



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра полезных ископаемых, геохимии, минералогии и петрографии**



УТВЕРЖДАЮ:

Декан геологического факультета

С.А. Сасим

«20» апреля 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

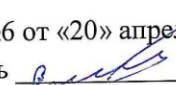
Наименование дисциплины (модуля): *ЭЛК.ДВ.02.01 Моделирование геохимических процессов*


Направление подготовки: *05.03.01 Геология*

Направленность (профиль) подготовки: *Геология, разработка месторождений нефти и газа*

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Согласовано с УМК геологического  
факультета  
Протокол №6 от «20» апреля 2026 г.  
Председатель  С.П. Летунов

Рекомендовано кафедрой:  
Протокол №5  
от «16» апреля 2026 г.  
Зав. кафедрой  С.А. Сасим

Иркутск 2026 г.

## Содержание

|   | стр. |
|---|------|
| 1. Цели и задачи дисциплины   | 3    |
| 2. Место дисциплины в структуре ОПОП.   | 3    |
| 3. Требования к результатам освоения дисциплины   | 3    |
| 4. Содержание и структура дисциплины  | 5    |
| 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов                  | 5    |
| 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине   | 7    |
| 4.3 Содержание учебного материала   | 9    |
| 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ   | 10   |
| 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов   | 11   |
| 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов  | 11   |
| 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)   | 12   |
| V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины  | 12   |
| а) перечень литературы  | 12   |
| б) периодические издания  | 12   |
| в) список авторских методических разработок   | 12   |
| г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы  | 12   |
| VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины  | 12   |
| 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:  | 12   |
| 6.2. Программное обеспечение:   | 13   |
| 6.3. Технические и электронные средства обучения:   | 13   |
| VII. Образовательные технологии   | 13   |
| VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации  | 14   |
| VII.1 Программа оценивания контролируемой компетенции   | 14   |
| VII.2 Текущий контроль успеваемости   | 17   |
| VII.3.1. Оценка запланированных результатов по дисциплине   | 20   |
| VII.3.3 Оценочные материалы, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины | 22   |

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

### Цели:

Освоение студентами основ химической термодинамики и овладение методами физико-химического моделирования геохимических процессов.

### Задачи:

- ознакомление студентов с основами термодинамики для решения физико-химических проблем в геохимии;
- обучение представлению моделей геохимических процессов в терминах термодинамики, а также методам обработки экспериментальных данных;
- анализ геологической информации, интерпретация результатов и формулировка выводов.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина ЭЛК.ДВ.02.02 Моделирование геохимических процессов относится к части элективных дисциплин.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Химия», «Общая геология», «Физическая химия».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Геохимия», «Методы поисков месторождений полезных ископаемых».

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПВО по данному направлению подготовки 05.03.01 Геология:

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

| Компетенция  | Индикаторы компетенций  | Результаты обучения   |
|--|---|---|
| <b>ПК-4</b><br>Способен в составе коллектива проводить научные исследования, подготавливать и выполнять опыты и эксперименты | <b>ИДК<sub>ПК4.1</sub></b><br>Определяет необходимый фактических материал и методы исследований для проведения опытов и экспериментов | <b>Знать:</b><br>принципы постановки и проведения петрографических, петрологических и металлогенических исследований;<br><b>Уметь:</b><br>выбирать необходимые методы компьютерного моделирования, исходя из конкретных задач геологических исследований;<br><b>Владеть:</b> информацией о современных методах изучения геохимических систем. |
|  | <b>ИДК<sub>ПК4.2</sub></b><br>Участствует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведения опытов и экспериментов   | <b>Знать:</b> - принципы и современные методы анализа и математической обработки петрологического и петрохимического материала с применением компьютерного моделирования.<br><b>Уметь</b> представлять итоги  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>выполненной работы в виде отчётов, рефератов, статей, оформленных соответствующим образом.</p> <p>- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учётом имеющихся литературных данных;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками обработки информации при помощи ПК</p> |
|--|--|--|

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

**Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа,  
в том числе 0,2 зачетные единицы, 8 часов на зачет**

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 32 часа

Из них 4 часа – практическая подготовка

**Форма промежуточной аттестации: зачет**

**4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

| № п/п | Раздел дисциплины/темы  | Семестр | Всего часов | Из них практическая подготовка обучающихся | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах) |   |                        | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-------------|--|---|---|------------------------|------------------------|---|
|       |   |         |             |  | Контактная работа преподавателя с обучающимися  |   | Самостоятельная работа |                        |   |
|       |   |         |             |  | Лекции  | Семинарские /практические /лабораторные занятия |                        |                        |   |
| 1     | Введение. Цели, задачи дисциплины. Практическое применение методов моделирования в геологии.  |         | 8           |  | 2   | 2   |                        | 4                      | Устный опрос  |
| 2     | 2. Статистические методы в геологии. 2.1. Кластерный и факторный анализ. 2.2. Применение и построение различных типов диаграмм в геологии.              | 5       | 12          |  | 2   | 4   |                        | 6                      | Устный опрос  |
| 3     | 3. Основные понятия термодинамики. 3.1. Основные законы термодинамики. 3.2. Термодинамические потенциалы. 3.3. Минимизация энергии Гиббса. 3.4. Фазовые | 5       | 15          |  | 2   | 6   |                        | 7                      | Устный опрос, тест  |

| №<br>п/п           | Раздел дисциплины/темы   | Семестр | Всего часов | из них<br>практическая подготовка | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную работу обучающихся,<br>практическую подготовку и трудоемкость<br>(в часах) |                               |          | Формы текущего<br>контроля<br>успеваемости;<br>Форма<br>промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |              |
|--------------------|--|---------|-------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|----------|---|--------------|
|                    |  |         |             |                                   | Контактная работа преподавателя с<br>обучающимися  | Самостоятел<br>ьная<br>работа |          |   |              |
|                    | диаграммы  |         |             |                                   |  |                               |          |   |              |
| 4                  | 4. Подготовка исходных данных для моделирования. 4.1. Единицы измерения. 4.2. Минеральный и химический состав геологических объектов   | 5       | 12          |                                   | 2  | 4                             |          | 6   | Устный опрос |
| 5                  | 5. Моделирование магматических процессов минералообразования. 5.1. Принципы классификации горных пород. 5.2. Геохимические особенности магматических пород. 5.3. CIPW-анализ: пересчет химического состава в минеральный |         | 24,5        | 2                                 | 4  | 10                            | 0,5      | 10  | Устный опрос |
| 6                  | 6. Моделирование процесса осадконакопления. 6.1. Геохимические особенности осадочных пород 6.2. Петрохимические модули 6.3. Использование генетических диаграмм  |         | 26,5        | 2                                 | 6  | 10                            | 0,5      | 10  | Устный опрос |
| <b>Итого часов</b> |  |         | <b>102</b>  | <b>4</b>                          | <b>18</b>  | <b>36</b>                     | <b>1</b> | <b>43</b>   |              |

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| Семестр | Название раздела, темы  | Самостоятельная работа обучающихся |                    |                     | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|---------|---|------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--|
|         |   | Вид самостоятельной работы         | Сроки выполнения   | Трудоемкость (час.) |                    |  |
| 5       | Цели, задачи дисциплины. Практическое применение методов моделирования в геологии.  | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 4                   | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
|         | 1. Понятие о моделировании и моделях в геологии. 1.1. История развития методов моделирования. 1.2. Программный комплекс Селектор                                  | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 6                   | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
|         | 2. Статистические методы в геологии. 2.1. Кластерный и факторный анализ. 2.2. Применение и построение различных типов диаграмм в геологии.                        | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 7                   | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
|         | 3. Основные понятия термодинамики. 3.1. Основные законы термодинамики. 3.2. Термодинамические потенциалы. 3.3. Минимизация энергии Гиббса. 3.4. Фазовые диаграммы | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 6                   | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
|         | 4. Подготовка исходных данных для моделирования. 4.1. Единицы измерения. 4.2. Минеральный и химический состав геологических объектов                              | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 6                   | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |

| Семестр  | Название раздела, темы   | Самостоятельная работа обучающихся |                    |                     | Оценочное средство | Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы |
|--|--|------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--|
|  |  | Вид самостоятельной работы         | Сроки выполнения   | Трудоемкость (час.) |                    |  |
|  | 5. Моделирование магматических процессов минералообразования. 5.1. Принципы классификации горных пород. 5.2. Геохимические особенности магматических пород. 5.3. CIPW-анализ: пересчет химического состава в минеральный | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 10                  | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
|  | 6. Моделирование процесса осадконакопления. 6.1. Геохимические особенности осадочных пород 6.2. Петрохимические модули 6.3. Использование генетических диаграмм  | Работа с литературными источниками | в течении семестра | 10                  | Устный опрос       | Указано в разделе V настоящей программы                |
| Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)  |  |                                    |                    | <b>43</b>           |                    |  |
| <b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)</b> |  |                                    |                    | <b>20</b>           |                    |  |

### 4.3. Содержание учебного материала

1. Введение. Цели, задачи дисциплины. Практическое применение методов моделирования в геологии. Роль и значение математических методов в повышении эффективности геологоразведочных работ.

1. Понятие о моделировании и моделях в геологии. Необходимость использования многомерных моделей при изучении геологических объектов и явлений. Виды и типы моделей. Принципы и методы геолого-математического моделирования.

1.1. История развития методов моделирования. Использование математических методов для обработки геологических данных в 19 - 20 в.в. Современное состояние и проблемы математической геологии.

1.2. Программный комплекс Селектор. Основные этапы развития методов физико-химического моделирования (историческая справка). Методические и теоретические вопросы, связанные с использованием ЭВМ в физико-химическом моделировании в геохимии. Минимизация энергии Гиббса (сравнительное описание существующих программ) Понятие открытых и закрытых систем по Д.С. Коржинскому. Принцип стабильного, метастабильного, частичного равновесия, расчет необратимой эволюции геохимических систем. Обратные физико-химические задачи. Особенности применения программного комплекса «Селектор» к моделированию геолого-геохимических процессов.

2. Статистические методы в геологии. Понятие о достоверном, невозможном и случайном событиях. Частота, частость, вероятность появления события. Закон распределения случайной величины и способы его задания. Графическое изображение вероятности события попадания случайной величины в заданный интервал ее значений. Параметры распределения случайной величины: математическое ожидание, мода, медиана, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Возможные формы кривых распределения случайной величины.

2.1. Кластерный и факторный анализ. Корреляционные зависимости между двумя случайными величинами. Способы выявления и исследования корреляционных связей. Линейные и нелинейные уравнения регрессии.

2.2. Применение и построение различных типов диаграмм в геологии. Бинарные диаграммы. Тройные диаграммы.

3. Основные понятия термодинамики. Предмет термодинамики. Общие замечания и основные определения. Обратимые и необратимые процессы. Объекты и методы исследования. Уравнения состояния. Математические соотношения, связывающие параметры состояния. Энергия. Внутренняя энергия. Теплота и работа.

3.1. Основные законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к химическим реакциям. Термохимия. Энтальпия образования и энтальпия сгорания. Второе начало термодинамики.

3.2. Термодинамические потенциалы. Стандартные термодинамические функции: энтальпия, энтропия и изобарно-изотермический потенциал

3.3. Минимизация энергии Гиббса.

3.4. Фазовые диаграммы. Фазовые превращения. Правило фаз Гиббса. Стабильность фаз.

4. Подготовка исходных данных для моделирования. Способы расчёта, согласования и обработки термодинамической информации. В геохимических и петрологических исследованиях часто возникает необходимость расчета неизвестных значений свободной энергии образования Гиббса соединений по их известным содержаниям в системе.

4.1. Единицы измерения. Граммы, весовые проценты, массовые проценты, ppm, моли. Основные источники некорректности исходных данных.

4.2. Минеральный и химический состав геологических объектов. Виды и способы записи. Приведение анализов к единообразной записи.

5. Моделирование магматических процессов минералообразования. Теоретические основы расчета физико-химических равновесий в сложных многофазных гетерогенных системах.

5.1. Принципы классификации горных пород. Взаимосвязь между химическим составом, физическими свойствами и условиями образования магм.

5.2. Геохимические особенности магматических пород. Коэффициенты разделения. Вариационные диаграммы. Геотермометры и геобарометры.

5.3. CIPW-анализ: пересчет химического состава в минеральный. Принцип расчета. Особенности расчета минерального состава кислых, основных и ультраосновных пород. Готовые программы и алгоритмы.

6. Моделирование процесса осадконакопления.

6.1. Геохимические особенности осадочных пород. Обстановки выветривания. Диагенез. Элементные фациальные индикаторы.

6.2. Петрохимические модули. Гидролизатный модуль. Алюмокремниевый модуль. Фемический модуль. Титановый модуль. Индекс химического выветривания.

6.3. Использование генетических диаграмм. Тройная диаграмма А.Б. Ронова для глинистых отложений. Классификационная диаграмма для песчаников Ф. Петтиджона. Генетическая диаграмма диагностики фаций.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

| № п/п | № раздела и темы дисциплины | Наименование семинаров, практических и лабораторных работ   | Трудоемкость (час.) |                         | Оценочные средства          | Формируемые компетенции* (индикаторы)                |
|-------|-----------------------------|---|---------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
|       |                             |   | Всего часов         | практическая подготовка |                             |  |
| 1     | 2                           | 3   | 4                   | 5                       | 6                           | 7  |
| 1     | введение                    | Знакомство с программами, предназначенными для моделирования, на примере ПК Селектор. Работа с базами данных. | 2                   |                         | устный опрос                | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 2     | 1                           | Программный комплекс Селектор. Моделирование дождевой воды.   | 2                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.2</sub>                         |
| 3     | 2                           | Использование статистических методов для обработки геологических данных.                                      | 2                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 4     | 2                           | Построение разных типов диаграмм в геологии   | 2                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 5     | 3                           | Интерпретация диаграмм плавления  | 6                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.2</sub>                         |
| 6     | 4                           | Обработка данных химического состава. Пересчет данных химического анализа в мольные количества.               | 4                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 7     | 5                           | Интерпретация вещественного состава магматических горных пород. Построение классификационных диаграмм.        | 4                   |                         | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |
| 8     | 5                           | Пересчет химического состава на нормативные минералы по методу CIPW   | 6                   | 2                       | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |
| 9     | 6                           | Интерпретация составов осадочных пород. Расчет основных петрохимических генетических модулей.                 | 4                   | 2                       | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |

|    |   |  |   |  |                             |  |
|----|---|--|---|--|-----------------------------|--|
|    |   | Расчет индекса химического выветривания (CIA)                |   |  |                             |  |
| 10 | 6 | Расчет кристаллохимических формул породообразующих минералов | 6 |  | устный опрос, зачет задания | ПК-4<br>ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

| № пп/п | Тема  | Задание               | Формируемая компетенция | ИДК  |
|--------|---|-----------------------|-------------------------|--|
| 1      | Тема 2. Многомерный корреляционный анализ. Множественная регрессия. Корреляционная матрица. (основа метода, принципы расчета, область применения в геологии, примеры использования)         | Конспект, реферат     | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 2      | Тема 2. Множественная регрессия и ее использование для предсказания свойств геологических объектов. (основа метода, принципы расчета, область применения в геологии, примеры использования) | Конспект.             | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.2</sub>                         |
| 3      | Тема 4. Дисперсионный анализ. Однофакторный, двухфакторный дисперсионный анализ. (основа метода, принципы расчета, область применения в геологии, примеры использования)                    | Конспект              | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.1</sub>                         |
| 4      | Тема 3. Фазовые равновесия как основа геологической термобарометрии   | Реферат, презентация  | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.2</sub>                         |
| 5      | Тема 3, 6. Газогидраты в осадках Байкальской впадины. Физико-химические условия образования.  | Реферат, презентация. | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |
| 6      | Тема 5. Физико-химические факторы гидротермального минералообразования  | Реферат.              | ПК-4                    | ИДК <sub>ПК4.1</sub><br>ИДК <sub>ПК4.2</sub> |

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студентам предложены темы для самостоятельного углубленного изучения дисциплины. Самостоятельная работа включает изучение фондовой, учебной литературы и материалов из сети Интернет, их конспектирование и обсуждение на практическом занятии.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

написание курсовых работ по дисциплине не предусмотрено учебным планом

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### *а) перечень литературы*

1. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод / С.Р.Крайнов, Б.Н.Рыженко, Б.Н.Швец. – М.: Наука, 2004. – 678 с.
2. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] / Н.В. Голубева. – «Лань», 2016. - 191 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=76825](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=76825), - ЭБС "Лань"

#### *б) периодические издания*

Журнал физической химии. – Москва, Российская академия наук. 1934-2023. Статьи доступны на <https://www.elibrary.ru>, <https://sciencejournals.ru/list-issues/fizkhim/>

#### *в) список авторских методических разработок:*

1. Бычинский В.А., Исаев В.П., Тупицын А.А. Физико-химическое моделирование в нефтегазовой геохимии. Часть 1. Теория и методология физико-химического моделирования: Учебное пособие.-Иркутск: ИГУ, 2004.-131с.
2. Бычинский В.А., Исаев В.П., Тупицын А.А. Физико-химическое моделирование в нефтегазовой геохимии. Часть 2. Модели гетерогенных систем: Учебное пособие.-Иркутск: ИГУ, 2004.-150с.

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

##### **Интернет-источники:**

1. Научная библиотека ИГУ им. В.Г. Распутина <http://library.isu.ru/ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека – [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
3. Российская государственная библиотека - <https://www.rsl.ru>
4. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского - <https://vsegei.ru/ru>
5. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию ООО «Геоинформмарк» – [www.geoinform.ru](http://www.geoinform.ru)
6. The Geological Society of America - <https://www.geosociety.org>

##### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС) ИГУ**

1. Электронный читальный зал «БиблиоТех» (адрес доступа <https://isu.bibliotech.ru>)
2. ЭБС «Издательство «Лань» (адрес доступа <http://e.lanbook.com>)
3. Образовательная платформа «Юрайт» (адрес доступа <https://urait.ru>)

### VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Компьютерный класс геологического факультета (ауд. 221). Оборудован техническими средствами обучения: Компьютеры – моноблоки ROSCOM с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, проектор CASIOXL-V-2, ноутбук ASUSK50NGseries, экран на треноге Da-LiteVersatol 178\*178, колонки.

### 6.2. Программное обеспечение:

| № | Наименование программного продукта   | Кол-во                  | Обоснование для пользования ПО(Лицензия, Договор, счёт, акт или иное)  | Дата выдачи лицензии    | Срок действия права пользования |
|---|--|-------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | GoogleChrome 57.0.2987.133 (ежегодно обновляемое ПО)                             | Условия правообладателя | Условия использования по ссылке: <a href="https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html</a> | Условия правообладателя | бессрочно                       |
| 2 | Microsoft Office 2003 Win32 Russian Academic OPEN No Level                       | 40                      | Номер Лицензии Microsoft 41251593  | 24.10.2006              | бессрочно                       |
| 3 | Corel Draw Graphics Suite X6 AE  | 3                       | 1031 Государственный контракт № 03-019-13  | 11.06.2013              | бессрочно                       |
| 4 | Acrobat Professional 11 AcademicEdition License Russian Multiple Platforms Adobe | 20                      | Договор подряда 04-040-12 от 21.09.2012  | 31.07.2015              | бессрочно                       |

### 6.3. Технические и электронные средства:

При реализации программы дисциплины аудиторные занятия проходят с использованием стационарного мультимедийного проектора и персонального компьютера для демонстрации презентаций материала в лекционной аудитории, оборудованной экраном.

Электронные средства обучения по дисциплине «Моделирование геохимических процессов» размещены на образовательном портале ИГУ ([educa.isu.ru](http://educa.isu.ru)).

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются: компьютерный класс геологического факультета ИГУ.

## VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Обучение производится с использованием частично электронного обучения и дистанционных образовательных технологий: Образовательный портал ИГУ [educa.isu.ru](http://educa.isu.ru)

В рамках дисциплины предусмотрено участие в видеоконференциях, проводимых научными институтами. Ссылки на проводимые мероприятия обновляются в электронной среде [educa.isu.ru](http://educa.isu.ru)

Практикуется экскурсия в лабораторию моделирования геохимических процессов Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН. Студенты могут познакомиться с научными проектами в области моделирования, задать свои вопросы ученым и попробовать самостоятельно разработать и описать термодинамическую модель геологических процессов, используя в дальнейшем полученные данные для написания курсовых проектов, дипломов или тезисов на конференцию.

### Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

| № | Тема занятия                             | Вид занятия          | Форма / Методы интерактивного обучения | Кол-во часов |
|---|--|----------------------|--|--------------|
| 1 | Моделирование метасоматических процессов | практическое занятие | Групповые дискуссии, анализ ситуации   | 2            |
| 2 | Моделирование                            | практическое         | Групповые дискуссии,                   | 2            |

|             |                    |                |                 |   |
|-------------|--------------------|----------------|-----------------|---|
|             | техногенных систем | кое<br>занятие | анализ ситуации |   |
| Итого часов |                    |                |                 | 4 |

## VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Паспорт фонда оценочных средств определяет перечень формируемых дисциплиной компетенций (индикаторов их достижений), соотнесенных с результатами обучения в виде характеристики дескрипторов «знать», «уметь», «владеть» (см. раздел III настоящей РПД); программу оценивания контролируемой компетенции (индикаторов достижения компетенции), содержащую наименование оценочных материалов для обеспечения текущего контроля и промежуточной аттестации (табл. VII.1), соотнесенных с контролируемыми темами и/или разделами дисциплины и планируемыми результатами, показателем и критериями оценивания, а также характеристику оценочных материалов для обеспечения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, в том числе оценку запланированных результатов и перечень оценочных материалов (средств) и характеристику критерии их оценивания.

### VII.1 Программа оценивания контролируемой компетенции

| Тема или раздел дисциплины  | Код индикатора компетенции   | Планируемый результат   | Показатель                                 | Критерий оценивания  | Наименование ОС |    |
|---|--|---|--|--|-----------------|----|
|   |  |   |  |  | ТК              | ПА |
| 1. Введение. Цели, задачи дисциплины. Практическое применение методов моделирования в геологии. | <i>ИДК<sub>ПК4.1</sub>:<br/>Определяет необходимые фактические материалы и методы исследования для проведения опытов и экспериментов</i> | <b>Знать:</b> понятие о моделировании и моделях в геохимии;<br><b>Уметь:</b> - искать исходную термодинамическую информацию для моделирования геологических систем<br><b>Владеть:</b> Базовыми навыками работы на ПК, поиска и анализа информации в сети Интернет | Владеет материалом и терминологией по теме | Отвечает на устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости | С               | 3  |
|   | <i>ИДК<sub>ПК4.2</sub>:<br/>Участствует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведен</i>                             | <b>Знать</b> принципы и современные методы анализа и математической обработки петрологического и петрохимического материала с применением компьютерного моделирования<br><b>Владеть</b> навыками обработки информации при помощи ПК                               | Владеет материалом и терминологией по теме | Отвечает на устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости | С               | 3  |

|   |  |  |  |   |             |          |
|---|--|--|--|---|-------------|----------|
|   | <i>ия опытов и экспериментов</i>   |  |  |   |             |          |
| 2. Статистические методы в геологии.            | <i>ИДК<sub>ПК4.1</sub>:<br/>Определяет необходимые фактические материалы и методы исследований для проведения опытов и экспериментов</i> | <b>Знать</b> понятие о вероятности события; возможность применения статистических данных<br><b>Уметь</b> применять кластер-анализ для анализа первичной геологической информации; использовать базовые статистические функции Excel для анализа числовой геологической информации;<br><b>Владеть</b> навыками работы в программе MS Excel  | Владеет материалом и терминологией по теме | Отвечает на устные вопросы из перечня вопросов текущей успеваемости | <b>С</b>    | <b>3</b> |
| 3. Основные понятия термодинамики               | <i>ИДК<sub>ПК4.2</sub><br/>Участствует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведения опытов и экспериментов</i>     | <b>Знать</b> законы термодинамики, основные термины, правило фаз Гиббса, правила построения фазовых диаграмм<br><b>Уметь</b> анализировать фазовые диаграммы;<br><b>Владеть</b> способами обработки и интерпретации геологической информации, навыками сравнительного анализа  | Владеет материалом и терминологией по теме | Отвечает на устные вопросы из перечня вопросов текущей успеваемости | <b>С, Т</b> | <b>3</b> |
| 4. Подготовка исходных данных для моделирования | <i>ИДК<sub>ПК4.2</sub><br/>Участствует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведения опытов и экспериментов</i>     | <b>Знать</b> единицы измерения, используемые в геологических исследованиях. Способы их пересчета и конвертирования. Виды и способы записи данных о минеральном и химическом составах пород.<br><b>Уметь</b> рассчитывать моли вещества, граммы, конвертировать разные единицы измерения.<br><b>Владеть</b> навыками расчёта, согласования и обработки термодинамической информации | Владеет материалом и терминологией по теме | Отвечает на устные вопросы из перечня вопросов текущей успеваемости | <b>С</b>    | <b>3</b> |
| 5.  | <i>ИДК<sub>ПК4.1</sub>;</i>  | <b>Знать</b> представления о   | Владеет                                    | Отвечает на   | <b>С</b>    | <b>3</b> |

|  |   |   |   |   |                 |                 |
|--|---|---|---|---|-----------------|-----------------|
| <p>Моделирование магматических процессов минералообразования</p> | <p><i>Определяет необходимые фактические материалы и методы исследований для проведения опытов и экспериментов</i></p>                | <p>механизмах эндогенных и экзогенных процессов минералообразования и рудообразования<br/><b>Уметь</b> осуществлять сбор и обработку исходной информации для создания модели геологического процесса</p>  | <p>материалом и терминологией по теме</p>   | <p>устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости</p>             |                 |                 |
|  | <p><i>ИДК<sub>ПК4.2</sub> Участвует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведения опытов и экспериментов</i></p> | <p><b>Знать</b> принципы и современные методы анализа и математической обработки петрологического и петрохимического материала с применением компьютерного моделирования<br/><b>Уметь</b> выбирать необходимые методы компьютерного моделирования, исходя из конкретных задач геологических исследований;<br/><br/><b>Владеть</b> навыками : самостоятельной научно-исследовательской деятельностью, требующей широкого геологического образования.</p> | <p>Владеет материалом и терминологией по теме<br/>Знает особенности протекания геологических процессов с точки зрения термодинамики;<br/>умеет выбирать необходимые методы компьютерного моделирования;<br/>способен самостоятельно сформировать модель геологического процесса</p> | <p>Отвечает на устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости</p> | <p><b>С</b></p> | <p><b>3</b></p> |
| <p>6. Моделирование процесса осадконакопления</p>                | <p><i>ИДК<sub>ПК4.1</sub>; Определяет необходимые фактические материалы и методы исследований для проведения</i></p>                  | <p><b>Знать</b> геохимические особенности осадочных пород;<br/><b>Уметь</b> осуществлять сбор и обработку исходной информации для создания модели геологического процесса</p>   | <p>Владеет материалом и терминологией по теме</p>   | <p>Отвечает на устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости</p> | <p><b>С</b></p> | <p><b>3</b></p> |

|  |   |   |   |  |   |   |
|--|---|---|---|--|---|---|
|  | ия<br>опытов и<br>эксперим<br>ентов   |   |   |  |   |   |
|  | ИДК <sub>ПК4.2</sub><br>Участвует в<br>осуществлении<br>отдельных<br>этапов<br>научных<br>исследований и<br>проведения<br>опытов и<br>экспериментов | <b>Уметь</b> рассчитывать и интерпретировать геохимические модули, строить и интерпретировать классификационные диаграммы;<br><b>Владеть</b> методами компьютерного моделирования, исходя из конкретных задач геологических исследований; | Владеет материалом и терминологией по теме<br>Знает методику подготовки данных для компьютерного моделирования;<br>умеет интерпретировать результаты физико-химического моделирования | Отвечает на устные опросы из перечня вопросов текущей успеваемости | С | З |

Принятые сокращения: С-собеседование, Т-тест, З – зачет

## VII.2 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости – оценивание хода освоения элементов образовательной программы дисциплины в соответствии с настоящей рабочей программой, в том числе проверку уровня усвоения знаний, умений, навыков и отдельных элементов компетенций, полученных обучающимися в процессе освоения дисциплины.

### Примерный список вопросов для собеседования по теме 1

1. Понятие о моделировании и моделях в геохимии.
2. Методические и теоретические вопросы, связанные с использованием ЭВМ в физико-химическом моделировании в геохимии
3. Основные этапы развития методов физико-химического моделирования (историческая справка).
4. Виды и типы моделей, используемых в геологии и геохимии;
5. Понятие открытых и закрытых систем по Д.С. Коржинскому
6. Принцип стабильного, метастабильного, частичного равновесия
7. Термодинамическая система. Подразделения систем по числу компонентов, по числу фаз. Изолированные, закрытые, открытые системы.
8. Что такое фаза термодинамической системы?
9. Что такое компонент термодинамической системы?
10. Что такое параметры термодинамической системы?

### Пример задания для практической работы по теме 3

#### Фазовые диаграммы. Определение степени свободы

$$C = K + 2 - \Phi.$$

(С – число степеней свободы;

К – количество компонентов;

Ф- количество фаз)

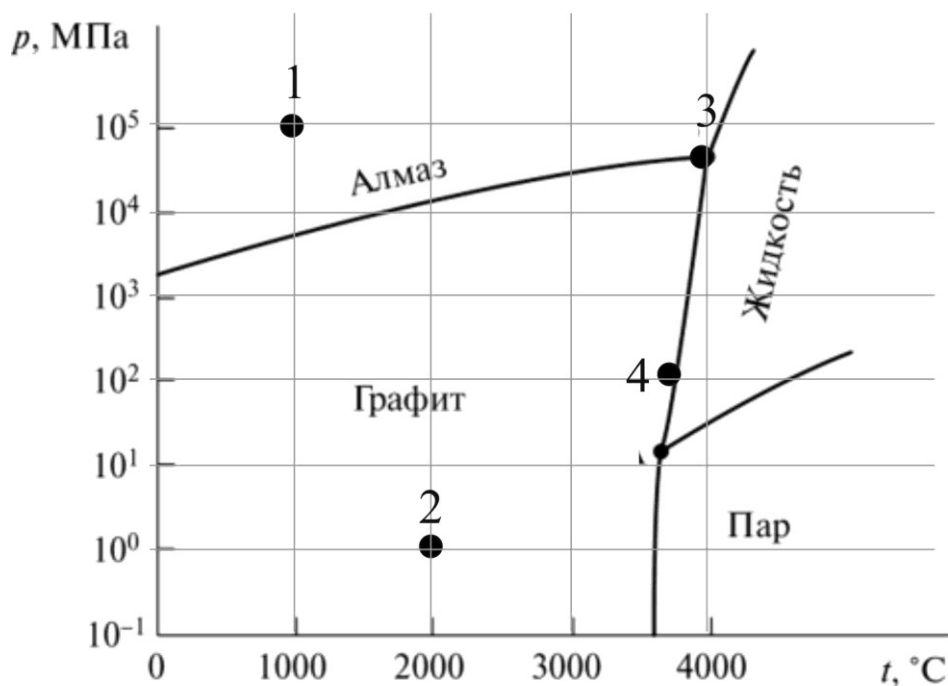


Диаграмма полей устойчивости углерода.

Задание:

1. Дать определение терминам «фаза», «компонент»
  2. Найти и подписать моновариантные кривые и точки инвариантного состояния системы на фазовой диаграмме
  3. Для точек 1-4 сделать описание системы: компонент, состав и количество фаз, условия температуры и давления. Рассчитать степень свободы.
  4. Нанести на диаграмму точки: А – температура 4000°C, давление 10 МПа.  
 Б – температура 1500°C, давление 10000 МПа.  
 В – температура 3000°C, давление 1000 МПа.
- Для каждой точки рассчитать степень свободы.

Критерии оценивания:

«отлично» - правильно и аккуратно выполнена графическая часть работы, описательная часть выполнена полностью – есть ответы на поставленные вопросы, ответ развернутый, аргументированный, последовательный.

«хорошо» - правильно выполнена графическая часть работы, в описательной части есть ошибки, ответ неполный.

«удовлетворительно» - выполнена графическая часть работы, в описательной части отражены основные этапы изменения климата;

«неудовлетворительно» - ошибки в описательной и графической частях работы, неполнота ответа, неаккуратность.

## Пример тестового задания



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный  
университет»

**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

**Геологический факультет**

## ТЕСТОВОЕ ЗАДАНИЕ

(по теме 3)

### Тест №1

#### Инструкция:

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 35 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 1 балл;

1. Физически однородная часть системы или совокупность таких тождественных частей, которые ограничены поверхностями раздела и могут быть (в принципе) отделены от других частей системы механическими средствами называется

- а) независимый компонент
- б) зависимый компонент
- в) фаза

2. Система состоит из водного раствора NaCl и не смешанного с ним слоя растительного масла. Сколько в системе фаз?

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

3. Термодинамические системы, которые могут обмениваться с окружающей средой теплом и работой, но масса их остается постоянной, называются:

- а) открытыми
- б) закрытыми
- в) изолированными

4. Термодинамические процессы, протекающие при постоянстве внешнего давления, называются:

- а) изотермические
- б) изобарные
- в) изохорные

г) изознтропийные

5. Система состоит из смеси трех различных фаз одного вещества ( $H_2O$ ): твердой (лед), жидкой (вода) и газообразной (водяной пар). Согласно правилу фаз Гиббса, чему равна степень свободы системы?

- а) 0
- б) 1
- в) 2
- г) 3

6. Поле на бинарной (фазовой) диаграмме и состояние системы, в которой присутствуют жидкие и твердые фазы, называются:

- а) ликвидус
- б) солидус
- в) субликвидус
- г) ликвация

7. Нонвариантное состояние системы и соответственно точка на фазовой диаграмме, в которой при наименьшей температуре из расплава одновременно кристаллизуется максимальное число фаз системы, называется

- а) эвтектика
- б) ликвация
- в) субсолидус
- г) солидус

8. Прибор для измерения количества теплоты, выделявшейся или поглощающейся в химических, физических и биологических процессах называют:

- а) барометр,
- б) калориметр,
- в) ваттметр.

9. К какому типу термодинамических систем относится живой организм:

- а) открытая,
- б) закрытая,
- в) изолированная,
- г) гомогенная.

### Критерии оценивания теста

Отметка «отлично» ставится при правильном выполнении 81-100% заданий теста.

Отметка «хорошо» ставится при правильном выполнении 46-80% заданий теста.

Отметка «удовлетворительно» ставится при правильном выполнении 21-45% заданий теста.

Отметка «неудовлетворительно» ставится при правильном выполнении 20-0% заданий теста.

Ключ к тесту 1в, 2б, 3б, 4б, 5а, 6б, 7а, 8б, 9а

### VII.3.1. Оценка запланированных результатов по дисциплине

| Код компетенции                                     | Код оцениваемого индикатора   | Результаты обучения                                       | Показатели   |
|---|---|---|--|
| <b>ПК-4</b><br><i>Способен в составе коллектива</i> | <b>ИДК<sub>ПК4.1</sub></b> ;<br><i>Определяет необходимый фактических</i> | Знает: механизмы эндогенных процессов минералообразования | Использует данные о химическом составе пород для построения различных диаграмм и |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p><i>проводить научные исследования, подготавливать и выполнять опыты и эксперименты</i></p> | <p><i>материал и методы исследований для проведения опытов и экспериментов</i></p>  | <p>и рудообразования; принципы постановки и проведения петрографических, петрологических и металлогенических исследований</p>   | <p>расчета моделей (в зависимости от поставленной задачи). Интерпретирует результаты расчета.</p>   |
|   |   | <p>Умеет:<br/>- выбирать необходимые методы компьютерного моделирования, исходя из конкретных задач геологических исследований</p>  | <p>формулировать и решать геологические задачи методами физико-химического моделирования</p>  |
|   |   | <p>Владеет:<br/>Способами обработки и интерпретации геологической информации навыками извлечения информации из научной литературы по различным аспектам геологии и геохимии</p> | <p>Анализирует и интерпретирует имеющуюся геологическую информацию, обладает навыками сравнительного анализа геологического строения.</p> |
|   | <p><i><b>ИДК</b>ПК4.2<br/>Участствует в осуществлении отдельных этапов научных исследований и проведения опытов и экспериментов</i></p> | <p>Знает: физико-химические условия протекания геологических процессов; основы термодинамики</p>  | <p>Владеет терминологией курса, способен объяснять особенности протекания геологических процессов с точки зрения термодинамики;</p>       |
|   |   | <p>Умеет:<br/>- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учётом имеющихся литературных данных;</p>  | <p>Может представлять итоги выполненной работы в виде отчётов, рефератов, статей, оформленных соответствующим образом</p>                 |
|   |   | <p>Владеет:<br/>методиками подготовки данных для компьютерного моделирования; навыками научной работы</p>   | <p>Может представлять итоги выполненной работы в виде отчётов, рефератов, статей, оформленных соответствующим образом</p>                 |

### **VII.3.3 Оценочные материалы, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины**

Зачет проходит в виде собеседования. Студент раскрывает основные понятия и термины, используемые в рамках курса, а также имеет возможность свободно порассуждать по предложенным темам и привести примеры из опыта. Примерный список тем представлен ниже.

#### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он в полном объеме отвечает на вопросы, свободно владеет терминами и понятиями курса, способен дискутировать по предложенным вопросам, способен аргументировано обосновать свою позицию; при ответах на вопросы может совершать небольшие ошибки;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он ответил на все предложенные вопросы, раскрыв их основную суть, но делает незначительные ошибки, способен ответить на большую часть дополнительных вопросов;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он ответил на два из трех предложенных вопроса, при этом совершает умеренные ошибки; или ответил на три вопроса, не раскрыв в двух из них основную суть, но при этом ответ на один из трех вопросов был наиболее полным, с раскрытием его сути. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если: студент не ответил ни на один вопрос; студент не раскрыл сути ни одного вопроса и не ответил на подавляющее большинство дополнительных вопросов; ответил на один из трех вопросов, не раскрыв/почти не раскрыв его сути или и совершал грубые ошибки, а на два вопроса не дал ответов. Не знает базовых терминов и сущности предмета.

#### **Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

| <b>№</b> | <b>Вид контроля</b> | <b>Контролируемые темы (разделы)</b> | <b>Контролируемые компетенции/ индикаторы</b>                     |
|----------|---------------------|--------------------------------------|---|
| <b>1</b> | <b>2</b>            | <b>3</b>                             | <b>4</b>  |
| 1        | Зачет               | Темы 1- 6                            | <b>ПК-4</b><br><b>ИДК<sub>ПК-4.1</sub>, ИДК<sub>ПК-4.2</sub>,</b> |
| 4        | Текущий контроль    | Темы 1- 6                            | <b>ПК-4</b><br><b>ИДК<sub>ПК-4.1</sub>, ИДК<sub>ПК-4.2</sub>,</b> |

#### **Примерный список вопросов к зачету:**

##### **Примеры вопросов на оценку знаний**

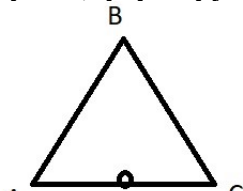
1. Основные этапы развития методов физико-химического моделирования
2. Термодинамическая система. Термодинамические системы: открытые, закрытые, изолированные. Привести примеры.
3. Первый закон термодинамики. Определение, физический смысл.
4. Дать определение терминам: фаза, зависимый компонент, независимый компонент.
5. Температура. Определение, единицы измерения. Какую температуру принято считать стандартной?

##### **Примеры вопросов на оценку умений**

1. Единицы измерения концентрации вещества: ррh, ррt, ррm, ррb. Как соотносятся весовые проценты, ррm и г/г?
2. Рассчитайте содержание Ti в ильмените FeTiO<sub>3</sub> (атомный вес Fe – 56, Ti – 48, O – 16)

3. Как строятся классификационные диаграммы для магматических пород?
4. Назовите последовательность расчета минерального состава из химического по методу CIPW.
5. Правило фаз Гиббса. Степени свободы. Как рассчитываются? Какую степень свободы имеет система в точке эвтектики?

**Вопросы, формирующие дескриптор «владеть»**



1. А В С Какому содержанию компонентов соответствует выделенная точка на тройной диаграмме?
2. Петрохимические модули. Основные модули. Принцип расчета. Область применения.
3. Индекс выветривания CIA.
4. Построение корреляционной матрицы в программе MS Excel. Интерпретация полученных данных.
5. Расчет уравнения регрессии в программе MS Excel. Интерпретация полученных данных.

**Разработчики:**

В программе использованы методические разработки доцента кафедры геологии нефти и газа геологического факультета В.А. Бычинского

(подпись)

доцент  
(занимаемая должность)

А.В. Ощепкова  
(инициалы, фамилия)

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*