

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения текущей и промежуточной аттестации

по учебной дисциплине

«Химическая технология»

для направления подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Направленность программы: Химические технологии в горнорудной промышленности

1. Описание показателей (дескрипторов) и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Контроль качества освоения дисциплины (модуля) включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Компетенции	Показатели (дескрипторы)	Критерии в соответствии с уровнем освоения ОП			Оценочное средство (промежуточная аттестация)
		пороговый (удовлетворительно) 55-69 баллов	стандартный (хорошо) 70-84 балла	эталонный (отлично) 85-100 баллов	
ОПК-2	Знать	<p><i>Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные физические законы (гидродинамики, теплопередачи, молекулярно-кинетической теории, электрохимии) и их применение в описании процессов химической технологии в горнорудной промышленности; - основные химические законы (законы термодинамики, химической кинетики, закон действующих масс, законы Рауля, Генри, Фарадея) и их следствия для управления технологическими процессами; - основные математические аппараты (дифференциальное и интегральное исчисление) 	<p><i>Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные физические законы (гидродинамики, теплопередачи, молекулярно-кинетической теории, электрохимии) и их применение в описании процессов химической технологии в горнорудной промышленности; - основные химические законы (законы термодинамики, химической кинетики, закон действующих масс, законы Рауля, Генри, Фарадея) и их следствия для управления технологическими процессами; - основные математические аппараты (дифференциальное и интегральное исчисление) 	<p><i>Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные физические законы (гидродинамики, теплопередачи, молекулярно-кинетической теории, электрохимии) и их применение в описании процессов химической технологии в горнорудной промышленности; - основные химические законы (законы термодинамики, химической кинетики, закон действующих масс, законы Рауля, Генри, Фарадея) и их следствия для управления технологическими процессами; - основные математические аппараты (дифференциальное и интегральное исчисление) 	Собеседование, тестирование, контрольная работа

ОПК-2	Знать	ление, дифференциальные уравнения, теория рядов, теория вероятностей и математическая статистика), необходимые для решения прикладных задач химической технологии.	, дифференциальные уравнения, теория рядов, теория вероятностей и математическая статистика), необходимые для решения прикладных задач химической технологии.	исчисление, дифференциальные уравнения, теория рядов, теория вероятностей и математическая статистика), необходимые для решения прикладных задач химической технологии.	Собеседование, тестирование
	Уметь	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в следующих сферах:</i> - формулировка математической постановки задач профессиональной деятельности, связанных с расчетом материальных и тепловых балансов, кинетикой процессов, оптимизацией параметров; - проведение расчетов на основе законов физики и химии: определение скорости потоков, коэффициентов массо- и теплопередачи, тепловых эффектов процессов, равновесных составов фаз, констант скорости химических реакций.	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в следующих сферах:</i> - формулировка математической постановки задач профессиональной деятельности, связанных с расчетом материальных и тепловых балансов, кинетикой процессов, оптимизацией параметров; - проведение расчетов на основе законов физики и химии: определение скорости потоков, коэффициентов массо- и теплопередачи, тепловых эффектов процессов, равновесных составов фаз, констант скорости химических реакций.	<i>Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в следующих сферах:</i> - формулировка математической постановки задач профессиональной деятельности, связанных с расчетом материальных и тепловых балансов, кинетикой процессов, оптимизацией параметров; - проведение расчетов на основе законов физики и химии: определение скорости потоков, коэффициентов массо- и теплопередачи, тепловых эффектов процессов, равновесных составов фаз, констант скорости химических реакций.	Собеседование, решение задач, контрольная работа, лабораторная работа
	Владеть	<i>Владеет навыками саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - навыки применения математического аппарата для решения прикладных инженерных задач в области химической технологии горнорудного производства; - методы расчета и проектирования основных процессов и аппаратов химической	<i>Владеет навыками постоянного саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - - навыки применения математического аппарата для решения прикладных инженерных задач в области химической технологии горнорудного производства; - методы расчета и проектирования основных процессов и	<i>Владеет навыками саморазвития и умело их использует для профессионального роста в следующих сферах:</i> - - навыки применения математического аппарата для решения прикладных инженерных задач в области химической технологии горнорудного производства; - методы расчета и проектирования основных процессов и	Собеседование, доклад, решение кейсов

	Владеть	технологии, используемых в горнорудной промышленности (выщелачиватели, осадители, экстракторы, ректификационные колонны, теплообменники).	аппаратов химической технологии, используемых в горнорудной промышленности (выщелачиватели, осадители, экстракторы, ректификационные колонны, теплообменники).	аппаратов химической технологии, используемых в горнорудной промышленности (выщелачиватели, осадители, экстракторы, ректификационные колонны, теплообменники).	Собеседование, доклад, решение кейсов
ПК-1	Знать	<i>Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - принципы организации технологического режима, включая совокупность параметров (температура, давление, концентрация реагентов, скорость потоков), определяющих эффективность и безопасность работы оборудования.	<i>Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - принципы организации технологического режима, включая совокупность параметров (температура, давление, концентрация реагентов, скорость потоков), определяющих эффективность и безопасность работы оборудования.	<i>Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - принципы организации технологического режима, включая совокупность параметров (температура, давление, концентрация реагентов, скорость потоков), определяющих эффективность и безопасность работы оборудования.	Собеседование, тестирование, контрольная работа
	Уметь	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в следующих сферах:</i> - расчет технологических параметров (степень превращения сырья, селективность, производительность) для оценки эффективности и экологической безопасности технологического процесса.	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в следующих сферах:</i> - расчет технологических параметров (степень превращения сырья, селективность, производительность) для оценки эффективности и экологической безопасности технологического процесса.	<i>Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в следующих сферах:</i> - расчет технологических параметров (степень превращения сырья, селективность, производительность) для оценки эффективности и экологической безопасности технологического процесса.	Собеседование, решение задач, лабораторная работа, контрольная работа
	Владеть	<i>Владеет навыками саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i>	<i>Владеет навыками постоянного саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i>	<i>Владеет навыками саморазвития и умело их использует для профессионального роста в следующих сферах:</i>	Собеседование, доклад, решение

	Владеть	- методы расчета и оптимизации технологического режима работы оборудования для обеспечения его максимальной эффективности и экологической безопасности в условиях горнорудного производства.	- методы расчета и оптимизации технологического режима работы оборудования для обеспечения его максимальной эффективности и экологической безопасности в условиях горнорудного производства.	методы расчета и оптимизации технологического режима работы оборудования для обеспечения его максимальной эффективности и экологической безопасности в условиях горнорудного производства.	Собеседование, доклад, решение кейсов
ПК-2	Знать	<i>Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - современные тенденции цифровизации (Большие данные, IoT, ИИ, Машинное обучение) и их роль в горнодобывающей промышленности; - подходы к прогнозированию и оптимизации процессов с помощью технологий ИИ и машинного обучения.	<i>Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - тенденции цифровизации (Большие данные, IoT, ИИ, Машинное обучение) и их роль в горнодобывающей промышленности; - подходы к прогнозированию и оптимизации процессов с помощью технологий ИИ и машинного обучения.	<i>Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - тенденции цифровизации (Большие данные, IoT, ИИ, Машинное обучение) и их роль в горнодобывающей промышленности; - подходы к прогнозированию и оптимизации процессов с помощью технологий ИИ и машинного обучения.	Собеседование, тестирование
	Уметь	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в следующих сферах:</i> - анализ больших объемов данных для оптимизации химико-технологических процессов; - разработка предложений по улучшению системы с применением современных информационных технологий.	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в следующих сферах:</i> - анализ больших объемов данных для оптимизации химико-технологических процессов; - разработка предложений по улучшению системы с применением современных информационных технологий.	<i>Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в следующих сферах:</i> - анализ больших объемов данных для оптимизации химико-технологических процессов; - разработка предложений по улучшению системы с применением современных информационных технологий.	Собеседование, решение задач
	Владеть	<i>Владеет навыками саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - навыки использования систем бизнес-	<i>Владеет навыками постоянного саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - навыки использования	<i>Владеет навыками саморазвития и умело их использует для профессионального роста в следующих сферах:</i>	Собеседование, доклад, решение кейсов

	Владеть	аналитики (BI) и планирования (CPM) для анализа производственных показателей; - методы анализа данных для прогнозирования отказов оборудования и минимизации простоев.	систем бизнес-аналитики (BI) и планирования (CPM) для анализа производственных показателей; - методы анализа данных для прогнозирования отказов оборудования и минимизации простоев.	- навыки использования систем бизнес-аналитики (BI) и планирования (CPM) для анализа производственных показателей; - методы анализа данных для прогнозирования отказов оборудования и минимизации простоев.	Собеседование, доклад, решение кейсов
ПК-8	Знать	<i>Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - критерии эффективности технологического процесса в горнорудной промышленности: извлечение ценного компонента, качество концентрата, удельный расход реагентов, энергоёмкость, ресурсосбережение; - основные технологические параметры (ТП) процессов в горнорудной промышленности (расходы, концентрации, температуры, давления, уровни, рН среды, крупность материала) и их роль в управлении процессом.	<i>Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - критерии эффективности технологического процесса в горнорудной промышленности: извлечение ценного компонента, качество концентрата, удельный расход реагентов, энергоёмкость, ресурсосбережение; - основные технологические параметры (ТП) процессов в горнорудной промышленности (расходы, концентрации, температуры, давления, уровни, рН среды, крупность материала) и их роль в управлении процессом.	<i>Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянному саморазвитию в следующих сферах:</i> - критерии эффективности технологического процесса в горнорудной промышленности: извлечение ценного компонента, качество концентрата, удельный расход реагентов, энергоёмкость, ресурсосбережение; - основные технологические параметры (ТП) процессов в горнорудной промышленности (расходы, концентрации, температуры, давления, уровни, рН среды, крупность материала) и их роль в управлении процессом.	Собеседование, тестирование, контрольная работа
	Уметь	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в следующих сферах:</i> - выявление причинно-следственных связей между изменением технологических параметров и показателями эффективности процесса (например,	<i>Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в следующих сферах:</i> - выявление причинно-следственных связей между изменением технологических параметров и показателями эффективности	<i>Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в следующих сферах:</i> - выявление причинно-следственных связей между изменением технологических параметров и показателями эффективности процесса (например,	Собеседование, решение задач, лабораторная работа

	Уметь	как изменение расхода собирателя влияет на извлечение металла и качество концентрата); - проведение анализа технологического процесса с целью выявления "узких мест" и потенциальных возможностей для энерго- и ресурсосбережения.	процесса (например, как изменение расхода собирателя влияет на извлечение металла и качество концентрата); - проведение анализа технологического процесса с целью выявления "узких мест" и потенциальных возможностей для энерго- и ресурсосбережения.	как изменение расхода собирателя влияет на извлечение металла и качество концентрата); - проведение анализа технологического процесса с целью выявления "узких мест" и потенциальных возможностей для энерго- и ресурсосбережения.	Собеседование, решение задач, лабораторная работа
	Владеть	<i>Владеет навыками саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - навыки системного описания технологического процесса как объекта управления: определение входов, выходов, целей управления, управляющих и возмущающих воздействий; - навыки качественного анализа для предложения направлений оптимизации технологического режима с целью повышения его эффективности и экологической безопасности.	<i>Владеет навыками постоянного саморазвития и самосовершенствования в следующих сферах:</i> - навыки системного описания технологического процесса как объекта управления: определение входов, выходов, целей управления, управляющих и возмущающих воздействий; - навыки качественного анализа для предложения направлений оптимизации технологического режима с целью повышения его эффективности и экологической безопасности.	<i>Владеет навыками саморазвития и умело их использует для профессионального роста в следующих сферах:</i> - навыки системного описания технологического процесса как объекта управления: определение входов, выходов, целей управления, управляющих и возмущающих воздействий; - навыки качественного анализа для предложения направлений оптимизации технологического режима с целью повышения его эффективности и экологической безопасности.	Собеседование, доклад, решение кейсов

2. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

2.1. Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением семинаров, оцениванием контрольных заданий, проверкой конспектов лекций, выполнением индивидуальных и творческих заданий, периодическим опросом обучающихся на занятиях. Контролируемые

разделы (темы) дисциплины (модуля), компетенции и оценочные средства представлены в таблице.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Теоретические основы химической технологии	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, задачи, тестирование
2	Теоретические основы химической технологии	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, презентация, доклад, кейс-задание
3	Массообменные, тепловые, гидравлические процессы и их место в химической технологии.	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, задачи, тестирование, контрольная работа, лабораторная работа
4	Принципы создания малоотходных и ресурсосберегающих производств.	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, задачи, тестирование, презентация, доклад, кейс-задание
5	Особенности минерального сырья и его подготовка.	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, задачи, тестирование, презентация, доклад, кейс-задание
6	Основы процессов обогащения	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, презентация, доклад, кейс-задание
7	Гидрометаллургические процессы	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, презентация, доклад, кейс-задание, лабораторная работа
8	Пирометаллургические, ресурсосберегающие и другие процессы в химической технологии	ОПК-2; ПК-1, 2, 8	Контрольные вопросы, презентация, доклад, кейс-задание

Критерии и шкала оценивания задач

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
<i>«зачтено»</i>	<i>Задача решена верно, приведены правильные аргументирующие выводы</i>
<i>«не зачтено»</i>	<i>Задача не решена или решена со значительными замечаниями</i>

Критерии оценивания собеседования

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
<i>«зачтено»</i>	<i>1) понимание: знание и понимание раздела дисциплины, по которому поставлен вопрос и базовых фундаментальных терминов; 2) формулировка ответа: полный ответ на поставленный вопрос, умение привести конкретный практический пример; 3) сумма правильных ответов: не менее 60 % правильных ответов.</i>
<i>«не зачтено»</i>	<i>1) понимание: незнание и непонимание раздела дисциплины, по которому поставлен вопрос и базовых фундаментальных терминов; 2) формулировка ответа: неполный ответ на поставленный вопрос, неумение привести конкретный практический пример; 3) сумма правильных ответов: менее 60 % правильных ответов.</i>

Критерии и шкала оценивания докладов

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
<i>«зачтено»</i>	<i>Доклад сделан устно с использованием презентации, при этом имеются письменные тезисы, проанализированы отечественные и зарубежные литературные источники, интернет-ресурсы. Содержание заданной темы раскрыто в полном объеме. Отражена структура доклада (вступление, основная часть, заключение, присутствуют выводы и примеры). Оформление работы, соответствует предъявляемым требованиям. Оригинальность выполнения (работа сделана самостоятельно, представлена впервые)</i>
<i>«не зачтено»</i>	<i>Доклад зачитан, без использования компьютерных технологий. Содержание доклада ограничено информацией. Заданная тема доклада не раскрыта, основная мысль сообщения не передана, структура не просматривается, выводы либо отсутствуют либо сделаны частично.</i>

Критерии оценивания презентаций

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
<i>«зачтено»</i>	<i>1) оформление: шрифт должен легко читаться; размер шрифта должен подчеркивать важность информации; анимационные эффекты (если они присутствуют) не должны отвлекать внимание от информации, представленной на слайде; 2) содержание: отсутствие грамматических, стилистических и ошибок в формулах; формулировка вывода по результатам проведенной работы; грамотное представление графиков, диаграмм, таблиц; соответствие заявленной теме и целям.</i>
<i>«не зачтено»</i>	<i>1) оформление: шрифт слишком мелкий, цвет выбран неудачно и слайд «нечитаемый» и переполнен картинками и информацией, присутствуют анимационные эффекты и украшающие элементы, не относящиеся к теме и отвлекающие от содержательной части слайда; 2) содержание: присутствие грамматических, стилистических и ошибок в формулах; отсутствие вывода по результатам проведенной работы; некорректное представление графиков, диаграмм, таблиц; несоответствие заявленной теме и целям.</i>

Критерии и шкала оценивания тестирования (промежуточного)

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	Выполнение более 70 % тестовых заданий
«не зачтено»	Выполнение менее 70 % тестовых заданий

Критерии оценивания лабораторной работы

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	1) оформление отчета: грамотное представление числовых значений в таблицах, графиков, лаконичность и точность в формулировке выводов, аккуратность, отсутствие орфографических, математических ошибок. 2) содержание: достижение цели лабораторной работы и выполнение ее учебных задач. 3) теоретическая часть: правильные ответы не менее на 6 из 10 вопросов по изучаемой теме.
«не зачтено»	1) оформление отчета: неграмотное представление числовых значений в таблицах, графиков, слишком объемный и неточный вывод, неаккуратность, наличие орфографических, математических ошибок; 2) содержание: недостижение цели лабораторной работы и невыполнение ее учебных задач. 3) теоретическая часть: правильные ответы менее чем на 6 из 10 вопросов по изучаемой теме.

Критерии и шкала оценивания кейс-задания

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	Обучающийся правильно подобрал материал по заданной теме для решения кейса. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
«не зачтено»	При решении кейс-задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Допущено множество неточностей.

Критерии и шкала оценивания контрольной работы

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	Две задачи из трех решены правильно
«не зачтено»	Правильно решена одна задачи из трех или ни одной.

2.3. Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Для оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации используется двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено», а также используется 4-балльная шкала: «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно», «Неудовлетворительно».

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Критерии</i>	<i>Уровень освоения компетенций</i>
<i>«зачтено»</i>	<i>Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Ответил на все дополнительные вопросы</i>	<i>Эталонный</i>
	<i>Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Ответил на большинство дополнительных вопросов</i>	<i>Стандартный</i>
	<i>Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы</i>	<i>Пороговый</i>
<i>«не зачтено»</i>	<i>Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов</i>	<i>Компетенции не сформированы</i>
<i>Отлично</i>	<i>наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы</i>	<i>Эталонный</i>
<i>Хорошо</i>	<i>наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала</i>	<i>Стандартный</i>
<i>Удовлетворительно</i>	<i>наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике</i>	<i>Пороговый</i>
<i>Неудовлетворительно</i>	<i>наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.</i>	<i>Компетенции не сформированы</i>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

3.1. Оценочные средства текущего контроля успеваемости

Контрольные вопросы

1. Дайте определение химической технологии как науки. Каковы её основные задачи?
2. Что такое технологический процесс? Перечислите его основные стадии.
3. Объясните понятие «кинетика химических процессов». Как скорость реакции зависит от температуры и концентрации реагентов?
4. Что такое «химико-технологическая система» (ХТС)? Из каких элементов она состоит?
5. В чём разница между периодическим и непрерывным технологическими процессами? Назовите их преимущества и недостатки.
6. Что такое технологический режим? Какие основные параметры его характеризуют (температура, давление, концентрация, время)?
7. Объясните понятие «селективность» и «выход продукта» химической реакции. Почему эти показатели важны?
8. Что такое катализ и каковы основные функции катализатора в химико-технологическом процессе?
9. Дайте определение массообменным процессам. Приведите примеры массообменных операций, используемых в переработке минерального сырья.
10. Что такое движущая сила массопередачи и от каких факторов она зависит?
11. Опишите принцип работы и устройство типового массообменного аппарата (например, абсорбера или ректификационной колонны).
12. Каковы основные законы теплопередачи (теплопроводность, конвекция, излучение)? Приведите примеры каждого в химической технологии.
13. Что такое теплообменный аппарат? Классифицируйте основные типы теплообменников.
14. Объясните сущность гидравлических процессов. Что такое гидравлическое сопротивление и как оно влияет на работу технологической линии?
15. Как рассчитывается расход жидкости или газа в трубопроводе? От каких параметров он зависит?
16. В чём особенности одновременного протекания процессов тепло- и массообмена? Приведите пример такого процесса.
17. Дайте определение *малоотходному производству*. Чем оно принципиально отличается от *безотходного*?
18. Назовите и раскройте основные принципы создания безотходных и малоотходных производств (системность, комплексность использования ресурсов, цикличность материальных потоков).
19. Что понимается под «устойчивым развитием» в контексте химической технологии?

20. Какие существуют количественные критерии (коэффициенты) для оценки степени безотходности производства? Приведите пример из цветной металлургии или угольной промышленности.
21. Объясните, что такое «цикличность материальных потоков». Приведите пример замкнутого водооборотного цикла на предприятии.
22. Перечислите основные направления работ по созданию малоотходных производств.
23. Как принцип комплексного использования сырья способствует ресурсосбережению? Приведите пример из практики переработки руд.
24. Каковы общие требования к разработке новых технологических процессов с точки зрения ресурсосбережения и экологии?
25. Дайте определение «природным ресурсам» и «минеральному сырью».
26. На какие основные классы делятся полезные ископаемые по их использованию (топливные, рудные, нерудные)? Приведите примеры для каждого класса.
27. Что такое «руда» и «пустая порода»? Какова основная цель переработки руды?
28. Объясните понятия «исчерпаемые/неисчерпаемые» и «возобновляемые/невозобновляемые» ресурсы. К какому типу относится большинство минеральных ресурсов?
29. Что такое «ресурсообеспеченность» и как она рассчитывается?
30. Перечислите и охарактеризуйте основные стадии подготовки минерального сырья к дальнейшему обогащению (дробление, грохочение, измельчение, классификация).
31. В чём заключается операция «грохочения» и для чего она применяется?
32. Каковы современные направления поиска и освоения новых месторождений полезных ископаемых («вширь» и «вглубь»)?
33. Что является главной целью процесса обогащения полезных ископаемых?
34. На чём основан метод *гравитационного обогащения*? Приведите пример его применения.
35. Раскройте сущность *флотационного метода* обогащения. Какие факторы влияют на его эффективность?
36. Что такое «концентрат», «хвосты» и «промпродукт» в схеме обогащения?
37. Дайте определение *гидрометаллургии*. В чём её основное отличие от пирометаллургии?
38. Опишите типичную схему гидрометаллургического процесса, назвав основные стадии (выщелачивание, очистка раствора, осаждение металла).
39. Что такое «выщелачивание»? Какие выщелачивающие реагенты вы знаете?
40. Какие преимущества и недостатки имеют гидрометаллургические процессы по сравнению с пирометаллургическими?
41. Дайте определение *пирометаллургии* и назовите основные процессы, которые к ней относятся.
42. Что такое «шихта» и какова её роль в пирометаллургическом процессе?
43. Какие исходные материалы, кроме руды, необходимы для пирометаллургической плавки (кокс, флюс, огнеупоры)? Объясните роль каждого.
44. Что такое «флюс» и какова его основная функция в процессе плавки?
45. В чём состоит принципиальное различие в производстве чугуна и стали с точки зрения химического состава и технологии?
46. Как классифицируются стали по содержанию углерода и легирующих элементов?

47. Приведите пример ресурсосберегающей технологии, совмещающей производство нескольких продуктов из комплексного сырья (например, переработка нефелинов)-6.
48. Как можно утилизировать и комплексно использовать крупнотоннажные отходы, например, пиритные огарки?
49. Опишите суть процесса распылительного тепло- и массообмена. Где он находит применение?
50. Что понимается под «кризисом сопротивления» в двухфазном потоке и как это явление влияет на тепломассообмен?
51. Как энерго- и ресурсосберегающие технологии интегрируются в традиционные пирометаллургические процессы? Приведите пример.
52. Каковы основные экологические показатели для оценки воздействия производства на окружающую среду?
53. В чём заключается роль химика-технолога во внедрении принципов устойчивого развития на горно-обогатительном предприятии?
54. Объясните, почему горно-металлургический комплекс является одним из ключевых для внедрения малоотходных технологий.
55. Какие новые, перспективные процессы в химической технологии (например, с применением сверхкритических флюидов, мембранных технологий) могут способствовать ресурсосбережению в вашей отрасли?
56. В чём проблема «вторичных» ресурсов в горнорудной промышленности и какова роль химической технологии в её решении?
57. Как можно оценить экономическую эффективность внедрения ресурсосберегающей технологии?
58. Что такое «технологический аудит» производства с точки зрения энерго- и ресурсосбережения?
59. Каковы, на ваш взгляд, главные вызовы и тренды в развитии химической технологии для горнорудной промышленности на ближайшие 10-20 лет?
60. Как знания по химической технологии могут быть применены для решения конкретной производственной задачи: повышения извлечения ценного компонента из бедной или упорной руды с минимальными экологическими последствиями?

ТЕМЫ ДЛЯ ДОКЛАДОВ

1. Математическое моделирование как основа для проектирования и оптимизации массообменных процессов в химической технологии.
2. Современные методы интенсификации тепловых процессов (теплообменников): от нанесенных покрытий до применения наноматериалов.
3. Гидравлические процессы в аппаратах с кипящим слоем: особенности, расчеты и применение в переработке минерального сырья.
4. Аналогия процессов тепло- и массопереноса: теоретическое обоснование и практическое значение для расчета аппаратов.
5. Концепция «зеленой» химии и ее реализация в технологиях горнорудной промышленности.
6. Принципы рециклинга водных и реагентных потоков в гидрометаллургических процессах.

7. Анализ материальных и энергетических балансов как инструмент для выявления узких мест и создания малоотходных производств.
8. Технологии утилизации отходов обогащения (хвостов) для получения строительных материалов и дорожных покрытий.
9. Когенерация и утилизационные теплоустановки в химико-технологических комплексах переработки руд.
10. Современные методы подготовки минерального сырья: от дробления и грохочения до микронизации и механоактивации.
11. Особенности обогащения труднообогатимых и комплексных руд (на примере конкретного типа руды, напр., редкоземельных, окисленных никелевых).
12. Флотационные реагенты нового поколения: селективность, биоразлагаемость и влияние на экологию процесса.
13. Применение методов радиометрического и оптического обогащения для предварительной концентрации руд.
14. Биогидрометаллургия (биовыщелачивание): микробиологические основы, аппаратное оформление и перспективы для бедных руд.
15. Сорбционные и экстракционные технологии извлечения ценных компонентов из бедных растворов и пульп.
16. Процессы подземного и кучного выщелачивания: теория, практика и экологические аспекты.
17. Электрохимические методы в гидрометаллургии: электролиз, электроэкстракция, электрофлотация.
18. Плазменные технологии в пирометаллургии: переработка концентратов и отходов с высоким энергосбережением.
19. Процессы прямого восстановления металлов из руд и концентратов (вне доменного процесса) как ресурсосберегающая альтернатива.
20. Комбинированные пиро-гидрометаллургические схемы переработки сырья: синергетический эффект для комплексного и экономного извлечения компонентов.

ТЕСТЫ

Тест № 1.

1. В классификации химической технологии по отраслям к какому классу принадлежит производство органических продуктов на основе главным образом углеводородного сырья:

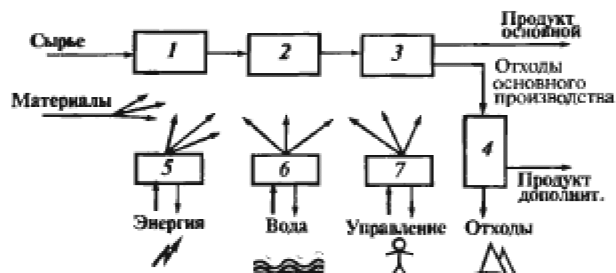
- а) переработка нефти и газа;
- б) нефтехимический синтез;
- в) основной органический синтез;
- г) тонкий органический синтез;
- д) высокомолекулярная технология?

2. Метод получения какого вещества разработал в 1789 г. французский физик Н. Леблан по реакции $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{C} + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{CaS}$:

- а) соды;
- б) сульфида кальция;
- в) углекислого газа;

- г) углекислоты;
- д) серной кислоты?

3. В структуре химического производства элемент 2 обозначает следующее:



- а) подготовка сырья;
- б) переработка сырья;
- в) введение основного продукта;
- г) санитарная очистка и утилизация отходов;
- д) подготовка вспомогательных материалов?

4. Какой из перечисленных ниже компонентов не относится к переменным:

- а) сырье;
- б) продукты;
- в) вспомогательные материалы;
- г) оборудование;
- д) отходы производства?

5. К какому классу относятся процессы нагрева и охлаждения, изменения фазового состава:

- а) механические и гидромеханические;
- б) теплообменные;
- в) массообменные;
- г) химические;
- д) энергетические?

6. Какой технический показатель рассчитывают как количество перерабатываемого сырья или образующегося продукта в единице объема аппарата:

- а) производительность (мощность) производства;
- б) расходный коэффициент;
- в) выход продукта;
- г) интенсивность процесса;
- д) качество продукта?

7. Какой эксплуатационный показатель характеризуется средним временем безаварийной работы либо числом аварийных остановок оборудования или производства в целом за определенный отрезок времени:

- а) надежность;
- б) безопасность функционирования;
- в) чувствительность к нарушениям режима и изменению условий эксплуатации;
- г) управляемость и регулируемость;
- д) безвредность обслуживания?

8. Какой из социальных показателей следует из сопоставления санитарно-гигиенических условий для обслуживающего персонала с соответствующими нормами по загазованности, запыленности, уровню шума и др.:

- а) экологическая безопасность;
- б) степень автоматизации и механизации;
- в) безвредность обслуживания;
- г) надежность;
- д) производительность труда?

9. В формуле для расчета себестоимости $C = (\sum C_i G_{Hi} + kZ_K + Z_T) / G_{П}$, как обозначено количество израсходованного сырья, энергии, материалов:

- а) C_i ;
- б) G_{Hi} ;
- в) Z_K ;
- г) Z_T ;
- д) $G_{П}$?

10. Как связаны между собой производительность и количество выработанного продукта:

- а) $\Pi = G \cdot \tau$;
- б) $\Pi = \tau / G$;
- в) $\Pi = G / \tau$;
- г) $G = \Pi \tau$;
- д) $G = \Pi / \tau$?

11. По какому признаку химическое сырье классифицируется на возобновляемое и невозобновляемое:

- а) по агрегатному состоянию;
- б) по видам запаса;
- в) по химическому состоянию;
- г) по происхождению;
- д) по степени изученности?

12. Что из нижеперечисленного не относится к направлениям рационального использования химического сырья:

- а) применение более дешевого сырья;
- б) использование вторичных материальных ресурсов;
- в) использование более концентрированного сырья;
- г) использование менее концентрированного сырья;
- д) комплексная переработка сырья?

13. Как называется процесс разделения однородных сыпучих материалов на фракции по размерам составляющих их частиц:

- а) измельчение;
- б) обезвоживание;
- в) обогащение;
- г) укрупнение;
- д) классификация?

14. По какой формуле рассчитывают степень обогащения сырья:

- а) $I = D_n / D_k$;
- б) $\eta_k = m_k / m_c$;
- в) $X = m_{kk} / m_{kc}$;
- г) $X = \mu / \mu_{kc}$;

д) $t = 100$ / ИИР?

15. К каким из методов обогащения относится флотация:

- а) механические;
- б) гравитационные;
- в) химические;
- г) физико-химические;
- д) физические?

16. Какая из видов природной воды практически не содержит растворенные соли:

- а) атмосферная;
- б) поверхностная;
- в) подземная;
- г) морская;
- д) пресная?

17. Какая операция, используемая при промышленной водоподготовке показана уравнением $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$:

- а) коагуляция;
- б) обеззараживание;
- в) дегазация;
- г) умягчение;
- д) обессоливание?

18. Реакция, протекающая при регенерации катионита:

- а) $\text{Na}_2(\text{Кат}) + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{Ca}(\text{Кат}) + 2\text{NaHCO}_3$;
- б) $2\text{Ан}(\text{ОН}) + \text{CaCl}_2 = 2\text{АнCl} + \text{Ca}(\text{ОН})_2$;
- в) $\text{Ca}(\text{Кат}) + 2\text{NaCl} = \text{Na}_2(\text{Кат}) + \text{CaCl}_2$;
- г) $\text{АнCl} + \text{KOH} = \text{Ан}(\text{ОН}) + \text{KCl}$;
- д) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$?

19. Какой вид энергии используется для осуществления разнообразных физических процессов, не сопровождающихся химическими реакциями:

- а) электрическая;
- б) тепловая;
- в) химическая;
- г) световая;
- д) внутриядерная?

20. Что является критерием экономичности использования энергии:

- а) калорийный эквивалент;
- б) количество энергии в кВт·ч, получаемое при полном сгорании 1 кг топлива;
- в) расходный коэффициент;
- г) коэффициент использования энергии;
- д) тепловой к.п.д.?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Получение гипохлорита натрия электролизом водного раствора хлорида натрия

Цель работы: исследовать процесс электролиза раствора хлорида натрия и получить гипохлорит натрия.

Учебные задачи:

- 1) провести электролиз растворов хлорида натрия;
- 2) определить концентрацию гипохлорита натрия¹ методом йодометрического титрования;
- 3) представить зависимости концентрации гипохлорита натрия в растворе от концентрации хлорида натрия, силы тока и времени электролиза.

Приборы и реактивы: электролизер² (рис. 1); графитовые электроды; бюретка; конические колбы на 100 см³; пипетки; химический стакан; резиновая груша; штатив; фильтровальная бумага; 5 – 10 % растворы хлорида натрия; 0,1 н. раствор тиосульфата натрия; 5 % раствор йодида калия; 1 % раствор крахмала; 20 %-ный раствор серной кислоты; дистиллированная вода.

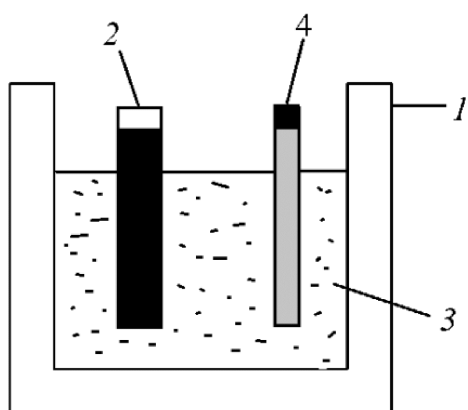


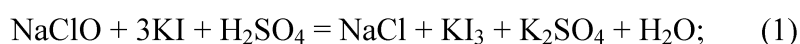
Рис. 1. Схема установки:

- 1 – сосуд;
- 2 – графитовый электрод;
- 3 – электролит (раствор хлорида натрия);
- 4 – металлический электрод.

Порядок выполнения работы

1. В вытяжном шкафу провести электролиз растворов поваренной соли разных концентраций (от 5 до 10 %) при температуре от 20 до 25 °С в течение 120 минут и силе тока от 0,5 до 1,0 А.

2. Отобрать пипеткой из электролизера 20 см³ раствора, перенести в коническую колбу на 250 см³, добавить 10 см³ 5 %-ного раствора йодида калия, перемешать, добавить 20 см³ кислоты, снова перемешать. Колбу закрыть пробкой и поставить в тёмное место на 5 мин.



Титровать выделившийся йод раствором тиосульфата натрия до соломенно-желтой окраски и добавить 2 см³ раствора крахмала. Далее титровать окрашенный в синий цвет раствор до обесцвечивания.



3. Повторить титрование трижды и занести в таблицу 23 результаты титрования: концентрация раствора поваренной соли (ω_{NaCl} , %), сила тока (I , А), температура (t , °С), время электролиза (τ , мин.), объём титранта – 0,1 н. раствора тиосульфата натрия ($V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$, см³), концентрация гипохлорита натрия (C_{NaClO} , н.). Рассчитать концентрацию гипохлорита натрия, исходя из закона эквивалентов:

$$C_{\text{NaClO}} = V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot 0,00372 \cdot 1000, \quad (3)$$

где 0,00372 – масса гипохлорита натрия, соответствующая 1 см³ 0,1 н. раствора Na₂S₂O₃, г.

¹ ГОСТ Р 57568-2017 Натрия гипохлорит раствор водный. Технические условия.

² два электрода, которые присоединены к источнику постоянного тока и погружены в сосуд с электролитом.

Таблица 1

Экспериментальные данные

$\omega_{\text{NaCl}}, \%$	I, A	t, °C	τ , мин	$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}, \text{см}^3$	$C_{\text{NaClO}}, \text{н.}$

4. По полученным экспериментальным данным (см. табл. 1) построить и охарактеризовать следующие графические зависимости $C_{\text{NaClO}} = f(\omega_{\text{NaCl}})$; $C_{\text{NaClO}} = f(I)$; $C_{\text{NaClO}} = f(\tau)$.

5. Рассчитать катодный выход продукта по току (η %) по уравнению:

$$\eta = \frac{C_{\text{NaClO}} \cdot V}{I \cdot \tau \cdot \text{Э}_B} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где C_{NaClO} – концентрация гипохлорита натрия, г/дм³;

V – объём раствора, дм³;

Э_B – электрохимический эквивалент вещества, г/Кл.

6. Составить материальный баланс³ по катиону натрия в процессе электролиза без учёта материала электродов и количества образующихся газов (Cl_2 , O_2 и др.). Полученные данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

Материальный баланс по катиону натрия

Приход			Расход		
Статья прихода	Масса, г	%	Статья расхода	Масса, г	%
NaCl			NaOH		
H ₂ O			NaCl		
			NaClO		
			NaClO ₃		
			H ₂ O		
ИТОГО			ИТОГО		

Составить отчёт и сформулировать вывод.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

1. Объясните, почему массообменные (диффузионные), тепловые и гидравлические процессы считаются базовыми (основными) для любой химико-технологической системы.

³ вещественное выражение закона сохранения массы вещества, согласно которому во всякой замкнутой системе масса веществ, вступивших во взаимодействие, равна массе веществ, образовавшихся в результате этого взаимодействия.

Приведите по одному примеру их практического применения в горнорудной промышленности.

2. Назовите и кратко сформулируйте основные законы, лежащие в основе:

Гидравлических процессов (движение потоков). Тепловых процессов (перенос энергии). Массообменных процессов (перенос вещества).

3. Классифицируйте основные типы аппаратов для проведения массообменных, тепловых и гидравлических процессов. В чем заключается принципиальное различие между аппаратами идеального вытеснения и идеального смешения?

4. *Гидравлический расчет (расчет трубопровода).*

На горно-обогащительной фабрике необходимо перекачивать суспензию измельченной рудной пульпы плотностью $\rho = 1250 \text{ кг/м}^3$ по стальному трубопроводу с эквивалентной шероховатостью $\Delta = 0.2 \text{ мм}$. Длина трубопровода $L = 150 \text{ м}$, внутренний диаметр $d = 0.1 \text{ м}$. Объемный расход пульпы $Q = 0.015 \text{ м}^3/\text{с}$. Температура потока 20°C .

Определите: а) Скорость потока (w , м/с). б) Число Рейнольдса (Re) и характер режима течения (ламинарный/турбулентный). Динамическую вязкость пульпы принять $\mu = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$. в) Коэффициент гидравлического трения (λ) по соответствующей формуле (укажите, какую формулу использовали и почему). г) Потери напора на трение по длине трубопровода (Δh , м) и потери давления (ΔP , Па).

5. *Тепловой расчет (теплообменный аппарат).*

Для подогрева технологического раствора, используемого при выщелачивании металла из руды, применяется кожухотрубчатый теплообменник. Раствор (теплоемкость $C_p = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$) движется по трубкам со скоростью $G = 2.5 \text{ кг/с}$ и нагревается от $t_1 = 15^\circ\text{C}$ до $t_2 = 65^\circ\text{C}$. В качестве греющего агента используется насыщенный водяной пар с температурой $t_{\text{п}} = 120^\circ\text{C}$.

Определите: а) Тепловую нагрузку аппарата (Q , Вт). б) Среднюю логарифмическую разность температур ($\Delta t_{\text{ср}}$, $^\circ\text{C}$) при условии противоточного движения сред. в) Необходимую площадь поверхности теплообмена (F , м^2), если известно, что коэффициент теплопередачи $K = 850 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$.

6. *Массообменный процесс (абсорбция).*

В системе газоочистки металлургического завода из отходящего газа необходимо извлечь сернистый ангидрид (SO_2) путем абсорбции водой в насадочной колонне. Исходная концентрация SO_2 в газе $Y_{\text{н}} = 0.05 \text{ кг/кг}$ инертного газа. Требуемая степень извлечения $\eta = 90\%$. Расход инертного газа $G = 1000 \text{ кг/ч}$. Равновесие процесса при рабочих условиях описывается уравнением $Y^* = 26 \cdot X$ (X , Y – рабочие концентрации в жидкой и газовой фазах соответственно).

Определите: а) Конечную концентрацию SO_2 в газе ($Y_{\text{к}}$, кг/кг). б) Минимальный расход воды (L_{min} , кг/ч), если начальная концентрация SO_2 в воде $X_{\text{н}} = 0$. в) Расход воды (L , кг/ч) при его величине, в 1.4 раза превышающей минимальную. г) Конечную концентрацию SO_2 в жидкой фазе ($X_{\text{к}}$, кг/кг) для условий пункта (в).

7. Проанализируйте, каким образом интенсификация или оптимизация массообменных, тепловых и гидравлических процессов в горнорудной промышленности может привести к снижению удельных энергозатрат и расходу технологической воды. Предложите не менее двух конкретных направлений для каждого типа процессов.

8. В классическом «Справочнике инженера-химика» под редакцией Перри Дж.Г. первый том полностью посвящен данным по гидравлическим, тепловым и

массообменным процессам, необходимым для расчета и проектирования -1. Опираясь на это утверждение:

- а) Перечислите основные разделы (не менее пяти), которые, по вашему мнению, должны быть в современном справочнике для расчета аппаратов, указанных в задачах.
- б) При решении какой из предложенных задач (1, 2 или 3) может потребоваться обращение к номограммам физико-химических свойств веществ, приведенным в справочнике? Обоснуйте свой ответ.

9. Чем отличаются условия проведения массообменных процессов и гидродинамические режимы при работе с гетерогенными системами (суспензии, пульпы), характерными для горнорудной промышленности, от условий работы с чистыми жидкостями и газами в классической химической технологии? Укажите не менее трех ключевых отличий и связанные с ними инженерные проблемы.

ЗАДАЧИ

1. Определить ёмкость поглощения катионита, если высота его слоя в колонке составляет 1,6 м, диаметр колонки 1,5 м, время работы без регенерации 75 ч. Жёсткость поступающей в фильтр воды равна 5 ммоль/дм³, остаточная жесткость 0,02 ммоль/дм³ и объёмная скорость потока составляет 8 м³/ч. *Ответ:* 1055 моль/м³.
2. Определить время работы колонки, содержащей Na-катионит объёмом 2 м³ и ёмкостью 1200 моль/м³, до регенерации, если в неё поступает вода с жесткостью 5 ммоль/дм³, а скорость потока составляет 10 м³/ч. *Ответ:* 48 ч.
3. В процессе очистки отходящих газов медеплавильного производства от SO₂ используется абсорбция в скруббере. Концентрация SO₂ в поступающем газе составляет 8% об. Скорость газа – 1000 м³/ч (н.у.). Требуется снизить концентрацию до 0.5% об. Жидкостный поглотитель (вода с добавками) подается без содержания SO₂. Коэффициент распределения (закон Генри) $m = y^*/x = 40$. Рассчитайте минимальный расход жидкого поглотителя (L_{min}, кг/ч) и реальный расход при $L = 1.5 * L_{min}$.
4. В печи кипящего слоя проводится обжиг пиритного концентрата (FeS₂) для получения SO₂, идущего на производство серной кислоты. Состав концентрата: 85% FeS₂, 10% пустой породы, 5% влаги. Теплота сгорания пирита – 3400 кДж/кг. На процесс подается воздух с избытком 20% от стехиометрически необходимого для реакции: $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$. Рассчитайте тепловой баланс печи на 100 кг концентрата, если известно, что 25% тепла теряется в окружающую среду. Определите, нужно ли подводить дополнительное тепло или процесс является автотермическим.
5. На вакуум-фильтре обезвоживается шлам гидроксида никеля после процесса выщелачивания. Удельное сопротивление осадка $\rho_{ос} = 2.5 \cdot 10^{10}$ м/кг. Сопротивление фильтровальной ткани $R_{ф.т.} = 5 \cdot 10^{10}$ м⁻¹. Концентрация твердого в суспензии $Ств = 150$ кг/м³. Перепад давления $\Delta P = 60$ кПа. Вязкость фильтрата $\mu = 1.1 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Рассчитайте время, необходимое для получения 1 м³ фильтрата с площади фильтрации 10 м².
6. На флотационной обогатительной фабрике перерабатывается медная руда с содержанием Cu 1.2%. В медный концентрат извлекается 92% меди. Масса

- получаемого концентрата составляет 4% от массы исходной руды. Рассчитайте содержание меди в концентрате и извлечение пустой породы в хвосты (в %).
7. В схеме мокрого обогащения апатит-нефелиновой руды используется 50 м³/ч оборотной воды и 20 м³/ч свежей. В сливе сгустителя, идущем на рецикл, концентрация взвешенных твердых частиц составляет 80 г/л. Для поддержания технологического режима в основную операцию (флотацию) нельзя подавать воду с содержанием твердых более 30 г/л. Рассчитайте необходимую производительность установки фильтрации для очистки части рецикловой воды (в м³/ч), чтобы обеспечить требуемую чистоту оборотной воды. Свежая вода не содержит твердых.
 8. Исходная руда крупностью -100 мм подается на грохот с размером отверстий сита 25 мм. После отсева получены два продукта: надрешетный (+25 мм) массой 60 т/ч и подрешетный (-25 мм) массой 140 т/ч. Анализ фракционного состава показал, что в надрешетном продукте содержится 15% частиц размером менее 25 мм. Рассчитайте эффективность грохочения (по Э.Т. Богданову или по формуле $\eta = (\alpha - \theta)(\beta - \alpha)100 / (\alpha*(100 - \theta)*(\beta - \alpha))$, где α , β , θ – содержание нижнего класса (-25 мм) соответственно в питании, подрешетном и надрешетном продуктах).
 9. Процесс автоклавного кислотного выщелачивания никелевого концентрата описывается кинетикой реакции 1-го порядка по концентрации кислоты. Начальная концентрация H₂SO₄ – 150 г/л. За 30 минут концентрация падает до 60 г/л. Рассчитайте время, необходимое для достижения степени конверсии кислоты 95%. Как изменится время, если использовать два автоклава в режиме идеального смешения, соединенные последовательно?
 10. При восстановительной плавке оловянного концентрата (SnO₂) с углем протекает реакция: SnO₂(т) + 2C(т) → Sn(ж) + 2CO(г). Рассчитайте теоретический расход угля (с содержанием углерода 90%) на 1 тонну получаемого олова, если для обеспечения восстановительной атмосферы и тепла требуется 200% угля от стехиометрического количества. Определите объем (н.у.) образующегося СО-содержащего газа.
 11. Определите мощность электродвигателя щековой дробилки, если ее производительность по исходной руде составляет 120 т/ч. Работа дробления (по Риттингеру) для данного материала $W_r = 12$ кВт·ч/т. Степень измельчения $i = 8$. Коэффициент полезного действия привода дробилки $\eta = 0.85$. Рассчитайте необходимую установочную мощность.
 12. При переработке хромовой руды образуются твердые отходы (хвосты) в количестве 250 тыс. т/год с содержанием Cr₂O₃ 1.5%. Разработан процесс их доизвлечения, позволяющий получить дополнительный концентрат (10% от массы хвостов) с содержанием Cr₂O₃ 12%, отправляемый обратно в основное производство. Остальные отходы (90%) складываются. Рассчитайте:
 - а) Годовой выход и общую массу извлекаемого Cr₂O₃ в дополнительном концентрате.
 - б) На сколько процентов сокращается количество Cr₂O₃, безвозвратно теряемого в отвалах, благодаря внедрению этого процесса?
 - в) Какой экономический эффект (в год) даст внедрение, если цена 1 тонны Cr₂O₃ в концентрате составляет 500 долл.?

Курсовая работа

Курсовая работа – это самостоятельная и творческая работа студента, представляющая собой небольшое исследование, раскрывающее ту или иную проблему физической химии. Это проверка умения пользоваться литературой, данными научных журналов, проводить анализ и делать самостоятельные выводы.

Тема курсовой работы выбирается студентом из перечня тем, утвержденных кафедрой. Далее студент согласовано с научным руководителем должен составить план работы и определить проблемы, предназначенные для рассмотрения.

Для подготовки курсовой работы следует использовать монографии, научные статьи, справочные издания, ГОСТы, позволяющие глубоко и всесторонне раскрыть тему работы (достаточно узкую проблему).

Объем курсовой работы должен составлять 25-30 листов машинописного текста на бумаге формата А4. Курсовая работа в чистовом варианте должна быть помещена в папку со скоросшивателем либо переплетена для долговременного хранения с левой стороны.

Структура курсовой работы состоит из следующих основных элементов: Титульный лист; Задание; Пояснительная записка (необязательный элемент); Календарный план; Реферат; Содержание; Введение; Основная часть; Заключение; Список использованных источников; Приложения.

Задание на выполнение курсовой работы выдается персонально каждому студенту.

Реферат курсовой работы должен содержать сведения об объеме курсовой работы (проекта), количестве иллюстраций, таблиц, приложений и использованных источников; перечень ключевых слов; текст реферата.

Перечень ключевых слов должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний из текста курсовой работы (проекта), которые в наибольшей мере характеризуют ее содержание и обеспечивают возможность информационного поиска. Ключевые слова приводятся в именительном падеже прописными буквами в строчку через запятые.

Текст реферата должен отражать объект исследования или разработки; цель работы; метод или методологию проведения работы; результаты работы; степень внедрения; область применения результатов; выводы; дополнительную информацию.

Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. Широко известные методы только называются. В рефератах документов, описывающих экспериментальные работы, указывают источники данных и характер их обработки.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, а также данным, которые, по мнению автора документа, имеют практическое значение. Следует указать пределы точности и надежности данных, а также степень их обоснования. Уточняют, являются ли цифровые значения первичными или производными, результатом одного наблюдения или повторных испытаний.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями или гипотезами, описанными в исходном документе.

Дополнительная информация включает данные, не существенные для основной цели исследования, но имеющие значение вне его основной темы. Кроме того, можно указывать название организации, в которой выполнена работа, сведения об авторе исходного документа, ссылки на ранее опубликованные документы и т.п.

Обязательным реквизитом раздела является слово Реферат. Данный реквизит пишется по центру с прописной буквы строчными, шрифт – Times New Roman, кегель – 16 пт, начертание текста – обычное, отступы слева и справа – 0 пт, без абзацного отступа, межстрочный интервал текста – одинарный, цвет шрифта – черный. Точка в конце не ставится. От последующего текста отделяется одной пустой строкой (12 пт).

Сведения о структуре курсовой работы (проекта), ключевые слова и текст реферата печатаются шрифтом Times New Roman, кегель – 14 пт, начертание текста – обычное, отступы слева и справа – 0 пт, абзацный отступ – 1,25 см, межстрочный интервал текста – одинарный, цвет шрифта – черный. Ключевые слова печатаются прописными буквами без переносов.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой проблемы, объект, предмет исследования, цели и задачи, а также используемые методы исследования. Во введении должно быть дано обоснование необходимости работы (ее актуальность), для кого она предназначена и где могут использоваться ее результаты, перечислены виды проделанной работы. Введение должно заканчиваться ключевыми словами, отражающими область физической химии, к которой относится курсовая работа.

Основная часть отражает сущность, методику и основные результаты выполненной работы. Она подразделяется на теоретический и практический разделы и может состоять из нескольких глав (не менее двух). Каждая новая глава начинается с новой страницы. Заголовки и подзаголовки отделяются от основного текста, перенос слов не допускается и точка в конце не ставится.

В Заключении необходимо подвести итоги проделанной работы – что сделано и еще можно сделать. Следует оценить практическую значимость выполненной работы, перечислить основные научные результаты и акцентировать их новизну.

При защите курсовой работы студент должен сделать доклад на 10 мин, в котором раскрывается содержание темы, формулируются выводы о проделанной работе.

КЕЙС-ЗАДАНИЯ

Кейс 1. Разработка энергоэффективной и экологичной технологии извлечения золота из упорных руд

Запасы легкообогатимого (свободно измельчаемого) золота истощаются. Основную долю ресурсов теперь составляют «упорные» руды, где золото тесно связано с сульфидными минералами (например, пиритом) или углистым веществом. Традиционное цианирование таких руд неэффективно, что требует новых технологических решений.

Технологическая цепочка и принципы: Подготовка сырья: Дробление, измельчение, гравитационное обогащение (для выделения крупного золота). *Вскрытие руды:* Для разрушения сульфидной матрицы может применяться биоокисление с использованием специальных бактерий (биометаллургия) или автоклавное окисление. *Выщелачивание:* Применяется интенсивное цианидное выщелачивание в аппаратах с

особыми гидродинамическими режимами (импульсно-перколяционная технология), что ускоряет массообмен. *Извлечение из раствора:* Использование сорбционных колонн с ионообменными смолами или активированным углем (CIP/CIL процессы). *Регенерация реагентов:* Замкнутый цикл циркуляции раствора, улавливание и нейтрализация паров цианида.

1. Какие *массообменные процессы* (перколяция, сорбция) являются ключевыми в предложенной схеме и как их интенсифицировать?
2. Как применение *биотехнологических методов* (биоокисление) влияет на общий баланс энергии и ресурсов по сравнению с пирометаллургическим обжигом?
3. Предложите решения для *утилизации хвостов* обогащения и обезвреживания цианидсодержащих отходов.

Кейс 2. Оптимизация выбора между пиро- и гидрометаллургическим процессом для переработки марганцевых руд

Месторождение марганца характеризуется рудами двух типов: богатые оксидные (пирролюзит) и бедные карбонатные (родохрозит). Необходимо обосновать технологическую стратегию для получения товарных продуктов (ферромарганец и чистый электролитический марганец) с максимальным ресурсосбережением.

Сравнение технологических путей: Пирометаллургический путь (для богатых руд): Процесс: Восстановительная плавка в электродуговой печи с коксом (карботермия). Продукт: Ферромарганец (сплав с железом). Вызовы: Высокий расход электроэнергии, образование шлаков.

Гидрометаллургический путь (для бедных руд): Процесс: Сернокислотное выщелачивание (возможно, с восстановителями), очистка раствора от примесей (Fe, Al), электролиз. Продукт: Высокочистый электролитический марганец. Вызовы: Многостадийность, образование жидких отходов.

1. Проанализируйте *тепловые процессы* в печи и *гидродинамические* — в выщелачивателе. Как они определяют аппаратное оформление?
2. Как можно совместить оба пути в *единый малоотходный комплекс*? (Например: использование шлаков пирометаллургии для нейтрализации кислых стоков гидрометаллургии).
3. Оцените возможность применения *биовыщелачивания* марганца для обработки забалансовых руд и отвалов.

Кейс 3: Проектирование принципиальной схемы малоотходного производства феррохрома

При обогащении хромитовых руд образуется до 30-40% мелкодисперсных отходов (хвостов), которые складываются. Шламы и пыли улавливаются газоочисткой. Задача — спроектировать технологическую схему, максимально вовлекающую эти вторичные ресурсы в основной процесс.

Элементы схемы и инновации: Подготовка сырья: Кроме обогащения руды, включает *брикетирование или окомкование* мелких фракций руды, пыли и шламов для их возврата в печь. *Основной процесс:* Восстановительная плавка в рудовосстановительной

печи. *Обращение с отходами: Шлак:* Грануляция с последующим использованием в строительной промышленности (щебень, добавка в цемент). *Газы:* Очистка, рекуперация тепла для подогрева шихты или получения пара. *Вода:* Замкнутый цикл водоснабжения.

1. Какие *физико-химические процессы* (агломерация, восстановление, шлакообразование) лежат в основе предложенной схемы?
2. Рассчитайте примерный материальный баланс для участка *рециклинга пылей и шламов*. Как это повлияет на расход свежей руды и кокса?
3. Какие *организационно-технические мероприятия* необходимы для внедрения принципов малоотходного производства на действующем предприятии?

3.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

Перечень теоретических вопросов (для оценки знаний):

1. Дайте определение химической технологии как науки. Каковы ее цели и задачи в контексте ресурсосбережения?
2. Что такое химико-технологический процесс (ХТП)? Классификация ХТП по стадийности, организации во времени, фазовому составу.
3. Раскройте понятия: сырье, реагенты, целевой продукт, побочный продукт, отходы. Особенности минерального сырья для горнорудной промышленности.
4. Опишите принципиально-технологическую схему (ПТС) и ее основные элементы. Приведите пример для процесса обогащения или гидрометаллургической переработки руды.
5. Что такое материальный баланс? Составьте упрощенный материальный баланс для процесса выщелачивания металла из руды.
6. Понятие степени превращения (конверсии), выхода продукта и селективности. Их значение для оценки эффективности ХТП.
7. Тепловой баланс химико-технологического процесса. Уравнение теплового баланса для реактора с подводом/отводом тепла.
8. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость гомогенных и гетерогенных реакций (на примере процессов окисления/восстановления руд).
9. Классификация химических реакторов. Основные характеристики: режим движения потоков, тепловой режим.
10. Идеальные модели реакторов: полного смешения (РИС) и идеального вытеснения (РИВ). Их сравнительные характеристики и области применения.
11. Дайте определение массообменным (диффузионным) процессам. Что является движущей силой массообмена?
12. Основные законы массопередачи: закон Фика, закон Конвективного переноса. Понятие коэффициента массоотдачи.
13. Уравнение массопередачи. Понятия коэффициента массопередачи и движущей силы (в концентрациях, парциальных давлениях).
14. Принцип противотока и прямотока в массообменных аппаратах. Почему противоток является наиболее эффективным?
15. Теория подобия и ее применение для моделирования и расчета массообменных процессов.
16. Процесс абсорбции. Физико-химические основы, назначение, примеры применения в газоочистке горно-металлургических производств (улавливание SO_2 , пыли).

17. Устройство и принцип работы насадочного абсорбера. Критическая скорость и определение диаметра аппарата.
18. Устройство и принцип работы тарельчатого абсорбера (колонны). Типы тарелок.
19. Процесс ректификации. Физические основы, понятие флегмового числа. Схема ректификационной колонны непрерывного действия.
20. Процесс экстракции. Растворители, применяемые в гидрометаллургии для извлечения цветных и редких металлов.
21. Устройство и принцип работы смесительно-отстойных экстракторов и экстракционных колонн.
22. Процесс адсорбции. Виды адсорбентов (активные угли, цеолиты), их регенерация. Использование в глубокой очистке растворов и газов.
23. Процесс сушки. Способы сушки влажных материалов (конвективный, контактный). Кривая и rate-кривая сушки.
24. Процесс кристаллизации. Движущая сила, понятие пересыщения. Аппараты для кристаллизации.
25. Процесс выпарки. Цели и особенности выпарки коррозионных и склонных к накипеобразованию растворов (например, в гидрометаллургии). Схема одно- и многокорпусной выпарной установки.
26. Основные виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция, излучение. Закон Фурье и закон Ньютона-Рихмана.
27. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи и общее термическое сопротивление.
28. Классификация и устройство теплообменных аппаратов: кожухотрубчатые, пластинчатые, змеевиковые. Их достоинства и недостатки.
29. Расчет поверхностного теплообменного аппарата (определение площади теплопередающей поверхности).
30. Гидродинамика однофазных потоков. Уравнение Бернулли для реальной жидкости и его применение.
31. Режимы течения жидкости (ламинарный и турбулентный). Критерий Рейнольдса.
32. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Формула Дарси-Вейсбаха. Местные сопротивления.
33. Основные характеристики насосов: напор, подача, мощность, КПД. Характеристика сети. Рабочая точка насоса.
34. Классификация насосов: центробежные, поршневые. Области их применения в химической технологии (для пульп, растворов, суспензий).
35. Пневмотранспорт и гидротранспорт сыпучих материалов. Особенности транспортировки рудных концентратов и хвостов.
36. Проанализируйте роль массообменных процессов (выщелачивание, экстракция, сорбция) в современной гидрометаллургической схеме переработки руд.
37. Приведите пример технологической схемы, где последовательно связаны гидравлический (транспортировка пульпы), тепловой (подогрев) и массообменный (выщелачивание) процессы.
38. Как энерго- и ресурсосбережение реализуется в массообменных аппаратах? (Примеры: утилизация тепла в ректификации, регенерация растворителя в экстракции, использование противотока).

39. Обоснуйте выбор типа теплообменного аппарата для подогрева пульпы перед автоклавным выщелачиванием. Какие факторы являются ключевыми?
40. Каковы основные направления интенсификации тепловых и массообменных процессов в аппаратах химической технологии? (Увеличение движущей силы, поверхности контакта фаз, коэффициентов тепло- и массопередачи).
41. Сформулируйте основные принципы создания малоотходных и ресурсосберегающих химических производств.
42. Опишите сущность безотходной и малоотходной технологий. В чем заключаются их основные различия?
43. Назовите основные направления ресурсосбережения на химико-технологических предприятиях.
44. Дайте определение понятию «рециклинг». Какие виды рециклинга применяются в горно-обогатительном и химическом производствах?
45. Перечислите основные виды отходов предприятий горнорудной промышленности и методы их утилизации или использования в качестве вторичного сырья.
46. Объясните принцип «Замкнутый технологический цикл» и его роль в ресурсосбережении.
47. Что такое материальный и тепловой баланс химико-технологического процесса и для чего они составляются на производстве?
48. Опишите роль водоподготовки и водооборотных циклов в ресурсосбережении на горно-металлургическом предприятии.
49. Раскройте понятие «экологическая чистота технологического процесса». Какие критерии ее определяют?
50. Дайте определение понятию «сырье». Проведите классификацию сырья для химической промышленности.
51. Охарактеризуйте понятия «полезное ископаемое», «руда», «минерал». Приведите классификацию руд.
52. Перечислите основные этапы подготовки минерального сырья к обогащению и переработке.
53. Опишите процессы дробления и измельчения: цели, применяемое оборудование, оценку эффективности.
54. Что такое грохочение и классификация? Объясните их назначение и технологические схемы применения.
55. Охарактеризуйте методы обогащения руд на основе различия физико-химических свойств минералов.
56. Каковы особенности подготовки и переработки сульфидных, оксидных и силикатных руд?
57. Раскройте понятие «техногенное месторождение». Каково его значение для ресурсосбережения?
58. Что относится к горнохимической промышленности?
59. Дайте определение процессу обогащения полезных ископаемых. Каковы его цели и задачи?
60. Назовите и охарактеризуйте основные методы обогащения: гравитационный, флотационный, магнитный, электрический.

61. Раскройте сущность флотационного метода обогащения. Опишите роль флотационных реагентов (собиратели, пенообразователи, регуляторы).
62. Опишите принцип действия и область применения гравитационных методов обогащения (отсадка, обогащение в тяжелых суспензиях).
63. Для разделения каких смесей применяется магнитный метод? Укажите основной аппарат, используемый в этом методе.
64. Объясните принцип электрической сепарации и его применение для обогащения руд.
65. Что такое конечные концентраты, хвосты и промежуточные продукты обогащения? Как оценивается эффективность обогащения (извлечение, выход концентрата)?
66. Опишите принцип работы и устройство основных аппаратов для обогащения (флотационная машина, отсадочная машина, сепаратор).
67. Дайте определение гидрометаллургическим процессам. Назовите их основные стадии.
68. Опишите процесс кислотного и бактериально-химического выщелачивания металлов из руд и концентратов.
69. Сущность процесса выщелачивания. Факторы, влияющие на его скорость и полноту?
70. Какие методы применяются для выделения металлов из растворов после выщелачивания (цементация, сорбция, экстракция, электролиз)?
71. Охарактеризуйте метод экстракции. Для разделения каких смесей он применяется?
72. Опишите процесс цементации металлов. Приведите примеры и уравнения реакций.
73. В чем заключаются преимущества и недостатки гидрометаллургических методов по сравнению с пирометаллургическими?
74. Приведите примеры применения гидрометаллургических технологий для переработки конкретных видов сырья (медные, урановые, золотые руды).
75. Дайте определение пирометаллургическим процессам. Назовите их основные виды: обжиг, плавка, конвертирование.
76. Охарактеризуйте процесс обжига руд (окислительный, сульфатизирующий, хлорирующий). Укажите его цели и аппаратное оформление.
77. Раскройте сущность процессов плавки (восстановительная, окислительная, штейновая). Какие продукты образуются?
78. Объясните сущность конвертирования штейнов на примере получения черновой меди. Запишите основные химические реакции.
79. Какова роль катализа в химико-технологических процессах? Назовите виды каталитических процессов (гомогенный, гетерогенный, ферментативный) и их применение в химической технологии.
80. Назовите современные ресурсосберегающие и комбинированные технологии в металлургии (кислородно-взвешенная плавка, автогенные процессы).

Перечень типовых задач (для оценки умений):

1. На обогатительную фабрику поступает 1000 т/сут руды с содержанием полезного компонента 15%. После флотации получено 120 т концентрата с содержанием 80% полезного компонента. Рассчитайте выход концентрата (β , %), извлечение полезного компонента в концентрат (ϵ , %) и массу хвостов.
2. В сушилку поступает 500 кг/ч влажного концентрата с начальной влажностью $W_1 = 10\%$ и конечной влажностью $W_2 = 1\%$ (масс. доли). Удельная теплота

парообразования воды $L = 2250$ кДж/кг. Рассчитайте часовой расход теплоты *только* на испарение влаги, считая установку adiabatic (теплопотери в окружающую среду и нагрев материала не учитывать).

3. На металлургическом переделе в шлак переходит 30% от исходной массы руды. Химический анализ показал, что содержание ценного металла-примеси в шлаке составляет 2.5%. Внедрена технология его извлечения с эффективностью 85%. Рассчитайте, какая доля (%) от *общего исходного количества* этого металла в руде теперь утилизируется и не теряется.
4. При выщелачивании оксида металла (MeO) серной кислотой протекает реакция: $\text{MeO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. На переработку подано 200 кг руды, содержащей 88% MeO. Степень извлечения металла в раствор составляет 92%. Рассчитайте теоретическую массу полученного сульфата металла (MeSO_4) на стадии выщелачивания.
5. В технологической схеме после основной стадии часть потока (25%) возвращается в виде рецикла (оборотного потока) на вход процесса. Сколько тонн свежего сырья экономится за сутки, если для производства 1000 т/сут готового продукта *без рецикла* потребовалось бы 1200 т/сут свежего сырья? Рассчитайте нагрузку на входе в аппарат (с учетом рецикла).

Пример экзаменационного билета:

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный
университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

по дисциплине Химическая
технология

направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и
биотехнологии»

семестр 5

1. Сущность процесса флотации как основного метода обогащения руд. Роль реагентов-собирателей, пенообразователей и регуляторов в формировании флотационной пены и селективности разделения минералов.
2. Концепция «хемометаллургии» как ресурсосберегающего направления в переработке минерального сырья, ключевые экологические и технологические преимущества перед традиционными пирометаллургическими процессами.
3. В абсорбере для улавливания ценного компонента из отходящих газов используется вода. Расход инертного газа составляет 1000 м³/ч (при нормальных условиях), его начальное содержание целевого компонента – 5% об., конечное – 0.5% об. Равновесие в системе описывается законом Генри: $y^* = 2.5x$, где y^* – равновесная мольная доля компонента в газе, x – его мольная доля в жидкости. Определите минимальный расход поглотителя (воды) в кмоль/ч. Поток газа считать инертным..

Составила доцент Дабига О.Н.

« 01 » ноября 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ОПИиХТГД _____ Щеглова С.А.

« 01 » ноября 2025 г.

21. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

а. Описание процедур проведения текущего контроля успеваемости студентов

В таблице представлено описание процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов, в соответствии с рабочей программой дисциплины, и процедур оценивания результатов обучения с помощью спланированных оценочных средств.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Доклад	Защита докладов, предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводится во время практических занятий. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему докладов и требования, предъявляемые к их выполнению и защите.
Презентация	Презентацию готовят к практическому занятию совместно с докладом в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
Тестирование	Тестирование проводится по результатам освоения разделов дисциплины во время практических занятий. Во время проведения тестирования пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадями для практических занятий не разрешено. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения теста, доводит до обучающихся: темы, количество заданий в тесте время выполнения.
Задачи	Студенты решают задачи на практическом занятии. Задание выполняется по двум вариантам. Распределение вариантов осуществляется преподавателем. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему, количество заданий и время выполнения заданий. Результаты решения задач оформляются студентами самостоятельно и сдаются на проверку преподавателю
Лабораторная работа	Темы лабораторных работ и даты их проведения выдаются заранее, на первых практических занятиях. Перед их проведением студенты прослушивают правила техники безопасности и изучают теоретические вопросы по указанной теме. Лабораторные работы проводятся в лаборатории, снабженной необходимым оборудованием. При этом студенты должны быть одеты в халаты, перчатки и соблюдать все меры безопасности. Преподаватель на занятии, предшествующем лабораторной работе, доводит до студентов тему, критерии оценивания, теоретические и практические вопросы, подлежащие выполнению.

Собеседование	Собеседование проводится на практических и лабораторных занятиях. Студентам предлагается устно или письменно ответить на вопросы.
Кейс-задача	Преподаватель не менее, чем за неделю до срока решения кейс-задач должен довести до сведения обучающихся предлагаемые кейс-задачи. Решенные кейс-задачи в назначенный срок сдаются на проверку преподавателю.
Контрольная работа	Контрольная работа, предусмотренная рабочей программой дисциплины для оценки усвоения ее раздела, проводится во время практических занятий. Преподаватель заблаговременно доводит до обучающихся раздел и вопросы, подлежащие контролю.

4.2. Описание процедур проведения промежуточной аттестации

Зачет

При определении уровня достижений обучающихся на зачете учитывается:

- знание программного материала и структуры дисциплины (модуля);
- знания, необходимые для решения типовых задач, умение выполнять предусмотренные программой задания;
- владение методологией дисциплины (модуля), умение применять теоретические знания при решении задач, обосновывать свои действия.

Проведение промежуточной аттестации в форме зачета позволяет сформировать среднюю оценку по дисциплине по результатам текущего контроля. Так как оценочные средства, используемые при текущем контроле, позволяют оценить знания, умения и владения навыками/опытом деятельности обучающихся при освоении дисциплины. Для чего преподаватель находит среднюю оценку уровня сформированности компетенций у обучающегося, как сумму всех полученных оценок деленную на число этих оценок.

<i>Средняя оценка уровня сформированности компетенций по результатам текущего контроля</i>	<i>Оценка</i>
<i>Оценка не менее 3,0 и нет ни одной неудовлетворительной оценки по текущему контролю</i>	<i>«зачтено»</i>
<i>Оценка менее 3,0 или получена хотя бы одна неудовлетворительная оценка по текущему контролю</i>	<i>«не зачтено»</i>

Если оценка уровня сформированности компетенций обучающегося не соответствует критериям получения зачета, то обучающийся сдает зачет. Зачет проводится в форме собеседования по перечню теоретических вопросов и решения типовых контрольных заданий. Перечень теоретических вопросов и типовых контрольных заданий обучающиеся получают в начале семестра.

Экзамен

При определении уровня достижений обучающихся на экзамене обращается особое внимание на следующее:

- дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос;

- показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи;
- знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной дисциплины и междисциплинарных связей;
- ответ формулируется в терминах дисциплины, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию обучающегося;
- теоретические постулаты подтверждаются примерами из практики.

Составитель:

доцент кафедры ОПИиХТГД Дабижа О.Н.