количество радиогенного тепла, генерируемого различными оболочками Земли – корой, мантией и ядром?  
55. Почему мощность океанской литосферы растет с удалением от срединно-океанских хребтов?  
56. От чего зависит крутизна склонов срединно-океанских хребтов? Как эта проблема связана с геотермией?

Таблица 6

Критерии оценки устных ответов по отдельной теме дисциплины

Баллы	Критерий
10	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Студент демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает
8	ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается более одной неточности в определениях.
5	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные

Баллы	Критерий
	связи. Обучающийся может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Студент знает только отдельные моменты, относящиеся к заданным вопросам, слабо владеет понятийным аппаратом, нарушает последовательность в изложении материала.
0	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы темы

### **Задания реконструктивного уровня:**

#### **Доклады**

##### Примерный перечень тем докладов:

1. Геофизическая роль водяного пара, углекислого газа и озона в атмосфере
2. Реки (гидрографическая сеть, водосборный бассейн, источники питания, водный и гидрохимический режимы, сток реки, густота речной сети, главный водораздел Земли)
3. Озера (происхождение озерных котловин, соленость озер, связь водного режима с климатом)
4. Болота (типы болот, условия образования болот)
5. Ледники (происхождение ледников, типы ледников: горные и покровные)
6. Подземные воды (классификации по происхождению, физическому состоянию, по условиям залегания)
7. Понятие о деформациях горных пород
8. Вертикальные и горизонтальные движения земной коры
9. Складчатые нарушения горных пород
10. Разрывные нарушения горных пород
11. Геологическая деятельность ветра.
12. Пустыни и их типы.
13. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод.
14. Пенеппены, поверхности выравнивания.
15. Речные системы и их развитие.
16. Полезные ископаемые, связанные с деятельностью текучих вод.
17. Геологическая деятельность подземных вод
18. Вода в горных породах.
19. Минеральные воды: углекислые, сероводородные, радиоактивные.
20. Гравитационные процессы (обвалы и оползни)
21. Карст, условия образования и развития.
22. Геологическая деятельность льда.
23. Горные, материковые, промежуточные (плоскогорные и предгорные) ледники.
24. Геологические процессы в криолитозоне
25. Геологическая работа озер и болот.
26. Геологическая работа морей и океанов.

#### **Рефераты**

##### Темы рефератов:

1. Происхождение Солнечной системы и Земли
2. Фигура и вращение Земли
3. Гравитационной поле Земли и изостазия

4. Сейсмология в изучении строения Земли
5. Внутренние оболочки Земли
6. Внешние оболочки Земли
7. Тепловое поле Земли
8. Магнитное поле Земли
9. Электрическое поле Земли
10. Геохронология

При написании реферата рекомендуется придерживаться следующего плана:

- 1) Введение, основные понятия
- 2) Краткий теоретический экскурс по теме
- 3) Природа явления
- 4) Анализ известных расчетов, результаты этих расчетов
- 5) Выводы
- 6) Список использованной литературы

Объём работы не менее 10-12 и не более 22-25 страниц стандартного размера (формат А4). Текст печатается на компьютере.

Таблица 7

Критерии оценивания докладов:

Баллы	Критерий
10	Раскрываемый материал раскрыт в полном объеме, студент легко ориентируется в проблематике, демонстрирует кругозор, излагает материал логически последовательно, делает самостоятельные выводы, умозаключения, использует современный материал из дополнительных источников и интернет ресурсы. Полно и аргументировано отвечает на дополнительные вопросы. Речь характеризуется выразительностью, четкой дикцией, стилистической грамотностью. Использует наглядный материал (презентация).
8	Обучающийся демонстрирует хороший уровень знаний материала, используются общенаучные и специальные термины. Материал раскрывается грамотно, логично, представлена хорошая презентация. Однако не объясняется суть работы, допускаются неточности в ответах на некоторые вопросы, предоставляются не четкие выводы.
5	Обучающийся продемонстрировал достаточный уровень усвоения материала, предусмотренного темой доклада. Использовалась, в основном, учебная литература без дополнительных источников информации. Материал излагался не последовательно, не устанавливались логические связи, испытывалось затруднение в формулировке выводов. Текст доклада зачитывался, были даны неполные ответы на вопросы по докладу, презентация не подготовлена, выводы имелись, но не доказаны.
0	доклад не подготовлен, либо содержит существенные фактические ошибки, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Таблица 8

Критерии оценивания рефератов:

Баллы	Критерий
10	Обучающийся предоставил реферат в срок, указал ссылки на источники, свободно ориентируется в заданной теме
8	Обучающийся предоставил реферат в срок, мало ссылок на источники, понимает основную идею
5	Обучающийся предоставил реферат в срок, материал изложен поверхностно, нет ссылок на источники, в общих чертах понимает основную идею
0	Обучающийся не предоставил реферат в срок, не сделал выводов



## Практические задания

### 1 Практическое задание № 1 Кристаллы. Минералы. Горные породы

Работа выполняется в кабинете геологии с использованием макетов кристаллов и геологических коллекций минералов и образцов горных пород.

#### 1. *Кристаллография и сингония*

1) Получить в кабинете геологии модель кристалла, соответствующую номеру варианта, записать формулу симметрии данной модели. По данной формуле определить сингонию кристалла. Составить небольшой доклад (5 минут) в котором описывается минерал, состоящий или содержащий в себе кристаллы данной простой формы. Выучить категории и сингонии кристаллов.

#### 2) Физические свойства минералов

Изучение основных физических свойств минерала: цвет минерала, спайность, цвет черты, твердость, блеск, излом, намагниченность, плотность. Выбрать по номеру варианта четыре минерала и описать их физические свойства, в соответствии с теоретической частью к практической работе, а также используя интернет ресурсы.

#### 3) Основные группы минералов. Породообразующие минералы.

Изучение и определение главных породообразующих минералов. Описать пять образцов по схеме согласно своего варианта:

- название минерала и его химическая формула;
- класс;
- физические свойства;
- происхождение;
- применение;

Для описания использовать теоретический материал к практической работе.

#### 2. *Изверженные горные породы*

Используя методику определения магматических горных пород, приведенную в теоретической части, описать выданные образцы 4 горных пород по схеме:

- название;
- класс, группа, подгруппа;
- минеральный состав;
- структура;
- текстура;

#### 3. *Осадочные горные породы*

Выделение генетической группы исследуемого образца, изучение классификации обломочных горных пород. Описать по методике, приведенной в теоретической части практической работы, 4 образца горных пород по схеме:

- группа;
- степень окатанности;
- структура;
- текстура;
- минеральный состав;
- название.

#### 4. *Метаморфические горные породы*

Изучение образцов наиболее распространенных метаморфических горных пород, их текстурно-структурных признаков и состава.

Используя методику определения метаморфических горных пород, приведенную в теоретической части практического задания, выполнить следующее:

- рассортировать образцы пород по текстуре (массивные, сланцевые) и цвету породы;

- определить минеральный состав породы;
- описать структуру и текстуру образцов, цвет;
- определить генезис горной породы.

Использовать диагностические таблицы и атлас определитель.

5. Применяя концепцию *круговорота горных пород*, заполните схему (рисунок 1). Исходная горная порода задается по вариантам. Впишите названия пород в овалах, а процессы в прямоугольники. Добавьте стрелки, чтобы завершить диаграмму. Обязательно включите стрелки, показывающие, как одна горная порода превращается в другую того же типа.

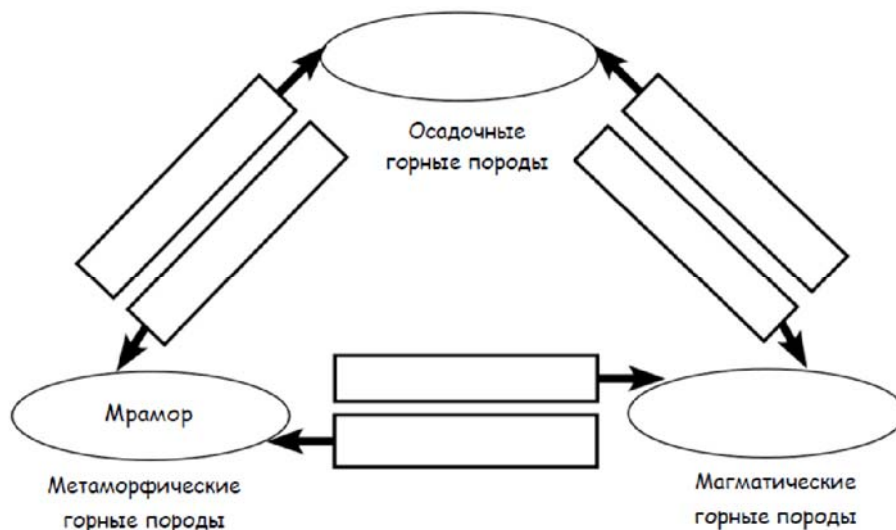


Рисунок 1 – пример диаграммы для заполнения

Таблица 9

Критерии оценивания практического задания 1

Баллы	Критерий
10	Обучающийся свободно определяет основные минеральные виды и горные породы в рабочих коллекциях;
8	Обучающийся умеет определять основные минеральные виды и горные породы в рабочих коллекциях;
5	Обучающийся затрудняется в определении основных минеральных видов и горных пород в рабочих коллекциях;
0	Обучающийся не умеет определять основные минеральные виды и горные породы в рабочих коллекциях

## 2 Практическое задание № 2 Геохронология

### *1. Относительная геохронология*

В теоретической части работы рассматриваются тектонические движения и деформации горных пород:

- Вертикальные и горизонтальные движения
- Понятие о деформациях горных пород
- Складчатые нарушения
- Разрывные нарушения

Стратиграфические принципы анализа взаимоотношений слоистых толщ и изверженных пород дают возможность правильно выявить относительную последовательность геологических событий. В основе лежат несколько стратиграфических принципов:

- первичная горизонтальность;
- принцип суперпозиции;
- принцип включений;
- принцип пересечений;

Перерывы в осадконакоплении фиксируются в несогласном залегании толщ земной коры. Они могут сопровождаться размывами ранее образовавшихся отложений. Выделяют разные типы несогласий:

- несогласное перекрытие;
- угловое несогласие;
- параллельное несогласие;
- скрытое несогласие.

В первых трех случаях хорошо видно наличие перерыва в осадконакоплении, а в четвертом выражено не структурными, а иными признаками.

Таким образом, изложенные выше принципы на первом этапе помогают восстанавливать геологическую историю района.

Рассмотрим эти принципы на примере (рисунок 2).

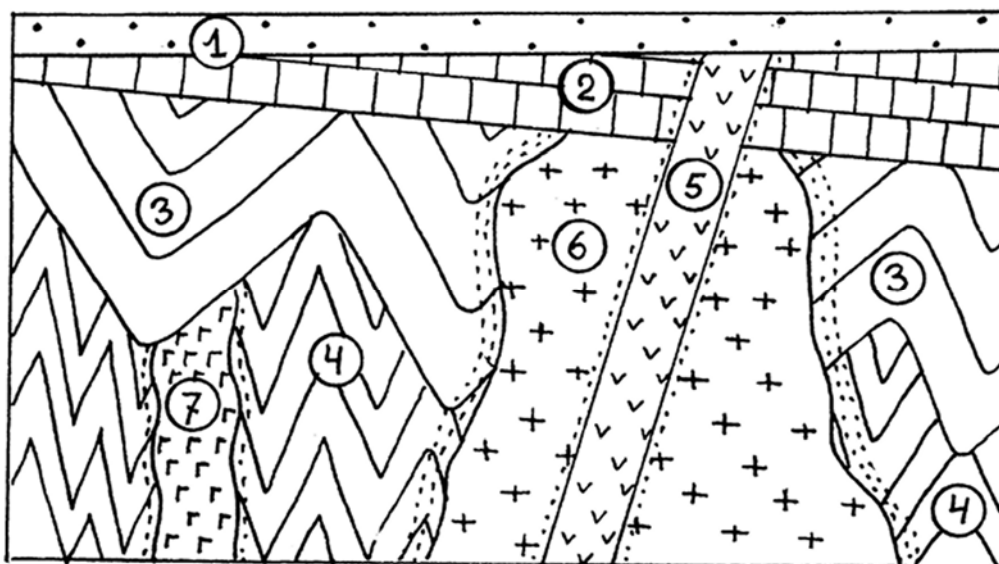


Рисунок 2 - Соотношение разновозрастных отложений и пересекающих их интрузивных тел

Самыми древними слоями являются слои толщи 4. После их накопления и смятия в складки внедрилась дайка 7, в которой есть ксенолиты пород толщи 4. Затем накопились слои толщи 3, впоследствии смятые в относительно пологие складки. Затем они были прорваны гранитной интрузией 6. Далее образовались слои 2, которые слегка деформировались и в них внедрилась дайка 5. Все отложения перекрыты слоем 1.

Цифры 1, 2, 3, 4 показывают последовательность формирования осадочных пород, толщи которых разделены угловыми несогласиями. Дайка 5 — самая молодая и внедрилась до образования толщи 1. Гранитная интрузия внедрилась до формирования толщи 2, после формирования толщ 3 и 4. Дайка 7 — самая древняя и прорывает только толщу 4.

Задание к практической работе – часть 1

Определите относительную последовательность событий на рисунке 3.

Считаем, что Событие № 1 - самая древняя горная порода или событие. Событие № 20 - самая молодая горная порода или событие.

1) Введите букву (например, А, L, ...N), которой обозначена горная порода или геологическая структура в соответствующей последовательности событий (таблица 8).

2) Найдите элементы несогласий и впишите их название (например, эрозия, наклон или смещение) либо буквенное обозначение (например, Н) в соответствующий номер последовательности событий (таблица 10).

3) Поясните, какими стратиграфическими принципами вы руководствовались в каждом случае.

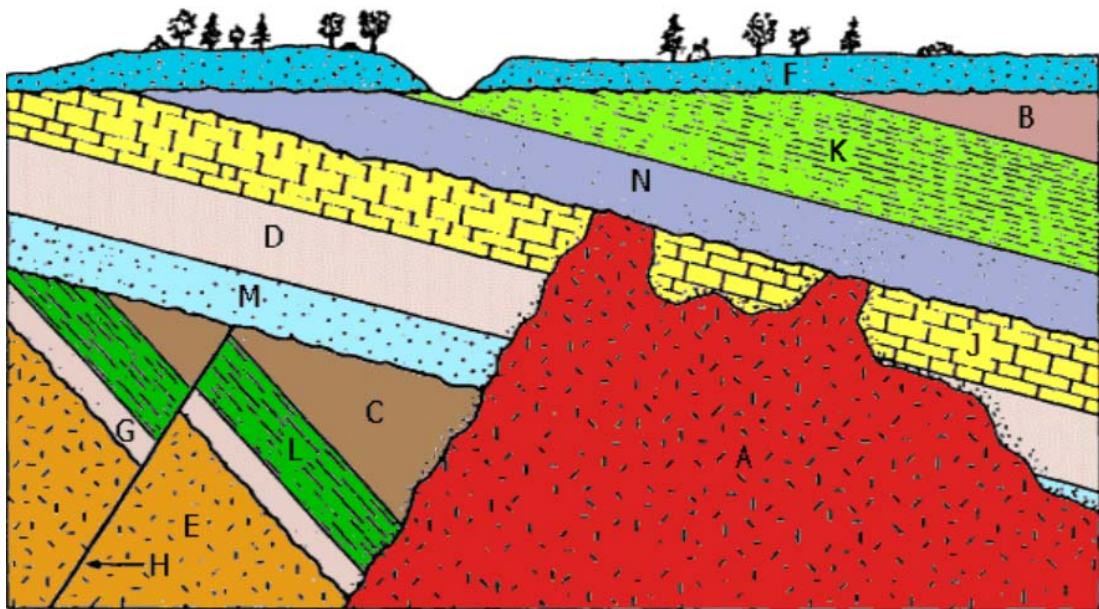


Рисунок 3 – Определения относительного возраста горных пород по их соотношениям в геологическом разрезе

Таблица 10

№ события	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Буква										
№ события	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Буква										

## 2. Абсолютная геохронология

Абсолютный геологический возраст горных пород определяется с помощью распада радиоактивных изотопов, которые включаются в минералы породы. Когда минерал впервые образуется, он имеет некоторую начальную концентрацию радиоактивного родительского изотопа, который со временем распадается до стабильного дочернего продукта. Различные изотопные системы полезны для разных периодов времени, поэтому необходимо выбрать конкретный изотоп для определения определенного возраста.

Рассмотрим минерал, содержащий исходное количество  $N_0$  радиоактивного родительского изотопа. По прошествии периода времени  $t$  оставшееся количество родительского Р равно  $N(t)$ :

$$N(t) = P = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где  $\lambda$  - постоянная распада, связанная с периодом полураспада  $T_{1/2}$  ( $\lambda = (\ln 2) / T_{1/2}$ ), описывает как быстро распадается родительский изотоп. Постоянную распада  $\lambda$  можно измерить в лаборатории, она различна для каждого изотопного метода. В этом практическом задании

студенты изучат несколько изотопных систем, которые обычно применяются для изотопного датирования. Система калий-аргон (K-Ar) включает распад  $^{40}\text{K}$  до газа  $^{40}\text{Ar}$ ; эту систему можно использовать только в том случае, если газообразный дочерний продукт не улетучился из пробы. Система уран-свинец (U-Pb) измеряет возраст на основе распада  $^{238}\text{U}$  до стабильного  $^{206}\text{Pb}$ . Радиоуглеродное ( $^{14}\text{C}$ ) датирование использует распад включенного в органическую ткань  $^{14}\text{C}$  до азота ( $^{14}\text{N}$ ) после смерти организма. Константы распада  $\lambda$  для каждой системы приведены в таблице 11.

Таблица 11

Изотопный метод	$\lambda$ (ед.изм. = 1/год)
$^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$	$5.81 \times 10^{-10}$
$^{238}\text{U} - ^{206}\text{Pb}$	$1.55125 \times 10^{-10}$
$^{14}\text{C} - ^{14}\text{N}$	$1.209 \times 10^{-4}$

### Задание к практической работе – часть 2

В данном практическом задании студентам рекомендуется использовать для расчетов MS Excel. Студентам выдается файл с необходимыми данными, а также подробная инструкция по работе с таблицей. Также возможно сделать расчет и построить график вручную.

1) В таблице MS Excel для этого упражнения откройте рабочий лист «Радиоактивный распад». Пусть в уравнении (1) исходное количество родительских изотопов  $N_0 = 1$ , вычислите долю оставшегося родительского изотопа  $P$  по истечении времени  $t$ , указанного в таблице.

2) Какое количество радиоактивного калия остается через 5 миллиардов лет?

3) Какое количество радиоактивного урана остается через 1 миллиард лет?

4) Какое количество радиоактивного углерода остается через 20 000 лет?

5) Постройте график для всех трех изотопных систем. Отформатируйте масштаб по оси Y. У студентов должен получиться следующий график (рисунок 4).

6) Опишите форму кривой  $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$ .

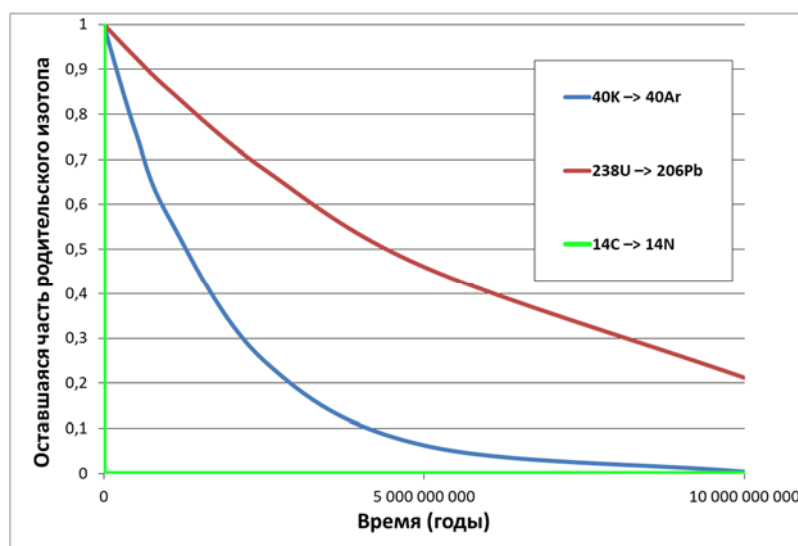


Рисунок 4 – График зависимости расчетной оставшейся части родительского изотопа от времени

7) Опишите форму кривой  $^{238}\text{U} - ^{206}\text{Pb}$ .

8) Опишите форму кривой  $^{14}\text{C} - ^{14}\text{N}$ .

9) Какая система показывает наиболее быстрое уменьшение родительского изотопа?

10) Переформатируйте шкалу по оси X, указав макс. = 50 000 лет, мин. = 0 и основную единицу = 10 000 лет (рисунок 5).

11) Опишите формы кривой  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  и кривой  $^{14}\text{C}$ - $^{14}\text{N}$ . (Кривая  $^{40}\text{K}$ - $^{40}\text{Ar}$  скрыта под кривой  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$ .)

12) Исходя из формы кривых на графике, будет ли родительский изотоп распадаться быстрее или медленнее при уменьшении постоянной распада  $\lambda$ ?

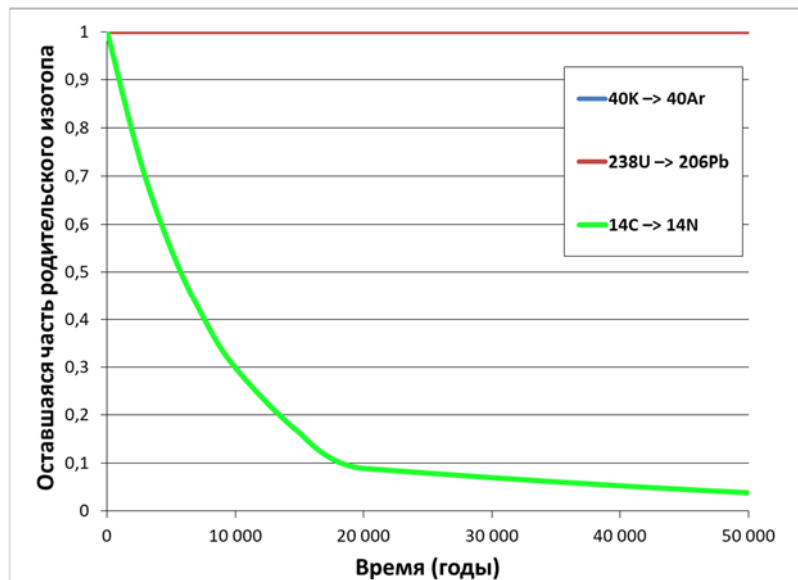


Рисунок 5 – График зависимости расчетной оставшейся части родительского изотопа от времени (в другом масштабе для рассмотрения кривой  $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$ )

13) В целом, изотопная система с меньшей постоянной распада  $\lambda$  будет более полезной для датирования более молодых или более древних горных пород? Поясните свой ответ.

### 3. Геохронологическая и стратиграфическая шкалы

Задание к практической работе – часть 3

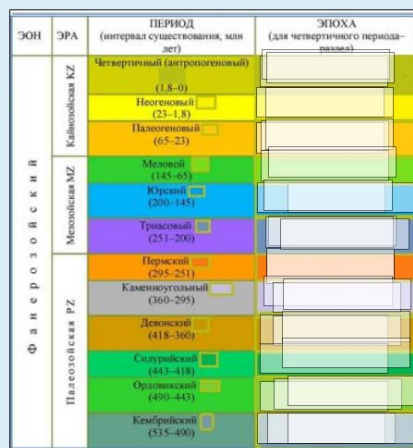
Студенту предлагается пройти тест в системе Moodle на сервере дистанционного обучения РГГМУ <http://moodle.rshu.ru/> (рисунок 6).

отметьте периоды



неоген	четвертичный	каменноугольный	кембрий	силурский	меловой
огдовикский	девонский	триасовый	палеоген	пермский	юрский

отметьте эпохи, накладывайте более ранние на поздние



голоцен	плейстоцен	Эоплейстоцен	плиоцен	Миоцен	олигоцен	эоцен
палеоцен	поздняя К	ранняя К	поздняя J	средняя J	ранняя J	поздняя Т
средняя Т	ранняя Т	поздняя Р	ранняя Р	поздняя С	средняя С	ранняя С
поздняя D	средняя D	ранняя D	поздняя S	ранняя S	поздняя O	средняя O
		ранняя O	поздняя кембрий	средняя кембрий	ранняя кембрий	

Рисунок 6 – вопросы в тесте по геохронологической шкале

- 1) Отметьте периоды в геохронологической шкале
- 2) Отметьте эпохи, накладывайте более ранние эпохи на поздние.

## Критерии оценивания практического задания 2

Баллы	Критерий
10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обучающийся правильно определил относительный возраст горных пород по предложенному геологическому разрезу</li> <li>Обучающийся правильно ответил на все вопросы при определении абсолютного возраста горных пород</li> <li>Обучающийся полностью прошел тест по геохронологической шкале</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обучающийся определил относительный возраст горных пород по предложенному геологическому разрезу с незначительными ошибками</li> <li>Обучающийся допустил ошибку в расчетах при определении абсолютного возраста горных пород</li> <li>Обучающийся допустил незначительные ошибки в тесте по геохронологической шкале</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обучающийся допустил несколько ошибок при определении относительного возраста горных пород по предложенному геологическому разрезу</li> <li>Обучающийся допустил ошибку в расчетах абсолютного возраста горных пород и/или неверно проинтерпретировал кривые распада</li> <li>Обучающийся допустил несколько ошибок в тесте по геохронологической шкале</li> </ul>
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обучающийся не умеет определять относительный возраст горных пород по предложенному геологическому разрезу</li> <li>Обучающийся не смог выполнить задание по расчету абсолютного возраста горных пород</li> <li>Обучающийся не прошел тест по геохронологической шкале</li> </ul>

3 Практическое задание № 3 Структурная геология.Часть 1. Измерение элементов залегания наклонного слоя горным компасом.

Знакомство с устройством горного компаса, измерение азимута простираения, азимута падения, угла падения; замер азимута заданного направления. Студенты на макетах измеряют элементы залегания горным компасом, определяют азимут заданного направления. Описание работы дано в методических указаниях к лабораторным работам по геофизике.

Часть 2. Задачи на определение элементов залегания слоев графическими способами*1. Определение мощности горизонтально залегающих слоев графоаналитическим способом*

Говоря о мощности пласта, подразумевается его истинная мощность ( $M$ ), т.е. кратчайшее расстояние между его подошвой и кровлей. Но на практике, чаще имеют дело с видимой мощностью пластов, это расстояние, замеренное между подошвой и кровлей пласта по склону в выработке или на обнажении. В полевых условиях видимую мощность измеряют вместе с элементами залегания пласта, измерения производятся рулеткой ( $m$ ). Истинную мощность  $M$  определяют по формуле (1)

$$M = m \cdot \sin \beta, \quad (2)$$

где  $m$  – видимая мощность пласта в м,  $\beta$  - угол падения пласта в градусах.



На рисунке 7 рассмотрены несколько вариантов для определения истинной мощности пластов: один из вариантов (а) – измерить по вертикали расстояние между кровлей и подошвой пласта, (б) измерить видимую мощность  $m$  и вычислить истинную мощность по формуле, (в) установить в обнажениях отметки кровли и подошвы пласта, посредством геометрического нивелирования, и вычислить мощность как их разность. Так же можно вычислить истинные мощности по данным скважины.

Для определения истинной мощности пластов на геологической карте с горизонтальным залеганием слое, вычисляют разность отметок кровли и подошвы слоя. Высотные отметки берутся непосредственно с карты. В случае совпадения линии выхода кровли или почвы пласта с горизонталью, берется отметка горизонтали, если между горизонталями, отметка находится методом интерполяции.

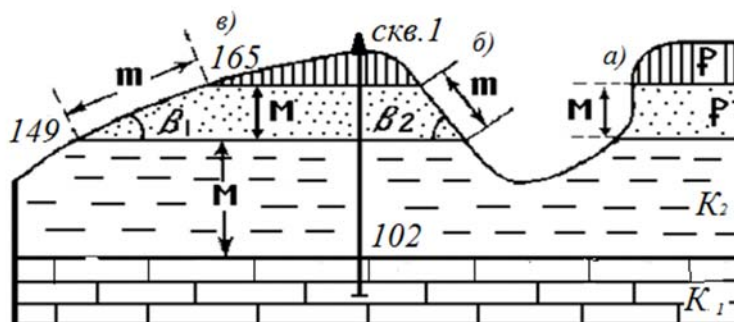


Рисунок 7 - Определение мощности горизонтального слоя – истинной (M) и видимой (m)

Пример решения задач по определению истинной мощности пласта.

а) Измерена видимая мощность пласта  $m$ , измеренная рулеткой, и угол наклона пласта  $\beta$ , рассчитать истинную мощность пласта можно по формуле (2). Пусть  $m = 3.5$  м,  $\beta = 45^\circ$ , получаем  $M = 3.5 * \sin 45^\circ$  (м). Истинная мощность пласта равна 2.5 м.

б) Определены отметки выхода кровли и подошвы пласта  $P_1$  на поверхность  $H_n$  и  $H_k$  методом геометрического нивелирования, вычислить истинную мощность.  $H_n = 252.45$  м,  $H_k = 263.14$ ,  $M = 263.14 - 252.45$  (м). Истинная мощность пласта равна 10.7 м.

в) Под данным буровой скважины №1 подошва пласта  $K_2$  имеет высотную отметку  $H_n = 218$  м, в данном случае во всех вариантах рассматривается рис. 1, т.о. кровлей пласта  $K_2$  будет подошва пласта  $P_1$ . Для расчета истинной мощности используется высотная отметка подошвы пласта  $P_1$  ( $H_n P_1 = H_k K_2$ ),  $M = 252.45 - 218$  (м). Истинная мощность пласта равна 34.5 м.

## 2. Определение элементов залегания слоя по данным трех буровых скважин

На бланковую учебную карту (рисунок 8) нанесены скважины. Данные по бурению скважин приведены в таблице 13. Используя имеющийся материал, определить элементы залегания пласта.

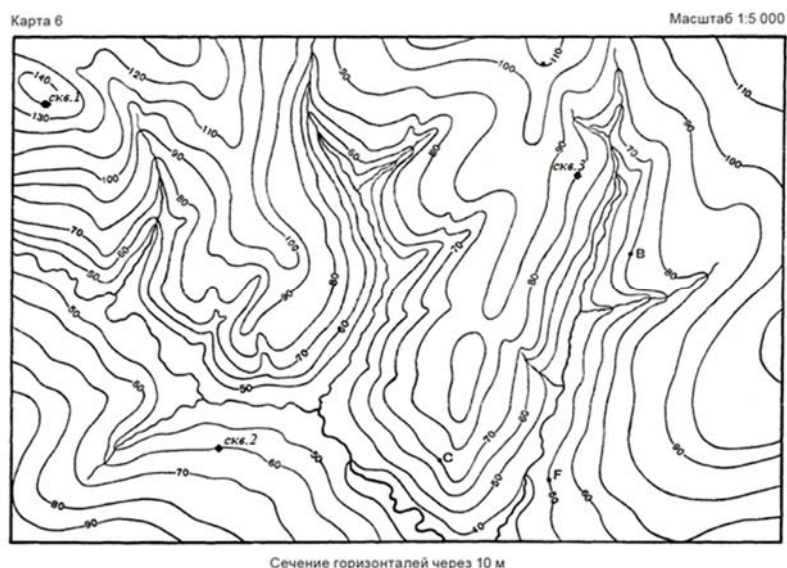


Рисунок 8 – Пример бланковой учебной карты

Элементы залегания слоя – линия простирания, линия падения и угол падения, в лабораторной работе по изучению устройства горного компаса эти элементы определялись в натуре на модели пласта. В настоящей лабораторной работе представлен графический способ определения элементов залегания слоя на геологической карте по данным трех скважин.

Линия простирания – линия пересечения слоя с горизонтальной плоскостью. Линия падения характеризуется азимутом простирания, азимуты могут быть замерены по двум концам магнитной стрелки и отличаются друг от друга на  $180^\circ$ ;

Линия падения – направление максимального наклона слоя к горизонту, перпендикулярна линии простирания. Азимут падения однозначно характеризует линию падения;

Угол падения – угол, образованный пересечением линии падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость, изменяется от  $0-90^\circ$ .

Существуют прямые и косвенные методы определения элементов залегания слоев. Прямые замеры выполняются на обнажениях и в открытых выработках горным компасом, при бурении скважин получают керн и данные о глубинах, по которым графически рассчитывают эти величины.

Чтобы определить элементы залегания слоя, необходимы данные по трем скважинам, чтобы использовать скважины, должны быть соблюдены два условия:

- 1) скважины не должны принадлежать одной прямой на карте;
- 2) скважины должны вскрывать слой.

Определяются абсолютные отметки кровли изучаемого пласта в каждой скважине. Зная отметку устья скважины, и глубину, на которой находится кровля пласта, определяют абсолютную отметку кровли пласта (она может быть выше или ниже уровня моря). Отметки устья скважин берутся с топографической основы геологической карты. Абсолютные отметки кровли пласта выписываются около устья скважины. Максимальную и минимальную высоты кровли пласта соединяют прямой линией, интерполяцией находят на этой линии высоту точки кровли в третьей скважине и соединяют две эти точки, таким образом, получают линию простирания пласта. Перпендикуляр к этой линии из точки с максимальным значением даст линию падения пласта. На линии падения указывается ее направление от наивысшей точки в сторону понижения. Через точку пересечения линий падения и простирания проводят направление на север, линия параллельная боковой рамке карты. Азимут падения измеряется на карте транспортиром, от северного направления истинного меридиана до направления линии падения. Графическое решение задачи приведено на рисунке 9.

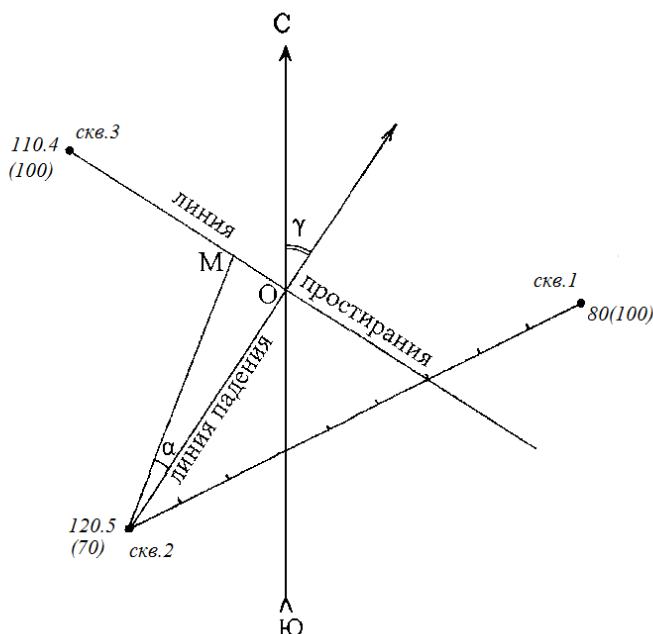


Рисунок 9 - Определение элементов залегания пласта по данным буровых скважин на карте масштаба 1:5000

Чтобы получить графически угол падения пласта от О (рисунок 9) вправо или влево вдоль линии простирания откладывается отрезок ОМ, равный разности отметки кровли пласта с максимальным значением и отметки точки О (т. е. абсолютной отметки линии простирания). Так как разность отметок получается в м, ее необходимо перевести в масштаб карты. Соединив точку с максимальной отметкой кровли и конец отрезка ОМ, получается угол ОАМ – искомый углом падения ( $\alpha$ ), его величину также измеряют транспортиром.

#### Задание к практической работе

- 1) По данным таблицы 13 рассчитать истинную мощность пластов Р и К<sub>2</sub>, данные берутся по номеру варианта в подгруппе. Отметка кровли пласта К<sub>1</sub> совпадает с отметкой почвы Р<sub>2</sub>, округление при вычислении мощности до десятых метра.

Таблица 13

№п/п	m, м	$\beta, ^\circ$	пласт Р <sub>2</sub> (по нивел.)		Н <sub>п</sub> , м скв.1. пласт К <sub>2</sub>	№п/п	m, м	$\beta, ^\circ$	пласт Р <sub>2</sub> (по нивел.)		Н <sub>п</sub> , м скв.1. пласт К <sub>2</sub>
			Н <sub>к</sub> , м	Н <sub>п</sub> , м					Н <sub>к</sub> , м	Н <sub>к</sub> , м	
1	5,4	16	103,79	102,28	62,3	9	13,0	85	115,25	102,28	62,3
2	3,2	30	100,13	98,51	63,5	10	2,4	30	26,87	25,65	10,7
3	4,9	25	119,59	117,47	89,5	11	3,0	25	88,43	87,13	59,1
4	2,5	45	56,02	54,22	29,2	12	2,1	45	57,06	55,55	30,6
5	3,6	20	86,24	85,01	53,0	13	5,0	20	48,9	47,19	15,2
6	4,6	30	18,43	16,12	4,1	14	15,4	30	97,08	89,34	77,3
7	1,6	35	15,35	14,45	7,5	15	2,5	35	167,87	166,51	115,5
8	2,7	42	141,5	139,69	92,7	16	1,6	42	175,25	174,15	127,2

- 2) По данным таблицы 14 рассчитать элементы залегания пласта.

Таблица 14

№п/п	Глубина залегания кровли пласта, м			№п/п	Глубина залегания кровли пласта, м		
	Скв.1	Скв.2	Скв.3		Скв.1	Скв.2	Скв.3
1	205	140	160	10	88	60	87
2	150	100	110	11	167	120	140
3	203	120	180	12	94	67	84
4	88	72	62	13	123	100	111
5	112	100	110	14	187	165	135
6	125	125	108	15	201	181	198
7	254	148	162	16	79	62	65
8	90	60	75	17	231	200	210
9	107	97	87	18	91	91	65

Таблица 15

## Критерии оценивания практического задания 3

Баллы	Критерий
10	Обучающийся свободно определяет азимут заданного направления, правильно замеряет элементы залегания горным компасом; Обучающийся правильно рассчитал истинную мощность пластов и элементы залегания пласта
8	Обучающийся в основном правильно умеет определять азимут заданного направления; Обучающийся рассчитал истинную мощность пластов и/или элементы залегания пласта с незначительными ошибками
5	Обучающийся затрудняется в определении азимута заданного направления; Обучающийся допустил несколько ошибок при расчете истинной мощности пластов и/или элементов залегания пласта
0	Обучающийся не умеет определять азимут заданного направления; Обучающийся не умеет рассчитывать истинную мощность пластов и элементы залегания пласта

Практическое задание № 4 Построение геолого-геоморфологических профилей по карте с горизонтальным и сложным залеганием горных пород.

Освоение методов построения разрезов по геологическим картам различного масштаба с горизонтальным, наклонным (моноклинальным), складчатым залеганиями слоев горных пород, оформление их согласно общепринятым правилам.

На лабораторном занятии каждому студенту выдается карта. Следуя Инструкции по составлению карт и разрезов по своему варианту выбрать линию и построить геолого-геоморфологический профиль.

Таблица 16

## Критерии оценивания практического задания 4:

Баллы	Критерий
10	Обучающийся свободно владеет - навыками построения геологических и геоморфологических разрезов по картам и по натурным данным;

Баллы	Критерий
	- методиками составления сводных литолого-стратиграфических колонок для района исследований;
8	Обучающийся хорошо владеет - навыками построения геологических и геоморфологических разрезов по картам и по натурным данным; - методиками составления сводных литолого-стратиграфических колонок для района исследований;
5	Обучающийся недостаточно владеет - навыками построения геологических и геоморфологических разрезов по картам и по натурным данным; - методиками составления сводных литолого-стратиграфических колонок для района исследований;
0	Обучающийся не владеет - навыками построения геологических и геоморфологических разрезов по картам и по натурным данным; - методиками составления сводных литолого-стратиграфических колонок для района исследований;

**Задания практико-ориентированного / исследовательского / творческого уровня:**

**Практические задания**

5 Практическое задание № 5 Работа с геофизическими базами данных

Часть 1. Тектоника литосферных плит

Работа с двумя геофизическими базами данных на примере изучения горизонтальных движений литосферных плит (рисунок 10).

В данной работе рассматриваются следующие теоретические вопросы:

- основные положения тектоники литосферных плит;
- типы границ относительных перемещений литосферных плит (дивергентная, конвергентная и трансформная);
  - процессы на каждом из типов границ, включая особенности для различных подтипов (океан-океан, океан-континент, континент-континент);
  - методы определения полюса Эйлера для крупных литосферных плит;
  - концепция мантийной конвекции для интерпретации взаимодействия литосферы и астеносферы;
  - методы определения координат места с помощью спутниковых измерений – лазерной локации и спутниковой навигации;
  - небесные и земные координатные системы отсчета и международная земная отсчетная основа ITRF.
- понятие временного и вариационного рядов данных;
- понятие тренда.

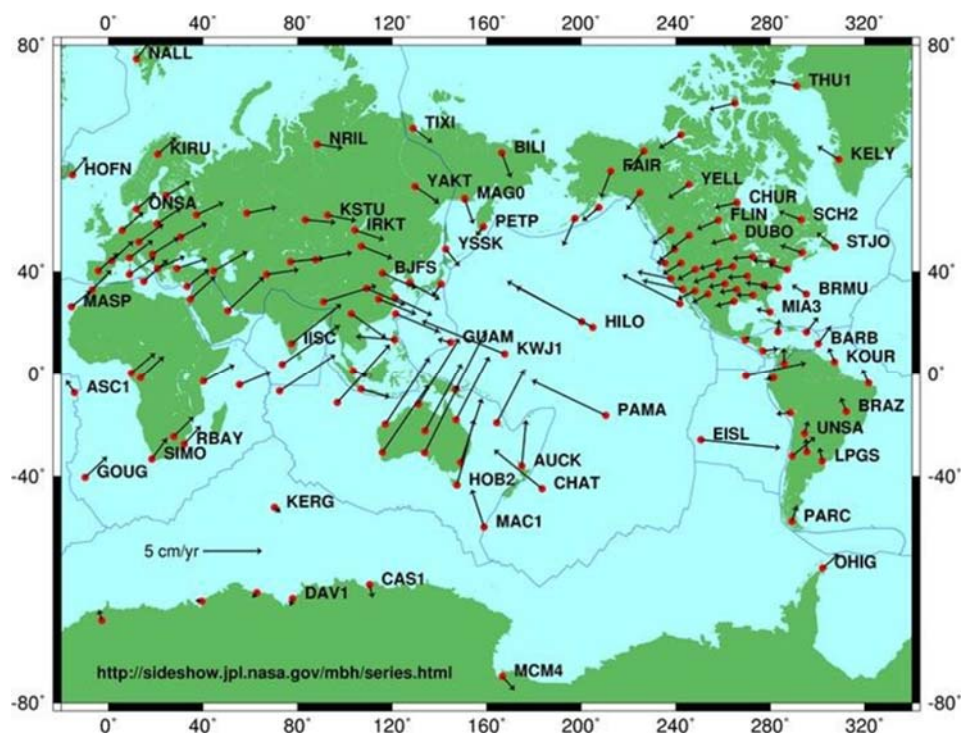


Рисунок 10 – Скорости и направления горизонтальных смещений земной поверхности по данным GPS

1. Задание к практической работе

Практическая часть заключается в работе с базой данных Sonel <https://www.sonel.org/>

:

- 1) Выбор участков земной поверхности для анализа трёх разных видов границ литосферных плит (дивергентной, конвергентной и трансформной);
- 2) Выбор наземных станций GPS в соответствии с выбранными участками;
- 3) Определение абсолютной и относительной скоростей и направлений движения выбранных плит (встроенными средствами базы данных);
- 4) описание закономерностей и особенностей процессов, происходящих на каждом из типов границ;
- 5) определение полюса Эйлера для заданной крупной литосферной плиты (встроенными средствами базы данных);
- 5) работа с временными рядами и понятие линейной регрессии;
- 7) определение величины тренда по графикам изменения координат со временем;
- 8) выявление зон с повышенной сейсмичностью и определение величины смещения в вертикальной и горизонтальных компонентах координат во время землетрясений;

Другим ресурсом для расчета скорости движений земной поверхности является Калькулятор движения плит Unavco <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html#overview> В разделе Модели выбираются разные модели для сравнения результатов. Определяются абсолютные скорости движения литосферной плиты в районах с заданными координатами.

Часть 2. Солнечно-земные связи и климат

При выполнении практического задания студент знакомится с несколькими с геофизическими базами данных.

1. При изучении основных характеристик Солнца рекомендуется ознакомиться с информацией на сайте Solar and Heliospheric Observatory

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/classroom/classroom.html>

- Строение Солнца;

- Химический состав, температура и плотность;

- Источник энергии;
- Понятие о гелиосфере;
- Методы изучения Солнца и гелиосферы

## 2. Солнечная активность

[https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/11/Coronal\\_mass\\_ejection](https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2018/11/Coronal_mass_ejection)

- Строение солнечной атмосферы
- Расширение короны и солнечный ветер
- Солнечные вспышки
- Корональные выбросы вещества
- Солнечная активность и ее цикличность

## 3. Магнитосфера и верхняя атмосфера <http://cedar.openmadrigal.org/openmadrigal>

Позволяет провести анализ встроенными средствами базы данных:

- индексов солнечной активности
- потока галактических космических лучей
- геомагнитных индексов
- пространственно-временных вариаций полного электронного содержания в ионосфере и др.

## 4. Климатические данные

<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/national/time-series>

<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/>

[https://climate.nasa.gov/nasa\\_science/history/](https://climate.nasa.gov/nasa_science/history/)

### 2.1 Задание к практической работе

- 1) Изучить исторические измерения температуры и график температурных аномалий
- 2) Проанализировать данные, относящиеся к циклу солнечных пятен и общей солнечной радиации.
- 3) Сравните солнечную активность и состав атмосферы с глобальной температурой. Практическое задание рекомендуется выполнять в MS Excel с использованием выданного рабочего файла с данными.

#### *Температура*

Обычно региональные или глобальные средние температуры выражают как аномалии, которые отклоняются выбранного базового (эталонного) значения. Необходимо проверять это базовое значение всякий раз, когда вы анализируются данные, построенные как аномалии. В исследованиях климата эталонным значением часто является среднее значение за 20 век (приводится график), но эталонным периодом может быть 1951-1980 годы или какой-либо другой интервал, и конкретный выбор влияет на то, как выглядит график.

1. Откройте файл рабочей книги для этого упражнения и щелкните вкладку рабочего листа «Данные». Столбцы A и B содержат аномалии глобальной среднегодовой температуры по инструментальным измерениям. Базовый период - 1951-1980 гг. Выделите данные в столбце B за эти годы, скопируйте и вставьте числа в ячейку A1 рабочего листа «Температура». Вычислите среднее значение этих чисел и округлите его до двух десятичных знаков. Какая средняя аномалия за 1951-1980 годы?

2. Вернитесь к таблице «Данные» и выделите данные инструментальных аномалий температуры (A49: B187). Вставьте диаграмму рассеяния. Переместите диаграмму в рабочий лист «Температуры». Отформатируйте график (дается подробная инструкция)

3. Сравните два графика. Чем можно объяснить различия?

#### *Солнечная активность*

Изменения солнечной активности влияют на количество радиации, достигающей Земли, и, таким образом, они могут влиять на температуру и климат. Один из типов солнечной вариации возникает из-за солнечных пятен. Это именно то, что подразумевает их название: более темные области, которые появляются и исчезают на поверхности Солнца. Они

вызваны временными всплесками интенсивной магнитной активности, которые понижают температуру поверхности Солнца. Количество солнечных пятен меняется год от года, увеличиваясь и уменьшаясь закономерно. Астрономы систематически записывают свои наблюдения солнечных пятен, начиная с 1750 года. Общее солнечное излучение (инсоляция) увеличивается, когда солнечных пятен много и они часты, то есть когда солнечная активность высока. Напротив, когда солнечных пятен мало, общее солнечное излучение уменьшается. Хотя изменения небольшие, они могут повлиять на энергетический баланс Земли.

4. Перейдите к рабочему листу «Солнечные пятна». Выполните следующие действия, чтобы добавить исторические данные о солнечных пятнах на диаграмму на этом листе (дается подробная инструкция).

Сколько полных циклов солнечных пятен произошло с момента начала ведения учета?

Каково приблизительное среднее количество лет между максимумами числа солнечных пятен? В качестве альтернативы вы можете посмотреть приблизительное среднее количество лет между минимумами.

Как изменилась активность солнечных пятен между 1920 и 1950 годами? Сравните последовательные циклы.

Щелкните вкладку с графиком температуры. Как изменилась температура с 1920 по 1950 год?

Как изменилось число солнечных пятен с 2000 по 2020 год?

Сравнить с вариациями солнечной постоянной за этот же период времени.

## 2.2. Задание к практической работе

- 1) Рассчитайте скорость изменения углекислого газа с течением времени
- 2) Сравните закономерности увеличения углекислого газа, солнечной активности, инсоляции и глобального температурного рекорда.
- 3) Определите, какая переменная лучше всего объясняет наблюдаемое повышение средней годовой глобальной температуры.

### *Атмосфера Земли*

Очевидно, что на климат влияет множество различных факторов. Геологические данные показывают множество вариаций климата, от ледников, покрывающих всю планету, до свободных ото льда полярных регионов. Ученые пришли к выводу, что солнечная активность сама по себе не может объяснить недавние глобальные изменения температуры. Стабильные изотопы кислорода из глубоководных отложений и водорода из ледяных кернов использовались в качестве заместителей температуры, чтобы определить, что циклы Миланковича вызывали ледниковые и межледниковые образования в эпоху плейстоцена. Как солнечная активность, так и изменения орбиты влияют на инсоляцию, но атмосфера Земли также играет роль в климате, и изменения в составе атмосферы могут влиять на температуру на поверхности.

Концентрация углекислого газа в атмосфере меняется со временем из-за различных природных и антропогенных процессов. Пузырьки воздуха, застрявшие в ледниках, сохраняют образцы атмосферы в том виде, в каком она существовала на момент образования льда, и ученые могут измерить концентрацию CO<sub>2</sub> в этих пузырьках. Одновременно годовые слои льда (рисунок 11, пара светлых и темных слоев соответствует одному году) показывают возраст пузырьков. Таким образом, можно наблюдать, как количество CO<sub>2</sub> и других парниковых газов в атмосфере менялось с течением времени.

[https://earthobservatory.nasa.gov/Features/Paleoclimatology\\_IceCores](https://earthobservatory.nasa.gov/Features/Paleoclimatology_IceCores)



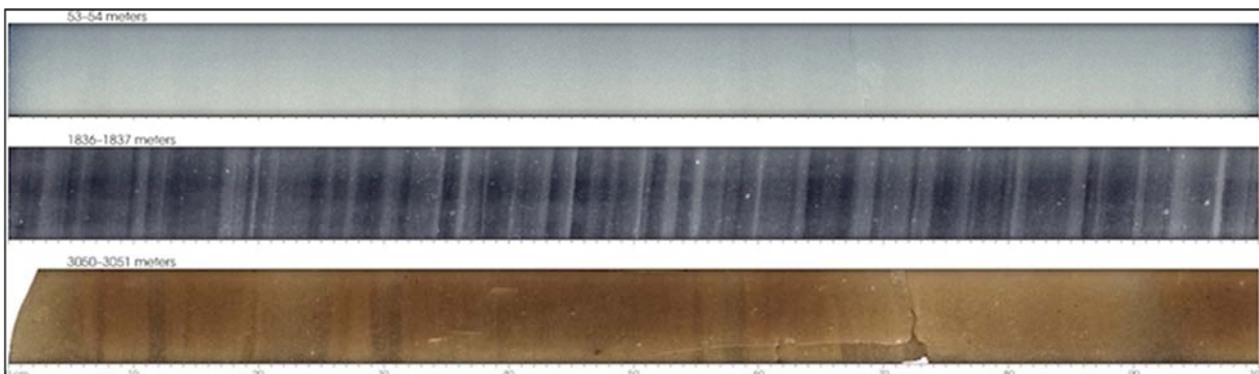


Рисунок 11 – Образцы, извлеченные из разных частей ледяного керна

Верхний образец - с глубины 53-54 м от поверхности, его годовые слои слабые. Средний образец с глубины 1836–1837 м ниже поверхности, где под тяжестью вышележащего льда годовые слои уплотнились в легко различимые полосы. Нижний образец с глубины 3050–3051 м ниже поверхности, на которой ил, песок и камни смешаны со льдом, а годовые слои просматриваются плохо.

1. Ледяные керны показывают, что концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляла 265 ppm в 1500 г. и 285 ppm в 1900 г. Какова была скорость изменения  $\text{CO}_2$  в течение этого временного интервала?

В обсерватории Мауна-Лоа (MLO) проводятся измерения малых составляющих атмосферного газа, в частности углекислого газа. Удаленность обсерватории от основных источников загрязнения делают MLO идеальным местом для отбора проб воздуха на планете.

2. Измерения в MLO показали, что концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляла 365 ppm в 2000 году и 408 ppm в 2018 году. Какова была скорость изменения  $\text{CO}_2$  в течение этого интервала?

3. В 2018 году концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере составляла 408 частей на миллион, а концентрация метана - 1858 частей на миллиард. Каким было количество метана по отношению к количеству  $\text{CO}_2$ ? Округлите ответ до трех десятичных знаков.

4. За 100 лет одна молекула метана улавливает в  $\sim 29$  раз больше тепла, чем одна молекула  $\text{CO}_2$ . Учитывая ответ на предыдущий вопрос, каково было количество тепла от метана по сравнению с количеством тепла от  $\text{CO}_2$ ? Ваш ответ округлите до ближайшего целого числа.

5. Перейдите к таблице «Ледяные керны», чтобы увидеть график изменений температуры и содержания углекислого газа в атмосфере за последние 0,8 млн лет. Этот график основан на данных из Антарктиды. Насколько хорошо совпадают кривые температуры и  $\text{CO}_2$ ?

6. Каков был уровень  $\text{CO}_2$  непосредственно перед последним наступлением ледников ( $\sim 120\,000$  до н. в.)?

7. Перейдите на веб-страницу по адресу <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>. Какова была средняя концентрация углекислого газа в атмосфере за последний месяц, измеренная в обсерватории Мауна-Лоа?

8. Перейдите к рабочему листу «Последние», где вместе нанесены температурные аномалии, число солнечных пятен, инсоляция и  $\text{CO}_2$  за последние 200 лет. Выполните следующие действия, чтобы добавить исторический уровень  $\text{CO}_2$  в нижнюю диаграмму этого рабочего листа (приводится инструкция).

9. Сравните изменения трех переменных - инсоляции, солнечных пятен и  $\text{CO}_2$  - с изменениями температурной аномалии. Каким будет ожидаемое влияние изменений каждой переменной на среднюю глобальную температуру в течение этих 200 лет?

10. Какая переменная лучше всего объясняет наблюдаемые изменения средней глобальной температуры?

У студентов в результате должны получиться графики, приведенные на рисунке 12.

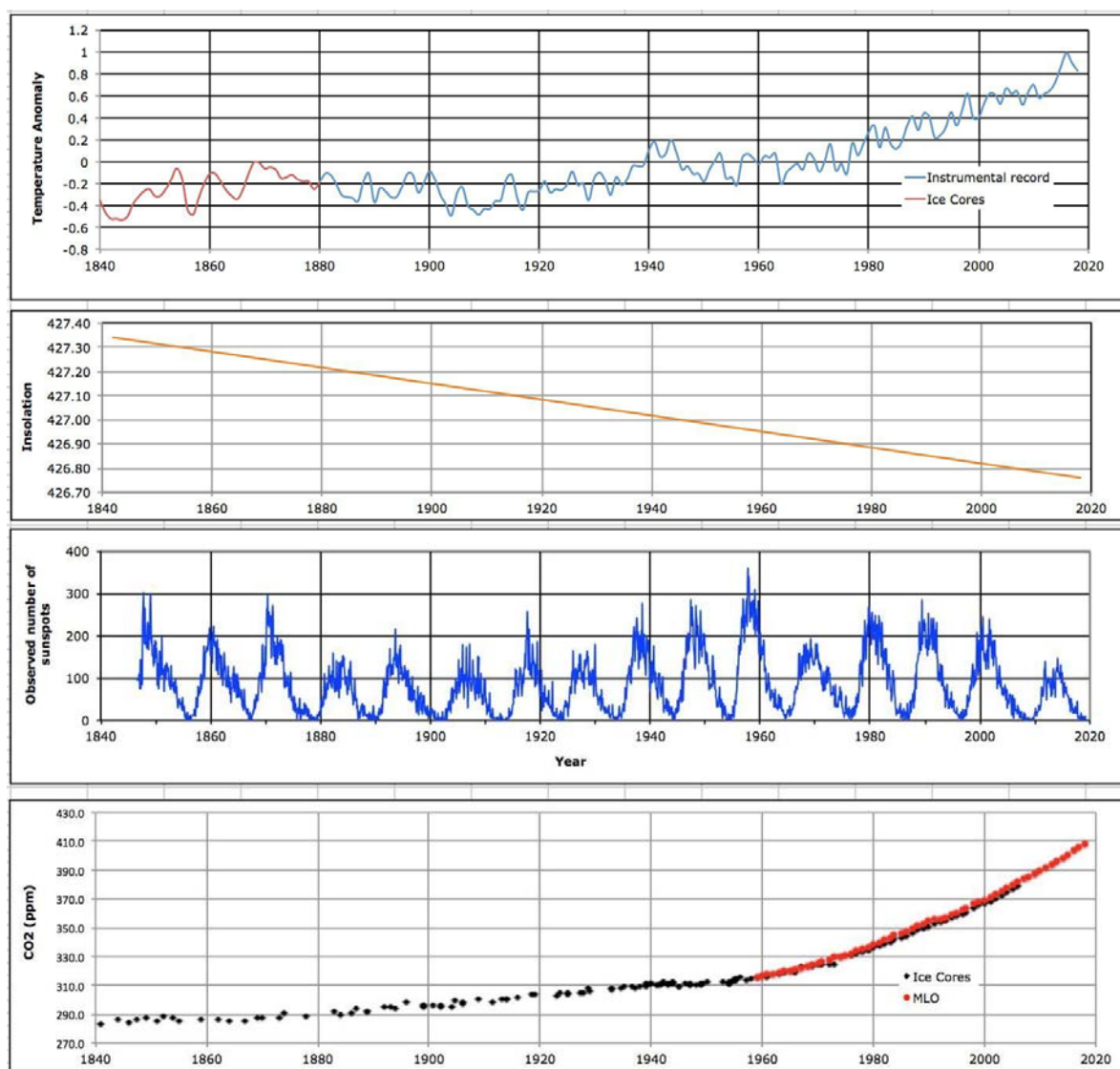


Рисунок 12 – Пример графиков, применяемых для совместного анализа температуры, концентрации CO<sub>2</sub>, числа солнечных пятен и инсоляции

### 2.3. Задание к практической работе

- 1) Анализ площади морского льда в Арктике и повышения уровня моря в заданном регионе.
- 2) Обобщить данные об изменениях концентрации углекислого газа и глобальной температуры

#### *Изменения климата*

На веб-сайте NOAA <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/> (Национальное управление океанических и атмосферных исследований) представлена информация о Программе исследований глобальных изменений климата и о системе наблюдения за Землей.

«Климатическая машина времени НАСА» - веб-сайт, на котором студенты могут ознакомиться с результатами исследований в области климатологии.

Имеется четыре модуля. Каждый из них иллюстрирует свой аспект климата на карте мира:

- Арктический морской лед

- Влияние повышения уровня моря на прибрежные районы
- Выбросы углерода
- Средняя глобальная температура

На каждой карте есть ползунок, с помощью которого вы можете перемещаться вперед и назад во времени, наблюдая за происходящими изменениями. Откройте Time Machine в <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine/> и перемещайтесь по всем параметрам меню.

1. В модуле «Морской лед» визуально сравните минимальную протяженность морского льда в 1979 году с данными в 2012 году и опишите общее изменение.

2. В модуле «Уровень моря» просмотрите карты юго-востока США и северной Европы. Выберите все города, которые будут затоплены, если уровень моря поднимется на 6 метров.

3. В модуле «Уровень моря» просмотрите карты дельты Амазонки и Юго-Восточной Азии. Выберите все города, которые будут затоплены, если уровень моря поднимется на 6 метров.

4. Какой диапазон высот в атмосфере охватывает модуль «Углекислый газ»?

5. Медленно пролистайте модуль двуокиси углерода. Почему область наивысших показаний перемещается между Южным и Северным полушариями?

6. В какой момент появляются данные в модуле «Глобальная температура»?

7. Опишите внешний вид глобального распределения температуры в начале подъема.

8. Просмотрите последовательность изображений еще раз, сосредотачиваясь на Тихом океане к западу от Южной Америки. Океанская вода на северо-западе Южной Америки испытывает периоды потепления, известные как эпизоды «Эль-Ниньо». Сколько отдельных эпизодов Эль-Ниньо произошло за указанный промежуток времени и как ранние эпизоды соотносятся с более поздними?

9. Какая часть земного шара претерпела наибольшее изменение температуры за указанный период и насколько велико это изменение?

10. Сделайте выводы из изучения всех четырех модулей. Как вы думаете наблюдаемое повышение температуры полностью связано с естественными циклами, исключительно с деятельностью человека или с их комбинацией?

Таблица 17

Критерии оценивания практических задания 5

Балл	Критерий
10	Обучающийся понимает и умеет интерпретировать комплексную геофизическую информацию, получаемую при исследовании геосфер; Обучающийся владеет возможностями геофизического описания и анализа природных процессов; Обучающийся знает основные закономерности взаимодействия геосфер
8	Обучающийся недостаточно уверенно умеет интерпретировать комплексную геофизическую информацию, получаемую при исследовании геосфер и/или Обучающийся недостаточно полно владеет возможностями геофизического описания и анализа природных процессов, но Обучающийся знает основные закономерности взаимодействия геосфер
5	Обучающийся не понимает и умеет интерпретировать комплексную геофизическую информацию, получаемую при исследовании геосфер и/или Обучающийся не владеет возможностями геофизического описания и анализа природных процессов, но Обучающийся знает основные закономерности взаимодействия геосфер
0	Обучающийся не понимает и не умеет интерпретировать комплексную геофизическую информацию, получаемую при исследовании геосфер;

Балл	Критерий
	Обучающийся не владеет возможностями геофизического описания и анализа природных процессов; Обучающийся не знает основные закономерности взаимодействия геосфер

## 5. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации. Критерии оценивания

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Форма проведения экзамена: **устно по билетам.**

### Перечень вопросов для подготовки к экзамену

#### ОПК-1.3

1. Происхождение и возраст Вселенной. Закон Хаббла.
2. Гипотезы о происхождении Земли
3. Строение Солнечной системы.
4. Основные астрономические и физические параметры Земли
5. Фигура и вращение Земли. Геоид.
6. Общая характеристика состава и структуры атмосферы
7. Гидросфера. Границы. Структура. Фундаментальные свойства
8. Прямые методы изучения строения и состава литосферы
9. Сейсмические волны и модели плотности Земли
10. Основные элементы внутреннего строения Земли, границы Мохо и Гуттенберга
11. Строение и состав мантии и ядра Земли
12. Материковый и океанический типы земной поверхности
13. Основные структурные элементы земной коры
14. Химический состав земной коры. Кларки основных химических элементов
15. Минералы земной коры, происхождения, свойства
16. Классификация горных пород по происхождению
17. Магматические горные породы. Классификация, свойства, происхождение
18. Осадочные горные породы. Классификация, свойства
19. Виды метаморфизма. Метаморфические горные породы
20. Абсолютная геохронология.
21. Относительная геохронология. Методы определения относительного возраста.
22. Геостратиграфическая и геохронологическая шкалы.
23. Гравитационное поле Земли и его особенности
24. Понятие об изостазии
25. Приливообразующие силы. Механизм их образования в системах Земля — Луна и Земля — Солнце и геофизическая роль.
26. Внешние и внутренние источники тепла Земли
27. Распределение температуры в недрах Земли
28. Процессы теплопереноса в мантии, конвекция
29. Структура магнитного поля Земли. Внутреннее и внешнее поле
30. Магнитное поле Земли. Влияние солнечного ветра на магнитосферу Земли
31. Палеомагнетизм, инверсия и миграция полюсов
32. Магнитотеллурическое поле
33. Электрическое поле атмосферы
34. Экзогенные геологические процессы. Процессы выветривания. Физическое и химическое выветривание
35. Ветровая деятельность на Земле. Ее основные виды и их геологическая роль
36. Осадки континентов. Значение ветра, рек, озер и ледников в их накоплении
37. Осадконакопление в океане.

38. Эндогенные геологические процессы. Магматические процессы. Интрузивный магматизм.
39. Эндогенные геологические процессы. Вулканические процессы.
40. Тектонические деформации. Слои и взаимоотношения слоистых толщ
41. Тектонические деформации. Складчатые деформации.
42. Тектонические деформации. Разрывные нарушения.

**Пример экзаменационного билета**

<p><b>МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b></p> <p><b>федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования</b></p> <p><b>«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (РГГМУ)</b></p> <hr/> <p>Кафедра водно-технических изысканий ЭКЗАМЕН ПО КУРСУ «Геофизика»</p> <p style="text-align: center;">БИЛЕТ № 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные элементы внутреннего строения Земли, границы Мохо и Гуттенберга</li> <li>2. Электрическое поле атмосферы</li> </ol> <p style="text-align: right;">Заведующий кафедрой ВТИ _____ Д.И. Исаев</p>
---

Таблица 18

Критерии оценивания ответа на экзаменационный билет

Балл	Критерий
10	правильно отвечает на поставленный вопрос, понимает причинно-следственные связи явлений, знает основополагающие законы геофизики
8	неправильно отвечает на поставленный вопрос, но понимает причинно-следственные связи явлений, знает основополагающие законы геофизики
5	неправильно отвечает на поставленный вопрос, не понимает причинно-следственные связи явлений, но знает основополагающие законы геофизики
0	неправильно отвечает на поставленный вопрос, не понимает причинно-следственные связи явлений, не знает основополагающие законы геофизики

Каждый вопрос в билете оценивается отдельно, баллы суммируются, в результате максимальный балл за промежуточную аттестацию – 20.