

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ**

**Методические указания к выполнению самостоятельных 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, кукисумит-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-г</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-г-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИОКР <b>ПК-1-г-2</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИОКР <b>ПК-1-г-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР</p>
<p><b>ПК-2-г.</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 реализуемой части:</b> <b>ПК-2-г-1.</b> Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства <b>ПК-2-г-2.</b> Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе</p>

<sup>1</sup> Для ФГОС ВО 3++

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

**Таблица 2 - Тематический план**

<b>№ п/п</b>	<b>Содержание самостоятельной работы</b>	<b>Кол-во часов</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Основные методы изучения технологических свойств минералов.	6
2	Главные промышленные минералы-носители химических элементов. Главные промышленные минералы-носители полезных свойств. Основные технологические свойства минералов.	6
3	Особенности минералогического анализа при различных методах обогащения полезных ископаемых. Основы минераграфии как метода изучения технологических продуктов. Рентгеноструктурный анализ. Электронная микроскопия. Электроннозондовый микроанализ	6
4	Слоистые двойные гидроксиды	6
5	Филлосиликаты и гетерофиллосиликаты	6
6	Нанотубулены	6
7	Минеральные матрицы для консервации радионуклидов	6
8	Фотонные кристаллы. Закономерности локализации редких минералов в природе	6
	Итого:	48

## 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

# СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

## Самостоятельная работа №1

**Тема: Основные методы изучения технологических свойств минералов.**

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

- Состав простейшего оборудования минералогической лаборатории.
- Основные методы количественного минералогического анализа.
- Устройство и принцип работы микроскопа МИН-9, ПОЛАМ
- Методы изучения минерального состава руд
- Методы изучения химического состава руд
- Способы приготовления препаратов для оптических исследований из твердых и сыпучих материалов.

## Самостоятельная работа №2

**Темы:**

**Главные промышленные минералы носители химических элементов.**

**Главные промышленные минералы-носители полезных свойств.**

**Основные технологические свойства минералов.**

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

- Технологические типы минералов-носителей химических элементов.
- Технологические типы минералов-носителей полезных свойств.
- Основные технологические свойства минералов-носителей химических элементов.
- Основные технологические свойства минералов-носителей полезных свойств.
- Классификация минералов по технологическим свойствам: минералы-носители химических элементов, минералы-носители полезных свойств.

## Самостоятельная работа №3

**Темы:**

- 1. Особенности минералогического анализа при различных методах обогащения полезных ископаемых.**
- 2. Основы минераграфии как метода изучения технологических продуктов.**

**Вопросы для самоконтроля знаний:**

- Расчет баланса полезного компонента по минеральным фазам.
- Классификация размеров минеральных выделений для технологической оценки руд.
- Кристаллическое строение вещества, связь внутреннего строения с физическими свойствами минералов;
- Магнитность, классификация минералов по магнитным свойствам, особенности разделения сильномагнитных и слабомагнитных минералов.
- Электрические свойства минералов. Классификация минералов по электропроводности. Пироэлектрический, пьезоэлектрический, трибоэлектрический эффекты.

**Рекомендуемая литература:**

Нерадовский Ю.Н. Рудная минераграфия. Учебное пособие. Мурманск. Изд. МГТУ, 84 с.  
Безсмертная М.С., Чвилёва Т.Н. Определитель рудных минералов в отраженном свете. М., Недра, 71с.  
Методы минералогических исследований. Справочник/ Под ред. А.И.Гинзбурга. М.: Недра.

### 3. Рентгеноструктурный анализ

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Какие свойства рентгеновских лучей обусловили появление рентгеноструктурного анализа?
- Что такое синхротронное излучение?
- Как соотносятся дифракция и рассеяние рентгеновских лучей?
- Что такое «обратное пространство»?
- Что означает понятие «структурный фактор»?
- Какие типы детекторов рентгеновского излучения используют в современных дифрактометрах, и в чем их основные преимущества друг перед другом?

*Рекомендуемая литература:* конспект лекций

### 4. Электронная микроскопия

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- В чем состоит различие и сходство оптического и электронного микроскопов?
- Каковы основные продукты взаимодействия электронного пучка с веществом?
- Какие виды изображений могут быть получены на просвечивающем электронном микроскопе?
- Каков принцип работы сканирующего электронного микроскопа?
- Какие виды изображений могут быть получены на сканирующем электронном микроскопе?

*Рекомендуемая литература:* конспект лекций

### 5. Электроннозондовый микроанализ

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Как возникает характеристическое рентгеновское излучение?
- Каков принцип работы энергодисперсионного микроанализатора?
- Каков принцип работы волнодисперсионного микроанализатора?
- Каковы преимущества энерго- и волнодисперсионных анализаторов?
- Как зависит минимальный размер анализируемого объекта от его состава?
- Каких правил нужно придерживаться при подготовке образцов для микрозондового анализа?
- Какие поправки вводятся при расчете состава образца?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Рид. Электронно-зондовый микроанализ. М.:Мир, 1979.

## Самостоятельная работа №4

**Тема: Слоистые двойные гидроксиды (СДГ)**

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Каковы основные черты строения СДГ?
- Каковы тонкие особенности кристаллической структуры Mg-Al-CO<sub>3</sub> СДГ?
- Каковы основные сферы применения СДГ?
- Каковы перспективы использования СДГ для репликации органических макромолекул?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Krivovichev et al. *Chimia* 2010, 64, 730–735; 3) Krivovichev (Ed.) *Minerals as Advanced Materials II*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2012; 4) Rives (ed) *Layered double hydroxides: present and future*. Nova Scientific Publishers, 2001.

## Самостоятельная работа №5

### Тема: Филлосиликаты и гетерофиллосиликаты

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Каковы главные особенности кристаллической структуры филлосиликатов и гетерофиллосиликатов?
- Что такое полисоматические серии?
- Каковы основные сферы применения (гетеро)филлосиликатов?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Ferraris et al. Crystallography of modular materials. Oxford Science Publications 2004.

## Самостоятельная работа №6

### Тема: Нанотрубулены

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Каковы основные причины и механизмы образования нанотрубок?
- В чем различие между спиральными, зигзагообразными и кресловидными нанотрубками?
- Каковы условия образования одно- и многостеночных нанотрубок?
- Каковы основные направления практического использования сульфидных и (титано)силикатных нанотрубок?
- Что такое имоголит и каковы области его применения?
- Что такое минерально-органические нанокompозиты?

*Вопросы для самоконтроля знаний:* 1) конспект лекций; 2) Ferraris et al. Crystallography of modular materials. Oxford Science Publications 2004; 3) Iijima Nature 1991, 354, 56-58; 4) Krivovichev (Ed.) Minerals as Advanced Materials I. Springer 2008.

## Самостоятельная работа №7

### Тема: Минеральные матрицы для консервации радионуклидов

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Каковы основные составляющие проблемы иммобилизации радионуклидов?
- Каковы основные способы переработки ЖРО?
- Что такое SINROC?
- Каковы особенности строения и восстановительно-сорбционные свойства ЛНТ-9?
- Каковы преимущества ЛНТ-9 перед другими сорбентами радионуклидов?
- Каковы перспективы использования монокристаллических продуктов иммобилизации радионуклидов?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Burakov et al. Crystalline Materials for Actinide Immobilization. Imperial College Press, Materials for Engineering 1, 2010; 3) Britvin et al. Journal of the American Chemical Society 2011, 133, 9516-9525.

## Самостоятельная работа №8

**Темы:**

### **1. Фотонные кристаллы**

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

Что такое «фотонный кристалл»?

Какова причина опалесценции благородных опалов?

Как синтезировать благородный опал?

Что такое «алмазоподобные матрицы» и как они работают?

Каковы перспективные направления использования фотонных кристаллов?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Vlasov et al. Nature 414, 289 (2001).

### **2. Закономерности локализации редких минералов в природе**

*Вопросы для самоконтроля знаний:*

- Какие массивы Кольской щелочной провинции наиболее плодотворны в отношении новых минералов?
- Что такое СОК, и какие следствия вытекают из этой теории для поиска новых минералов?
- Как сложность кристаллической структуры породообразующих минералов влияет на вероятность образования редкого минерала?
- Каково простое правило поиска новых минералов в иерархически организованных геологических комплексах?

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Ivanyuk et al. Minerals as Advanced Materials II (Ed. S.Krivovichev). Springer 2012. P. 13–24; 3) Иванюк и др. Самоорганизация рудных комплексов. М.: ГЕОС 2009.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Программой дисциплины предусматривается выполнение контрольной работы. Контрольная работа выполняется с целью проверки усвоения материала студентами. Для работы над ними используется литература, указанная в рабочей программе.

### Контрольная работа

#### Вариант № 1 «Технологические свойства минералов и их использование в обогащении руд»

Студентам ответить на вопросы:

1. Состав простейшего оборудования минералогической лаборатории.
2. Основные методы количественного минералогического анализа.
3. Устройство и принцип работы микроскопа МИН-9, ПОЛАМ
4. Технологические типы минералов-носителей химических элементов.
5. Технологические типы минералов-носителей полезных свойств.
6. Расчет баланса полезного компонента по минеральным фазам.
7. Классификация размеров минеральных выделений для технологической оценки руд.
8. Кристаллическое строение вещества, связь внутреннего строения с физическими свойствами минералов;
9. Основные технологические свойства минералов-носителей химических элементов.
10. Основные технологические свойства минералов-носителей полезных свойств.
11. Способы приготовления препаратов для оптических исследований из твердых и сыпучих материалов.
12. Методы изучения минерального состава руд
13. Методы изучения химического состава руд
14. Классификация минералов по технологическим свойствам: минералы-носители химических элементов, минералы-носители полезных свойств.
15. Основные технологические свойства минералов.
16. Магнитность, классификация минералов по магнитным свойствам, особенности разделения сильномагнитных и слабомагнитных минералов.
17. Электрические свойства минералов. Классификация минералов по электропроводимости. Пирозлектрический, пьезоэлектрический, трибоэлектрический эффекты.

### Контрольная работа

#### Вариант № 2 «Функциональные материалы на основе соединений с гетерополиэдрическими каркасами»

Студентам предлагается ответить на вопросы по основным типам гетерополиэдрических каркасных минералов (включая гетерофиллосиликаты) и разработанных на их основе функциональных материалов:

1. Минералы группы зорита и ETS-4;
2. Ситинакит и IONSIV IE-911;
3. Иванюкит;
4. Минералы группа куккисвумита-линтисита, AM-4, K-3 и L-3;
5. Минералы семейства эпистолита;
6. Основные типы гетерополиэдрических каркасных соединений;

*Рекомендуемая литература:* 1) конспект лекций; 2) Krivovichev (Ed.) Minerals as Advanced Materials I. Springer 2008. 3) Krivovichev (Ed.) Minerals as Advanced Materials II. Springer 2012. 4) Ferraris et al. Crystallography of modular materials. Oxford Science Publications 2000.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Итоговый уровень знаний, приобретенный студентами при изучении дисциплины «Технологическая минералогия», проверяется на зачете.

Для проверки теоретической подготовки студентов по дисциплине на зачет выносятся следующие вопросы:

1. Предмет технологической минералогии
2. Главные промышленные руды и их свойства
3. Основные методы изучения технологических свойств минералов
4. Главные промышленные минералы-носители химических элементов
5. Главные промышленные минералы-носители полезных свойств
6. Основные технологические свойства минералов
7. Особенности минералогического анализа при различных методах обогащения полезных ископаемых
8. Основы минераграфии, как метода изучения технологических продуктов
9. Минералы – прототипы функциональных материалов
10. Цеолиты
11. Микропористые каркасные титаносиликаты
12. Слоистые титанаты
13. Слоистые двойные гидроксиды
14. Филлосиликаты
15. Гетерофиллосиликаты
16. Нанотубуленты
17. Минеральные матрицы для консервации актиноидов
18. Фотонные кристаллы
19. Закономерности локализации редких минералов в природе