

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан геолого-географического  
факультета

 П.А. Тишин

«29» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Геохимия геологических процессов**

по направлению подготовки **05.03.01 Геология**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:  
**«Геология»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.31

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 О.В. Бухарова

Председатель УМК

 М.А. Каширо

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;

ОПК-1. Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИУК-1.3. Выявляет соотношение части и целого, их взаимосвязь, а также взаимоподчиненность элементов системы в ходе решения поставленной задачи;

ИОПК-1.4. Решает стандартные профессиональные задачи на основе представлений о строении Земли, закономерностях ее развития, структуре и взаимосвязи земных оболочек и происходящих в них процессах.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 обязательной части образовательной программы. Б1.О.31

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 5, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины. Постреквизиты**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Общая геология, Минералогия, Петрография, Литология, Геохимия.

Освоение дисциплины необходимо для успешной реализации следующих курсов: «Геология месторождений полезных ископаемых», «Месторождения горючих полезных ископаемых», «Промтипы месторождений полезных ископаемых», «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 20 ч.;

– семинарские занятия: 10 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

### **Тема 1. Введение.**

Основные понятия и терминология. Методология исследования. Виды геологических процессов как отдельные звенья большого геохимического цикла.

### **Тема 2. Главные составные части современной физико-химической миграции.**

Термодинамика, кинетика, динамика геохимических процессов, электрические природные явления и роль моделирования в познании геохимии геологических процессов.

### **Тема 3. Геохимия магматического процесса.**

Общие принципы и параметры процесса. Природа магматических расплавов. Роль различных элементов в магматическом расплаве. Динамика эволюции магматических систем. Типы магматических расплавов. Роль ликвации. Вода в магматических расплавах, роль других летучих (Cl, F, соединений углерода и др.) Режим кислорода, серы, щелочей. Распространенность элементов в магматических системах в зависимости от содержания кремнезема. Физико-химические закономерности кристаллизации магматических систем и поведение элементов-примесей в этом процессе. Идея об основополагающей роли кристаллизационной дифференциации как механизма разделения элементов в магматическом процессе. Работы Н.Л. Боуэна, В.М. Гольдшмидта и других. Физико-химическая оценка других гипотез дифференциации магмы (ликвация, газовый перенос, гравитационная диффузия и т.д.). Понятие о первичных и вторичных магматических очагах. Мантийные и коровые источники магматического расплава. Проблема формирования гранитного вещества в земной коре. Магматизм и особенности концентрации рудных элементов. Процесс дифференциации магмы как процесс рудообразования. Типы магматических рудных месторождений.

### **Тема 4. Геохимия пегматитовых систем.**

Представление о пегматитах как о «остаточных» (магматических) геохимических системах. Физико-химические особенности силикатных систем с летучими компонентами. Формационные и геохимические типы пегматитов. Геохимия гранитных пегматитов, особенности их строения, классификация, последовательность формирования. Типоморфные минералы, метасоматические процессы. Геохимия щелочных и основных пегматитов. Своеобразие условий концентрации рудных элементов. Типы руд, связанных с пегматитами.

### **Тема 5. Геохимия постмагматических процессов минералообразования**

#### **а) Представление о метасоматозе**

Понятие о метасоматических фациях и формациях. Термодинамические условия проявления метасоматоза. Источник минерального вещества и генезис растворов. Фазовый состав растворов и механизм переноса минерального вещества. Стадийность и этапность процессов минералообразования. Зональность размещения минералов. Кислотность-щелочность постмагматического минералообразования по Д.С. Коржинскому.

б) Геохимия щелочного метасоматоза (калиевого, натрового, натрово-хлорного, щелочно-земельного). Химизм процессов, типы метасоматитов, парагенезисы минералов. Концентрации рудных элементов. Физико-химические условия проявления.

#### **в) Геохимия скарнообразующих процессов**

Основные термодинамические (физико-химические) условия проявления. Типы скарнов и основные парагенетические ассоциации. Диффузионная и инфильтрационные типы скарнов. Главные виды зональности строения метасоматических зон. Магнезиальные и известковые скарны, их химические и физические свойства. Типы рудных концентраций, связанных со скарнами.

#### **г) Геохимия грейзенов и пневматолитов**

Ассоциации элементов и парагенезисы минералов грейзеновых образований. Признаки высокотемпературных реакций газов с породами, роль фтора, а также хлора, бора, серы и др. в грейзеновом процессе.

д) Геохимия гидротермально-метасоматических и гидротермальных процессов. Элементные ассоциации и различные формации и фации пород (березиты, пропициты, листовениты, вторичные кварциты, серпентиниты и др.). Термодинамические условия и параметры гидротермально-метасоматических процессов. Представления о гидротермальных растворах, их составе, температурах и давлении. Особенности

современного гидротермального рудообразования. Источники воды, вещества, способы переноса и способы отложения элементов в гидротермально-метасоматических процессах. Физико-химические факторы растворения, переноса и отложения рудных элементов; роль взаимодействия растворов с породами как фактор рудоотложения. Зональность гидротермально-метасоматических образований как отражение гидротермально-метасоматической дифференциации элементов.

#### **Тема 6. Общая характеристика гипергенных процессов и их классификация.**

Геохимия процессов выветривания (ультрабазитов, базитов, щелочных, кислых горных пород, известняков и т.д.). Миграция продуктов выветривания в водных растворах. Формирование инфильтрационных и россыпных месторождений.

#### **Тема 7. Геохимия процессов осадкообразования.**

Геохимическая классификация осадочных образований. Химический состав и ассоциации элементов различных типов осадочных пород.

Физико-химические факторы осадочной дифференциации. Роль температуры, давления, состава атмосферы и вод; значение активности живых организмов и органического вещества осадков. Кислотность и окислительно-восстановительный потенциал растворов как факторы разделения и концентрирования элементов. Специфика физико-химических условий процессов выветривания, сноса, осадконакопления, диагенеза; связь с геолого-тектоническими и климатическими условиями. Особенности современных процессов осадкообразования. Работы Н.М. Страхова, В.Н. Холодова, А.П. Лисицына,

Типы осадочных рудных месторождений. Осадочная дифференциация как рудообразующий процесс.

Эпигенетические процессы в осадочных породах и их роль в концентрировании металлов; характерные ассоциации элементов эпигенетических руд в осадочных породах.

#### **Тема 8. Геохимия педогенеза, галогенеза и биогенеза.**

Основные параметры и условия их развития. Главные направления эволюции процессов. Ведущие элементы и типы образующихся продуктов.

#### **Тема 9. Геохимия метаморфического процесса.**

Химические типы метаморфических пород, соответствующие им ассоциации элементов. Зависимость состава метаморфических пород от условий метаморфизма. Ультраметаморфизм и гранитизация.

Физико-химические факторы метаморфизма. Принцип метаморфических фаций и основная физико-химическая направленность прогрессивного метаморфизма; подвижность элементов при метаморфизме.

#### **Семинарские занятия:**

Для подготовки к семинарским занятиям студенты самостоятельно собирают, обрабатывают и анализируют информацию из опубликованных источников литературы (учебные пособия, монографии, научные статьи, информационно-аналитические обзоры) и подготавливают устное сообщение.

Примерные темы:

1. Механизмы и последовательность эволюции магматических систем. Условия концентрации рудных элементов в магматическом расплаве.
2. Геохимия пегматитовых систем. Своеобразие условий концентрации рудных элементов.
3. Геохимия карбонатитовых систем.
4. Геохимия скарнообразующих процессов.
5. Поведение редкоземельных элементов в ходе различных геологических процессов.

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по лекционному материалу и темам семинарских заданий (Электронный

университете Moodle курс «Геохимия геологических процессов» (<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26291>) и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Порядок формирования компетенций, результаты обучения, критерии оценивания и перечень оценочных средств текущего контроля по дисциплине приведены в Фондах оценочных средств курса «Геохимия геологических процессов».

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в пятом семестре** проводится в устной форме. Промежуточная аттестация проводится по итогам защиты самостоятельного проекта по интерпретации геохимических данных по одному (или нескольким) геологическим объектам. Для выполнения проектной работы необходимо выбрать оптимальный набор данных для характеристики основных геохимических черт геологического объекта. Обучающийся вправе обработать собственные геологические данные по выпускной квалификационной или иной исследовательской работе для выполнения проекта, тема обсуждается не позже 3 недель до защиты. В работе должны быть отражены основные черты геохимической характеристики выбранного объекта (ИУК-1.3. *Оценивает результаты решения поставленной задачи*; ИОПК-1.4. *Решает стандартные профессиональные задачи на основе представлений о строении Земли, закономерностях ее развития, структуре и взаимосвязи земных оболочек и происходящих в них процессах*).

Процедура проверки освоения компетенций и порядок формирования итоговой оценки по результатам освоения дисциплины «Геохимия геологических процессов» описаны в Фондах оценочных средств для данного курса.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26291>

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Антипин В.С. Геохимия эндогенных процессов: учеб. пособие / В.С. Антипин, В.А. Макрыгина. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. – 363 с.

2. Жариков В.А. Основы физической геохимии: [учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Геохимия"] / В. А. Жариков. ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова Издание 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Моск. ун-та [и др.], 2005. – 654 с.

3. Левицкий В. И. Петрология и геохимия метасоматоза при формировании континентальной коры / В. И. Левицкий ; науч. ред. В. А. Макрыгина ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Новосибирск : Акад. изд-во "Гео", 2005. – 337 с.

4. Мартынов Ю. А. Основы магматической геохимии: учебное пособие/ Ю.А. Мартынов; науч. ред. А.И. Ханчук; Российская акад. наук, Дальневосточное отд-ние, Дальневосточный геологический ин-т. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 227 с.

5. Наумов Г.Б. Геохимия биосферы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по геологическим и экологическим специальностям / Г.Б. Наумов. – Москва: Академия, 2010. –379 с.

6. Общая геохимия : учебное пособие / Д. А. Яковлев, Т. А. Радомская, А. А. Воронцов, А. М. Федоров, А. Е. Будяк. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2019. – 301 с. <https://yadi.sk/i/EajsM-s-anOMtA>

7. Общая геохимия: учебное пособие / Д.А. Яковлев, Т. А. Радомская, А. А. Воронцов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 304 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1835962>

8. Покровский Б. Г. Коровая контаминация мантийных магм по данным изотопной геохимии / Б. Г. Покровский; Отв. ред. В.И. Виноградов; Рос. акад. наук, Геологический ин-т изотопной геохимии. – М.: Наука : Наука/Интерпериодика, 2000. – 225 с.

9. Развозжаева Э.А. Геохимия углерода и благородных металлов в осадочно-метаморфических комплексах складчатого обрамления Сибирской платформы /Э. А. Развозжаева; науч. ред. В. А. Макрыгина. – Новосибирск: Гео, 2015. – 133 с.

10. Родыгина В.Г. Курс геохимии / В.Г. Родыгина. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 288 с.

11. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса /В. Н. Холодов. – Москва: ГЕОС, 2006. – 607 с.

б) дополнительная литература:

1. Барабанов В.Ф. Геохимия / В.Ф. Барабанов. – Л.: Недра, 1985. – 422 с.

2. Браунлоу А.Х. Геохимия / А.Х. Браунлоу. – М.: Мир, 1985. – 464 с.

3. Бортникова С.Б. Геохимия техногенных систем /С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, Е.П. Бессонова; отв. ред. Г. Н. Аношин. – Новосибирск: Гео, 2006. – 168 с.

4. Вайткевич С.В. Основы геохимии / С.В. Вайткевич, В.В. Закруткин. – М.: Высшая школа, 1976. – 368 с.

5. Граменицкий Е. Н. Петрология метасоматических пород: Учебник / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет. - 1. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. - 221 с..

URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=337787>. URL: <https://znanium.com/cover/1012/1012414.jpg>

6. Геохимия магматизма / А.А. Кременецкий [и др.], Отв. ред. Л.Н. Овчинников, Н.К. Дмитренко. – М.: Наука, 1982. – 224 с.

7. Геохронология и изотопная геохимия карбонатитов Якутии / А. И. Зайцев, А. Р. Энтин, Н. И. Ненашев и др.; Рос. АН, Сиб. отд-ние, Якут. ин-т геол. наук. – Якутск: Якутский научный центр СО РАН, 1992. – 248 с.

8. Гидротермальные образования срединного хребта Атлантического океана (поле ТАГ): Геология. Геохимия. Рудообразование /С.В. Аплонов [и др.]; Отв. ред. [и авт. предисл.] А. П. Лисицын. – М.: Наука, 1992. – 197 с.

9. Гурский Ю.Н. Геохимия литогидросферы внутренних морей /Ю.Н. Гурский, А.П. Лисицын. – М.: ГЕОС, 2007. – Т. 1-2.

10. Загорский В.Е. Геохимия сподуменовых пегматитов и щелочно-редкометалльных метасоматитов /В. Е. Загорский, Л. Г. Кузнецова; Отв. ред. Б. М. Шмакин. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 137 с.

11. Икорский С.В. Геохимия газов эндогенных образований / С.В. Икорский, В.А. Нивин, В.А. Припачкин; Отв. ред. И. Н. Толстихин. – СПб.: Наука, Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 176 с.

12. Летувнинкас А. И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда: [учебное пособие для студентов вузов] /А. И. Летувнинкас. – Томск: НТЛ, 2005. – 289 с.

13. Левицкий В.И. Петрология и геохимия метасоматоза при формировании континентальной коры /В. И. Левицкий; науч. ред. В. А. Макрыгина. – Новосибирск: Акад. изд-во "Гео", 2005. – 337 с.

14. Кононов В.И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма (рифтовых зон и островных дуг) /В. И. Кононов. – М.: Наука, 1983. – 212 с.

15. Коротаев М.Ю. Физическая геохимия процессов грейзенообразования / Коротаев, Михаил Юрьевич. – М.: Наука, 1994. – 152 с.

16. Кременецкий А.А. Геохимия глубинных пород /А.А. Кременецкий, Л.Н. Овчинников; Отв. ред. Л.С. Бородин; Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. – М.: Наука, 1986. – 261 с.

17. Макагон В.М. Геохимия главных формаций гранитных пегматитов /В.М. Макагон, Б.М. Шмакин; Отв. ред. В.А. Макрыгина. – Новосибирск: Наука: Сибирское отделение, 1988. – 207 с.

18. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности / А.А. Маракушев. – М.: Наука, 1999. – 255 с.
19. Мейсон Б. Основы геохимии / Б. Мейсон. – М.: Недра, 1971. – 301 с.
20. Мияки Я. Основы геохимии / Я. Мияки. – М.: Недра, 1969. – 302 с.
21. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 258 с.
22. Титаева Н. А. Ядерная геохимия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Геохимия», «Экологическая геология»/Н.А. Титаева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 336 с.
23. Тугаринов А.И. Общая химия / А.И. Тугаринов. – М.: Атомиздат, 1973. – 288 с.
24. Фор Г. Основы изотопной геологии / Г. Фор; перевод с англ. И.М. Горохова, Ю.А. Шуколокова. – М.: Мир, 1989. – 589 с.
25. Юдович Я. Э. Курс геохимии осадочных пород: (Избранные главы): Учебное пособие / Я.Э. Юдович. – Сыктывкар: СГУ, 2001. – 283 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Геохимия: журнал / Рос. АН. - Москва: Наука, 1956-. - . URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7767>
2. Электронная Библиотека Диссертаций [Электронный ресурс] / Российская государственная библиотека. – Электрон. дан. – М., 2003-. URL: <http://diss.rsl.ru/>
3. Все о геологии – неофициальный сервер геологического факультета МГУ (раздел геохимические науки) <http://students.web.ru/>
4. Геологическая библиотека GeoKniga <http://www.geokniga.org/>
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000-. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

### 13. Перечень информационных тресурсов

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

## **15. Информация о разработчиках**

Ложкина Мария Анатольевна, старший преподаватель кафедры минералогии и геохимии геолого-географического факультета ТГУ.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии геолого-географического факультета «24» июня 2022 г., протокол № 6.