

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

По дисциплине Б1.В.03 Прикладная геохимия
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

Для направления подготовки (специальности) 05.04.01 Геология
код и наименование направления подготовки (специальности)

Направленность программы (профиль) Прикладная геохимия, минералогия и петрология
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

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

Апатиты

2020

Лист согласования

1 Разработчик:

профессор

должность

УАиМ



подпись

Н.Е. Козлов

И.О. Фамилия

доцент

должность

УАиМ



подпись

А.А. Калинин

И.О. Фамилия

2. Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 года, протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020

дата

подпись



Л.Д. Кириллова

И.О.Фамилия

Пояснительная записка

1. **Рабочая программа** составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 912.

2. **Цель дисциплины (модуля) «Прикладная геохимия»** – обучение студентов теоретическим основам и методам геохимии как науки о распределении (концентрации и рассеянии) и процессах миграции химических элементов в геологических объектах. Они должны научиться правильно, интерпретировать результаты геохимических исследований, а также уметь применять современные методы изучения химического состава горных пород и продуктов их преобразования для решения поисковых, разведочных и иных прикладных проблем.

Задачи дисциплины:

- дать основы знаний о закономерностях распространения и поведения химических элементов в природе;
- изложить общие представления о теоретических основах геохимии, возможностях использования данных по геохимии элементов и изотопов при решении теоретических и прикладных геологических задач;
- научить корректно, применять методы прикладной геохимии при поисках месторождений полезных ископаемых и решении других прикладных задач.

3. **Требования к уровню подготовки обучающегося** в рамках данной дисциплины.

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Прикладная геохимия» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО 05.04.01 Геология (уровень магистратуры), представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины «Прикладная геохимия»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
1.	ОК - 3	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.
2.	ОПК - 1	способностью самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности.
3.	ПК - 1	способностью формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и специализированных знаний, полученных при освоении программы магистратуры.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) «Прикладная геохимия».

Результаты формирования компетенций и обучения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Планируемые результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ОК - 3	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия, цели, задачи прикладной геохимии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать цели и определять пути их достижения; - находить информацию в различных источниках. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами сбора информации, ее обработки и анализа.
2.	ОПК - 1	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современную профессиональную терминологическую базу и инновационные направления в прикладной геохимии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания умения; - развивать свои инновационные способности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами сбора информации, ее синтеза и анализа.
3.	ПК - 1	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базовые понятия фундаментальных разделов геологических наук и прикладной геохимии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и специализированных знаний, полученных при освоении прикладной геохимии. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами интеграции фундаментальных разделов геологических наук и прикладной геохимии.

Таблица 3 - Перечень практических работ

№ п/п	Наименование практических работ	Количество часов	Наименование темы по табл. 4
1.	Закономерности и формы нахождения рудогенных и сопровождающих химических элементов в рудоносных и безрудных геологических формациях.	6	3
2.	Построение ореолов для поиска месторождений	8	4
3.	Определение геохимического фона и минимально-аномальных содержаний химических элементов.	2	6
4.	Построение карт геохимических аномалий и их анализ	2	6
5.	Семинар. Гидрогеохимические, геохимические, биогеохимические и другие методы поиска МПИ.	2	7
6.	Методы поиска месторождений: гидрогеохимические, геохимические и биогеохимические.	6	7
7.	Контрольная работа «Построение рядов зональности первичных и вторичных ореолов месторождений полезных ископаемых»	2	3
<i>Итого часов</i>		28	

Рекомендации к выполнению практических работ

Практическое занятие №1.

Тема: «Закономерности и формы нахождения рудогенных и сопровождающих химических элементов в рудоносных и безрудных геологических формациях».

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Студент, должен

- ✓ уметь распознать к какому уровню геохимической зональности (к какому рангу) нужно отнести структуру, представленную этими ИД.
- ✓ знать методы построения трендов изменения содержания элементов-индикаторов в интересующих нас объектах (закономерностей) в различных приложениях (Excel, STATISTICA и др.).
- ✓ уметь строить компьютерные модели ореолов.
- ✓ иметь представление о существующих методах интерпретации построенных ореолов).

Практическое занятие № 2.

Тема: «Построение ореолов для поиска месторождений».

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить на следующую информацию.

1. Построение ореолов для поиска оловорудных месторождений

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади (например, в банке данных «Тиетта» в первой строке и первых трех столбцах: 05 18 153, т.е. две координаты на плоскости и глубина) и параметров химического состава проб (в соответствующей строке: 7.6 25, где число столбцов таблицы равно числу измеренных параметров).

Студенту необходимо:

- ✓ вычислить для каждой пробы значение мультипликативного коэффициента зональности первичного ореола, который характеризует его изменение в соответствии с глубиной: $K_m = \frac{Pb \cdot Ag \cdot Sb}{Cu \cdot Bi \cdot W}$, т.е. расширить таблицу на один столбец.
- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карту по K_m в изолиниях изучаемой территории.
- ✓ отметить точки наиболее вероятного наличия рудных тел на основе определения локальных экстремумов K_m .

2 Построение ореолов для поиска сидерофильной группы месторождений

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади (например, в банке данных «Тиетта» в первой строке и первых трех столбцах: 05 18 153, т.е. две координаты на плоскости и глубина, если она задана) и параметров химического состава проб (в соответствующей строке: 7.6 25, где число столбцов таблицы равно числу измеренных параметров).

Студенту необходимо:

- ✓ вычислить для каждой пробы значение мультипликативного коэффициента зональности первичного ореола, который характеризует его изменение в соответствии с глубиной: $K_m = \frac{Ti \cdot V \cdot Cr \cdot Y \cdot Zr \cdot Sc \cdot B \cdot Ba \cdot Sr}{Mn \cdot Co \cdot Ni \cdot Cu \cdot Zn \cdot Pb \cdot Ag \cdot Mo \cdot Sn}$, т.е. расширить таблицу на один столбец.
- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.

- ✓ построить в ArcGIS карту Км в изолиниях изучаемой территории.
- ✓ отметить точки наиболее вероятного наличия рудных тел на основе определения локальных экстремумов Км.

4. Построение ореолов для поиска пегматитовых жил

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади (например, в банке данных «Тьетта» в первой строке и первых трех столбцах: 05 18 153, т.е. две координаты на плоскости и глубина, если она задана) и параметров химического состава проб (в соответствующей строке: 7.6 25, где число столбцов таблицы равно числу измеренных параметров).

Студенту необходимо:

- ✓ вычислить для каждой пробы значение коэффициента индикаторного отношения привноса-выноса, которое характеризует его изменение используемое для оценки уровня среза сопровождаемых редкометальные пегматиты геохимических аномалий и эффективных поисков пегматитовых жил в целом: $K_{ПВ} = \frac{Sn * Li^2 * Ba * Sr * Pb}{B * Rb * Cs * Zn * Cr * Cu}$, т.е. расширить таблицу на один столбец.
- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карту по Кпв в изолиниях изучаемой территории.
- ✓ отметить точки наиболее вероятного наличия рудных тел на основе определения локальных экстремумов Кпв.

5. Построение ореолов для поиска бериллиевых месторождений с фенакитовым и фенакит-берtrandитовым оруденением

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади (например, в банке данных «Тьетта» в первой строке и первых трех столбцах: 05 18 153, т.е. две координаты на плоскости и глубина) и параметров химического состава проб (в соответствующей строке: 7.6 25, где число столбцов таблицы равно числу измеренных параметров).

Студенту необходимо

- ✓ вычислить для каждой пробы значение мультипликативного коэффициента зональности первичного ореола, который характеризует его изменении в соответствии с глубиной: $K_k = \frac{PK^2}{PLi * PPb}$, т.е. расширить таблицу на один столбец.
- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карту в изолиниях по Кк изучаемой территории.
- ✓ отметить точки наиболее вероятного наличия рудных тел на основе определения локальных экстремумов Кк.

Практическое занятие № 3.

Тема: «Определение геохимического фона и минимально-аномальных содержаний химических элементов».

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить на следующую информацию.

Для этого определения фонового и минимально аномального содержания элемента следует:

- 1) Упорядочить содержание элемента в выборке в порядке возрастания значений.
- 2) Разбить выборку на равные интервалы содержаний. Рекомендованное количество интервалов можно определить по формуле

$$m = 1 + 3,322 \times \lg(N)$$

где N - общее число единиц наблюдения. Длина интервала будет равна

$$(X_{\max} - X_{\min}) / m.$$

- 3) Построить гистограмму распределения содержания элемента, подсчитав количество значений признака, попавшее в каждый интервал.
- 4) Определить, соответствует ли полученное распределение нормальному (ожидается для петрогенных элементов), логнормальному (ожидается для «малых» элементов), или значимо отличается от обоих.
- 5) Определить фоновое содержание элемента. Для элементов с нормальным распределением это среднее арифметическое значение по всей выборке. Для логнормального распределения это антилогарифм среднего арифметического значения логарифмов содержания элементов.
- 6) Определить значение стандартного отклонения для выборки, воспользовавшись пунктом меню Excel «Анализ данных» - «Итоговая статистика»
- 7) Определить минимально аномальные содержания элемента и в выборке выделить те значения, которые превышают $C_{a \min}$
Для одной точки целесообразно принимать величину, превышающую фон на 3 (три) стандартных отклонения:

$$C_{a1} = C_{\phi} + 3\sigma$$

При двух коррелирующих точках – величина, превышающая фон на 2 (два) стандартных отклонения:

$$C_{a2} = C_{\phi} + 2\sigma$$

При девяти коррелирующих точках за аномальное значение принимается величина выше фона на 1 стандартное отклонение:

$$C_{a9} = C_{\phi} + \sigma$$

Студенты получают файл с данными о распределении содержания рудных элементов на исследуемом участке.

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить на следующую информацию.

Практическое занятие № 4.

Тема: «Построение карт геохимических аномалий и их анализ».

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить внимание на следующую информацию.

Карта геохимических аномалий строится по данным, полученным при решении задачи практического занятия № 3 в программе **Surfer**.

Линейная продуктивность (M) характеризует надфоновое количество рудного элемента в заданном сечении единой мощности по профилю геохимической аномалии. При равномерной съемочной сети она определяется по формуле:

$$M = \Delta x \times \left(\sum_{x=1}^n C_x - n \times C_{\phi} \right)$$

где Δx – шаг пробоотбора по профилю;

$\sum_{x=1}^n C_x$ – арифметическая сумма содержаний элемента по профилю;

C_{ϕ} – фоновое содержание элемента,

n – число проб, введенных в подсчет.

Выражается линейная продуктивность в метропроцентах (м%).

Площадная продуктивность (P) отражает надфоновое количество рудного элемента в контуре аномалии на плоскости, т.е. в заданном площадном сечении единой мощности. При

$$P = \Delta x \times l \times \left(\sum_{x=1}^n C_x - n \times C_{\phi} \right)$$

правильной (прямоугольной) сети пробоотбора подсчет площадной продуктивности аномалии ведется по формуле

где Δx – шаг пробоотбора по профилю;
 l – расстояние между профилями;
 $\sum_{x=1}^n C_x$ – арифметическая сумма содержаний элемента в контуре аномалии; C_f – фоновое содержание элемента, n – число проб, вошедших в подсчет. Выражается площадная продуктивность в квадратных метро-процентах ($m^2\%$).

Контрастность ореола измеряется величиной K (коэффициент контрастности):

$$K = C_{a \max} / C_{a \min}$$

$C_{a \max}$ – максимальное аномальное содержание элемента в ореоле;

$C_{a \min}$ – минимальное аномальное содержание элемента.

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить на следующую информацию.

Практическое занятие № 5 (семинар).

Тема: «Гидрогеохимические, атмохимические и биогеохимические и др. методы поиска МПИ».

При подготовке к практическому занятию студентам следует обратить внимание на следующую информацию.

Гидрохимический метод поиска полезных ископаемых основан на исследовании химического состава в реках, ручьях, озерах, болотах, родниках, скважинах, колодцах, шахтах и т.д. и выявлении в природных водах гидрохимических аномалий, т.е. участков распространения подземных или поверхностных вод с повышенными концентрациями индикаторных элементов, хорошо мигрирующих в водной среде (медь, свинец, цинк, никель, кобальт, молибден, мышьяк, йод, бром и ряд других). Наиболее эффективно применение гидрогеохимического метода для поисков месторождений полезных ископаемых в следующих условиях:

1) на участках, перекрытых мощным чехлом приносных отложений, где неэффективны другие виды геохимических поисков;

2) в резко расчлененных высокогорных районах, где из-за специфических условий дренажа подземных вод метод становится не только более глубинным, но и возможна более точная интерпретация гидрогеохимических аномалий;

3) в платформенных условиях при вероятном залегании тел полезных ископаемых ниже местных базисов эрозии.

Наиболее благоприятными объектами для гидрохимических поисков являются месторождения минеральных солей — различных природных хлоридов и сульфатов, а также йодных, бромных, литиевых и других рассолов. Из рудных месторождений для гидрохимических поисков наиболее благоприятными являются сульфидные, главным образом колчеданно-полиметаллические и медноколчеданные месторождения.

Биохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых основаны на способности организмов отражать особенности среды обитания в химическом составе, морфологии и в видовых ассоциациях.

Биогеохимический метод может оказаться эффективным в следующих ландшафтно-геохимических условиях:

1) В гумидной зоне при замедленной денудации, если широкое развитие получили процессы выщелачивания элементов-индикаторов из элювиально-делювиальных отложений и кор выветривания;

2) В гумидной и умеренно влажной зонах, если вторичные литохимические ореолы перекрыты дальнеприносимыми отложениями мощностью до 40 м, а в отдельных случаях— до 80 м;

3) В пустынях или полупустынях аридной зоны, если вторичные литохимические ореолы или непосредственно рудные зоны перекрыты дальнеприносимыми отложениями мощностью до 20—40 м;

4) На заболоченных равнинах и торфяниках при неглубоком (2-10 м) залегании потенциально рудовмещающих коренных пород;

5) на участках, покрытых сплошным моховым покровом, где отбор литохимических проб затруднен и связан с большими затратами;

6) на участках, покрытых плотным растительным покровом;

7) на участках, перекрытых крупноглыбовыми курумовыми осыпями, густо поросшими деревьями и кустарниками;

8) на болотах (при условии их промерзания и возможности зимнего отбора проб).

Применение биогеохимического метода нецелесообразно:

1) в активно денудированных районах, где первичные и вторичные ореолы обнажаются на поверхности;

2) при залегании первичных и вторичных ореолов на большой глубине, заведомо недоступной для корневой системы растений;

3) на площадях, лишенных безбарьерных видов растений;

4) при поисках руд, элементы-индикаторы которых входят в состав труднорастворимых крупных кристаллов и недоступны для растений.

Атмохимические (газовые) методы поисков месторождений полезных ископаемых основаны на исследовании химического состава газов, насыщающих горные породы — углекислого газа, метана, сероводорода, сернистого газа, паров ртути и некоторых других газов. Метод может быть применен в различных ландшафтных обстановках при поисках рудных месторождений, перекрытых рыхлыми палеоген-четвертичными отложениями мощностью от 20—100 до 500 м.

Атмохимические поиски рудных месторождений не проводятся в условиях выхода рудоносного субстрата на современную дневную поверхность: на хорошо обнаженных участках газы горных пород легко рассеиваются в атмосферу и не создают аномалий. В этом случае рационально применение прямых литохимических поисков по вторичным остаточным ореолам рассеяния.

Практическое занятие № 6.

Тема: «Методы поиска месторождений: гидрогеохимические, атмохимических и биогеохимические».

1. Построение гидрогеохимических ореолов для поиска месторождений

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: литохимических данных на изучаемой площади с соответствующей географической привязкой и оценок степени миграции, подвижности металлов.

Студенту необходимо:

- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карты литохимических данных и подвижности элементов-индикаторов в подземных водах.
- ✓ «наложить» эти карты друг на друга.
- ✓ сравнить результаты, полученные на основе интерпретации этих карт.

2. Построение ореолов для поиска месторождений на основе использования геохимических (газовых) методов

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади и содержания газов.

Студенту необходимо:

- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карту содержания газа в изолиниях на изучаемой территории.
- ✓ построить ореолы рассеяния.

3. Построение биогеохимических ореолов рассеяния для поиска месторождений

Исходные данные (ИД) предоставляет преподаватель в виде файла в формате Excel.

Таблица исходных данных состоит из двух частей, а именно: координат точек взятия проб на изучаемой площади и содержания мигрирующих элементов.

Студенту необходимо:

- ✓ импортировать полученную таблицу в ArcGIS.
- ✓ построить в ArcGIS карту по Кпв в изолиниях изучаемой территории.
- ✓ построить биогеохимические ореолы (аномалии).

Практическое занятие № 7

Тема: Контрольная работа «Построение первичных ореолов месторождений полезных ископаемых на основе геологических данных»

На компьютере в ГИС ArcInfo построить по геохимическим данным, с привязкой к местности, первичный ореол месторождения.

Данные (координаты и параметры хим. состава г.п.) предоставляются преподавателем.

Студенты должны по петрохимическим данным по породам протерозойского разреза скважины СГ-3 (по двум из заданных преподавателем толщ) произвести:

- 1) статистическую проверку гипотезы о соответствии распределений одного из параметров хим. состава для выбранным двум толщам нормальному распределению;
- 2) статистическую проверку гипотезы о равенстве средних для этого параметра в двух выбранных толщах с помощью параметрического и непараметрического критериев;
- 3) результаты представить в виде отчета (в редакторе Word);

Список рекомендуемой литературы по дисциплины

Основная:

1. Перельман А.И. Геохимия: учебное пособие. Изд.: Высшая школа, 1979 – 423с.
2. Берг, Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых / Г. Берг ; ред. Я.М. Янишевский ; пер. Е.В. Казаринова, Н.Н. Граве. - Ленинград ; Москва ; Новосибирск : Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное издательство, 1933. - 352 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213935>
3. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов/ В.А.Алексеенко.- 2-е изд., перераб. и доп., М.:ЛОГОС, 2000.- 354с.
4. Алексеенко, В.А. Геоботанические исследования для решения ряда экологических задач и поисков месторождений полезных ископаемых : учебное пособие / В.А. Алексеенко. - Москва : Логос, 2011. - 243 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-473-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84978> (21.03.2019).
5. Прикладная геохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т.П. Стримжа, С.И. Леонтьев - Красноярск : СФУ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763833447.html>.
6. Предовский А.А. Процедура геолого-геохимической реконструкции первичной природы регионально метаморфизованных горных пород: методические указания. Мурманск: МГТУ. 2008, – 28с.
7. Предовский А.А. Формационный анализ супракрустальных толщ. Мурманск: МГТУ. 2011. – 190с.
8. Н.Е.Козлов. А.А. Предовский Введение в геохимию: учебное пособие. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. – 140с.

Дополнительная:

9. Геохимия, петрография и минералогия осадочных образований / редкол. Д.В. Наливкин, Д.И. Щербаков, Б.Н. Ерофеев ; гл. ред. Д.И. Щербаков и др. - Москва : Издательство Академии Наук СССР, 1963. - 459 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-7278-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435487> (21.03.2019).
10. Кругляков, Б. В. Геохимические методы поисков месторождений нефти и газа под дном акваторий. Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья : обзор / Б. В. Кругляков, Р. П. Круглякова. — М. : Геоинформмарк, Геоинформ, 1995. — 47 с. <http://www.iprbookshop.ru/17097.html>
11. Общая геохимия : практикум / авт.-сост. З.В. Стерленко, А.А. Рожнова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 148 с. : ил. - Библиогр.: с. 118 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459132> (21.03.2019).
12. Юдович, Я.Э. Геохимия осадочных пород (избранные главы) : учебное пособие / Я.Э. Юдович. - 3-е изд., стер. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 254 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-5744-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434653> (13.02.2019).