

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.11.2023 13:37:37  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«31» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ**  
**РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ**

(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность  
**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация  
**№ 07 Химическая технология редких и редкоземельных металлов**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **технологии редких элементов и наноматериалов на их основе**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.ДВ.02.01

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
доцент		доцент Мурашкин Ю.В.

Рабочая программа дисциплины «Оборудование и основы проектирования производств редких металлов» обсуждена на заседании кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе  
протокол от «10» марта 2021 № 5  
Заведующий кафедрой

А.А. Блохин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «27» мая 2021 № 8

Председатель

А.П. Сула

### СОГЛАСОВАНО:

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	07
4.2. Занятия лекционного типа .....	08
4.3. Занятия семинарского типа .....	11
4.4. Самостоятельная работа .....	13
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	15
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	17
10.2. Программное обеспечение .....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	17
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	17
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	18
Приложение 2. Тесты для проведения текущего контроля .....	26
Приложение 3. Примеры индивидуальных расчетных работ по разделам дисциплины .....	28

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<b>ПК-4</b> Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ	<b>ПК-4.6</b> Разработка технологических схем с учетом результатов научно-исследовательских работ	<b>Знать:</b> методы расчета основных технологических процессов технологии редких металлов, принципиальные технологические схемы процессов, методы расчета материальных балансов основных технологических операций с учетом результатов научно-исследовательских работ; <b>Уметь:</b> рассчитать материальные балансы операции выщелачивания, промывки осадков и пульп, фильтрования, ионообменного извлечения, экстракции и других гидрометаллургических процессов, составить рациональную технологическую схему производства редких металлов; <b>Владеть:</b> методами расчета технологического процесса, удельной производительности аппаратов в зависимости от их типа и назначения; навыками оценки эффективности и качества технологического процесса, методами работы с научно-технической и нормативной документацией;

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчикам РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<p><b>ПК-4</b> Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ</p>	<p><b>ПК-4.7</b> Выбор и обоснование выбора основного технологического оборудования для реализации технологических процессов</p>	<p><b>Знать:</b> основные типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов получения редких металлов; аппаратное оформление, устройство и назначение аппаратуры гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, разделения жидкой и твердой фаз, ионообменной и экстракционной технологии выделения, разделения и тонкой очистки редких элементов;</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; правильно выбирать конструкции аппаратов и материалы для их изготовления; рассчитывать количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность; выбирать правильное компоновочное решение проектируемого производства в соответствии с требованиями соответствующей нормативной документации.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью находить оптимальное решение при выборе технологической схемы процесса переработки того или иного вида сырья; методами выбора стандартного оборудования, принципами инженерного расчета нестандартного оборудования; методами анализа технологического процесса, удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначения процесса;</p>

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору (Б1.В.ДВ.02.01) и изучается на 4 курсе в 8 семестре и на 5 курсе в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Общая и неорганическая химия».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Оборудование производств редких элементов» знания, умения и навыки могут быть использованы при выполнении курсового проекта, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы (государственной итоговой аттестации) и в дальнейшей трудовой деятельности.

## 3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Академических часов в семестре		Всего, академических часов
	Очная форма обучения	Очная форма обучения	Очная форма обучения
	8	9	
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)</b>	2/72	2/72	4/144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>80</b>
занятия лекционного типа	32	-	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	16	16	32
семинары, практические занятия (в т.ч. практическая подготовка)	16	16	32 (8)
лабораторные работы	-	-	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-	16	16
КСР	-	-	-
другие виды контактной работы (КОНТРОЛЬ)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>64</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)</b>	Расчетная работа		Расчетная работа
<b>Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)</b>	Зачет	КП	Зачет, КП

## 4 Содержание дисциплины

### 4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского о типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Введение. Роль дисциплины оборудование и основы проектирования в технологии редких металлов	1	---			ПК-4	
2	Расчет оборудования для гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов.	6	6		8	ПК-4	ПК-4.6; ПК-4.7
3	Расчет оборудования для промывки осадков и пульп	4	4		8	ПК-4	ПК-4.6; ПК-4.7
4	Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз, расчет оборудования и его выбор.	4	6		12	ПК-4	ПК-4.6; ПК-4.7
5	Расчет оборудования для ионообменной технологии. Основные типы ионообменных колонн.	5	6		12	ПК-4	ПК-4.6; ПК-4.7
6	Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов.	6	4		12	ПК-4	ПК-4.6; ПК-4.7
7	Компоновка основного технологического оборудование, основные требования	2	2		4	ПК-4	ПК-4.6
8	Коррозионная стойкость материалов аппаратуры	2	2		4	ПК-4	ПК-4.7
9	Общие вопросы промышленного проектирования	2	2		4	ПК-4	ПК-4.6
	<b>ИТОГО:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		<b>64</b>		

#### 4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение.</u> Структура дисциплины, ее объем, форма отчетности студентов. Значение дисциплины для подготовки специалистов (инженеров - химиков – технологов). Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики	1	
2	<u>Расчет оборудования для гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов.</u> Определение процесса выщелачивания, основные факторы, влияющие на кинетику гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, исходные данные для расчета процесса выщелачивания, порядок расчета процесса выщелачивания; оксидный и минералогический состав руды, методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов, расчет вскрываемости руды, исходя из минералогического состава сырья; цель составления материального баланса, исходные данные для составления материального баланса операции выщелачивания и технологический расчет процесса, расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов; формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям; составление материального баланса процесса с учетом оборотных растворов; тепловой баланс операции выщелачивания; основные параметры пульпы, Т:Ж, плотность; расчет аппаратов выщелачивания периодического действия; специфика движения материала в каскаде аппаратов непрерывного действия, расчет объема аппарата и числа аппаратов в каскаде аппаратов выщелачивания непрерывного действия по уравнению и с помощью номограмм; схемы прямоточного и противоточного процессов выщелачивания, их преимущества и недостатки; характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания; выбор аппаратуры по ГОСТам и каталогам, примеры компоновочных решений отделения выщелачивания.	6	ЛВ



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<u>Расчет оборудования для промывки осадков и пульп.</u> Характеристика гидromеталлургических осадков и пульп, промывка гидromеталлургических осадков и пульп, задачи промывки, классификация процессов; обобщенный метод расчета противоточной промывки осадков и пульп, вывод основных уравнений, расчет промывки в случае использования чистого растворителя, расчет процесса промывки при условии равенства влажности осадков до и после промывки, номограммы для расчета противоточной промывки осадков, Последовательная промывка осадков и пульп; аппаратные схемы многоступенчатой промывки; промывка осадков на фильтре методом вытеснения; схема процесса, методика расчета промывки осадков на фильтре; расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого, расчет основных параметров сгустителей.	4	ЛВ
4	<u>Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз, расчет оборудования и его выбор.</u> технические характеристики одноярусных сгустителей, классификация и техническая характеристика фильтров, обоснование выбора аппаратуры для фильтрования; аппаратные схемы операции фильтрования для различных типов фильтров; закономерности центрифугирования, расчет центрифуг и выбор по каталогам; основные параметры гидроциклонов; объемно - планировочные решения отделения разделения твердого и жидкого.	4	ЛВ
5	<u>Расчет оборудования для ионообменной технологии.</u> <u>Основные типы ионообменных колонн.</u> Задачи ионного обмена, классификация методов ионообменного выделения и разделения элементов; основные стадии работы сорбционной колонны, расчет ионообменной установки с неподвижным слоем сорбента, схема сорбции и элюирования при работе колонны с неподвижным слоем сорбента; формирование фронта равных концентраций; составление материального баланса процессов сорбции и десорбции; расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, составление графика работы колонн; устройство и принцип действия пульсационных сорбционных колонн; расчет процесса на основе теории массообменных процессов, расчет диаметра и высоты сорбционных колонн различных конструкций; объемно - планировочное решение отделения ионообменного извлечения и разделения редкоземельных элементов.	5	ЛВ

№ раздела дисципли ны	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иннова ционная форма
6	<u>Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов.</u> Периодическая экстракция, экстракция с перекрестным током экстрагента, противоточная экстракция, схемы процесса, основные понятия; расчет необходимого числа ступеней контактирования противоточной экстракции, материальный баланс ступеней и каскада экстракции; вывод формулы Кремсера, зависимость числа ступеней контактирования от коэффициента экстракции; основные задачи и схема процесса экстракционного разделения элементов; определение оптимального соотношения потоков и расчет числа ступеней экстракционной и промывной частей каскада по методике Левина, анализ результатов расчета; графический метод расчета экстракционных каскадов; аппаратура для экстракции: расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа, основные параметры колонных аппаратов для экстракции; компоновочные решения отделения экстракции.	6	ЛВ
7	<u>Компоновка основного технологического оборудования, основные требования, габариты аппаратов, характер транспортных связей, обслуживание аппаратов, схемы установки аппаратов; условные графические обозначения аппаратов на технологических схемах.</u>	2	ЛВ
8	<u>Коррозионная стойкость материалов аппаратуры. Виды и источники коррозии, десятибалльная шкала коррозионной устойчивости металлических конструкционных материалов, коррозионная стойкость важнейших материалов в растворах кислот, щелочей и солей.</u>	2	
9	<u>Общие вопросы промышленного проектирования.</u> Понятие проекта, задачи промышленного проектирования; части проекта: технологическая, строительная, санитарно - техническая, электротехническая, теплотехническая, КИП и автоматика, генеральный план, сметная, проект организации работ; порядок выполнения проекта, стадии проектирования, исходные данные для проектирования; основные задачи размещения оборудования и планировки производственных помещений, проект установки аппарата	2	

<sup>1</sup>**Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах,

симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

### 4.3 Занятия семинарского типа

#### 4.3.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	
		Всего	В том числе на практ. подгот.
2	Расчет оборудования для гидрметаллургического вскрытия руд и концентратов. Методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов,	2	-
2	Расчет операции выщелачивания и технологический расчет процесса, расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов; формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям;	2	2
2	Расчет материального баланса процесса с учетом оборотных растворов;	2	-
2	Схемы прямоточного и противоточного процессов выщелачивания, их преимущества и недостатки; методика расчета материального баланса противоточного процесса выщелачивания; характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания; выбор аппаратуры	2	1
3	Расчет оборудования для промывки осадков и пульп, обобщенный метод расчета противоточной промывки осадков и пульп, вывод основных уравнений, расчет промывки в случае использования чистого растворителя, расчет процесса промывки при условии равенства влажности осадков до и после промывки, номограммы для расчета противоточной промывки осадков, Последовательная промывка осадков и пульп; аппаратные схемы многоступенчатой промывки; промывка осадков на фильтре методом вытеснения; схема процесса, методика расчета промывки осадков на фильтре;	2	1

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	
		Всего	В том числе на практ. подгот.
4	Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз	3	1
4	Расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого, расчет основных параметров сгустителей, технические характеристики одноярусных сгустителей, классификация и техническая характеристика фильтров, обоснование выбора аппаратуры для фильтрования; аппаратные схемы операции фильтрования для различных типов фильтров;	3	1
5	Расчет оборудования для ионообменной технологии. Основные типы ионообменных колонн. Расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, составление графика работы колонн, расчет материального баланса сорбционной колонны;	6	1
6	Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов. Расчет материального баланса экстракционного каскада; аппаратура для экстракции: расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа. Компоновка оборудования в помещении цеха	4	1
7	Компоновка основного технологического оборудования, основные требования, габариты аппаратов, характер транспортных связей, обслуживание аппаратов, схемы установки аппаратов; условные графические обозначения аппаратов на технологических схемах.	2	
8	Коррозионная стойкость материалов аппаратуры. Виды и источники коррозии, десятибалльная шкала коррозионной устойчивости металлических конструктивных материалов, коррозионная стойкость важнейших материалов в растворах кислот, щелочей и солей.	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	
		Всего	В том числе на практ. подгот.
9	Общие вопросы промышленного проектирования. Понятие проекта, задачи промышленного проектирования; части проекта: технологическая, строительная, санитарно - техническая, электротехническая, теплотехническая, КИП и автоматика, генеральный план, сметная, проект организации работ; порядок выполнения проекта, стадии проектирования, исходные данные для проектирования; основные задачи размещения оборудования и планировки производственных помещений, проект установки аппарата,	2	
ИТОГО:		32	8

#### 4.4 Самостоятельная работа обучающихся (64 час)

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Расчет минералогического состава руды по ее оксидному составу	8	Отчет по расчетной работе
2	Расчет материального баланса гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов. Расчет и выбор оборудования для вскрытия руд и концентратов. Основные конструкции аппаратов.	8	Отчет по расчетной работе
3	Расчет материального баланса технологических схем противоточной и прямоточной промывки осадков	8	Отчет по расчетной работе
4	Основные типы оборудования для процессов разделения жидкой и твердой фаз. Расчет процесса промывки и оборудования и его выбор.	12	Отчет по расчетной работе

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Расчет матбаланса ионообменного процесса и расчет ионообменной колонны. Основные типы ионообменных колонн.	8	Устный опрос
6	Расчет процесса экстракции и оборудования для экстракционного выделения и разделения элементов.	8	Устный опрос
7	Компоновка основного технологического оборудования в помещениях цеха	4	Устный опрос
7	Коррозионная стойкость материалов аппаратуры	4	Устный опрос
8	Общие вопросы промышленного проектирования	4	Устный опрос
	ИТОГО	64	

### **5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

### **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и защиты курсового проекта.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Исходные данные для расчета процесса выщелачивания. Порядок расчета процесса выщелачивания.
2. Характеристика, принцип действия и применение фильтр-прессов рамных, камерных: РОР5,6-630/45У; РОМ40-820/45К; КМПм32У.
3. Составить аппаратурно-технологическую схему прямоточного и многостадийного противоточного выщелачивания, ее достоинства и недостатки.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## 7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Поляков, Е.Г. Металлургия редкоземельных металлов/Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов.- Москва: Metallurgizdat, 2018.- 732 с.- ISBN 978-5-902194-97-2.
2. Копырин, А.А. Технология производства и радиохимической переработки ядерного топлива : учебное пособие для вузов по спец. "Химическая технология материалов современной энергетики" / А. А. Копырин, А. И. Карелин, В. А. Карелин. - Москва: Атомэнергоиздат, 2006. - 576 с. - ISBN 5-98532-004-9 :
3. Шапкин, М.А. Расчет и выбор материалов и оборудования при проектировании: методические указания к контрольным работам для заочной формы обучения спец. "Химическая технология неорганических веществ" / М. А. Шапкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ и химических удобрений. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 17 с.

### б) электронные учебные издания<sup>4</sup>:

1. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и оборудования для выщелачивания руд и концентратов: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 51 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 03.03.2021).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Мурашкин, Ю.В. Расчет материальных балансов и основных параметров ионообменной установки по извлечению редких элементов из водных растворов. Аппаратурное оформление: учебное пособие/ Ю.В. Мурашкин, А.А. Блохин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 68 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 03.03.2021).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

<sup>4</sup> В т.ч. и методические пособия

3. Правдин, Н.Н. Основы проектирования и оборудование: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения по специальности «Химическая технология неорганических веществ»/ Н.Н. Правдин, А.К. Хомич, М.А. Шапкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ и химических удобрений. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 112 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека.- URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 03.03.2021).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. Правдин, Н.Н. Основы проектирования и оборудование. Базовый курс: учебное пособие/ Н.Н. Правдин, А.К. Хомич, М.А. Шапкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра технологии неорганических веществ и химических удобрений. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 104 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 03.03.2021).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
5. Зиминов, А.В. Расчет тепловых балансов производств тонкого органического синтеза: методические указания/ А.В. Зиминов, С.М. Рамш; ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии органических красителей и фототропных соединений. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 57 с.// СПбГТИ. Электронная библиотека.-URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 10.12.2020).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
6. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС / И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампики, В.Г. Иванов, Э.В. Чиркунов. —Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 384 с. ISBN 978-5-8114-1479-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/book/45973> (дата обращения: 10.12.2020 г.) Режим доступа: по подписке.
7. Смирнов, Н.Н., Альбом типовой химической аппаратуры (принципиальные схемы аппаратов)/ Н.Н. Смирнов, В.М. Барабаш, К.А. Карпов.— Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 84 с. ISBN 978-5-8114-4122-8 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/book/91283>. (дата обращения: 10.12.2020 г.) Режим доступа: по подписке.

## **8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

### **8.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>  
 «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
 «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Оборудование и основы проектирования производств редких металлов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;



СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1 Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2 Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel);

### **10.3 Базы данных и информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 25 посадочных мест.

Комплект презентаций по тематике лекций и практических занятий.

Персональный компьютер (ноутбук), мультимедийный проектор.

Имеющийся на кафедре ТРЭНМ комплекс учебных и учебно-научных и подсобных помещений достаточен для обеспечения учебного процесса, предусмотренного учебным планом.

На кафедре имеется 8 компьютеризированных рабочих мест с доступом в Интернет. Кроме того, используются и другие институтские площади: лекционные залы, учебные аудитории, компьютерные классы: кафедры вычислительной техники, информационно-вычислительного центра, помещения библиотеки.

## **12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Оборудование и основы проектирования производств  
редких металлов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования**

<b>Индекс</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-4</b>	Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-4.6 Разработка технологических схем с учетом результатов научно-исследовательских работ	<b>Правильно выбирает</b> методы расчета основных технологических процессов технологии редких металлов, принципиальные технологические схемы процессов, методы расчета материальных балансов основных технологических операций с учетом результатов научно-исследовательских работ	Правильные ответы на вопросы №1-4, 12-18, 35, 45, 51, 55-56, 62-66 к зачету  Защита КП	Перечисляет основные технологические приемы для реализации технологических схем производства редких элементов с ошибками	Перечисляет основные технологические процессы, но путается в последовательности их реализации	Перечисляет основные технологические процессы в реализации технологии редких и редкоземельных металлов. Может применить эти знания для решения инженерных задач
	<b>Приводит примеры</b> расчета материальных балансов операций выщелачивания, промывки осадков и пульпы, фильтрования, ионообменного извлечения, экстракции и других гидрометаллургических процессов, составляет рациональную технологическую схему производства редких металлов	Правильные ответы на вопросы № 4-24, 43-55, 59-64 к зачету  Защита КП	Имеет представление о основных технологических процессах в технологии редких элементов, но алгоритм расчета параметров затрудняется привести	Может рассчитать основные параметры, технические характеристики технологического оборудования, но с помощью наводящих вопросов	Способен самостоятельно скомпоновать технологическую схему и рассчитать основные технологические параметры
	<b>Правильно выбирает</b> методы расчета технологического процесса, удельной производительности аппаратов в зависимости от их типа и назначения; владеет навыками оценки эффективности и качества технологического процесса, методами работы с научно-технической и нормативной документацией		С ошибками формулирует требования к компоновке основного технологического оборудования;	Знает требования к компоновке оборудования, знает исходные данные для составления проектного задания, но с небольшими подсказками преподавателя	Способен самостоятельно составить требования к компоновке оборудования и выдать исходные данные для составления проектного задания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-4.7</b> Выбор и обоснование выбора основного технологического оборудования для реализации технологических процессов	Перечисляет основные типовые технологические схемы периодических и непрерывных процессов получения редких металлов; аппаратное оформление, устройство и назначение аппаратуры гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, разделения жидкой и твердой фаз, ионообменной и экстракционной технологии выделения, разделения и тонкой очистки редких элементов;	Правильные ответы на вопросы №13-23, 25-50 к зачету  Защита КП	Путается в аппаратном оформлении, устройстве и назначении аппаратуры гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, разделения жидкой и твердой фаз	Правильно называет основные критерии при выборе оборудования для гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, разделения жидкой и твердой фаз, ионообменной и экстракционной технологии выделения, разделения и тонкой очистки редких элементов; но с небольшими ошибками	Уверенно и без ошибок перечисляет основные критерии при выборе оборудования для гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов, разделения жидкой и твердой фаз, ионообменной и экстракционной технологии выделения, разделения и тонкой очистки редких элементов;
	Демонстрирует умение рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; правильно выбирать конструкции аппаратов и материалы для их изготовления; рассчитывать количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность; выбирать правильное компоновочное решение проектируемого производства в соответствии с требованиями соответствующей нормативной документации.	Правильные ответы на вопросы № 5,14,16, 22,34,43,55 к зачету  Защита КП	С ошибками рассчитывает количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность, но правильно выбирает компоновочное решение проектируемого производства в соответствии с требованиями соответствующей нормативной	Правильно рассчитывает параметры и выбирает аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; правильно выбирает конструкции аппаратов и материалы для их изготовления; рассчитывает количество и основные характеристики аппаратов, обеспечивающих заданную производительность, но с	Хорошо разбирается в расчетах параметров и в выборе аппаратуры для конкретного химико-технологического процесса, правильно выбирает компоновочное решение проектируемого производства в соответствии с требованиями соответствующей нормативной документации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			документации.	помощью наводящих вопросов	
	Демонстрирует способность находить оптимальное решение при выборе технологической схемы процесса переработки того или иного вида сырья; владеет методами выбора стандартного оборудования, принципами инженерного расчета нестандартного оборудования; методами анализа технологического процесса, удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначения.	Правильные ответы на вопросы №5,14,19,20,27 -28 к зачету  Защита КП	Приводит не полный перечень основных технологических параметров, влияющих на оптимальное решение при выборе технологической схемы процесса переработки того или иного вида сырья. Допускает ошибки при расчете удельной производительности технологических аппаратов в зависимости от их типа и назначения.	Ориентируется в выборе стандартного оборудования и в инженерных расчетах нестандартного оборудования, его удельной производительности но путается в последовательности	Убедительно демонстрирует способность находить оптимальное решение при выборе технологической схемы процесса переработки того или иного вида сырья; владеет методами выбора стандартного оборудования, принципами инженерного расчета нестандартного оборудования в зависимости от его типа и назначения.

### **3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4:**

1. Роль и место оборудования в производстве редких элементов в системе производства материалов современной энергетики.
2. Определение процесса выщелачивания, основные факторы, влияющие на кинетику гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов.
3. Исходные данные для расчета процесса выщелачивания.
4. Порядок расчета процесса выщелачивания.
5. Коэффициент часовой производительности проектируемого объекта.
6. Оксидный и минералогический состав руды, методика расчета минералогического состава на основании количественного оксидного и качественного минералогического составов.
7. Цель составления материального баланса, исходные данные для составления материального баланса операции выщелачивания.
8. Расчет расхода реагентов и количества продуктов реакций по уравнениям химических реакций с учетом вскрываемости отдельных минералов
9. Формы записи таблиц материального баланса: по потокам и по соединениям.
10. Основные параметры пульпы, Т:Ж, плотность.
11. Расчет аппаратов выщелачивания периодического действия.
12. Специфика движения материала в каскаде аппаратов непрерывного действия.
13. Схемы проточного и многостадийного противоточного выщелачивания, их достоинства и недостатки.
14. Расчет объема аппарата и числа аппаратов в каскаде аппаратов выщелачивания непрерывного действия по уравнению и с помощью номограмм
15. Характеристика и типы перемешивающих устройств, характеристика аппаратов выщелачивания.
16. Выбор аппаратуры по ГОСТам, каталогам и на сайтах предприятий.
17. Примеры компоновочных решений отделения выщелачивания.
18. Характеристика гидрометаллургических осадков и пульп.
19. Промывка гидрометаллургических осадков и пульп, задачи промывки, классификация процессов.
20. Противоточная промывка осадков и пульп, уравнение материального баланса жидкости и извлекаемого компонента.
21. Промывка противоточная и проточная при условии равенства влажности осадков до и после промывки.
22. Номограммы для расчета противоточной промывки осадков, последовательная промывка осадков и пульп.
23. Аппаратурные схемы многоступенчатой промывки.
24. Промывка осадков на фильтре методом вытеснения.
25. Расчет аппаратуры для разделения твердого и жидкого
26. Расчет основных параметров сгустителей, технические характеристики одноярусных сгустителей.
27. Классификация и техническая характеристика фильтров.
28. Обоснование выбора аппаратуры для фильтрования.
29. Характеристика барабанных фильтров: БОН 10-2,6-1(У,К); БОП 10-2,5-1(У,К).
30. Характеристика карусельных и ленточных фильтров: К 100-15Р; ЛМН 10-1,4 К.
31. Характеристика дисковых фильтров ДОО 16-2,5-1У; ДОО 100-2,5-5К.
32. Характеристика фильтр-прессов рамных, камерных: РОР5,6-630/45У; РОМ40-820/45К; КМПм32У.

33. Центрифугирование, основные типы центрифуг, фактор разделения.
34. Объемно - планировочные решения отделения разделения твердого и жидкого.
35. Задачи ионного обмена, классификация методов ионообменного выделения и разделения элементов.
36. Основные стадии работы сорбционной колонны.
37. Расчет ионообменной установки с неподвижным слоем сорбента, уравнение Шилова.
38. Формирование фронта равных концентраций; составление материального баланса процессов сорбции и десорбции.
39. Расчет габаритов сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, устройство и принцип действия пульсационных сорбционных колонн
40. Расчет процесса на основе теории массообменных процессов.
41. Расчет диаметра и высоты сорбционных колонн различных конструкций.
42. Основные типы сорбционного оборудования, применяемого в технологии.
43. Объемно - планировочное решение отделения ионообменного извлечения и разделения редкоземельных элементов.
44. Экстракция с перекрестным током экстрагента. Материальный баланс ступеней и каскада экстракции.
45. Противоточная экстракция, схемы процесса, материальный баланс ступеней и каскада экстракции.
46. Расчет необходимого числа ступеней контактирования противоточной экстракции, материальный баланс ступеней и каскада экстракции; вывод формулы Кремсера.
47. Зависимость числа ступеней контактирования от коэффициента экстракции.
48. Основные задачи и схемы процессов экстракционного разделения элементов.
49. Периодическая экстракция, экстракция с перекрестным током экстрагента.
50. Схема противоточного экстракционного каскада.
51. Каскад экстракционного разделения элементов с обменной экстракцией и обменной промывкой, схема каскада и принцип его работы.
52. Экстракционное оборудование.
53. Расчет аппаратов типа смеситель - отстойник ящичного типа.
54. Основные параметры колонных аппаратов для экстракции.
55. Компонировочные решения отделения экстракции.
56. Расчет числа ступеней экстракционного извлечения компонентов на основе теории массообменных процессов (по изотерме экстракции).
57. Понятие ВЭТС и ее значение в расчете аппаратов для экстракции и ионного обмена.
58. Виды коррозии. Химическая и электрохимическая коррозии, их характеристика.
59. Коррозионная стойкость материалов аппаратуры, способы защиты от коррозии
60. Виды и источники коррозии, десятибалльная шкала коррозионной устойчивости металлических конструкционных материалов.
61. Коррозионная стойкость важнейших материалов в растворах кислот, щелочей и солей.
62. Понятие проекта, задачи промышленного проектирования
63. Части проекта: технологическая, строительная, санитарно - техническая, электротехническая, теплотехническая, КИП и автоматика, генеральный план, проект организации работ
64. Порядок выполнения проекта, стадии проектирования, исходные данные для проектирования
65. Основные задачи размещения оборудования и планировки производственных помещений, проект установки аппарата, габариты аппаратов, характер транспортных связей



66. Обслуживание аппаратов, схемы установки аппаратов; условные графические обозначения аппаратов на технологических схемах

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контрол  
При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.  
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4 Темы курсовых проектов**

1. Проект цеха по переработке торий-фосфатного сырья по щелочной схеме;
2. Проект цеха по извлечению урана из растворов сернокислотного вскрытия урансодержащего апатитового сырья;
3. Проект цеха по щелочной переработке монацитового концентрата;
4. Проект цеха по азотнокислой переработке урансодержащего апатитового сырья;
5. Проект отделения цеха по получению хлорида лития из сподуменового концентрата;
6. Участок цеха по переработке концентрата средних, тяжелых РЗМ и иттрия на оксид иттрия и концентраты средних и тяжелых РЗМ;
7. Проект цеха по переработке итросинхизитового концентрата на сумму нитратов РЗМ (III);
8. Проект цеха экстракционной переработки растворов сернокислотного выщелачивания апатитового сырья;
9. Проект отделения цеха по утилизации отходов карбида вольфрама;
10. Проект отделения цеха по извлечению палладия из отработанных катализаторов нефтепереработки с получением концентрата палладия;
11. Проект участка цеха по извлечению молибдена из обожженного огарка после обжига молибденитовых концентратов;
12. Проект цеха по переработке торий-фосфатного сырья по щелочной схеме;
13. Проект отделения цеха по переработке сподумена известково-хлоридным методом;
14. Проект цеха по щелочной переработке фосфатно-ториевого концентрата;
15. Проект цеха по переработке карбонатов РЗМ цериевой группы с получением концентратов La-Nd и Sm-Gd;
16. Проект цеха по экстракционной переработке урансодержащих растворов сернокислотного вскрытия апатитового сырья;
17. Проект отделения цеха по переработке плава хлоридов РЗМ(III) на диоксид церия(IV) и концентрат РЗМ;
18. Проект участка цеха извлечения рения из промывной серной кислоты систем мокрого пылеулавливания молибденового производства;
19. Проект цеха по переработке лопаритового концентрата по сернокислотной схеме с выделением концентрата РЗЭ

К защите КП допускаются студенты, выполнившие все требования, изложенные в СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 Виды учебных занятий. Курсовой проект.

Курсовая работа. Общие требования .

При защите КП студенту задают 2-3 вопроса, связанных с темой КП.

#### **5 Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта и защиты курсового проекта.

Шкала оценивания защиты курсового проекта  
балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачёт», «незачет». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.

### Тесты для проведения текущего контроля

1. Зависит ли коэффициент часовой производительности от выбранной единицы массы для расчета материального баланса?
  - да;
  - нет.
2. Оксидный состав руды – это качественная или количественная характеристика?
  - качественная;
  - количественная.
3. Минералогический состав руды – это качественная или количественная характеристика?
  - качественная;
  - количественная.
4. Цель составления материального баланса операции выщелачивания?
  - качественная оценка состава реагентов и продуктов реакции;
  - качественная и количественная оценка состава реагентов и продуктов реакции.
5. Параметр пульпы Т:Ж.
  - выражает массовые отношения твердого и жидкого в пульпе;
  - выражает объемные отношения твердого и жидкого в пульпе.
6. Число аппаратов непрерывного действия в каскаде.
  - менее двух;
  - более двух.
7. Модуль промывки это:
  - отношение массы промывной жидкости к массе влаги промываемого осадка;
  - отношение массы промывной жидкости к массе промываемого осадка.
8. Наиболее эффективная промывка осадка (с точки зрения расхода промывной жидкости)?
  - прямоточная;
  - противоточная.
9. Величина модуля промывка осадков на фильтре методом вытеснения?
  - менее 2-х;
  - более 2-х.
10. Сгущение пульп происходит в сгустителях под действием:
  - центробежной силы Земли;
  - силы тяжести.
11. Барабанные вакуум-фильтры применяются:
  - для фильтрования осадков;
  - для сгущения пульп.
12. Промывка осадков на поверхности барабанного вакуум-фильтра:
  - однократная возможна;
  - однократная не возможна.
13. Дисковый вакуум-фильтр применяются:
  - для фильтрования осадков;
  - для сгущения пульп.
14. Промывка осадков на поверхности дискового вакуум-фильтра:
  - однократная возможна;
  - однократная не возможна.
15. Патронные и листовые вакуум-фильтры применяются:
  - для фильтрования осадков;
  - для сгущения пульп.

16. Промывка осадков на поверхности патронного и листового вакуум-фильтров:
- однократная возможна;
  - однократная не возможна.
17. Карусельный вакуум-фильтр применяется:
- для фильтрования осадков;
  - для сгущения пульпы.
16. Промывка осадков на поверхности карусельного вакуум-фильтра:
- возможна противоточная многократная;
  - не возможна.
17. Каково соотношение ПДОЕ и ДОЕ при работе колонны в режиме сорбции?
- ПДОЕ > ДОЕ;
  - ПДОЕ < ДОЕ.
18. При работе в режиме сорбции двух колонн, соединенных последовательно, первая и вторая колонны соответственно работают:
- первая в режиме «до проскока», вторая в режиме «до насыщения»;
  - первая в режиме «до насыщения», вторая в режиме «до проскока».
19. Режим работы сорбционной колонны «до насыщения» характеризуется:
- появлением в растворе на выходе из сорбционной колонны сорбируемого компонента;
  - выравниванием в растворе концентраций сорбируемого компонента на входе и на выходе сорбционной колонны.
20. Режим работы сорбционной колонны «до проскока» характеризуется:
- появлением в растворе на выходе сорбционной колонны сорбируемого компонента;
  - выравниванием в растворе концентраций сорбируемого компонента на входе и на выходе сорбционной колонны.
21. Изотерма сорбции это:
- зависимость равновесной концентрации сорбируемого компонента в фазе раствора от температуры;
  - зависимость равновесных концентраций сорбируемого компонента в фазе сорбента в фазе раствора.
22. Противоточный экстракционный каскад применяется в случае:
- только для извлечения и концентрирования компонентов;
  - для извлечения, концентрирования и разделения компонентов.
23. Изотерма экстракции это:
- зависимость равновесной концентрации экстрагируемого компонента в водной фазе от температуры;
  - зависимость равновесных концентраций экстрагируемого компонента в водной и органической фазах.
24. Является ли противоточная экстракция более эффективной по сравнению с экстракцией с перекрестным током водной и органической фаз?
- да;
  - нет.
25. В чем состоит принципиальное различие процессов экстракции и реэкстракции?
- в направлении процесса массообмена;
  - в аппаратном оформлении.

### Примеры индивидуальных расчетных работ по разделам дисциплины Расчетная работа 1

Составить материальный баланс операции гидрометаллургического вскрытия уран-фосфатного концентрата следующего состава:

Фторапатит	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{F}$	577 %
Лермонтовит	$\text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,39 %
Остальные минералы		42,11 %

Условия проведения процесса выщелачивания следующие: Т:Ж исходного концентрата обогащения - 1:2. Степень вскрываемости фторапатита и лермонтовита – 97 %. Остальные минералы, чтобы не загромождать данный пример расчета, условно считаем невскрываемыми.

Согласно литературным данным, с целью получения удобрений при комплексной переработке фосфатного сырья, разложение можно проводить смесью азотной и серной кислот. Установлено, что 60 % фторапатита вскрывается 47 %-ным раствором азотной кислоты и образовавшийся кальций(II) осаждается 38 %-ным раствором сульфата аммония, а 40% фторапатита вскрывается 92 %-ным раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Количество  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  берут с избытком в количестве 102 % от стехиометрии.

Образовавшийся фосфогипс отфильтровывают, полученный осадок с Т:Ж = 1:1 промывают методом вытеснения на фильтре количеством воды, равным массе влаги осадка. Полученный в результате промывки второй фильтрат направляют в оборот в реактор разложения.

### Расчетная работа 2

Осадок карбоната лития поступает на промывку:

В маточном растворе, а следовательно, и во влаге промываемого осадка содержится 160 г/л сульфата натрия (плотность раствора влаги осадка –  $1060 \text{ кг/м}^3$ ).

Относительная влажность осадка до и после промывки – 40 %.

Промывка производится водой. Считаем, что карбонат лития в процессе промывки практически не растворяется.

Производится противоточная 3-х ступенчатая репульсионная промывка при модуле промывки равном 2.

Определить степень извлечение сульфата натрия и составить материальный баланс промывки осадка исходя из 1000 кг влажного осадка.

### Расчетная работа 3

Рассчитать минералогический состав руды по ее оксидному составу.

Таблица 1 – Оксидный состав руды

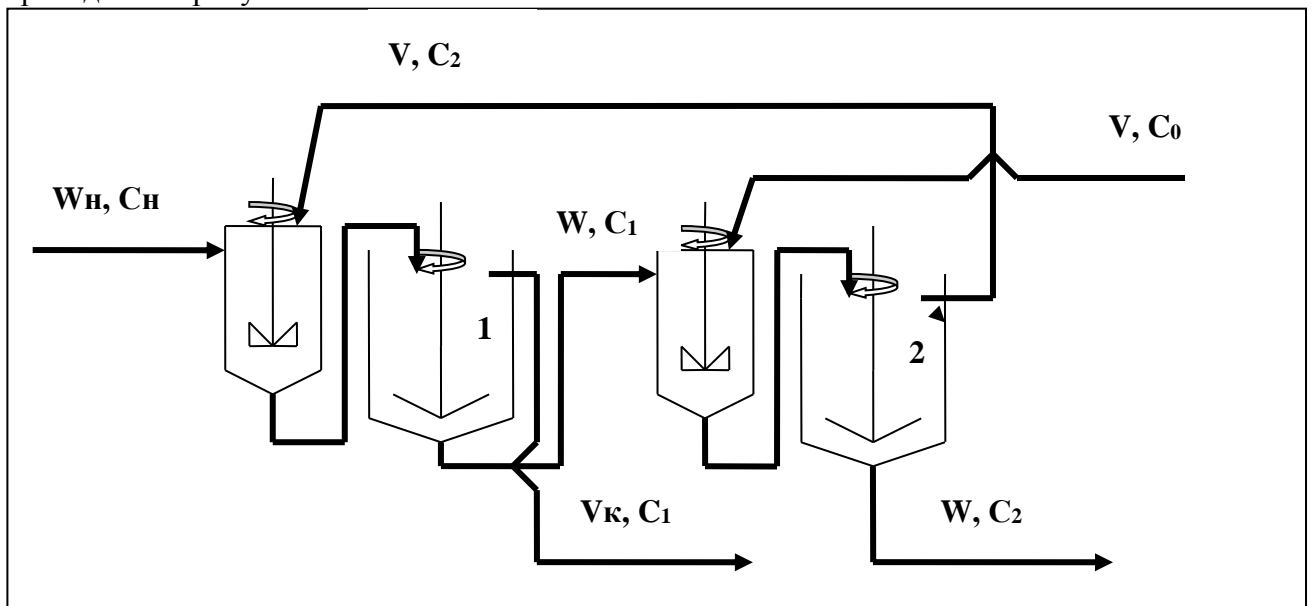
№ оксида (j)	Оксид	Мол. масса ( $m_j$ )	Содержание оксида ( $A_j$ ), %
1	$K_2O$	94	0,94
2	$Ln_2O_3$	336	1,10
3	$UO_3$	286	0,17
4	$P_2O_5$	142	26,52
5	$CaF_2$	78	4,76
6	$CaO$	56	30,87
7	$FeS_2$	120	21,00
8	$Na_2O$	62	1,87
9	$Al_2O_3$	102	4,10
10	$SiO_2$	60	7,93
11	$H_2O$	18	0,74

Таблица 2 - Минеральный состав исходного рудного концентрата

Порядковый номер минерала (j)	Минерал	Формула минерала	Мол.масса минерала ( $M_i$ )
1	Лермонтовит 1	$Ln_2O_3 P_2O_5 12H_2O$	694
	Лермонтовит 2	$3UO_3 P_2O_5 6H_2O$	1108
2	фторапатит	$CaF_2 9CaO 3P_2O_5$	1008
3	нефелин	$3Na_2O K_2O 4Al_2O_3 9SiO_2$	1228
4	пирит	$FeS$	120
5	кварц	$SiO_2$	60

### Расчетная работа 4

Дать характеристику процесса промывки, аппаратурно-технологическая схема которого приведена на рисунке



На рисунке приведена схема (охарактеризовать схему промывки)

Осадок, поступающий на промывку, имеет параметры:  $W_n, C_n$ ;

Исходная промывная жидкость имеет параметры:  $V, C_0$ ;

Каскад работает при условии:  $W_n \neq W, C_0 \neq 0$ .

**Составить уравнения материального баланса по отмываемому веществу:**

**-для первой ступени:**

**-для второй ступени:**

**-для всего каскада:**

**Составить уравнения материального баланса по жидкой фазе:**

**-для первой ступени:**

**-для второй ступени:**

**-для всего каскада:**

**Дать определение процессу промывки. Промывка это .....**

**Охарактеризовать барабанный вакуум-фильтр: БОП 10-1,8-1 (У,К), перечислить стадии его работы**