

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

Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан


П. А. Тишин



22 июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Стадии и геохимия литогенеза
по направлению подготовки

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) подготовки
«Эволюция Земли: геологические процессы и полезные ископаемые»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2023

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.05.06

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП


В.В. Врублевский

Председатель УМК


М.А. Каширо

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать теоретические основы специальных и новых разделов геологических наук при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-3 Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации их по практическому использованию.

ПК-1 Способен решать стандартные и нестандартные задачи профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, в т.ч. ГИС- и ГГИС-технологий.

2. Задачи освоения дисциплины

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.3 Решает задачи профессиональной деятельности, синтезируя фундаментальные знания и результаты современных исследований в области специальных разделов геологических наук и смежных разделов естественнонаучной области знаний

ИОПК-3.1 Определяет критерии оценки и качество (качественные показатели) выполненных научных исследований / производственных работ (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры) в зависимости от поставленных задач

ИОПК-3.3 Способен находить новые способы решения и получать новые знания в ходе решения задач в области профессиональной деятельности (в соответствии с направленностью (профилем) магистратуры)

ИПК-1.1 Определяет необходимые характеристики геологических объектов и процессов для формирования концептуальной модели в рамках решения задач профессиональной деятельности

ИПК-1.3 Проводит комплексный анализ и интерпретацию геологической модели с целью получения новых данных для решения задач профессиональной деятельности

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Блок дисциплин по выбору в 3 семестре.

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

Третий семестр, зачёт

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы компетенции, сформированные в процессе обучения в бакалавриате по дисциплинам «Петрография», «Литология», «Методы литологических исследований», «Геохимия». Магистранты должны иметь навыки петрографического изучения и описания осадочных, метаморфических и магматических горных пород.

Освоение данной дисциплины является теоретической и методической основой для дальнейшей научной работы выпускника.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

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

-лекции: 10 ч.

-практические занятия: 22 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. История развития представлений о стадиях диагенеза, катагенеза, метагенеза, эпигенеза. Обзор представления литологов о стадиях литогенеза по работам А.Ф. Ферсмана, Л.В. Пустовалова, М.Н. Страхова, Л.Б. Рухина, Н.Б. Вассоевича, А.В. Копелиовича, В.Г. Коссовской, В.Д. Шутова, Г.Н. Перозио, О.В. Япаскурта. Проблема соотношений катагенеза, метагенеза и метаморфизма осадочных пород.

Факторы эпигенеза. Давление, температура, геологическое время, подземные воды. Зависимость эпигенетических преобразований от первичного минерального состава и структур пород. Расшифровка роли эндогенных факторов эпигенеза и их взаимосвязи с тектоническим, термально-флюидным и глубинно-магматическим режимами в бассейнах породообразования.

Тема 2. Стадии литогенеза и их геохимические характеристики. Минеральные, структурные и геохимические индикаторы различных стадий литогенеза.

Гипергенез. Факторы и агенты гипергенеза. Типы выветривания. Географическая зональность процессов выветривания. Химическое выветривание как начальная стадия дифференциации вещества. Механизм химического выветривания. Аккумуляция твердых продуктов выветривания и формирование кор выветривания. Типы кор выветривания. Геохимические условия формирования глинистых минералов. Реликтовые и новосинтезированные минералы в корах выветривания. Формы миграции элементов в подземных водах и реках. *Лито- и геохимические индикаторы условий образования, степени зрелости* и химического выветривания осадочных пород. Показатель зрелости Ф. Петтиджона, индексы химического выветривания CIA, CIW; индекс изменения пород ICSV. Диаграммы A-CN-K и (A-K)-C-N Г. Гесбитта и Г. Янг

Седиментогенез. Факторы седиментогенеза. Связь накопления с переносом вещества. Понятия об осадочных дифференциациях и интеграциях вещества в путях миграции и при накоплении. Фации и факторы седиментогенеза (климатические обстановки, динамические, топографические, литологические, гидрохимические и биологические фации) и их индикаторы.

Диагенез. Определение, факторы, границы, длительность. Учение Н.М. Страхова о диагенезе и его развитие литологами. Осадок и его составные части. Процессы стадии диагенеза. Индикаторы раннего диагенеза. Геохимия диагенеза осадков разного состава (карбонатные, углеродистые, фосфатные, эвапоритовые). Индикаторы позднего диагенеза. Роль, условия и продукты деградационных процессов. Аутигенное минералообразование, перераспределение вещества, образование конкреций, участковая цементация, самоуплотнение, образование трещин синерезиса. Теоретическое и практическое значение диагенеза.

Катагенез. Определение, факторы, границы, длительность, Ранний (начальный) и поздний (глубинный) катагенез, их термодинамические условия. Основные процессы катагенеза. Органическое вещество как наиболее чувствительный индикатор изменения температуры, глинистые породы-давления. Стадиальные преобразования основных минералов осадочных пород. Типоморфные минералы, структуры и текстуры стадий катагенеза. Связь катагенетических преобразований с процессами нефтегазообразования. Образование аржиллитов и мраморов. Рассольный катагенез. Гравитационный катагенез.

Метагенез: определение, движущие силы, границы, глубины, длительность. Минералогические и структурно-текстурные преобразования и новообразования в песчаниках разного состава: кварцевых, аркозовых, граувакковых. Перекристаллизация

карбонатных, глинистых и кремниевых пород, образование глинистых сланцев. Граница с зоной метаморфизма. Теоретическое и практическое значение катагенеза и метагенеза.

Эпигенез. Понятие о стадияльно-эпигенетических (аутигенно-эпигенетических) и наложенно-эпигенетических (аллотигенно-эпигенетических) процессах и регрессивном эпигенезе. Типизация эпигенеза. Минеральные проявления наложенного эпигенеза: карбонатизация, каолинизация и окремнение, цеолитизация, сульфатизация и галлоидное минералообразование, сульфидизация, битуминизация. Проявление процессов выщелачивания (порообразование). Регрессивный эпигенез по А.В. Копелиовичу: этап развития минералов каолининовой группы и карбонатный этап. Водно-флюидная фаза в литогенезе. Основные геохимические процессы. Индикаторы эпигенеза.

Тема 3. Типы литогенеза и их геохимические характеристики. *Гумидный литогенез.* Дифференциация элементов в гумидных зонах. Осадкообразование в конечных водоемах стока. Хемогенные осадки: триада $Al-Fe-Mn$ и тетрада $CaCO_3 - MgCO_3 - SiO_2 - P, C_{орг}$.

Ледовый литогенез. Мобилизация, перенос вещества, седиментация. Хемогенные осадки.

Аридный литогенез. Мобилизация, перенос вещества, седиментация. Хемогенные осадки. Осадки водоемов с малой минерализацией (*тетрада*). Осадки водоемов с минерализацией более 3,5% (*тетрада, рудные концентрации Cu - Pb - Zn*).

Вулканоогенно-осадочный литогенез. Особенности проявления наземного вулканизма в разных климатических зонах. Породообразование и накопление рудных элементов, связанное с наземным и подводным вулканизмом.

Гидротермально-осадочный литогенез. Хемогенные осадки: накопление $CaCO_3$, $CaSO_4$, SiO_2 (*травертины*). Рудные концентрации.

Океанский тип литогенеза. Геохимические барьерные зоны и миграция химических элементов. Значение биоса и поведение биогенных компонентов в океанах ($C_{орг}$, SiO_2 , $CaCO_3$).

Индикаторы климатических обстановок. Литохимические индикаторы. Индикаторные элементы-примеси. Минеральные индикаторы. Органические индикаторы.

Тема 4. Классифицирование осадочных пород. Принципы классификации осадочных пород по химическому составу. Общая схема химической классификации Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис. *Краткая химическая характеристика основных групп осадочных пород* (по Юдовичу Я.Э.). Силлиты. Сиаллиты. Сиферлиты. Гидролизаты. Магнезиальные «псевдоосадочные» породы. Алкалиты. Карбонатолиты. Фосфатолиты. Эвапориты. Кахитолиты. Микстолиты.

Диаграммы для классификации осадочных пород по составу (диаграмма Л.В. Анфимова для карбонатных пород, диаграммы Ф. Петтиджона, М. Херрона, А.Г. Коссовской и М.И. Тучковой для разделения песчаников).

Факторы, определяющие геохимическую специализацию осадочных пород (по Я.Э. Юдовичу). Петрофонд. Климатические обстановки. Топографические (ландшафтные фации). Динамические фации. Литологические фации. Гидрофации. Биологические фации. Многофакторность геохимических систем. Взаимодействие факторов. Уровни геохимической индикации.

Петрохимические модули. Петрохимические модули, применяемые для характеристики петрофонда: гидролизатный, алюмокремниевый, фемический, титановый, натриевый, калиевый, щелочной, нормированная щелочность, железный, марганцевый, плагиоклазовый, закисный. Сиаллитовый стандарт.

Диагностики фациальных условий образования пород. Генетическая диаграмма Я.Э. Юдовича и В.Н. Пучкова. Реконструкции климатических обстановок континентальных отложений. (диаграмма В.С. Ерофеева и Ю.Г. Цеховского) Палеоклиматическая диаграмма Л. Саттнера и П. Датта для аллювиальных песчаников. Фациальные индикаторы условий образования осадочных пород (дальности переноса,

присутствия эксгалиционных компонентов, палеосолености, окислительно-восстановительных обстановок). Геохимические индикаторы палеоклимата и палеогеографических условий.

Возможности геохимических параметров (распределение РЗЭ и высокозарядных элементов) для палеогеодинамических реконструкций. Спайдер-диаграммы. Анализ и реконструкция тектонических условий накопления граувакковых песчаников по распределению малых и редкоземельных элементов (диаграммы М. Бхатия), карбонатных отложений (Летникова, 2003). Генетические диаграммы: А.Б. Ронова и З.В. Хлебниковой для глинистых отложений; диаграммы SAK и АКМ В.К. Головенка.

Реконструкции тектонических обстановок накопления песчаников. Литохимические диаграммы М. Бхатия.

Геохимические индикаторы палеоклиматических изменений. Палеотемпература. Палеосоленость бассейна. Окислительно-восстановительный режим условий осадконакопления и постседиментационного преобразования осадочных пород.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения трех практических заданий.

Порядок формирования компетенций, результаты обучения, критерии оценивания и перечень оценочных средств для текущего контроля по дисциплине приведены в Фондах оценочных средств для курса «Стадии и геохимия литогенеза».

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса, проверяющих знания о вещественном составе осадочных пород (ИПК-1.1), владении методами изучения вещества осадочных пород (ИОПК-3.3), навыки использования петро- и геохимических данных для классификации осадочных образований и интерпретации полученных результатов (ИОПК-1.3), освоение принципов исследования условий осадконакопления и постседиментационных преобразований терригенных и карбонатных осадочных пород с помощью анализа текстурно-структурных особенностей и минеральных ассоциаций (ИОПК-3.1); демонстрация их применения для решения геологических задач (ИПК-1.3).

Продолжительность зачета 1,5 часа.

Процедура проверки сформированности компетенций и порядок формирования итоговой оценки по результатам освоения дисциплины «Стадии и геохимия литогенеза» 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=24490>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине

1. Проблема соотношений катагенеза, метагенеза и метаморфизма осадочных пород.

2. Факторы эпигенеза.

3. Минеральные и структурно-текстурные индикаторы стадийных преобразований.

4. Типизация эпигенеза.

5. Стадийность литогенеза. Детальное описание 4 шлифов.

6. Геохимические модули и условия литогенеза. Расчеты.

7. Защита рефератов.

Для эффективного освоения дисциплины обучающимся рекомендуется:

изучить рекомендованную литературу, современные публикации (статьи) по вопросам стадий и геохимии литогенеза, составить аннотированный отчет, сформулировать проблемные вопросы для обсуждения на практических занятиях.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

Виноградов А.П. Полное собрание трудов в 18 т. / А.П. Виноградов; под ред. академика Ю.А. Костицына; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Т. 1. Химический элементарный состав организмов моря / науч. ред. В.В. Ермаков; [сост. Л.Д. Виноградова]. – М. : РАН – 2020. – 768 с.

Гурский Ю.Н. Геохимия литогидросферы внутренних морей Т. 2 /Ю.Н. Гурский; отв. ред. А.П. Лисицын. - М.: ГЕОС, 2007. – 449 с.

Кузнецов В.Г. Литология. Основы общей (теоретической) литологии. Учебное пособие для вузов. - М.: Научный мир, 2011. - 360 с.

Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Геохимия литогенеза: Учебное пособие. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. – 126 с.
<https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=893075>

Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л.: Недра, 1992. – 239 с.

Логвиненко Н.В. Постдиагенетические изменения осадочных пород. - Л., Наука, 1968.

Махнач А.А. Катагенез и подземные воды. – Минск, 1989. – 335 с.

Махнач А.А. Стадиальный анализ литогенеза. - Минск, БГУ, 2000.

Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. (Под ред. Ю.Г. Леонова, Ю.А. Воложа). – М.: Научный мир, 2004. 526 с.

Симанович И.М. Кварц песчаных пород (генетические типы и постседиментационные преобразования). – М.: Наука, 1978. 152 с.

Страхов Н.М. Проблемы современного и древнего осадочного процесса: в 2 т. /Н.М. Страхов; отв. ред. В.Н. Холодов. - М.: Наука , 2008

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

Фролов В.Т. Литология, В 3-х кн. - М.: Изд-во МГУ, 1992. Кн. I. 336 с.

Юдович Я.Э. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). - Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 740с. <https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=315351>

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. – Сыктывкар: Геопринт 2008. –564 с..

Япаскурт О.В. Стадиальный анализ литогенеза: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ. 1994. 142 с.

Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования. Учебн. пособие – М.: ЭСЛАН. 2008. 356 с.

Япаскурт О.В. Литология: учебник для студ. высш. учебн. заведений. Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.

б) дополнительная литература:

Байков А.А., Седлецкий В.И. Литогенез (мобилизация, перенос, седиментогенез, диагенез осадков). – Ростов-на-Дону, Изд-во СКНЦ ВШ, 1997. – 447 с

- Беус А.А. Геохимия окружающей среды /Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. – М.: Недра, 1976. – 248с.
- Гаррельс Р.М., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. – М., Мир, 1974. – 272 с.
- Геохимия кремнезема /Ред. Н.М.Страхов; АН СССР. Отд-ние наук о Земле.-М.: Наука, 1966. – 423с.
- Геохимия озерно-болотного литогенеза /Ред. К.И.Лукашев; АН БССР.Ин-т геохимии и геофизики.-Минск: Наука и техника, 1971. – 284с
- Зверев В.П. Гидрогеохимия осадочного процесса. М., Наука, 1993. – 176 с.
- Зарицкий П.В. Геохимия литогенеза и основы конкреционного анализа. Харьков: Изд-во ХГУ, 1991. - 111 с.
- Карпова Г.В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. М., Недра, 1972. – 174 с.
- Катагенез и нефтегазоносность. / Г.М. Парпарова, С.Г. Неручев А.В. Жуков и др. Л., Недра, 1981. – 240 с.
- Кузнецов В.Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2007. – 511 с.
- Литогенез и рудообразование / Под ред. В.Н. Холодова М., Наука, 1989. – 269 с.
- Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
- Петрова В.В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе (силикаты, алюмосиликаты, гидроксиды).– М.:ГЕОС, 2005. 246 с.
- Копелиович А.В. Эпигенез древних толщ юго-запада Русской платформы. – М.: Наука, 1965. 310 с.
- Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород на континенте и в океане. – Л.: Недра, 1987. 237 с.
- Перозио Г.Н. Эпигенез терригенных осадочных пород юры и мела центральной и юго-восточной частей Западно-Сибирской низменности. – М.: Недра, 1961. 204 с.
- Петров В. П. Основы учения о корах выветривания / В. П. Петров. – М.: Недра, 1967. – 343 с.
- Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. – 288 с.
- Стратисфера, или осадочная оболочка Земли (количественное исследование) / А.Б. Ронов. – М.: Наука, 1993. – 144 с.
- Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеотехиздат. 1963.
- Франк-Каменецкий В.А., Котов Н.В., Гойло Э.А. Трансформационные превращения слоистых силикатов при повышенных Р-Т-параметрах. Л., 1983. – 151 с.
- Фортестью Дж. Геохимия окружающей среды. М., Мир, 1985. – 360 с.
- Холодов В.Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. М., Наука, 1983. – 152 с.
- Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды. 1984. – 202 с.
- Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., Недра, 1998. – 366 с.
- Шутов В.Д. Минеральные парагенезисы граувакковых комплексов. М., Наука, 1975. – 114 с.
- Япаскурт О.В. Литогенез и полезные ископаемые миогеосинклиналей. М., Недра, 1992. – 244 с.
- Reviews in Mineralogy & Geochemistry

в) ресурсы сети Интернет:

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

Информационно-аналитический центр «Минерал» <https://www.mineral.ru>

Литосфера. Периодическое издание.<https://www.lithosphere.ru/jour/issue/archive>

Литология.РФ: Литология академическая, прикладная и прочая <http://lithology.ru>

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН <https://geo.komisc.ru>

Все о геологии <http://geo.web.ru/>

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Информационные ресурсы <http://www.vsegei.ru/>

Геологический институт РАН (ГИН РАН) <http://www.ginras.ru/>

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН) <http://www.igem.ru>

Каталог диссертаций по специальности «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» <http://www.dissercat.com/catalog/nauki-o-zemle/geologiya-poiski-i-razvedka-tverdykh-poleznykh-iskopaemykh-minerageniya>

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) <http://www.geokhi.ru/>

13. Перечень информационных технологий

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 OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, 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

Вологодина Ирина Валентиновна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры петрографии.