

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего  
образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им  
Х.М.Бербекова» (КБГУ)**

**Институт химии и биологии**

**Кафедра неорганической и физической химии**

**Согласовано**

**Руководитель ОПОП**

**Х.Б.Кушхов**

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г

**Утверждаю**

**Директор института ИХ и Б**

**А.М.Хараев**

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г

**Рабочая программа**

**Учебной дисциплины**

**« Водородная энергетика»**

**По направлению**

**04.03.01 Химия**

**Профиль «Органическая химия»**

**Квалификация (степень ) выпускника  
бакалавр**

**Форма обучения  
очная**

**Нальчик – 2020**

Рабочая программа дисциплины Б.1.В.ДВ.08.01 «Водородная энергетика» / сост. Х.Б.Кушхов - Нальчик: ФГБОУ КБГУ, 2020. 22с.

Рабочая предназначена для изучения дисциплины, относящейся к курсам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, студентами очной формы обучения по направлению подготовки 04.03.01. «Химия» и профилю подготовки «Органическая химия».

Рабочая программа составлена в соответствии с рабочим учебным планом и федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 04.03.01. «Химия» и профилю подготовки «Органическая химия» утвержденного приказом Минобрнауки России от 17.07.2017 N 671 (Зарегистрировано в Минюсте России 02.08.2017 N 47644)

## Содержание

с.

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Цели и задачи освоения дисциплины.....   | 4  |
| 2 | Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....  | 4  |
| 3 | Требования к результатам освоения содержания<br>дисциплины.....  | 4  |
| 4 | Содержание и структура дисциплины (модуля).....  | 5  |
| 5 | Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля<br>успеваемости и промежуточной аттестации .....                   | 9  |
| 6 | Методические материалы, определяющие процедуры<br>оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта<br>деятельности ..... | 17 |
| 7 | Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....  | 19 |
| 8 | Материально-техническое обеспечение дисциплины.....  | 21 |
|   | Лист изменений (дополнений) в рабочей программе<br>дисциплины  |    |

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### **Цель дисциплины**

Целью дисциплины является изучение процессов, протекающих в [водородных](#) электрохимических энергоустановках, а также технологии изготовления их отдельных элементов.

### **Задачи дисциплины**

сбор и анализ информационных данных для проектирования электрохимических установок, топливных элементов, установок водородной энергетики и технологии;

обработка, обобщение экспериментальных данных с использованием современных методов анализа и вычислительной техники;

подготовка данных для составления обзоров, аннотаций, составление рефератов и [библиографии](#) по тематике проводимых исследований;

организация работы малых коллективов исполнителей;

проведение [анализа затрат и результатов](#) деятельности производственных подразделений;

подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе [экономического анализа](#);

разработка оперативных планов работы первичных производственных подразделений.

наладка, настройка, регулировка и опытная проверка оборудования для водородной энергетики и технологии, электролиза, топливных элементов, аккумуляторов, электрохимических энергоустановок;

приемка и освоение вводимого оборудования;

составление заявок на оборудование и запасные части, подготовка технической документации на ремонт;

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Согласно учебному плану дисциплина «Водородная энергетика» изучается на 4 курсе в 7 семестре. Дисциплина относится к обязательной части.

## **3. Требования к результатам освоения**

### **Содержание дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

*а) общепрофессиональных:*

Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры неорганических соединений (ПКС – 3.1);  
Способен осуществлять направленный синтез неорганических и органических соединений по заданию специалиста более высокой квалификации (ПКС – 4.1);  
Применяет в своей деятельности нормативно-правовые документы, содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни (ПКС – 2.3).

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны продемонстрировать следующие результаты образования:

**Знать:**

общие закономерности химических процессов, элементы химической термодинамики и химической кинетики, адсорбционные процессы, основные свойства растворов, основы учения о катализе;

основные компоненты и показатели качества природных вод, влияние примесей в воде на работу электрохимических энергоустановок, основные физико-химические методы очистки воды;

теорию электролитов, основные законы электрохимической термодинамики, законы химической и электрохимической кинетики;

особенности и характеристики способов получения водорода в щелочных, твердополимерных и высокотемпературных электролизерах, технико-экономическое сравнение различных способов хранения и транспорта водорода, использование водорода в энергетике;

основные характеристики и закономерности коррозионных процессов; пути предотвращения коррозии в водородной и электрохимической энергетике,

параметры и проблемы электрохимических энергоустановок и их подсистем, законы и методы оптимизации электрохимических процессов и энергоустановок;

основные закономерности термодинамики и кинетики процессов в химических источниках тока, классификацию и параметры первичных, вторичных и топливных элементов;

**Уметь:**

проводить термодинамические расчеты химических процессов, определять условия самопроизвольного протекания химических процессов, владеть интерпретацией фазовых диаграмм, рассчитывать параметры фотохимических процессов;

оценивать состав, свойства и технологические показатели природной воды, способы очистки воды;

проводить расчеты потенциала электродов I и II рода, расчеты ЭДС [гальванической](#) цепи, расчеты, рассчитывать режимы для нанесения гальванических покрытий, проводить расчеты по [диффузионной](#) кинетике, рассчитывать и анализировать механизмы выделения водорода;

проводить материальные, тепловые, гидравлические расчеты электролизеров воды, проводить расчеты и анализ по оптимизации эксплуатационных параметров установок производства водорода, измерять основные параметры установок электролиза воды;

проводить термодинамический анализ электрохимических энергоустановок различного типа;

составлять математические модели и проводить оптимизационные расчеты элементов, батарей, генераторов и электрохимических энергоустановок;

проводить расчеты, анализ и оценку экологических систем;

производить выбор методов и режимов очистки атмосферы и гидросферы;

проводить расчеты, анализ коррозионных процессов и производить выбор способов защиты металлов от химической и электрохимической коррозии в водородной и электрохимической энергетике;

проводить электрохимические исследования и анализ характеристик электродов, топливных элементов и электролизных ячеек;

проводить исследования физико-химических показателей растворов электролитов, водных и газовых технологических сред, исследования состава и структуры электродов и электролитов;

проводить измерения и оценку вольтамперных, разрядных характеристик первичных и топливных элементов, разрядных и зарядных характеристик аккумуляторов;

проводить термодинамический, кинетический, материальный расчеты и анализ параметров первичных, вторичных химических источников тока, топливных элементов.

**Владеть:**

методами расчета термодинамических параметров химического, физикохимического и электрохимического процессов, методиками расчета, анализа и регулирования сложных химических реакций;

методами химического анализа, методами водоподготовки с применением технологии и аппаратуры современной химводоочистки;

методиками расчета термодинамических и кинетических параметров электрохимических процессов, методиками расчета, анализа и регулирования электрохимического и диффузионного перенапряжения электрохимических процессов;

методикой проведения материального, теплового и гидравлического расчета электролизеров воды, методикой проведения балансного расчета генератора водорода для сглаживания пиковых нагрузок, методикой проведения расчета батареи электролизных элементов различной производительности на основе различных электрохимических групп, методикой проведения оптимизации эксплуатационных и конструктивных параметров систем производства водорода;

методами химического анализа атмосферы и гидросферы, проблематикой экологической защиты окружающей среды;

методиками расчета, анализа коррозионных процессов при конкретных технологических условиях, проблематикой выбора способов защиты металлов от химической и электрохимической коррозии в водородной и электрохимической энергетике;

методиками сравнительного термодинамического анализа электрохимических энергоустановок, составления обобщенных технологических схем электрохимических энергоустановок и их компонентов, методами оптимизации электрохимических энергоустановок и их узлов, методами разработки проектов электрохимических энергоустановок для различных условий функционирования;

методикой электрохимических исследований, обработки результатов и оценки погрешности измерений характеристик электродов, топливных элементов и электролизных ячеек;

методикой проведения исследований, обработки результатов и анализа физико-химических показателей и состава и структуры электродов, растворов электролитов, водных и газовых технологических сред;

методиками проведения измерений и анализа вольтамперных, разрядных характеристик первичных и топливных элементов, разрядных и зарядных характеристик аккумуляторов;

методами термодинамического, кинетического, материального расчета, анализа и оптимизации параметров первичных, вторичных химических источников тока, топливных элементов;

#### 4. Содержание и структура дисциплины

*Таблица 1. Содержание дисциплины*

| № | Наименование раздела                                  | Содержание раздела   | Формы текущего контроля          |
|---|---|--|----------------------------------|
| 1 | Основные термины, определения и понятия.              |  | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |
| 2 | Основные физико-химические свойства водорода.         | Общие вопросы электролиза воды<br>Виды электролизеров воды   | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |
| 3 | Щелочной электролиз воды                              | Интенсификация щелочного электролиза воды<br>Электролизеры воды с твердым полимерным электролитом          | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |
| 4 | Вопросы эксплуатации электролизных установок.         | Высокотемпературные электрохимические энергоустановки.<br>Другие способы производства водорода.            | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |
| 5 | Другие способы производства водорода.                 | Топливные элементы<br><br>Водородные топливные элементы с твердо-полимерным электролитом (ТПЭ).            | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |
| 6 | Ионообменные мембраны для ТЭ<br><br>Хранение водорода | Топливные элементы. Химические источники тока<br>Мембраны. Виды мембран<br>Материалы для хранения водорода | УО, тестирование, коллоквиум, ДЗ |



Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов)

| Вид работы  | Кол-во часов<br>(4семестр) |
|---|----------------------------|
| Общая трудоемкость  | 108                        |
| Контактная работа   | 42                         |
| Лекции (Л)  | 14                         |
| Лабораторные занятия (ЛЗ)   | -                          |
| Практические занятия (ПЗ)   | 28                         |
| Самостоятельная работа:   | 57                         |
| Самостоятельное изучение разделов   | 37                         |
| Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.) | 20                         |
| Подготовка и сдача экзамена   | 9                          |

Таблица 3. Лекционные занятия

| № | Тема   |
|---|--|
| 1 | <p><u>1.Основные термины, определения и понятия .</u></p> <p>Способы производства водорода: кислородная и парокислородная конверсия природного газа, получение водорода с помощью угля, химические и электрохимические циклы, другие способы производства водорода. Место электрохимического способа производства водорода в схеме производства водорода.</p> <p><u>2.Основные физико-химические свойства водорода.</u></p> <p>Физико-химические свойства водорода и кислорода. Ортоводород и параводород. Изотопы водорода. Основные свойства протия, дейтерия и трития.</p> <p><u>3. Общие вопросы электролиза воды.</u></p> <p>Термодинамика процесса электролиза воды. Теоретическое напряжение разложения. Уравнение Нернста. Скорость электрохимических реакций. Перенапряжение выделения водорода и кислорода. Механизмы <a href="#">анодного</a> выделения кислорода и катодного выделения водорода. Количественные соотношения при электролизе воды. Тепловой баланс электролизной ячейки Напряжение на электрохимической ячейке.</p> <p><u>4. Виды электролизеров воды</u></p> <p>Виды электролизеров. Энергетические <a href="#">затраты на производство</a> водорода. Техничко-экономические характеристики электролизеров</p> <p><u>5. Щелочной электролиз воды</u></p> |

Особенности массопереноса в щелочной электролизной электрохимической группе. Расчет ионных и молекулярных потоков. Использование элементов термодинамики необратимых процессов. Особенности падения напряжения в ячейке щелочного электролиза. Катализаторы катодного выделения водорода и анодного выделения кислорода.

6. Интенсификация щелочного электролиза воды

Влияние эксплуатационных факторов (температуры, плотности тока и давления) на вольт-амперную характеристику.

Характеристики промышленных установок.

7. Электролизеры воды с твердым полимерным электролитом

Твердополимерный электролиз воды. Катионообменные мембраны и их физико-химические характеристики. Модель переноса протона в набухшей мембране. Особенности поляризации на границе катализатор – твердополимерный электролит. Мембранно-электродные блоки.

8. Вопросы эксплуатации электролизных установок.

Сравнительные технологические схемы производства водорода и кислорода ведущих фирм. Приготовление питающей воды и очистка электролита. Очистка и осушка газов. Контроль и автоматизация процесса электролиза.

9. Высокотемпературные электрохимические энергоустановки..

Напряжение на ячейке. Проблема создания высокотемпературной керамической перегородки. Тепловыделение в системе.

Особенности оксидных материалов для анодов. Возможности использования металлического никеля и кобальта в качестве катодного материала. Планарные и трубчатые элементы.

Технология нанесения электролита на пористый электрод.

10. Другие способы производства водорода.

Конверсия углеводородов. Равновесный состав и тепловой эффект пароводяной конверсии метана. Расчет равновесного состава «реакции сдвига». Катализаторы пароводяной конверсии метана. Термоэлектрохимические циклы. Физические способы производства водорода.

11. Топливные элементы

Общие сведения, принцип работы и КПД топливных элементов. Классификация топливных элементов. Водно-щелочные топливные элементы. Принципиальная схема водно-щелочного топливного элемента. Вольт-амперные и поляризационные характеристики. Элементная база. Топливные элементы с ТПЭ с прямым окислением спиртов. Фосфорнокислые топливные элементы. Расплавно-карбанатные топливные элементы.

#### 12. Водородные топливные элементы с твердо-полимерным электролитом (ТПЭ).

Протонпроводящие ионообменные мембраны. Принципиальная схема топливного элемента с ТПЭ. Электродокаталитический слой. Носители электродокаталитического слоя. Проблема снижения закладки драгметаллов. Газодиффузионный слой. Биполярные пластины. Математическая модель массопереноса в зоне воздушного электрода ТЭ. Зависимость плотности тока от геометрии канала. Распределение плотности тока от пористости газодиффузионного слоя.

#### 13. Способы хранения водорода

Способы хранения и транспорта водорода. Технико-экономическое сравнение различных способов хранения и транспорта : газобаллонного, в жидком виде, хранение в гидридах металлов и др. Эффективность хранения сжатого водорода при различных давлениях. Энергозатраты на компримирование. Работа адиабатического сжатия водорода. Классификация контейнеров для хранения водорода под давлением. Крупномасштабное, геологическое хранение водорода.

#### 14. Хранение водорода в носителях

Хранение водорода в гидридах. Аланты (алюмогидриды). Борогидриды. Амиды.

Гидриды металлов, сплавов, интерметаллидов. Идеализированные изотермы реакции, кривые Вант Гоффа, РСТ диаграммы процессов адсорбция-десорбция водорода. Классификация и примеры сплавов – накопителей водорода.

#### 15. Хранение жидкого водорода

#### 16. Использование водорода в энергетике

Сглаживание пиковых нагрузок в энергосистеме. Использование других электрохимических систем в недельном и сезонном

|  |  |
|--|--|
|  | <p>процессе выравнивания нагрузки.</p> <p>Энерготехнологические комплексы на основе водорода.<br/>         Принципиальная схема <a href="#">атомно-водородного энергоблока</a>.<br/>         Сравнительные характеристики ГТУ при использовании в качестве топлива водорода и стандартного углеводорода.<br/> <u>17. Использование водорода в других отраслях промышленности</u><br/>         Аккумулирование энергии возобновляемых источников. Водород на транспорте. Заправочные водородные станции. Использование водорода в полупроводниковой металлургической и <a href="#">стекольной промышленности</a>.</p> |
|--|--|

Таблица 5. Лабораторные работы программой не предусмотрены

**Практические занятия.**

| № |   |
|---|---|
|   | Расчет термодинамических параметров электрохимических систем различного типа.   |
| 1 | Оптимизация эксплуатационных параметров электролизеров.   |
| 2 | Материальный расчет электролизных установок различной производительности.   |
| 3 | Проведение теплового и гидравлического расчета электролизера.   |
| 4 | Расчет параметров гибридных электрохимических систем на основе топливных элементов, электролизеров и металлгидридных систем хранения. |
| 5 | Расчет параметров конверсионных установок.  |
| 6 | Расчет термодинамических параметров электрохимических систем различного типа.   |

|   |   |
|---|---|
| 7 | Оптимизация эксплуатационных параметров электролизеров.                   |
| 8 | Материальный расчет электролизных установок различной производительности. |

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины:

| № | Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение.  |
|---|--|
| 1 | Энергетические и капитальные затраты для ожижения водорода. Сравнение циклов ожижения.     |
| 2 | Примеры отечественных ожижительных установок.  |
| 3 | Требования к резервуарам для хранения водорода. Потери на испарение.                       |
| 4 | Пути <u>интенсификации</u> щелочного способа. Новая элементная база щелочного электролиза. |
| 5 | Проблема создания диафрагмы, анодов и катодов.   |

## 5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОПОП ВО КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

| №         | Контрольные мероприятия                                 | Макс. балл<br>(распред.) |
|-----------|---|--------------------------|
| 1 семестр |   |                          |
| 1         | Посещение занятий                                       | 10 (3+3+4)               |
| 2         | Коллоквиум  | 18 (6+6+6)               |
| 3         | Тестирование  | 18 (6+6+6)               |
| 4         | Защита лабораторных работ и выполнение расчетной работы | 24(8+8+8)                |
| Итого     |   | 70                       |

### Вопросы к экзамену

1. Классификация возобновляемых источников энергии. Модель потребности общества в энергии. Потенциал ВИЭ, эффективность использования различных их видов. Сравнение характеристик ВИЭ и НИЭ.
2. Научные принципы использования ВИЭ: анализ, временные характеристики, качество, комплексный подход к планированию энергетики. Технические, социально-экономические и экологические проблемы использования ВИЭ.
3. Солнечное излучение и его характеристики. Области солнечного спектра. Прямые лучи и рассеянное излучение. Облученность. Парниковый эффект. Приборы для измерения лучистых потоков.
4. Нагревание воды солнечным излучением. Типы солнечных нагревателей. Открытые нагреватели. Черные резервуары. Проточные нагреватели. Селективные поверхности. Вакууммированные приемники.
5. Подогреватели воздуха, использующие солнечную энергию. Сушильные камеры. Солнечные отопительные системы (пассивные и активные). Солнечные пруды.
6. Солнечная энергия для охлаждения воздуха. Абсорбционные холодильные установки. Коэффициент теплоиспользования. Опреснение воды.
7. Концентраторы солнечной энергии. Параболический вогнутый концентратор. Солнечные системы для получения электроэнергии. Рассредоточенные коллекторы солнечные башни.
8. Фотоэлектрическая генерация. Фотоэлементы и их характеристики. «Электронный газ». Работа выхода электронов. Проводники и полупроводники. Вольтамперные характеристики и теоретический КПД кремниевой батареи.
9. Техно-экономические проблемы создания СЭС различных типов: НГТЭ,

НФЭ, ОРГЭ, КФЭ. Их сравнение с ТЭС. Экологические последствия создания СЭС.

10. Ветроэнергетика. Ветер и его характеристики. Сила ветра. Определение средней скорости ветра. Классификация ветроустановок. Ветроэнергетический кадастр.
11. Основы теории ВЭУ. Три закона аэродинамики. Располагаемая мощность ветроколеса. Коэффициент мощности. Коэффициент торможения потока. Нагрузка на ветроколесо. Лобовое давление. Коэффициент лобового давления. Крутящий момент. Коэффициент крутящего момента.
12. Режимы работы ветроколеса. Классификация ВЭУ. Техно-экономическое обоснование параметров ВЭС. Экологические проблемы ветроэнергетики. Ветропарк «Куликово».
13. Гидроэнергетика. Малые ГЭС. Гидроэнергетический потенциал Калининградской области.
14. Основные принципы использования энергии воды. Мощность водяного потока. Оборудование ГЭС. Активные и реактивные гидротурбины. Кавитация. Коэффициент быстроходности.
15. Гидравлический таран. Экология гидроэнергетики. Экология малых ГЭС. ГАЭС.
16. Энергия волн. Характеристики волнового движения. Амплитуда. Мощность волнового движения. Скорость перемещения волны.
17. Устройства для преобразования энергии волн. Утка Солтера. Колеблющийся водяной столб. Экология.
18. Энергия приливов. Периоды колебаний уровня воды. Причины возникновения приливов. Лунные и солнечные приливы. Техно-экономические и экологические проблемы ПЭС.
19. Преобразование тепловой энергии океана. ОТЭС замкнутого цикла. Мощность

- ОТЭС. Экологические и техникоэкономические проблемы ОТЭС. Выбор рабочих тел.
20. ОТЭС открытого цикла. Комбинированная выработка электроэнергии и пресной воды. Технические трудности создания ОТЭС открытого цикла. Арктические ОТЭС. Определение мощности. Экологические проблемы.
21. Фотосинтез и его эффективность. Световые и темновые реакции. Биомасса. Биотопливо. Система планетарного кругооборота биомассы.
22. Классификация биотоплива и его энергетические характеристики. Влагосодержание, плотность, теплота сгорания. Основные процессы переработки биомассы: термохимические, Биохимические, агрохимические.
23. Производство биомассы для энергетических целей. Энергетические фермы. Кругооборот энергии и вещества. Потенциал биотоплива в Калининградской области.
24. Техничко-экономические и экологические показатели процессов переработки биомассы. Сжигание. Пиролиз. Газификация. Спиртовая ферментация. Анаэробное сбраживание. Биогазогенераторы.
25. Геотермальная энергия и ее свойства. Строение Земли. Классификация геотермальных районов. ГеоТЭС. Экологические проблемы строительства ГеоТЭС.
26. Системы генерации электроэнергии на ГеоТЭС. Комбинированная выработка электроэнергии, тепла, пресной воды и минеральных веществ. Оценка мощности ГеоТЭС.
27. Аккумулирование энергии . Биологическое аккумулирование. Водород. Аммиак. Аккумулирование тепла, электроэнергии. Топливные элементы. Механическое аккумулирование: вода, сжатый воздух, маховики.
28. Передача энергии. Газопроводы. Передача электроэнергии. Транспорт биомассы. Теплотрассы. Нефтепроводы.

## **6. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

**Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке**

| <b>Результаты обучения<br/>(компетенции)</b> | <b>Основные показатели оценки<br/>результатов обучения</b> | <b>Виды оценочного<br/>материала</b> |
|--|--|--------------------------------------|
|--|--|--------------------------------------|



|   |   |  |
|---|---|--|
| ОПК 2.1 - Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности | общие закономерности химических процессов, элементы химической термодинамики и химической кинетики, адсорбционные процессы, основные свойства растворов, основы учения о катализе;  | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |
|   | <p>проводить термодинамические расчеты химических процессов, определять условия самопроизвольного протекания химических процессов, владеть интерпретацией фазовых диаграмм, рассчитывать параметры фотохимических процессов;</p> <p>оценивать состав, свойства и технологические показатели природной воды, способы очистки воды;</p> | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |
|   | <p>методами расчета термодинамических параметров химического, физикохимического и электрохимического процессов, методиками расчета, анализа и регулирования сложных химических реакций;</p> <p>методами химического анализа, методами водоподготовки с применением технологии и аппаратуры современной химводоочистки;</p>            | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |   |  |
| ОПК 2.2 - Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик | <p>основные компоненты и показатели качества природных вод, влияние примесей в воде на работу электрохимических энергоустановок, основные физико-химические методы очистки воды;</p> <p>теорию электролитов, основные законы электрохимической термодинамики, законы химической и электрохимической кинетики;</p>   | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |
|  | <p>проводить расчеты потенциала электродов I и II рода, расчеты ЭДС <a href="#">гальванической</a> цепи, расчеты, рассчитывать режимы для нанесения гальванических покрытий, проводить расчеты по <a href="#">диффузионной</a> кинетике, рассчитывать и анализировать механизмы выделения водорода;</p> <p>проводить материальные, тепловые, гидравлические расчеты электролизеров воды, проводить расчеты и анализ по оптимизации эксплуатационных параметров установок производства водорода, измерять основные параметры установок электролиза воды;</p> | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |
|  | методиками расчета термодинамических и кинетических параметров  | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>электрохимических процессов, методиками расчета, анализа и регулирования электрохимического и диффузионного перенапряжения электрохимических процессов;</p> <p>методикой проведения материального, теплового и гидравлического расчета электролизеров воды, методикой проведения балансного расчета генератора водорода для сглаживания пиковых нагрузок, методикой проведения расчета батареи электролизных элементов различной производительности на основе различных электрохимических групп, методикой проведения оптимизации эксплуатационных и конструктивных параметров систем производства водорода;</p> |  |
| ОПК 2.3 - Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе | <p>особенности и характеристики способов получения водорода в щелочных, твердополимерных и высокотемпературных электролизерах, технико-экономическое сравнение различных способов хранения и транспорта водорода, использование водорода в энергетике;</p> <p>основные характеристики и закономерности коррозионных процессов; пути предотвращения коррозии в водородной и электрохимической энергетике,</p>  | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>проводить термодинамический анализ электрохимических энергоустановок различного типа;</p> <p>составлять математические модели и проводить оптимизационные расчеты элементов, батарей, генераторов и электрохимических энергоустановок;</p> <p>проводить расчеты, анализ и оценку экологических систем;</p>  | <p>Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен</p> |
|  | <p>методами химического анализа атмосферы и гидросферы, проблематикой экологической защиты окружающей среды;</p> <p>методиками расчета, анализа коррозионных процессов при конкретных технологических условиях, проблематикой выбора способов защиты металлов от химической и электрохимической коррозии в водородной и электрохимической энергетике;</p> <p>методиками сравнительного термодинамического анализа электрохимических энергоустановок, составления обобщенных технологических схем электрохимических энергоустановок и их компонентов, методами оптимизации электрохимических энергоустановок и их узлов, методами разработки проектов электрохимических энергоустановок для различных условий функционирования;</p> | <p>Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  |  |
| ОПК 3.1 - Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности | <p>параметры и проблемы электрохимических энергоустановок и их подсистем, законы и методы оптимизации электрохимических процессов и энергоустановок;</p> <p>основные закономерности термодинамики и кинетики процессов в химических источниках тока, классификацию и параметры первичных, вторичных и топливных элементов;</p>   | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |
|   | <p>производить выбор методов и режимов очистки атмосферы и гидросферы;</p> <p>проводить расчеты, анализ коррозионных процессов и производить выбор способов защиты металлов от химической и электрохимической коррозии в водородной и электрохимической энергетике;</p> <p>проводить электрохимические исследования и анализ характеристик электродов, топливных элементов и электролизных ячеек;</p> <p>проводить исследования физико-химических показателей растворов электролитов, водных и газовых технологических сред, исследования состава и структуры электродов и электролитов.</p> | Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>методикой электрохимических исследований, обработки результатов и оценки погрешности измерений характеристик электродов, топливных элементов и электролизных ячеек;</p> <p>методикой проведения исследований, обработки результатов и анализа физико-химических показателей и состава и структуры электродов, растворов электролитов, водных и газовых технологических сред;</p> | <p>Коллоквиумы, тестирование, лабораторные занятия, экзамен</p> |
|--|---|---|

## **7. Учебно- методические обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Основная литература.**

1. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Ч.3/ под.ред. К.А.Большакова. – м.: высшая школа, 1976.-367с.
2. А.Н.Зеликман, Л.С. Никитина. Вольфрам. М.: Металлургия, 1978.-272с.
3. А.Н.Зеликман, Молибден. М.: Металлургия, 1970.-440с.
4. А.Н.Лыкасов, В.Ж.Жигаров.- Металлургия вольфрама и молибдена: уч.пособие.- Челябинск: изд-во ЮУрГУ, 2007.-80с.
5. А.Г. Холмогоров, М.В.Мохосоев, Э.Л.Зонкоева. Модифицированные иониты в технологии молибдена и вольфрама.- Новосибирск.: «Наука», 1985.-201с.

### **7.2. Дополнительная литература.**

1. Иониты в цветной металлургии, под.ред. К.Б.Лебедева. М.:Металлургия, 1975ю-325с.
2. Гидрометаллургия. Автоклавное выщелачивание, сорбция, экстракция: сборник статей/ под. Ред. Б.Н.Ласкорина. М.:Наука, 1984.152 с.
3. Б.Х.Черкесов, З.Г.Каров, И.Ю.Хочуев, А.А.Кяров. Тематика практических занятий по курсу «химия редких элементов» (молибдена и вольфрама) и методические указания по их выполнению.- Нальчик.: Изд-во КБГУ, 1987.-41с.

### **7.3. Периодические издания**

1. Журнал неорганической химии
2. Журнал неорганические материалы
3. Научно технический журнал <http://www.ofmg.ru/index.pxp?page=home>
4. Журнал цветная металлургия

### **7.4. интернет ресурсы**

1. Wikipedia – свободная энциклопедия. – <http://ru.wikipedia.org/>.
2. <http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html> электронный справочник «Химия для всех»

3. <http://www.chem.msu/> - портал химического образования России
4. <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/> электронная библиотека по химии
5. информационно-поисковые и справочные системы Интернет. Электронная почта.

## Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

### Программное обеспечение

1. Microsoft Windows XP (или более поздняя версия)
2. Пакет Microsoft Office 2007 (или более поздняя версия)
3. Программа для ЭВМ «OSADKA»
4. Программные продукты: AutoCAD, SCAD, LIRA.

### Базы данных

#### Электронный каталог библиотеки КБГУ

#### Перечень актуальных электронных информационных баз данных, к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2020-2021 гг.)

| №п/п | Наименование электронного ресурса                                     | Краткая характеристика  | Адрес сайта   | Наименование организации-владельца; реквизиты договора  | Условия доступа           |
|------|---|---|---|---|---------------------------|
| 1.   | <b>«Web of Science» (WOS)</b>   | Авторитетная политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных, в которой индексируются около 12,5 тыс. журналов  | <a href="http://www.isiknowledge.com/">http://www.isiknowledge.com/</a> | Компания <b>Thomson Reuters</b><br><b>Сублицензионный договор</b><br>№ WoS/592 от 05.09.2019 г.<br>Активен до 31.12.2021г.                | Доступ по IP-адресам КБГУ |
| 2.   | <b>Sciverse Scopus</b><br>издательства «Эльзевир. Наука и технологии» | Реферативная и аналитическая база данных, содержащая 21.000 рецензируемых журналов; 100.000 книг; 370 книжный серий (продолжающихся изданий); 6,8 млн. докладов из трудов конференций | <a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>               | Издательство «Elsevier. Наука и технологии»<br><b>Сублицензионный договор</b><br>№ Scopus/592 от 05.09.2019 г.<br>Активен до 31.12.2021г. | Доступ по IP-адресам КБГУ |
| 3.   | <b>Научная электронная библиотека (НЭБ)</b>                           | Электронная библиотека научных публикаций -   | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>                     | ООО «НЭБ»   | Полный доступ             |

|           |   |  |  |  |   |
|-----------|---|--|--|--|---|
|           | <b>РФФИ)</b>                            | полнотекстовые версии около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тысяч журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций. 2800 российских журналов на безвозмездной основе |  |  |   |
| <b>4.</b> | <b>База данных Science Index (РИНЦ)</b> | Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.  | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>  | ООО «НЭБ»<br>Лицензионный договор<br>ScienceIndex<br>№SIO-741/2020<br>от 16.06.2020 г.<br>Активен до 01.07.2021г.  | Авторизованный доступ.<br>Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ |
| <b>5.</b> | <b>ЭБС «Консультант студента»</b>       | 13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.  | <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a><br><a href="http://www.medcollege.lib.ru">http://www.medcollege.lib.ru</a> | ООО «Политехресурс»<br>(г. Москва)<br><b>Договор №240СЛ/09-2020</b><br>От 30.09.2020 г.<br>Активен до 30.09.2021г. | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)  |
| <b>6.</b> | <b>ЭБС «Лань»</b>                       | Электронные версии книг ведущих издательств учебной и  | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>  | ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург)<br><b>Договор №2Е/223</b>  | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)  |



|     |  |  |   |   |   |
|-----|--|--|---|---|---|
|     |  | научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.                                   |   | от 10.02.2020 г.<br>Активен до 10.02.2021г.   |   |
| 7.  | <b>Национальная электронная библиотека РГБ</b>             | Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний | <a href="https://nab.ru">https://нэб.рф</a>                               | ФГБУ «Российская государственная библиотека»<br>Договор №101/НЭБ/1666-п от 10.09.2020г.<br>Сроком на 5 лет          | Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ |
| 8.  | <b>ЭБС «IPRbooks»</b>                                      | 107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудиоизданий.   | <a href="http://iprb.ookshop.ru/">http://iprb.ookshop.ru/</a>             | ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов)<br>Договор №6266/20 от 19.02.2020 г.<br>Активен до 02.04.2021г.                   | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)        |
| 9.  | <b>ЭБС «Юрайт» для СПО</b>                                 | Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.                         | <a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a> | ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва)<br>Договор №183/ЕП-223 От 19.11.2020 г.<br>Активен до 19.11.2021г. | Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)        |
| 10. | <b>Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье</b> | Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из   | <a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>                       | ООО «Полпред справочники»   | Доступ по IP-адресам КБГУ                             |

|     |  |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|
|     |  | 600 изданий по 53 отраслям  |   |   |   |
| 11. | <b>Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина</b> | Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву | <a href="http://www.prilib.ru">http://www.prilib.ru</a> | ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург)<br><b>Соглашение от 15.11.2016г.</b><br>Сроком на 5 лет (с дальнейшей пролонгацией) | Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №214) |

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

*Требования к условиям реализации дисциплины:*

| №  | Вид аудиторного фонда  | Требования  |
|----|--|---|
| 1. | Лекционная аудитория   | Оснащение специализированной учебной мебелью.<br>Оснащение техническими средствами обучения: настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование.  |
| 2. | Кабинет для практических занятий                                       | Оснащение специализированной учебной мебелью.<br>Оснащение техническими средствами обучения: подвижная маркерная доска, считывающее устройство для передачи информации в компьютер; настенный экран с дистанционным управлением, мультимедийное оборудование. |
|    | Специализированная химическая лаборатория общей и неорганической химии | Специализированная химическая аудитория с учебной и лабораторной мебелью в комплекте с вытяжным шкафом.<br>Оснащение техническими средствами обучения; все необходимые лабораторные установки для проведения лабораторных работ, средства защиты.             |
| 4. | Компьютерные классы  | Оснащение специализированной учебной мебелью.<br>Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и интернету.<br>Наличие ВТ из расчета один ПК на два студента.   |



### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (дополнений)

в рабочей программе дисциплины «Водородная энергетика»

по направлению подготовки 04.03.01 - Химия

на 2020-2021 учебный год

| №<br>п/п | Элемент ( пункт) РПД | Перечень вносимых изменений<br>(дополнений) | Примечание |
|----------|----------------------|---|------------|
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |
|          |                      |   |            |

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры неорганической и физической химии

протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Х.Б. Кушхов