

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.