

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ КУРСА  
«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЮЧИХ  
ИСКОПАЕМЫХ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

Донецк  
2017



**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ КУРСА  
«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРЮЧИХ  
ИСКОПАЕМЫХ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ»**

**(для студентов специальности 21.05.04 "Горное дело" специализации  
"Обогащение полезных ископаемых")**

Утверждено  
научно-издательским советом ДонНТУ  
Протокол № 2 от 23.03.2017 г.

Утверждено на заседании  
методической комиссии по специальности  
"Обогащение полезных ископаемых"  
Протокол № 6 от 20 января 2017 г.

Донецк  
2017

УДК 622.7

Методические указания к самостоятельному изучению курса «Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования» для студентов специальности 21.05.04 "Горное дело" специализации "Обогащение полезных ископаемых"/ сост. В.Г. Самойлик – Донецк: ДонНТУ, 2017. – 16 с.

Представлено краткое содержание дисциплины «Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования».

Изложена рабочая программа курса, даны указания к изучению его разделов.

Составитель: доц. Самойлик В. Г.

Рецензенты: доц., к.т.н. Корчевский А. Н.

вед. научн. сотрудник., к.х.н. Хилько С.Л.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курс «Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования» изучается в соответствии с рабочей программой подготовки специалистов специальности 21.05.04 "Горное дело" специализации "Обогащение полезных ископаемых".

Целью преподавания дисциплины является подготовка специалиста, обладающего глубоким пониманием теоретических и практических основ методов исследования твёрдых горючих ископаемых, технологических процессов их переработки.

При изучении дисциплины студент получает большой объем информации. Поэтому для усвоения материала необходимо вести краткий конспект.

Основная цель составления конспекта - собрать в сжатой форме информацию по предмету.

В конспекте стоит записывать основные определения и понятия, выводы формул, модели технологических процессов. Особое внимание следует обратить на методики проведения исследований физико-химических свойств твёрдых горючих ископаемых (ТГИ).

При составлении конспекта следует руководствоваться программой, методическими указаниями и контрольными вопросами. Необходимо предостеречь студентов от переписывания из книг большого объёма текста. В таком конспекте трудно ориентироваться. Необходимо помнить, что речь инженера - чертежи, график, эскиз, формула и руководствоваться этим при составлении конспекта.

После изучения материала каждого раздела следует осуществить самоконтроль знаний, то есть ответить на контрольные вопросы. Материал можно считать усвоенным, если студент может ответить на все вопросы без помощи конспекта и книги. Очень важно при этом проявить творческий подход к делу, что может найти выражение в следующем:

- приводится несколько примеров;

- для ответа привлекается информация из дополнительных источников, личного опыта и личного творческого поиска;

- вносятся предложения по использованию новых методов проведения исследований и обработки полученных данных.

В результате изучения дисциплины студент должен **знать** условия образования и основные характеристики различных видов ТГИ, методы исследования состава и физико-химических свойств твёрдых горючих ископаемых.

Изучение дисциплины обуславливает приобретение **умений**, необходимых для: классификации твёрдых горючих ископаемых; применения теоретических знаний и результатов исследований для анализа свойств горючих ископаемых; расчётов показателей технического и элементного анализов; владения методами исследований свойств горючих ископаемых.

Курс базируется на знании основных положений философии, математики, физики, химии, геологии, петрографии, технологии горного производства, переработки и комплексного использования минерального сырья.

## **2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ**

### **2.1. Общие сведения о твёрдых горючих ископаемых. Условия образования твёрдых горючих ископаемых**

Общие сведения о твёрдых горючих ископаемых (ТГИ): уголь, торф, горючие сланцы. Направления использования ТГИ. Каустобиолиты, гумиты, липтобиолиты, сапропелиты. Особенности образования твёрдых горючих ископаемых в различные геологические периоды.

Схема углеобразовательного процесса. Особенности первой фазы углеобразования. Виды биохимических превращений отмерших растительных остатков: тление, перегнивание, торфообразование, гнилостное брожение. Условия накопления растительных остатков в процессе торфообразования. Углефикация. Преобразование растительных остатков в процессе диагенеза. Метаморфизм: региональный, контактовый, динамометаморфизм.

При проработке вступительной части курса следует осознать значение различных видов ТГИ в промышленном производстве.

Необходимо усвоить основные стадии углеобразовательного процесса гумитов при переходе растительных остатков первоначально в торф, а затем последовательно в бурый, каменный уголь и антрациты.

Также необходимо разобраться в условиях торфообразования, так как в процессе разложения растительных остатков большое значение имеют следующие факторы: состав исходных растений, доступ кислорода воздуха, присутствие воды и её химический состав, деятельность грибов и микроорганизмов.

Особое внимание необходимо уделить изучению процесса углефикации при переходе торфа к бурым углям и их последующим изменениям при диагенезе и метаморфизме. Разобраться в особенностях регионального, контактового и динамометаморфизма.

Литература [1-3].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Структура мировых запасов горючих ископаемых.
2. Укажите основные направления использования торфа.
3. Охарактеризуйте промышленную ценность горючих сланцев.
4. Приведите классификацию ТГИ в зависимости от типа исходного органического вещества и условий их образования.
5. Опишите особенности образования ТГИ в различные геологические периоды.
6. Охарактеризуйте условия образования ТГИ в каменноугольный период.

7. Опишите схема углеобразовательного процесса.
8. Охарактеризуйте основные виды биохимических превращений отмерших растительных остатков.
9. Перечислите факторы, влияющие на процесс торфообразования.
10. Укажите различия между эвтрофными, олиготрофными, мезотрофными торфяниками.
11. Что означает автохтонный процесс накопления растительного материала?
12. Какие процессы протекают при диагенезе?
13. Охарактеризуйте основные виды метаморфизма.
14. В чём сущность правила Хильта?

## **2.2. Условия образования и общая характеристика гуммитов, липтобиолитов, сапропелитов и горючих сланцев**

Общая характеристика торфа. Типы торфа: верховой, низинный, переходный. Степень разложения торфа. Групповой состав. Гуминовые вещества. Бурые угли: землистые бурые угли, плотные бурые угли, лигниты. Их общая характеристика, групповой состав, физико-химические свойства. Каменные угли. Их общая характеристика, групповой состав. Классификация каменных углей по марочному составу. Антрациты. Их общая характеристика, физико-химические свойства.

Особенности углеобразования липтобиолитов. Общая характеристика основных типов липтобиолитов. Сапропелиты. Исходный материал для образования сапропеля. Превращение сапропелитов буро- и каменноугольной стадий зрелости. Основные отличия сапропелитов от гумусовых углей. Общая характеристика основных типов сапропелитов. Отличительные признаки горючих сланцев. Условия их образования. Характеристика трёх типов керогена горючих сланцев.

При изучении этого раздела необходимо усвоить основные особенности данных видов ТГИ, обусловленные процессами их образования. Познакомьтесь с общими характеристиками типичных представителей этих видов ТГИ на различных стадиях их химической зрелости.

Особое внимание следует уделить изучению органической составляющей горючих сланцев – керогену, характеристике его различных типов.

Литература [1-3].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Дайте общую характеристику торфа.
2. Охарактеризуйте основные типы торфа.
3. Укажите основные особенности группового состава органической части различных типов торфа.
4. Опишите гуминовые вещества торфа.
5. Чем различаются землистые и плотные бурые угли?
6. Дайте общую характеристику группового состава и свойств бурых углей.

7. В чём заключаются основные различия каменных углей от бурых?
8. Дайте общую характеристику антрацитов.
9. Опишите схему углеобразовательного процесса липтобиолитов.
10. Охарактеризуйте основные типы липтобиолитов на различных стадиях углеобразования.
11. Что является исходным материалом для образования сапропеля?
12. Опишите процесс превращения сапропелитов на буро- и каменноугольной стадий зрелости.
13. Укажите основные отличия сапропелитов от гумусовых углей.
14. Охарактеризуйте основные отличительные признаки горючих сланцев.

### 2.3. Петрографический состав углей

Мацералы и минеральные включения. Петрографический состав угля. Номенклатура групп мацералов и минеральных включений плотных блестящих бурых углей, каменных углей и антрацитов. Группы мацералов витринита, инертинита, липтинита, семивитринита. Особенности образования различных групп мацералов, их общие характеристики. Литотипы углей: витрен, кларен, дюрен, фюзен. Мацеральный состав литотипов угля. Методика определения содержания отдельных мацералов или групп мацералов в один этап. Определение мацерального состава, а также содержания минеральных компонентов в два этапа. Петрографический метод определения обогатимости углей. Извлечение сухой беззольной массы в концентрат. Степень обогатимости каменных углей.

Изучение этого раздела потребует от Вас освежить в памяти знания по геологии и петрографии. Особое внимание необходимо будет уделить особенностям образования отдельных групп мацералов углей и их общим характеристикам.

Знакомство с методикой определения отдельных мацералов, минеральных компонентов даст Вам возможность самостоятельно проводить исследования проб каменных углей, определить степень обогатимости даже по керновым пробам.

Литература [1-4].

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для каких целей применяется петрографический анализ?
2. Какие группы мацералов Вы знаете? Охарактеризуйте их основные признаки.
3. Укажите мацеральный состав литотипов угля.
4. Как определяется содержание отдельных мацералов или групп мацералов в углях?
5. Опишите методику определения мацерального состава и содержания минеральных компонентов в углях.
6. Как определить степень обогатимости углей петрографическим методом?



7. Охарактеризуйте степени обогатимости углей по показателю извлечения в концентрат.

## 2.4. Технический анализ ТГИ

Назначение технического анализа. Виды влаги в ТГИ: общая влага, влага внешняя, влага воздушно-сухого топлива. Адсорбционная влага. Влага аналитической пробы. Гигроскопическая влага. Максимальная влагоёмкость. Методы определения общей влаги: одно- или двухступенчатым методом в зависимости от влажности топлива и возможности его измельчения без предварительной подсушки. Определение влаги в аналитической пробе ускоренным методом и методом высушивания при 105-110°C на воздухе и в токе азота. Определение гигроскопической влаги. Влага в ТГИ различной степени зрелости.

Минеральные вещества ТГИ: внутренние и внешние. Подразделение минеральных примесей по способу их попадания в топливо на первичные, вторичные и случайные. Основные превращения минеральных компонентов ТГИ в процессе озоления: дегидратация; разложение карбонатов с выделением диоксида углерода; окисление дисульфидов железа; разложение сульфата железа и др. Стандартный метод определения зольности минерального твёрдого топлива. Медленное и ускоренное озоление. Методы определения диоксида углерода карбонатов: гравиметрический метод, объёмный метод. Влияние зольности на технологические характеристики ТГИ.

Выход летучих веществ. Определение выхода летучих веществ в группе каменных углей. Выход летучих веществ из ТГИ разной природы и зрелости. Расчёт нелетучего углерода. Пересчёт результатов технического анализа на различные состояния топлива.

При изучении данного раздела необходимо усвоить, что влага и минеральные примеси являются неизбежным компонентом всех видов ТГИ, содержание которых связано как с генетическими факторами торфо- и углеобразования и условиями залегания ТГИ в недрах, так и способами их добычи, хранения и переработки. Знание методов определения различных видов влаги и содержания минеральных примесей даст возможность Вам объективно оценивать качество ТГИ как топлива, определить возможные пути его обезвоживания и обеззоливания.

Литература [1, 2, 5].

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для каких целей проводится технический анализ ТГИ?
2. Что означает термин «влагосодержание»?
3. Укажите различия между адсорбционной влагой и гидратной.
4. Дайте определение гигроскопической влаге. От чего зависит её величина?
5. Укажите основные особенности методов определения общей влаги ТГИ.
6. Сущность методов определения влаги в аналитической пробе?
7. Как проводится определение гигроскопической влаги топлива?

8. Как изменяется гигроскопическая влага в генетическом ряду гумитов?
9. Как разделяются минеральные вещества ТГИ по своему происхождению?
10. Опишите виды внешних минеральных примесей.
11. Укажите в чём заключаются различия между содержанием минеральных веществ в ТГИ и количеством золы.
12. Для каких целей проводят определение содержания диоксида углерода карбонатов?
13. Что входит в состав летучих веществ ТГИ?
14. Как определяется массовая доля нелетучего углерода?

### **2.5. Теплота сгорания ТГИ. Методы определения спекаемости и коксуетности углей**

Процесс горения топлива. Теплота сгорания по бомбе. Определение высшей теплоты сгорания топлива. Определение низшей теплоты сгорания топлива. Формула Д.И. Менделеева для расчёта высшей теплоты сгорания. Спекаемость углей. Процесс спекания. Определение пластометрических показателей. Типы пластометрических кривых и графики пластометрических испытаний. Толщина пластического слоя. Определение спекающей способности по методу Рога. Индекс Рога. Определение спекаемости углей по индексу свободного вспучивания. Определение коксуетности углей.

При проработке этого раздела следует уделить особое внимание методам определения высшей и низшей теплоты сгорания топлива. Разобраться из-за чего образуется разница в их величинах.

Необходимо усвоить основные стадии процесса спекания углей, технологические факторы, оказывающие существенное влияние на спекаемость углей. Разобраться в видах пластометрических кривых и способе их получения; в методиках определения спекаемости углей по индексу свободного вспучивания и определения коксуетности углей.

Литература [1, 2, 5].

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. От чего зависит количество теплоты, получаемой при сжигании топлива?
2. В чём заключаются основные различия в расчётах высшей и низшей теплоты сгорания топлива?
3. Опишите методику определения высшей теплоты сгорания топлива.
4. Как определяется энергетический эквивалент калориметра?
5. Как влияет элементный состав ТГИ на их теплоту сгорания?
6. Какие параметры влияют на процесс спекания углей?
7. Чем различаются пластометрические и дилатометрические методы определения спекаемости углей?

8. В чём заключается сущность метода определения пластометрических показателей на аппарате Л. М. Сапожникова?
9. Охарактеризуйте возможные типы пластометрических кривых.
10. Для каких целей используется индекс Рога?
11. Опишите методику определения индекса свободного вспучивания углей.
12. Каким методом определяют коксуюемость углей?

## **2.6. Физико-механические свойства ТГИ**

Действительная и кажущаяся плотности. Определение действительной плотности ТГИ. Два метода определения кажущейся плотности твёрдого топлива. Определение насыпной плотности ТГИ. Влияние различных факторов на плотность ТГИ. Основные физико-механические свойства ТГИ: прочность, твёрдость, дробимость, пластичность, упругость. Определение микротвёрдости и микрохрупкости. Определение механической прочности. Влияние различных факторов на механическую прочность ТГИ. Определение размолоспособности ТГИ.

При изучении этого раздела необходимо усвоить, что овладение методиками определения физических и физико-механических свойств ТГИ позволяет не только устанавливать особенности химического строения органической массы углей, но и решать задачи, связанные с возможностью их обогащения и дальнейшего рационального технологического использования.

Литература [1, 2, 6, 7].

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Чем отличается кажущаяся плотность от действительной?
2. Опишите стандартный пикнометрический метод определения действительной плотности твёрдого топлива.
3. Укажите крупность пробы для определения кажущейся плотности ТГИ.
4. Как определяют насыпную плотность ТГИ?
5. Опишите влияние различных факторов на плотность ТГИ.
6. Приведите классификацию пор и пустот в углях.
7. Охарактеризуйте основные физико-механические свойства ТГИ.
8. В чём заключается сущность методов определения микротвёрдости и микрохрупкости ТГИ?
9. Какими методами определяется механическая прочность ТГИ?
10. Опишите влияние различных факторов на механическую прочность ТГИ.
11. На чём основаны методы определения коэффициента размолоспособности топлива?
12. Опишите методику определения коэффициента размолоспособности по Хардгроу.

## **2.7. Теплофизические и электрофизические свойства ТГИ**

Общие представления об удельной теплоёмкости, коэффициенте теплопроводности, коэффициенте температуропроводности. Метод определения удельной теплоёмкости и коэффициента температуропроводности. Метод определения коэффициента теплопроводности. Влияние различных факторов на теплофизические свойства ТГИ. Общие представления об удельном электрическом сопротивлении, диэлектрической проницаемости, тангенсе угла диэлектрических потерь. Метод определения удельного электрического сопротивления. Метод определения диэлектрической проницаемости. Влияние различных факторов на электрофизические свойства ТГИ.

При проработке этого раздела следует уяснить, что теплофизические и электрофизические свойства определяются не только природой ТГИ и содержанием в них минеральных примесей, но и рядом технологических факторов: влажностью, температурой, гранулометрическим составом и др. Детальная проработка методик, изложенных в этом разделе, позволит Вам качественно оценивать теплофизические и электрофизические параметры ТГИ с учётом влияния этих факторов.

Литература [1, 2, 6, 7].

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Охарактеризуйте основные теплофизические свойства ТГИ.
2. В чём заключается сущность метода определения удельной теплоёмкости и коэффициента температуропроводности?
3. Опишите блок-схему установки для определения теплоёмкости и температуропроводности.
4. На чём основан метод определения коэффициента теплопроводности?
5. Укажите требования, предъявляемые к образцам при определении коэффициента теплопроводности.
6. Какие факторы влияют на теплофизические свойства ТГИ?
7. Охарактеризуйте основные электрофизические свойства ТГИ.
8. В чём заключается сущность метода определения удельного электрического сопротивления?
9. Укажите требования, которые предъявляются к образцам при определении удельного электрического сопротивления.
10. Какое оборудование используется при определении диэлектрической проницаемости ТГИ?
11. По какой методике проводится определения тангенса угла диэлектрических потерь?
12. Охарактеризуйте влияние различных факторов на электрофизические свойства ТГИ.

### **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Подготовка проб для анализа ТГИ.
2. Методы определения общей влаги.
3. Методы определения зольности твёрдого топлива.
4. Методы определения выхода летучих веществ.
5. Методы определения спекаемости углей.
6. Методы определения плотности углей.
7. Методы определения механической прочности.
8. Методы определения размолоспособности ТГИ.

### **4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Самойлик, В.Г. Классификация твёрдых горючих ископаемых и методы их исследований: [монография] / В.Г. Самойлик. – Харьков: Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. – 308 с.
2. Физико-химические свойства горючих ископаемых и методы их исследования: конспект лекций / сост. В.Г. Самойлик. – Донецк: ДонНТУ, 2016. - 149 с.
3. Нестеренко, Л.Л. Основы химии и физики горючих ископаемых / Л.Л. Нестеренко, Ю.В. Бирюков, В.А. Лебедев. – К.: Вища шк., 1987. – 359 с.
4. Касаточкин, В.И. Строение и свойства природных углей / В.И. Касаточкин, Н.К. Ларина, – М.: Недра, 1975. – 159 с.
5. Авгушевич, И.В. Стандартные методы испытания углей. Классификация углей / И.В. Авгушевич, Т.М. Броновец, Г.С. Головин и др. – М.: НТК «Трек», 2008. – 368 с.
6. Агроскин, А.А. Физика угля: монография / А.А. Агроскин. – М.: Недра, 1965. – 352 с.
7. Тайц, Е.М. Методы анализа и испытания углей / Е.М. Тайц, И.А. Андреева. – М.: Недра, 1983. – 301 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	5
2. Рабочая программа дисциплины и методические указания к самостоятельному изучению.....	6
2.1. Общие сведения о твёрдых горючих ископаемых Условия образования твёрдых горючих ископаемых.....	6
2.2. Условия образования и общая характеристика гуммитов, липтобиолитов, сапропелитов и горючих сланцев.....	7
2.3. Петрографический состав углей.....	8
2.4. Технический анализ ТГИ.....	9
2.5. Теплота сгорания ТГИ. Методы определения спекаемости и коксуемости углей.....	10
2.6. Физико-механические свойства ТГИ.....	11
2.7. Теплофизические и электрофизические свойства ТГИ.....	11
3. Перечень практических занятий.....	13
4. Список рекомендуемой литературы.....	13



Методические указания  
к самостоятельному изучению курса «Физико-химические свойства горючих  
ископаемых и методы их исследования»  
для студентов специальности 21.05.04 "Горное дело" специализации  
"Обогащение полезных ископаемых"

Составитель Самойлик Виталий Григорьевич