

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

"26" мая 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

КАТАЛИЗАТОРЫ И СОРБЕНТЫ

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов
современной энергетики**

специализация № 3

**"Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных
энергетических установок"**

Квалификация выпускника

Инженер

Разработчик _____ Кузнецова И.В.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой НХиХТ
(наименование кафедры, являющейся ответственной за специальность)

_____ Нифталиев С.И.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Катализаторы и сорбенты» являются:

- изучение сорбционных и каталитических процессов химической технологии, обеспечивающих снижение затрат сырья и энергоресурсов в отрасли.;
- формирование компетенций, необходимых для реализации научно-исследовательской и проектной деятельности.

Задачи дисциплины:

профессиональная деятельность, которая включает:

- исследование сорбционных и каталитических процессов получения радиационных материалов, сорбции и концентрирования.

научно-исследовательская деятельность:

- проведение экспериментальных исследований в области технологии новых катализаторов и сорбентов в современной энергетике;
- изучение изменения свойств материалов под действием интенсивных радиационных излучений;

проектная деятельность:

- разработка исходных данных для проектирования новых технологических процессов и оборудования

Объектами профессиональной деятельности являются:

- руды, концентраты и вторичное сырье, химические соединения и материалы на их основе, которые используются в качестве катализаторов и сорбентов;
- природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов;

2 Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Компетенция	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			Знать	Уметь	Владеть
3	ПК-2	Способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов, и энергетических затрат, совершенствования контроля технологического процесса	роль и значение катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии; сырьевую базу катализаторной промышленности, свойства, показатели качества исходных веществ и получаемых на их основе, катализаторов и адсорбентов; - механизм дезактивации катализаторов;	использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций при синтезе веществ; обосновывать принципы построения технологических схем производства и эксплуатации катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии;	методами получения и испытания катализаторов и сорбентов в основных технологических процессах; основами проведения материальных и тепловых расчетов основных технологических стадий производства катализаторов и адсорбентов

3 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Катализаторы и сорбенты» относится к факультативу вариативной части ФТД.В.01.

Дисциплина «Катализаторы и сорбенты» является предшествующей для освоения дисциплин:

«Конструкционные керамические материалы», «Процессы и аппараты химических производств».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
		Общая трудоемкость дисциплины
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	30,85	30,85
Лекции	15	15
Лабораторные работы (ЛБ)	15	15
Зачет	0,1	0,1
Консультации текущие	$15 \cdot 0,05 = 0,75$	0,75
Вид аттестации-зачет	-	-
Самостоятельная работа:	41,15	41,15
Домашнее задание (решение заданий)	$1 \cdot 5 = 5$	5
Подготовка к защите лабораторных работ (собеседование, тест)	7,15	7,15
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	6	6
Проработка материала по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	$15 \text{ п.л.} \cdot 1 \text{ час} = 15$	15
Коллоквиум	8	8

5 Содержание дисциплины, структурированного по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение. Основные понятия.	Скорость реакции и кинетическое уравнение. Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов. Место катализаторов и сорбентов в технологической схеме производства. Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	Разработка методов приготовления катализаторов и адсорбентов с заданными свойствами. Основные методы приготовления катализаторов и адсорбентов. Требования к химическому и фазовому составу носителя. Катализаторы на носителях. Распределение активного вещества по поверхности. Примеры приготовления нанесенных катализаторов. Методы синтеза катализаторов, носителей и адсорбентов, основанные на осаждении. Влияние химического состава и условий осаждения на свойства продукта. Методы приготовления катализаторов, основанные на механическом смешении компонентов. Влияние механической активации на взаимодействие компонентов. Структурно-механические свойства катализаторных и адсорбционных масс. Активированные угли, цеолиты.
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и адсорбентам	Физические свойства адсорбентов и катализаторов. Пористость адсорбентов и катализаторов. Фракционный состав твердых

	сорбентам	катализаторов и сорбентов, удельная поверхность. Плотности твердых катализаторов. Влагоемкость образцов. Механическая прочность. Термостойкость твердых катализаторов и адсорбентов. Теплопроводность и теплоемкость твердых катализаторов. Технология получения углеродных сорбентов. Каталитические реакторы, адсорберы.
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Практические методы исследования активности катализаторов. Статический метод. Проточные (динамические) методы. Безградиентный проточно-циркуляционный метод. Импульсные методы исследования активности катализаторов. Отравление катализаторов. Обратимая и необратимая дезактивация катализаторов. Отравление в результате блокировки активной поверхности катализатора коксом.

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	ЛР, час	СР, час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	2	-	2	4
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	5	-	5	10
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	5	-	3	8
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	3	-	5	19,15

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Скорость реакции и кинетическое уравнение. Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов. Место катализаторов и сорбентов в технологической схеме производства. Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.	2
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	-Разработка методов приготовления катализаторов и сорбентов с заданными свойствами.	2
		-Методы синтеза катализаторов, носителей и сорбентов, основанные на осаждении.	2
		-Методы приготовления катализаторов, основанные на механическом смешении компонентов. Активированные угли, цеолиты	1

3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	Физические свойства сорбентов и катализаторов. Каталитические реакторы, адсорберы.	3 2
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Понятие активности и селективности катализатора. Практические методы исследования активности катализаторов. Отравление катализаторов	2 1

5.2.2 Практические занятия не предусмотрены

5.2.3 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Правила работы в лаборатории и организация рабочего места. Оборудование катализа и сорбции	2
2.	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	1. Гомогенный и гетерогенный катализ. 2. Приготовление катализаторов на основе оксидов алюминия, меди, кремния, угля.	5
3.	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	1. Изучение свойств некоторых промышленных катализаторов 2. Определение механической прочности, пористости, водопоглощения адсорбентов, носителей и катализаторов.	3
4.	Методы исследования катализаторов и сорбентов	1. Определение размера частиц микроскопическим методом. 2. Кинетика растворения сырья или дезактивированных контактов в минеральных кислотах.	5

5.2.4 Самостоятельная работа (СР)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СР	Трудоемкость, час
1	Введение. Основные понятия катализа и сорбции	Коллоквиум Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам;	4

		Оформление отчетов по лабораторным работам;	
СР, час	Физико-химические основы синтеза катализаторов и адсорбентов	Коллоквиум Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	10
4	Основные требования к промышленным катализаторам и сорбентам	Домашнее задание Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	8
10	Методы исследования катализаторов и сорбентов	Проработка материалов по конспекту лекций; подготовка по учебникам; Оформление отчетов по лабораторным работам;	19,15
			41,15

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Текст] / Издательство: "Лаборатория знаний", 2015 - 416 с.
2. Колпакова Н.А., Сборник задач по химической кинетике [Текст]/ Н.А. Колпакова, С.В. Романенко, В.А. Колпаков – М.:, Изд-во Лань. 2018 – 280 с.

6.2. Дополнительная литература:

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ [Текст] / О.В.Крылов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 679 с.
2. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов [Текст] /– М.: Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2004. – 400 с.
3. «Курсы повышения квалификации по катализаторам и каталитическим процессам», сборник лекций, Институт катализа СО РАН, Новосибирск, 2002 г. – с.374.
4. Байрамов, Вадим Михайлович. Основы химической кинетики и катализа : учебное пособие [Текст] / В. М. Байрамов ; под ред. В. В. Лунина. — М. : Академия, 2003. — 253 с.
5. Цимерманис Л. Сорбция, структурообразование, массоперенос. [Текст] / Л. Цимерманис – М.: Изд-во Алекс. 2006. – 232с.
6. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика [Текст]/ И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 500 с.
7. Еремин В.В. Задачи по физической химии [Текст] /В.В.Еремин, С.И.Каргов, И.А.Успенская и др. – М.: Изд-во «Экзамен». 2003. – 320с.
8. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ [Текст] / Г.К.Боресков.– М.: Наука, 1988.– 304 с.
9. Саттерфилд Н. Практический курс гетерогенного катализа [Текст] / Н.Саттерфилд. – М.: Мир,1984. – 520 с.

10. Бремер Г. Б. Введение в гетерогенный катализ [Текст] / Г.Б.Бремер, К.-П.Вендландт. – М.: Мир, 1981. – 160 с
11. Технология катализаторов [Текст] / И. П. Мухленов, Е. И. Добкина, В. И. Дерюжкина, В. Е. Сороко; Под ред. И. П. Мухленова. — 3-е изд., перераб. — Л. : Химия, 1989. — 272 с.
12. Курина, Лариса Николаевна. Практические работы по адсорбции и гетерогенному катализу: учебное пособие для вузов [Текст] / Л. Н. Курина, Л. М.Коваль. — Томск : изд-во Томского ун-та, 1987. — 120 с.
13. Катализ и катализаторы: Фундаментальные исследования Института катализа им. Г. К. Борескова [Текст] / Под ред. Р. А. Буянова. — Новосибирск, 1998. — 304 с.
14. Кинетика и катализ : журнал / Российская Академия наук. — М. : Наука, 1960-2001. — Издаётся с 1960 г. — 6 номеров в год. — ISSN 0453-1. 8811. — <URL:<http://www.maik.ru>>.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Учебное пособие «Катализаторы и сорбенты» [Электронный ресурс]: С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. - 53 с.
<http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/97008>
2. Учебно-методический комплекс модуля дисциплины, размещенный в электронно-образовательной среде ВГУИТ
<http://www.education.vsu.ru/course/view.php?id=619>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

Базы данных по химии <http://chemister.ru/Links/database.htm>

Отечественные базы данных по химии
<http://www.chem.msu.su/rus/library/rusdbs.html>

Химия. Базы данных. http://elementy.ru/catalog/t39/Khimiya/g29/bazy_dannykh

6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/course/view.php?id=859>.

2. Самостоятельная работа студентов предполагает работу с отечественной литературой, учебниками, конспектами лекций, учебным пособием для выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Катализаторы и сорбенты», /С.И. Нифталиев, Л.В. Лыгина, И.В. Кузнецова, Воронеж: ВГУИТ, 2016 г., размещенные в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/course/view.php?id=859>. Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в виде тестирования.

3. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с. <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>

6.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Используемые виды информационных технологий:

- «электронная»: персональный компьютер и информационно-поисковые (справочно-правовые) системы;

- «компьютерная» технология: персональный компьютер с программными продуктами разного назначения (ОС Windows; MSOffice; КОМПАС-График; СПС «Консультант плюс»);

- «сетевая»: локальная сеть университета и глобальная сеть Internet.

1. Тестовые задания в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.

2. Microsoft Windows XP; Microsoft Windows 2008 R2 Server; Microsoft Office 2007 Professional 07.

3. Информационная справочная система. Портал фундаментального химического образования ChemNet. Химическая информационная сеть: Наука, образование, технологии <http://www.chemnet.ru>

4. Информационная справочная система. Сайт о химии. Неорганическая химия. <http://www.xumuk.ru/nekrasov>

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционная аудитория № 37, № 020 кафедры неорганической химии и химической технологии, оснащенная мультимедийной техникой: мультимедийный проектор Ben Q MW 519; сетевой коммутатор для подключения к компьютерной сети (Интернет);

2. Аудитории № 029, 027, 022, 016, 025 кафедры неорганической химии и химической технологии с необходимым оборудованием для проведения лабораторных работ:

- рН-метр РНер-4,

- дифференциальный теплопроводящий микрокалориметр МИД - 200,

- аналитические весы ВЛР – 200,

- технические весы NKS – 1008,

- наборы химической посуды и реактивов для выполнения лабораторного практикума,

- печь муфельная ЭКПС 10,

- термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80,

- шкаф сушильный ШС-80-01,

- наборы для демонстрационных опытов: гальванический элемент, химическое равновесие, электролиты и др.

3. Таблицы:

3.1. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

3.2. Электроотрицательность элементов

- 3.3. Таблица растворимости кислот, оснований, солей
3.4. Стандартные электродные потенциалы металлов
3.5. Плакаты по свойствам атомов химических элементов.
4. Модели пространственного строения молекул и кристаллических решеток.
5. Демонстрационные опыты на лекциях по каждой теме.
6. Коллекция природных минералов, образцов простых и сложных веществ по каждой группе периодической системы химических элементов.
7. Аппаратура, применяемая для НИРС:- криоскоп Testo 735-2, потенциостатический комплекс IPC – Compact, аналитические весы WA 34 TYP PRLT A-14, термоанализатор STA 409 LUXX фирмы NETZSCH, семисекционная электродиализная ячейка с платиновым анодом и катодом, мульти-сенсорная пьезокварцевая ячейка детектирования.
8. Центр коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов», оснащенные специализированной мебелью для занятий, химической посудой; весами техническими – WS-23.; весами аналитическими ВЛР-200,WA-34; иономером U-130; термостатом U-8; термометром Testo; pH-метром РНер-4; Колориметром КФК-2, КФК-2МП; микрокалориметром МИД-200; вольтметрами цифровыми – Щ68003; pH-метрами 121, 340; шкафом сушильным 2В-151; аквадистиллятором ДЭ-15; прибором синхронного термического анализа STA.
9. Аудитория № 39 кафедры неорганической химии и химической технологии для самостоятельной работы, оснащенная комплектами мебели для учебного процесса, компьютерами со свободным доступом в Интернет.

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1 **Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и входят в состав рабочей программы дисциплины.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ 2.4.17-2017 «Положение об оценочных материалах».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, специализация № 3 "Технология теплоносителей и радиозекология ядерных энергетических установок".

**АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
ДИСЦИПЛИНЫ
«Катализаторы и сорбенты»**
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенции:

Способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов, и энергетических затрат, совершенствования контроля технологического процесса (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

роль и значение катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии; сырьевую базу катализаторной промышленности, свойства, показатели качества исходных веществ и получаемых на их основе, катализаторов и адсорбентов;

- механизм дезактивации катализаторов;

Уметь:

использовать механизм и кинетические закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций при синтезе веществ; обосновывать принципы построения технологических схем производства и эксплуатации катализаторов и адсорбентов в неорганической технологии;

Владеть

методами получения и испытания катализаторов и сорбентов в основных технологических процессах; основами проведения материальных и тепловых расчетов основных технологических стадий производства катализаторов и адсорбентов

Содержание разделов дисциплины.

Скорость реакции и кинетическое уравнение. Механизмы действия катализаторов и сорбентов. Классификация катализаторов и сорбентов. Место катализаторов и сорбентов в технологической схеме производства. Общие представления о механизме окисления на твердом катализаторе.

Разработка методов приготовления катализаторов и адсорбентов с заданными свойствами. Основные методы приготовления катализаторов и адсорбентов. Требования к химическому и фазовому составу носителя. Катализаторы на носителях. Распределение активного вещества по поверхности. Примеры приготовления нанесенных катализаторов. Методы синтеза катализаторов, носителей и адсорбентов, основанные на осаждении. Влияние химического состава и условий осаждения на свойства продукта. Методы приготовления катализаторов, основанные на механическом смешении компонентов. Влияние механической активации на взаимодействие компонентов. Структурно-механические свойства катализаторных и адсорбционных масс.

Активированные угли, цеолиты. Физические свойства адсорбентов и катализаторов. Пористость адсорбентов и катализаторов. Фракционный состав твердых катализаторов и сорбентов, удельная поверхность. Плотности твердых катализаторов. Влагоемкость образцов. Механическая прочность. Термостойкость твердых катализаторов и адсорбентов. Теплопроводность и теплоемкость твердых катализаторов. Технология получения углеродных сорбентов. Каталитические реакторы, адсорберы. Практические методы исследования активности катализаторов. Статический метод. Проточные (динамические) методы. Безградиентный проточно-циркуляционный метод. Импульсные методы исследования активности катализаторов. Отравление катализаторов. Обратимая и необратимая дезактивация катализаторов. Отравление в результате блокировки активной поверхности катализатора коксом.