

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Геологический факультет

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан Геологического факультета  
академик

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физико-химическая механика грунтов**

Авторы-составители: д.г.-м.н., проф. В.Н. Соколов, к.г.-м.н. М.С. Чернов

**Уровень высшего образования:**  
*Магистратура (ИМ)*

**Направление подготовки:**  
**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

**Магистерская программа**  
**«Инженерная геология»**

Форма обучения:  
***Очная***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 20\_\_

---

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2019.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## **Цели и задачи дисциплины**

**Целями** освоения дисциплины «Физико-химическая механика грунтов» являются получение студентами навыков использования научных достижений в области исследования поверхностных сил и поверхностных явлений в гетерогенных системах, устойчивости коллоидных систем, изучение химико-минерального состава и микростроения дисперсных минеральных систем, в теории контактных взаимодействий для объяснения природы формирования прочности и прогноза деформационного поведения дисперсных грунтов, находящихся в различных термодинамических условиях.

**Задачи.** Основной задачей освоения дисциплины «Физико-химическая механика грунтов» является переход от феноменологических позиций понимания поведения дисперсных грунтов на объяснение взаимосвязи их прочностных и деформационных свойств с природой и закономерностями внутренних процессов, происходящих в них, и имеющих в основном физико-химический характер.

Частными задачами являются изучение влияния на прочность и деформационное поведение глинистых грунтов их химико-минерального состава, микростроения, особенностей структурообразования, а также различных физико-химических факторов, таких как влажность и температура грунта, рН среды, состав и концентрация электролита, присутствие в поровом растворе ПАВ и органического вещества и др.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – 1 М, семестр – 1.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

данная дисциплина базируется на знании студентами ряда фундаментальных общепрофессиональных дисциплин: «Высшая математика»; «Физика»; «Общая химия»; «Химия физическая, коллоидная», а также дисциплин профессионального цикла: «Инженерная геология, часть 1. Грунтоведение»; «Механика грунтов». Дисциплина необходима для проведения студентами научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

### **3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.М. Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки,

ОПК-8.М. Способность профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки,

ПК-3.М. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично),

СПК-4.М. Способность составлять прогноз развития природных и природно-техногенных процессов, в том числе на базе их мониторинга (формируется частично).

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):**

**Знать:** основные положения теории формирования свойств дисперсных грунтов при литогенезе под действием различных физико-химических факторов.

**Уметь:** анализировать данные минерального и микроструктурного анализов, а также результаты прочностных и деформационных испытаний грунтов.

**Владеть:** навыками использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей между структурными элементами дисперсных грунтов.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия.

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет **3** з.е., в том числе **42** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**12** часов – занятия лекционного типа, **30** часов – занятия семинарского типа). **66** академических часов на самостоятельную работу обучающихся, из них **10** часов – мероприятия промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

**6. Содержание дисциплины (модуля)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Лекционная часть курса состоит из введения и 5 разделов. Первые два раздела посвящены рассмотрению состава дисперсных грунтов и поверхностным явлениям, происходящим на границе минерал-вода. В третьем разделе рассматриваются поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах. Теория контактных взаимодействий рассмотрена в 4-ом разделе. Пятый заключительный раздел посвящен рассмотрению объемных изменений, прочности, а также процессов деформирования и ползучести грунтов с позиций физико-химической механики.

Семинары посвящены закреплению освоенного материала по курсу, текущему контролю знаний, а так же практическому знакомству с современными методами количественного анализа состава и микроструктуры дисперсных грунтов и методикой интерпретации получаемых данных.

**Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				
		Виды контактной работы, часы				
Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего			
Введение. Раздел 1. Условия образования и состав дисперсных грунтов.		2		-	2	
Раздел 2. Жидкая компонента грунтов и поверхностные явления на границе минерал-вода.		2		2	4	Реферат* по заданной теме, 20 часов

Раздел 3. Поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах.	2	4	6	Подготовка к контрольному опросу, 8 часов
Раздел 4. Теория контактных взаимодействий в дисперсных грунтах.	2	6	8	Подготовка к контрольной работе, 10 часов
Раздел 5. Объемные изменения в дисперсных грунтах.	2	8	10	Подготовка к контрольному опросу, 8 часов
Раздел 6. Прочность, деформирование и ползучесть грунтов с позиций физико-химической механики.	2	10	12	Подготовка к контрольной работе, 10 часов
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>				10
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>42</b>	<b>66</b>	

\*Текущий контроль успеваемости проводится в рамках семинарских занятий.

## Содержание разделов дисциплины

### Содержание лекционных занятий

#### Раздел 1. Введение. Условия образования и состав дисперсных грунтов.

Объект и задачи курса, его методологическая основа. Связь курса с грунтоведением и другими смежными дисциплинами.

Минералы дисперсных грунтов как структурные элементы. Морфометрические особенности структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки. Удельная поверхность, поверхностные силы и свободная энергия структурных элементов.

Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и энергетического состояния. Специфические свойства глинистых минералов.

#### Раздел 2. Жидкая компонента грунтов и поверхностные явления на границе минерал-вода.

Состав и свойства жидкой компоненты грунтов, ее изменения при диагенезе и гипергенезе.

Процессы гидратации минералов и образование гидратных пленок адсорбционно-связанной воды. Структура и свойства тонких пленок связанной воды. Теория устойчивости граничных пленок. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.

Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов. Основные положения теории двойного электрического слоя. Адсорбционный и диффузный слой. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды. Электростатическая составляющая расклинивающего давления.

#### Раздел 3. Поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах.

Природа поверхностных сил. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил. Вычисление энергии молекулярного взаимодействия между микрочастицами на основе микроскопической теории. Особенности молекулярного притяжения сферических и плоских микрочастиц. Влияние кривизны поверхности на молекулярное поле частиц.

Силы магнитной природы между микрочастицами. Условия их образования. Капиллярные силы в грунтах. Условия проявления капиллярных сил и расчеты их величин.

Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО. Закономерности развития коагуляции и

гетерокоагуляции в различных физико-химических условиях.

Процессы структурообразования в осадках. Взаимодействие микрочастиц в "стесненных" условиях. Роль глинистых минералов в формировании структур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроstructures молодых осадков.

Преобразование микроstructures осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе. Матричные, ламинарные и турбулентные микроstructures глинистых грунтов.

Микроструктурные изменения в дисперсных грунтах при гипергенезе. Метастабильные структуры "чувствительных" глин. Микроstructures лессов. Влияние процессов увлажнения и высушивания на формирование микроstructures лессов.

Особенности процессов структурообразования в дисперсных грунтах элювиального происхождения. Доменная, псевдоглобулярная и губчатая микроstructures элювиальных глин.

Современные методы изучения микроstructures дисперсных грунтов.

#### **Раздел 4. Теория контактных взаимодействий в дисперсных грунтах.**

Типы контактов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения грунтов с различными типами контактов. Зависимость состояния и свойств грунтов от преобладающего типа контактов. Прямые и косвенные методы изучения прочности индивидуальных контактов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.

#### **Раздел 5. Объемные изменения в дисперсных грунтах.**

Объемные изменения грунтов при гидратации и дегидратации. Природа набухания и усадки грунтов. Структурные изменения при набухании и усадке. Факторы, определяющие развитие этих процессов.

Объемные изменения грунта при сжатии. Природа деформирования и виды деформаций. Поровое давление и теория эффективных напряжений.

Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки. Структурные изменения при просадке.

#### **Раздел 6. Прочность, деформирование и ползучесть грунтов с позиций физико-химической механики.**

Природа прочности крупнообломочных грунтов. Крупнообломочные грунты как природные композиты. Закономерности изменения прочностных свойств крупнообломочных грунтов.

Природа прочности песчаных грунтов. "Сухое" трение на контактах и его зависимость от минерального состава песчаных зерен. Влияние воды и минеральных пленок на прочность песков. Явление дилатансии в песках.

Природа прочности глинистых грунтов. Трение на контактах глинистых минералов. Физическая сущность "сцепления" глинистых грунтов. Влияние степени литификации и физико-химических факторов на величину сцепления и угол внутреннего трения. Структурные изменения при сдвиге и их связь с дилатансией. Поровое давление и его влияние на прочность глин.

Реологические явления в грунтах. Природа и механизм реологических процессов. Релаксация напряжений. Характер деформирования жидких и твердых тел в зависимости от соотношения времени релаксации и времени действия нагрузки. Реологические модели и их применение в механике грунтов.

Объемное деформирование грунтов во времени. Первичная и вторичная консолидация, способы описания.

Ползучесть грунтов при сдвиге. Реологические кривые сдвига. Порог ползучести. Вязкость и ее зависимость от напряжения сдвига. Структурные изменения при ползучести. Влияние порового давления и дилатансии на ползучесть грунтов. Природа длительной прочности глин. Неоднородность контактов как основной фактор ползучести. Макро- и микрореологические модели глин.

#### **Содержание семинарских занятий**

1. Количественный фазовый анализ глинистых грунтов рентгеновским методом.
  2. Количественный анализ микроструктуры глинистых грунтов с помощью РЭМ.
  3. Определение прочности единичного контакта.
  4. Изучение сопротивления глин сдвигу в общих и эффективных напряжениях
- Семинарские занятия по курсу состоят в выполнении задач с помощью современных физико-химических исследований, обработки данных с применением персонального компьютера и интерпретации результатов.

### **Рекомендуемые образовательные технологии**

Презентации лекционного материала, представление доклада по дисциплине в виде презентации за отведенное время, обсуждение рефератов с использованием презентаций.

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при написании каждым студентом реферата и его презентации в виде устного доклада.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы и пишутся 2 контрольные работы.

#### ***Примерный список тем рефератов:***

1. Формирование микроструктур глинистых осадков.
2. Формирование микроструктур глинистых грунтов при диагенезе и катагенезе.
3. Физико-химические модели глинистых грунтов.
4. Расчет прочности индивидуальных контактов.
5. Инженерно-геологическая классификация глинистых пород по структурно-минеральным разновидностям.
6. Природа набухания глинистых грунтов.
7. Механизм и закономерности просадки лессовых грунтов.
8. Природа прочности песчаных грунтов.
9. Природа прочности глинистых грунтов.
10. Реологические модели и их применение в физико-химической механике грунтов.

#### ***Вопросы домашнего задания для самостоятельной подготовки студентов:***

1. Чем отличается кристаллическая структура каолинита от монтмориллонита?
2. Какова причина образования осмотической воды?
3. Как влияют физико-химические факторы на двойной электрический слой?
4. Какова природа капиллярных сил? Приведите формулу расчета капиллярных сил для частиц сферической формы.
5. Какие существуют энергетические типы контактов между минеральными частицами в дисперсных грунтах?
6. Каковы микроструктурные изменения в лессовых грунтах при просадке?
7. Каково влияние степени литификации на величину параметра «сцепление» в глинистых грунтах?
8. Какие типы реологических моделей используют в механике грунтов?

#### ***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:***

1. Основные группы глинистых минералов
2. Специфические свойства глинистых минералов.
3. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и специфические свойства глинистых минералов.

4. Глинистые минералы группы каолинита и смектита, особенности их кристаллохимического строения.
5. Минералы дисперсных грунтов как твердые структурные элементы.
6. Структурные элементы в глинистых грунтах. Морфометрические особенности структурных элементов.
7. Морфометрические особенности твердых структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки.
8. Процессы гидратации минералов и образование гидратных пленок адсорбционно-связанной воды. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
9. Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов.
10. Основные положения теории двойного электрического слоя. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
11. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды.
12. Основные положения теории двойного электрического слоя. Адсорбционный и диффузный слой.
13. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
14. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
15. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил.
16. Вычисление энергии молекулярного взаимодействия между микрочастицами на основе микроскопической теории. Особенности молекулярного притяжения сферических и плоских микрочастиц.
17. Силы магнитной природы между микрочастицами. Условия их образования.
18. Капиллярные силы в грунтах. Условия проявления капиллярных сил и расчеты их величин.
19. Суммарные силы взаимодействия глинистых частиц. Теория ДЛФО.
20. Теория ДЛФО
21. Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО.
22. Закономерности развития коагуляции и гетерокоагуляции в различных физико-химических условиях.
23. Типы контактов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения грунтов с различными типами контактов.
24. Геометрические и энергетические типы контактов между минеральными частицами в глинистых грунтах.
25. Зависимость состояния и свойств грунтов от преобладающего типа контактов.
26. Прямые и косвенные методы изучения прочности индивидуальных контактов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.
27. Физико-химические модели глинистых грунтов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.
28. Процессы структурообразования в осадках. Скелетные и ячеистые микроstructures молодых осадков.
29. Преобразование микроstructures осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе.
30. Преобразование микроstructures осадков при диагенезе. Матричные, турбулентные и ламинарные микроstructures глинистых грунтов.
31. Особенности формирования микроstructures глинистых пород на стадиях катагенеза и метагенеза.
32. Природа набухания грунтов. Факторы, определяющие развитие этого процесса.
33. Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки.
34. Структурные изменения при набухании. Факторы, определяющие развитие этих процессов.
35. Типы микроstructures лессовых грунтов и их изменение при просадке.

36. Роль глинистых минералов в формировании микроструктур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.
37. Особенности процессов структурообразования в дисперсных грунтах элювиального происхождения. Доменная, псевдоглобулярная и губчатая микроструктуры элювиальных глин.
38. Инженерно-геологическая классификация микроструктур глинистых грунтов.
39. Классификация глинистых грунтов по микроструктурно-минеральным разновидностям

## **7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

### *Перечень вопросов при промежуточной аттестации:*

Билет 1.

1. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения.
2. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
3. Природа набухания грунтов. Факторы, определяющие развитие этого процесса.

Билет 2.

1. Минералы дисперсных грунтов, как структурные элементы. Морфометрические особенности структурных элементов.
2. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
3. Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки.

Билет 3.

1. Специфические свойства глинистых минералов.
2. Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов.
3. Природа прочности глинистых грунтов. Физическая сущность "сцепления" глинистых грунтов.

Билет 4.

1. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
2. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил.
3. Влияние степени литификации и физико-химических факторов на величину сцепления и угол внутреннего трения в глинистых грунтах.

Билет 5.

1. Основные положения теории двойного электрического слоя. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
2. Процессы структурообразования в осадках. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.
3. Природа прочности песчаных грунтов. "Сухое" трение на контактах и его зависимость от минерального состава песчаных зерен.

Билет 6.

1. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и специфические свойства глинистых минералов.
2. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды.
3. Типы контактов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения грунтов с различными типами контактов.

Билет 7.

1. Морфометрические особенности структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки.
2. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
3. Преобразование микроструктур осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе.

Билет 8.

1. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения.
2. Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО.

3. Структурные изменения при набухании и усадке. Факторы, определяющие развитие этих процессов.

Билет 9.

1. Специфические свойства глинистых минералов.

2. Роль глинистых минералов в формировании структур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.

3. Ползучесть грунтов при сдвиге. Реологические кривые сдвига.

Билет 10.

1. Минералы дисперсных грунтов как структурные элементы.

2. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.

3. Преобразование микроструктур осадков при диагенезе. Матричные, ламинарные и турбулентные микроструктуры глинистых грунтов.

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные положения теории формирования свойств дисперсных грунтов при литогенезе под действием различных физико-химических факторов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: анализировать количественные данные минерального состава, микростроения и их влияние на результаты прочностных и деформационных испытаний грунтов.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать данные минерального состава и микростроения.	Успешное умение анализировать данные минерального состава, микростроения и их влияние на результаты прочностных и деформационных испытаний грунтов.
Владение: навыки использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей между структурными элементами в	Навыки использования физико-химических моделей отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей в	Полное владение навыками использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей в дисперсных грунтов.

дисперсных грунтов.			дисперсных грунтов.	
------------------------	--	--	------------------------	--

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы

#### - *основная литература:*

1. Лабораторные работы по грунтоведению/ Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2008. 519 с.
2. Осипов В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М.: Изд-во МГУ, 1979. 231 с.
3. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва.: ГЕОС, 2013. 576 с.
4. Осипов В.И., Соколов В.Н., Еремеев В.В. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений. М.: Наука, 2001. 238 с.
5. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989. 211 с.
6. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы/ Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Недра, 1985. 288 с.
7. Физико-химическая механика природных дисперсных систем/ Под ред. Е.Д.Щукина, И.В. Перцева, В.И.Осипова, Р.И. Злочевской. М.: Изд-во МГУ, 1985. 263 с.
8. Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах/ Под ред. Е.Д.Щукина. М.: Изд-во МГУ, 1988. 279 с.

#### - *дополнительная литература:*

1. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986. 206 с.
2. Щукин Е.Д, Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2007. 444 с.
3. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур // В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Наука, 1966. С. 3-16.
4. Яминский В.В., Пчелкин В.А., Амелина Е.А., Е.Д.Щукин. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М.: Химия, 1982. 184 с.

### Б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы: ПО “STIMAN 3D”

## 9. Язык преподавания – русский.

## 10. Преподаватель – Чернов М.С.

## 11. Авторы программы – д.г.-м.н., проф. В.Н. Соколов, к.г.-м.н. М.С. Чернов