

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«05» июля 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Основы технологии производства углеродных материалов**

**Уровень высшего образования:**  
Магистратура

---

**Направление подготовки (специальность):**  
18.04.01 Химическая технология

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Технология композиционных материалов и малотоннажного синтеза

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 04.02.2019)

Москва 2019

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 18.04.01 «Химическая технология» (программа магистратуры) в редакции приказа МГУ от 01 июля 2019 г., №842.

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>СПК-1.М</b> Способность применять теоретические основы химической технологии для моделирования и оптимизации способов получения композиционных материалов и продуктов малотоннажного синтеза	<b>Знать</b> виды углеродных материалов и способы анализа, обработки структурной информации углеродных материалов <b>Знать</b> основные методики и способы лабораторного и широкомасштабного производства углеродных материалов различных видов. <b>Знать</b> области применения и методы изучения свойств углеродных материалов <b>Уметь</b> анализировать технологический цикл производства углеродных материалов, подбирать и характеризовать химические компоненты данного цикла. <b>Владеть</b> навыками выбора оптимального оборудования и технического оснащения для производства углеродных материалов
<b>СПК-4.М</b> Способность оценивать риски и экономическую эффективность при создании и внедрении новых химических технологий композиционных материалов и малотоннажного синтеза	<b>Знать</b> принципы организации технологического процесса производства углеродных материалов, разработки норм и нормативов производства углеродных материалов <b>Уметь</b> рассчитывать основные характеристики технологического процесса производства углеродных материалов, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства
<b>СПК-5.М</b> Способность выбирать экологически безопасные способы производства новых веществ и материалов и способы утилизации отходов	<b>Владеть</b> методами расчета материальных балансов; методами построения технологии с учетом экономических и экологических факторов; навыками грамотного подбора технологического оборудования

3. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 88 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (18 часов - занятия лекционного типа, 54 часа составляют семинары, 22 часа – индивидуальные консультации, 4 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 56 часов составляет самостоятельная работа магистранта.

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Физическая химия»

5. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).  
Используются следующие технологии: лекции и семинарские занятия. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных в ведущих научных школах, в том числе научной школы МГУ и опубликованных в современной научно-технической и периодической литературе.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1.	8	1	4		1		6		2	2
Тема 2.	9	1	5		1		7		2	2

Тема 3.	9	1	5		1		7		2	2
Тема 4.	9	1	5		1		7		2	2
Тема 5.	10	2	5		1		8		2	2
Тема 6.	10	2	5		1		8		2	2
Тема 7.	10	2	5		1		8		2	2
Тема 8.	10	2	5		1		8		2	2
Тема 9.	10	2	5		1		8		2	2
Тема 10.	12	2	5		1		8		4	4
Тема 11.	11	2	5		2		9		2	2
<b>Промежуточная аттестация экзамен</b>	<b>36</b>					4	4			<b>32</b>
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>18</b>	<b>54</b>		<b>12</b>	<b>4</b>	<b>88</b>		24	<b>56</b>

Содержание тем:

Тема 1. Традиционные углеродные материалы в современных технологиях

Тема 2. Классификация. Природные и искусственные углеродные материалы. Пеки

Тема 3. Нефтяной и пековый кокс.

Тема 4. Технология крупногабаритных углеродных изделий. Особенности службы в черной и цветной металлургии

Тема 5. технический углерод (сажа)

Тема 6. Углеродные волокна. Углеродные композиционные материалы.

Тема 7. Углеродные материалы на основе интеркалированного графита. Уплотнительные материалы, фольга

Тема 8. Алмаз – способы получения, формы, применение.

Тема 9. Новые углеродные материалы. Фуллерены, нанотрубки, графен

Тема 10. Свойства углеродных материалов и методы исследования

Тема 11. Производство углеродных материалов. Системы нормативной документации на проведение анализов и на производство. Коэффициенты вариативности. Элементы понятий правовой защиты.

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Темы рефератов:

1. Углерод в электронной промышленности по результатам публикаций журнала Carbon.
2. Углерод в атомной промышленности по результатам анализа патентной литературы.
3. Технологии получения алмазов в виде наночастиц, пленок и кристаллов.
4. Способы синтеза графена
5. Пористый углерод – применение для газоразделения.
6. Виды и физико-механические свойства нанотрубок.
7. Графен в электронике.
8. Конструкция и материалы литиевых батарей
9. Суперконденсаторы, технология и характеристики.
10. Сравнительная характеристика углеродных материалов для суперконденсаторов.
11. Углеродные материалы в медицине.
12. Углеродные материалы в металлургии.
13. Прогнозы трансформации рынка углеродных материалов.
14. Сравнение методов получения, структуры и свойств углеродных волокон.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ от-крыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

Раздел 1

### **Основная литература**

1. Фенелонов В.Б. Пористый углерод. Новосибирск. Издательство Института катализа СО РАН. 1995.
2. Островский В.С., Виргильев Ю.С., Костиков В.И., Шипков Н.Н. Искусственный графит. -М.: Металлургия, 1986. -272 с.
3. Beguin F., Raymundo-Pinero E., Frakowiak E. Carbons for Electrochemical Energy Storage and Conversion Systems. – CRC Press, Boca Raton, FL. 529 с.

4. Комарова Т.В. Получение углеродных материалов. – М.: РХТУ, 2001. – 95 с.
5. П. Харрис Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века
6. Сидоров Л.Н., Юровская М.А. и др. Фуллерены: учебное пособие. Москва: Экзамен, 2005. - 690 с.

### **Вспомогательная литература**

1. Handbook of carbon, graphite, diamond and fullerenes properties, processing and applications, Hugh Pierson, NOYESRidge, PUBLICATIONS, New Jersey, U.S.A. 1993. 384 с.
2. Милошенко Т., Фетисова О., Полубояров В. Пористые углеродные материалы из антрацитов и природных графитов. LAP LAMBERT Academic Publishing, 116 с.
3. Фиалков, Абрам Самуилович. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе - М. : Аспект-пресс, 1997. - 717 с.
4. М. Сорлье, Х. А. Ойя, Катоды в алюминиевом электролизе - 2-е изд. - Красноярск : Алюминий Ферляг, 1996. - 459 с.
5. Янко, Эдуард Афанасьевич. Аноды алюминиевых электролизеров, - М. : Руда и металлы, 2001. - 670, [1] с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 5-8216-0030-8
6. Шеррбле В.Г., Селезнев А.Н. Пековый кокс в углеродной промышленности, Челябинск, 2003. - 295 с. : ил.; 25 см.;
7. Новиков Н.В. (ред.). Физические свойства алмаза. Справочник Киев: Наукова думка. 1987. 188 с.
8. Соседов В.П., Чалых Е.Ф. Графитация углеродистых материалов. -М.: Металлургия, 1987.-176 с.
9. Фитцер Э. Углеродные волокна и углекомполиты
10. Уббелоде А.Р., Льюис Ф.А. Графит и его кристаллические соединения

- Описание материально-технической базы.

Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной проектором, доской и мелом (фломастерами). Вспомогательный материал в виде презентаций высылается аспирантам по электронной почте

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватели.

Ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук МАЛАХО АРТЕМ ПЕТРОВИЧ, E-mail [malakho@inumit.ru](mailto:malakho@inumit.ru), тел. 8(495)9393607  
Профессор, доктор химических наук АВДЕЕВ ВИКТОР ВАСИЛЬЕВИЧ, E-mail: [avdeev@highp.chem.msu.ru](mailto:avdeev@highp.chem.msu.ru), тел: 8(495)9393592  
Доцент, кандидат химических наук ШОРНИКОВА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА, E-mail: [onshornikova@gmail.com](mailto:onshornikova@gmail.com), тел: 8(495)9392934

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамен. На экзамене проверяется достижение результатов обучения, перечисленных в п.2.

#### **Вопросы к экзамену:**

1. Графит. Природные источники углерода для графита. Виды природного графита.
2. Геолого-промышленные месторождения графита. Минералогический анализ.
3. Обогащение графитовой руды. Марки графита.
4. Очистка графита.
5. Графит. Структура и свойства.
6. Интеркалированные соединения графита акцепторного типа: синтез, строение, состав. Тройные интеркалированные соединения графита акцепторного типа.
7. Свойства интеркалированных соединений графита акцепторного типа: обменные реакции, взаимодействие с водой, термические свойства.
8. Терморасширенный графит (пенографит): получение, свойства, применение.
9. Технологическая схема получения интеркалированного (окисленного графита).
10. Технологическая схема получения графитовой фольги.
11. Интеркалированные соединения графита донорного типа: методы синтеза, строение, состав.
12. Интеркалированные соединения графита донорного типа: свойства, применение.
13. Ковалентные соединения графита. Оксид графита: методы синтеза.
14. Ковалентные соединения графита. Оксид графита: строение и свойства.
15. Электрохимические конденсаторы с ДЭС. Принцип работы.
16. Электрохимические конденсаторы с псевдоемкостью.
17. Углеродные материалы для электрохимических конденсаторов.
18. Активированные угли: получение и свойства.
19. Искусственный графит: области применения, сырье (виды, отличия), стадии получения искусственного графита, назначение каждой стадии, температурный режим каждой стадии, как меняются основные эксплуатационные свойства



20. Прокалка как термический процесс: цели прокалики, температурный режим, изменение характеристик кокса в результате прокалики, методы оценки степени прокаленности кокса, прокалочное оборудование (типы печей, сравнение), барабанная прокалочная печь (принцип действия, устройство (кратко), основные температурные зоны и соответствующие процессы, протекающие в них с коксом)
21. Обжиг углеграфитовой продукции: цель, изменение свойств, основные температурные интервалы обжига, химические реакции, протекающие в процессе обжига
22. Обжиговое оборудование: типы печей, устройство многокамерной печи обжига (кратко), температурный режим
23. Пропитка: назначение, пропитка связующими, пропитка металлами, принцип установки пекопропитки (кратко)
24. Графитация: цель, механизмы графитации, изменение эксплуатационных характеристик (методы исследования)
25. Графитация: цель, механизмы графитации, влияние различных факторов на процесс графитации
26. Печи графитации: типы, сравнение, методы управления процессом графитации
27. Печи графитации конструкции Ачесона и Кастнера: устройство (кратко), методы управления процессом графитации

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<p>Знать виды углеродных материалов и способы анализа, обработки структурной информации углеродных материалов</p> <p>Знать основные методики и способы лабораторного и широкомасштабного производства углеродных материалов различных видов.</p> <p>Знать области применения и методы изучения свойств углеродных материалов</p> <p>Знать принципы организации технологического процесса производства углеродных материалов, разработки норм и нормативов производства углеродных материалов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Уметь анализировать технологический цикл производства углеродных материалов, подбирать и характеризовать химические компоненты данного цикла.</p> <p>Уметь рассчитывать основные характеристики технологического процесса производства углеродных материалов, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>
<p>Владеть навыками выбора оптимального оборудования и технического оснащения для производства углеродных материалов</p> <p>Владеть методами расчета материальных балансов; методами построения технологии с учетом экономических и экологических факторов; навыками грамотного подбора технологического оборудования</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>