

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ**

**Методические указания к выполнению практических работ**

**По дисциплине:** Б.1.В.02.03 Технологическая минералогия  
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

**для направления подготовки (специальности)** 04.03.01 Химия  
код и наименование направления подготовки (специальности)

Неорганическая химия и химия координационных соединений  
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

**Квалификация выпускника, уровень подготовки** бакалавр  
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

**Кафедра - разработчик:** геологии и полезных ископаемых  
название кафедры - разработчика рабочей программы

**Разработчик(и)** Ю.Н. Нерадовский, к.г.-м.н., В.Н. Яковенчук, к.г.-м.н.  
ФИО, должность, ученая степень, (звание)

**Апатиты  
2019**

## **Пояснительная записка**

1. **Методические указания** составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 17 июля 2017 года, № 671, учебного плана в составе ОП по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профилю «Неорганическая химия и химия координационных соединений».

### **2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля).**

**Целью дисциплины** (модуля) «Технологическая минералогия» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 04.03.01 Химия, что предполагает формирование у студентов знаний в области технологической минералогии, позволяющих:

- определять минеральный состав технологических продуктов переработки руд;
- обосновывать выбор схем дробления и измельчения обогащаемого материала на основе анализа размеров зерен полезных и породообразующих минералов руды, их прочности, хрупкости и других технологических свойств;
- определять распределение полезных компонентов между минералами руды и продуктами обогащения, гранулометрический состав разделяемых минералов и сростков в обогащаемом материале и получаемых продуктах;
- оценивать результаты обогащения, исходя из минерального и химического состава продуктов разделения.

**Задачей дисциплины** является ознакомление обучающихся с основными методами минералогических исследований, основными типами минерального сырья Мурманской области, традиционными и новыми подходами к изучению минералов с целью совершенствования технологии их переработки и получения синтетических аналогов минералов с выраженными функциональными свойствами.

В задачи изучения дисциплины входит:

- приобретение студентами первичных навыков диагностики рудных минералов;
- знакомство с традиционными и современными методами минералогических исследований (электронная микроскопия, электроннозондовый микроанализ, рентгеноструктурный анализ и др.);
- знакомство на конкретных примерах с технологией создания новых функциональных материалов – аналогов кольских минералов (зорит-ETS-4, ситинакит-IONSIV IE-911, кукисвумит-AM-4, группа иванюкита и др.);
- знакомство с основными приемами направленного поиска новых минералов – прототипов функциональных материалов.

Воспитательная задача направлена на развитие логического мышления, обеспечивающего связь процессов переработки руд и генетических и физических свойств минералов.

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Технологическая минералогия»**

Процесс изучения дисциплины «Технологическая минералогия» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

**ПК-1-т.** Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации

**ПК-2-т.** Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции

**ПК-3-т.** Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-конструкторские работы и технологические испытания

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Планируемые результаты обучения**

Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции; Индикаторы сформированности компетенций <sup>1</sup> в реализуемой части
<p><b>ПК-1-т</b> Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины компетенция реализуется полностью</p>	<p><b>Знать:</b> Основные методы, применяемые для определения минеральных видов и физические принципы их работы; Представления о современных методах минералогических исследований. Знания типов минерального сырья и технологических свойств отдельных видов руд;</p> <p><b>Уметь:</b> - Подобрать оптимальные условия схем дробления и измельчения пород с целью поиска дальнейших технологических решений для их обогащения; проводить пробоподготовку для проведения современных исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками подбора технических условий для решения поставленных задач. Составление кратких отчетов о проделанных исследованиях. (Темы 3,8,9-16)</p> <p><b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b> <b>ПК-1-т-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР <b>ПК-1-т-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР <b>ПК-1-т-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p>
<p><b>ПК-2-т.</b> Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции</p>	<p>Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины компетенция реализуется полностью</p>	<p><b>Знать:</b> Технология синтеза новых функциональных материалов – аналогов минералов на ресурсной базе Кольского полуострова. Оценка результатов обогащения руд, исходя из минерального и химического состава продуктов разделения.</p> <p><b>Уметь:</b> Выстраивать логическую цепочку «состав -структура -свойство». Устанавливать закономерные связи между химическим составом и потенциальными характеристиками минерала.</p> <p><b>Владеть:</b> Способностью осуществлять оценку перспективы использования тех или иных типов природных соединений в промышленных источниках элементов. Осуществлять характеристику процессов переработки руд и генетических и физических свойств минералов. (Темы 1-7)</p> <p><b>Индикаторы сформированности компетенций в</b></p>

<sup>1</sup> Для ФГОС ВО 3++

		<p><b>реализуемой части:</b>  <b>ПК-2-т-1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства  <b>ПК-2-т-2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>
<p><b>ПК-3-т.</b> Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-конструкторские работы и технологические испытания</p>	<p>Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется полностью</p>	<p><b>Знать:</b>  Особенности минералогического анализа при различных методах обогащения полезных ископаемых. Основные структурные типы пространственной организации рудных и функционально полезных минералов.  <b>Уметь:</b>  Осуществлять поиск научной информации с помощью специализированных баз данных сети интернет (gruf.info; mindat.com, scifinder.cas.org и т.д.). Проводить поиск необходимой информации в справочной литературе.  <b>Владеть:</b>  Навыками составлять направленный поиск новых минеральных фаз, которые могут являться прототипов функциональных материалов  (Темы 6,9, 17-19)  <b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b>  <b>ПК-3-т-1.</b> Владеет навыками поиска необходимой информации в профессиональных базах данных (в т.ч., патентных)  <b>ПК-3-т-2.</b> Составляет обзор литературных источников по заданной теме, оформляет отчеты о выполненной работе по заданной форме</p>

**Таблица 2 - Перечень практических работ**

№ п\п	Наименование практических работ	Кол-во часов	№ темы по табл. 4 РП
1	2	3	4
1	Освоить методы работы на микроскопах отраженного света ПОЛАМ и МИН-9, приготовление и изучение искусственных препаратов порошковых материалов	15,0	8
2	Микропористые каркасные титаносиликаты	2,0	11
3	Слоистые титанаты	2,0	12
4	Слоистые двойные гидроксиды	2,0	13
5	Минеральные матрицы для консервации актиноидов	4,0	17
6	Фотонные кристаллы	5,0	18
	<b>Итого:</b>	30	

## Рекомендации к выполнению практических работ

### *Практическое задание № 1.*

**Тема:** «Методы работы на микроскопах отраженного света ПОЛАМ и МИН-9, приготовление и изучение искусственных препаратов порошковых материалов».

**Основная цель:** 1). ознакомление с устройством и принципом работы рудного микроскопа, настройка освещения, поляризация, центрировка, установка полированных шлифов;  
2). освоение основных методик работы рудного микроскопа: определение коэффициента отражения, двуотражения, анизотропии, твердости методом царапания, цвета минералов;  
3). определение одного из типичных минералов по набору свойств: анизотропии, твердости, внутренним рефлексам, коэффициенту отражения, морфологии зерен, пользуясь определительскими таблицами.

- Студенты в кабинете оптических исследований кафедры Геологии и ПИ знакомятся с рудными микроскопами системы с бинокулярной (ПОЛАМ) и монокулярной (МИН-9) окулярными насадками. Последовательно настраивают освещение, апертуру, полевую диафрагму, окуляры, объективы. Знакомятся с набором принадлежностей к микроскопам и их назначением. Рассматривают в отраженном свете эталонные минералы.
- Студенты рассматривают под микроскопом эталонные минералы из коллекции и набора для работы: пирит, галенит, блеклую руду и сфалерит, определяя визуально и под микроскопом различия в отражении и цвет, на примере сильно анизотропных минералов – пирротина и молибденита, знакомятся с анизотропией, царапают медной и стальной иглами, определяя группу твердости; на примере сфалерита и киновари знакомятся с внутренними рефлексаминералов.
- Студенты получают образец одного из распространенных рудных минералов с хорошо выраженными диагностическими признаками. Тщательно зачищают образец специальными порошками, устанавливают под микроскопом, выбирая нужное увеличение. Последовательно определяют все типовые свойства и по определительской таблице находят искомый минерал.

### *Практическое задание № 2.*

**Тема:** «Микропористые каркасные титаносиликаты».

Интерес к титаносиликатам щелочных металлов обусловлен их уникальными технологическими свойствами. Структурно разнообразные, устойчивые в

агрессивных средах, каталитически активные титаносиликаты имеют важную, с прикладной точки зрения, способность обмениваться катионами с внешней средой. Это свойство позволяет использовать цеолитоподобные титаносиликаты для извлечения радионуклидов и тяжелых металлов из загрязненных водных растворов. Титаносиликаты слоистого строения могут представлять несомненный интерес для науки о материалах как прекурсоры слоистых титансодержащих наноматериалов.

Обнаружение подобных соединений в природе – крайне важный факт, свидетельствующий в пользу их устойчивости в течение длительного времени.

Диапазон условий формирования титаносиликатных минералов достаточно узок и реализуется, в частности, в гидротермально переработанных пегматитах агпайтовых комплексов, таких как Хибинский и Ловозерский.

Обменные процессы определяют происхождение минеральных видов в гидротермальных условиях и являются одним из факторов, определяющих минеральное разнообразие природных титаносиликатов. Обменные реакции, сохраняющие анионный каркас минерала, но меняющие набор внекаркасных катионов могут отвечать за накопление в нем элементов, содержание которых в минералообразующей среде минимально.

### *Практическое задание № 3.*

**Тема:** «Слоистые титанаты».

Важным направлением в области создания новых материалов для микроэлектроники и устройств на их основе является разработка высококачественных керамических наноматериалов, в том числе ультра- и нанодисперсных порошков, со стабильным химическим, фазовым и гранулометрическим составом, а также – разработка высокопроизводительных, безопасных и экологически чистых технологий синтеза подобных материалов. Особый интерес представляют керамические полупроводниковые композитные наноматериалы-прекурсоры с регулируемым электрофизическими свойствами.

Титанаты калия представляют собой обширный класс соединений, структура которых сформирована из трех- и четырех-членных блоков спаренных титанкислородных октаэдров, образующих слоистые или туннельные конфигурации. Свойства титанатов калия, имеющих  $n \geq 4$  позволяют использовать их в качестве относительно дешевых наполнителей полимер- и металл-матричных композитов, обеспечивающих достижение высокой механической прочности, снижение коэффициента трения и увеличение термостойкости.

#### *Практическое задание № 4.*

**Тема:** «Слоистые двойные гидроксиды».

Состав наиболее распространенных СДГ обычно выражают общей формулой  $[M^{z+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]^{q+}(A^{n-})_q/n \cdot yH_2O$ , где А - анион:

при  $z = 2$ ,  $M^{2+} = Ca^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}$  или  $Zn^{2+}$ ,  $q = x$ ,

при  $z = 1$ ,  $M^+ = Li^+$  и  $M^{3+} = Al^{3+}$ ,  $q = 2x - 1$ .

Количество гидроксидов фиксировано и определяется катионным составом СДГ, в то время как анионы  $A^{n-}$  в межслоевом пространстве могут сравнительно легко замещаться. Варьируя состав катионного слоя, можно менять его заряд и, соответственно, расстояние между слоями и количество анионов в межслоевом пространстве. Введение в межслоевое пространство биполярных анионов (например, ПАВ) позволяет при изменении полярности среды расщеплять частицы СДГ на отдельные фрагменты, вплоть до единичных слоев. Данный процесс является обратимым, однако дальний порядок в подобной структуре полностью восстановить невозможно. Слоистые двойные гидроксиды представляют значительный интерес с точки зрения нанотехнологических применений. Они могут быть использованы как двумерные нанореакторы, как двумерные модельные системы для изучения процессов переноса энергии, как системы контролируемого высвобождения лекарственных средств и т.д.

#### *Практическое задание № 5.*

**Тема:** «Минеральные матрицы для консервации актиноидов».

Обеспечение безопасного и эффективного обращения с радиоактивными материалами является одной из важнейших экологических проблем. Более того, разработка способов утилизации отходов ядерного топливного цикла представляет собой необходимое условие дальнейшего развития атомной энергетики.

Общепринятым подходом к решению проблемы обращения с жидкими ВАО считается их перевод в твердое состояние с включением в состав прочных фаз (консервирующих матриц) и дальнейшим размещением в подземных хранилищах. В настоящее время для иммобилизации ВАО в промышленном масштабе используются стекломатрицы. Результаты исследований свидетельствуют о низкой устойчивости таких стекол в подземных водах,

особенно после их неизбежной раскristаллизации при хранении под действием радиогенного тепла. Это приведет к выносу радионуклидов, в том числе долгоживущих актиноидов, в окружающую среду Поэтому разработка альтернативных кристаллических (минералоподобных) матриц для иммобилизации высокоактивных отходов является актуальной научной задачей Надежная фиксация в течение длительного времени (многие миллионы лет) должна быть обеспечена в отношении наиболее радиотоксичных элементов долгоживущих актиноидов (Np, Pu, Am, Cm), которые представляют основную опасность для человека и окружающей среды в долгосрочной перспективе.

Требования к матричным фазам состоят в значительной изоморфной емкости в отношении компонентов отходов, высокой механической и радиационной прочности, устойчивости при взаимодействии с растворами, а также простоте их промышленного получения Выбор фаз, обладающих перечисленными свойствами, осуществляется на основании результатов геохимических, минералогических и кристаллохимических исследований минералов и искусственных соединений.

### *Практическое задание № 6.*

**Тема:** «Фотонные кристаллы».

Фотонные кристаллы (ФК) представляют собой структуры, характеризующиеся периодическим изменением диэлектрической проницаемости в пространстве. Оптические свойства ФК сильно отличаются от оптических свойств сплошных сред. Распространение излучения внутри фотонного кристалла благодаря периодичности среды становится похожим на движение электрона внутри обычного кристалла под действием периодического потенциала. В результате электромагнитные волны в фотонных кристаллах имеют зонный спектр и координатную зависимость, аналогичную блоховским волнам электронов в обычных кристаллах. При определенных условиях в зонной структуре ФК образуются щели, аналогично запрещенным электронным зонам в естественных кристаллах. В зависимости от конкретных свойств (материала элементов, их размера и периода решетки) в спектре ФК могут образовываться как полностью запрещенные по частоте зоны, для которых распространение излучения невозможно независимо от его поляризации и направления, так и частично запрещенные (стоп-зоны), в которых распространение возможно лишь в выделенных направлениях.

Фотонные кристаллы интересны как с фундаментальной точки зрения, так и для многочисленных приложений. На основе фотонных кристаллов создаются и разрабатываются оптические фильтры, волноводы (в частности,

в волоконно-оптических линиях связи), устройства, позволяющие осуществлять управление тепловым излучением, на основе фотонных кристаллов были предложены конструкции лазеров с пониженным порогом накачки.

Помимо изменения спектров отражения, прохождения и поглощения металло-диэлектрические фотонные кристаллы обладают специфической плотностью фотонных состояний. Измененная плотность состояний может существенным образом влиять на время жизни возбужденного состояния атома или молекулы, помещенных внутрь фотонного кристалла, и, следовательно, менять характер люминесценции. Например, если частота перехода в молекуле-индикаторе, находящейся в фотонном кристалле, попадет в запрещенную зону, то люминесценция на этой частоте будет подавлена.

ФК делятся на три типа: одномерные, двумерные и трехмерные.

### Список рекомендуемой литературы

№№ п/п	Названия учебников, учебных пособий и других источников	Авторы (под редакцией)	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5
<b>ОСНОВНАЯ</b>				
1	Основы технологической минералогии руд Мурманской области	Нерадовский Ю.Н.	Мурманск: Изд-во МГТУ	2013
2	Минералогия.	Буллах А.Г.	М.: Академия	2011
3	Общая минералогия	Буллах А.Г., Кривовичев С.В.	М.: Академия	2008
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ</b>				
1	Технологическая минералогия и оценка руд.	Изоитко В.М.	Санкт-Петербург, «Наука»	1997