

**ПРОГРАММА**  
**курса**  
**«ГЕОХИМИЯ».**

для студентов III курса химического факультета  
(специальность 1-31 05 01 «ХИМИЯ»)

**Пояснительная записка**

С геохимией связаны две группы важнейших проблем современности – проблемы сырьевых ресурсов и экологии. В настоящее время искусственно созданный человеком круговорот веществ стал мощным геохимическим фактором миграции химических элементов. Последствия химизации стали соизмеримыми с природными процессами. Поэтому знания о закономерностях миграции химических элементов в природе, причин перемещения вещества в геосферах Земли, т. е. того, что В.И. Вернадский определил как «историю атомов Земли и околоземного пространства», необходимы для построения прогнозов техногенного воздействия на окружающую среду, понимания проблем в области здравоохранения, сельского хозяйства и химической технологии, поиска и разработки месторождений полезных ископаемых.

Геохимия является основой мировоззрения современной эпохи, областью формирования не только знаний и способов деятельности в мире, но и ценностей, убеждений и смыслов, норм поведения человека в мире. Именно на ее предметном содержании возникли идеи В.И. Вернадского о ноосфере – той части биосферы, в которой доминирующей силой становится человек, разум которого должен контролировать мощь цивилизационного воздействия на природу. Требование научиться жить на Земле так, чтобы природа и общество могли совместно развиваться, стал основным нравственным принципом в наше время, который трансформировался в новую модель развития цивилизации – концепцию устойчивого развития, ориентированную на поиск путей поддержания баланса между развитием мировой экономики, решением социальных проблем и сохранением окружающей среды. Геохимия демонстрирует, что все природные ресурсы ограничены и конечны, а антропогенные процессы могут вызвать необратимые процессы в природе, поэтому геохимические знания формируют эмоционально-ценностного отношения к характеру взаимодействия в системе «химия–природа–общество», понимание соразмерности личных и общественных интересов по использованию природных ресурсов.

Современная геохимия представляет собой широкую область исследований – это геохимия изотопов и ядерная геохимия, биогеохимия и органическая геохимия, физическая и экологическая геохимия и много других геохимий. Поэтому в одном небольшом учебном курсе охватить все многочисленные стороны ее предмета невозможно. В виду этого, в лекционном курсе, предназначенном для студентов химического факультета, специализирующихся в области химической экологии и неорганической химии, основное внимание сфокусировано на рассмотрении распределения химических элементов в неорганических, наиболее многочисленных, системах Земли с целью усиления в содержании курса химической компоненты геохимических проблем. Неорганическая

геохимия – одна из составных частей этой крупной научной системы, наука, изучающая химический состав неорганических, наиболее многочисленных систем Земли, их генезис, распределение и распространенность в них химических элементов, их состояния и взаимные сочетания, основные физико-химические закономерности и принципы, определяющие поведение химических элементов в природных процессах.

Неорганическая геохимия выделилась из минералогии, осознав ее с точки зрения процессов минералообразования как геохимических процессов эволюции вещества Земли.

Формирование методологии неорганической геохимии было подготовлено работами по изучению химического состава атмосферы и минералов, открытию химических элементов и их систематике, изучению строения атома и ядерных превращений, изучению природы химической связи и строению кристаллов, изучению термодинамических и кинетических факторов процессов синтеза минералов, фазовых равновесий в моделируемых геохимических системах, создания генетической минералогии, познания химизма и генезиса минералов и горных пород, по разработке высокочувствительных, точных и селективных методов химического и изотопного анализа, изучения вещества Земли и состояния в нем атомов (рентгеноструктурного, спектроскопических методов и др.).

В настоящее время исследования в неорганической геохимии переместились в область выяснения количественных физико-химических закономерностей движения атомов в различных геохимических процессах, установления корреляций между структурой и поведением минеральных веществ. При этом все более широко используются аппарат физической химии, физики и химии твердого тела, квантовой химии, современные методы экспериментального исследования.

Основные задачи настоящего курса являются:

1. Развитие навыков использования методологического аппарата неорганической химии для изучения и прогнозирования поведения химических элементов в природных системах, сформировать при этом опыт самостоятельной исследовательской деятельности.

2. Систематизация знаний о химическом составе, происхождении и эволюции вещества Земли, о комплексе природных и техногенных процессов как составляющей профессиональной компетентности химиков, которые в своей деятельности будут вовлечены в решение проблем охраны окружающей среды и использования природного сырья.

3. Формирование научного мировоззрения на основе понимания целостного образа самой природы, взаимосвязей в системе химия – природа – общество с учетом мировоззренческой составляющей концепции устойчивого развития – новой модели развития нашей цивилизации, ориентированной на поиск путей поддержания баланса между развитием мировой экономики, решением социальных проблем и сохранением окружающей среды.

4. Воспитания эмоционально-ценностного отношения к природе и практической деятельности человека, чувства соразмерности личных и общественных интересов по использованию природных ресурсов, ответственности за принимаемые в этой связи решения.

Целью курса является указать ориентиры в системе решаемых геохимией проблем и показать возможности химии в их решении.

Курс состоит из трех разделов. В первом – вводятся важнейшие понятия, используемые в геохимии для характеристики распространенности химических элементов,

показываются закономерности между распространенностью элементов и строением их атомов, рассмотрены теория происхождения химических элементов и эволюция вещества Солнечной системы, методы определения возраста этих процессов. Во втором разделе дана характеристика состояния вещества в неорганических природных системах, рассмотрены формы нахождения в них химических элементов и факторы, контролирующие их распределение. Здесь же с использованием термодинамического и кристаллохимического подходов рассмотрены процессы формирования вещества Земли. В третьем разделе обсуждаются закономерности процессов миграции химических элементов в природных системах и возможности химии для их прогнозирования.

Система контроля учебной деятельности студентов предусматривает систему текущих отчетов. Отметка за весь курс выставляется на основе средней от отметок за каждый вид учебной деятельности: выполнение домашних заданий (% от 100 баллов), работа на семинарах (% от 50 баллов), контрольная работа (% от 50 баллов), реферат (% от 50 баллов), экзамен (% от 100 баллов).

Примерное распределение часов по видам занятий

Лекций: 30 часов

Семинарских занятий: 10 часов

Контроль самостоятельной работы студентов: 10 часов

## Содержание

### Введение

1. Предмет и задачи геохимии. История и методология геохимии. Геохимия в системе наук о Земле. Особенность геохимии как науки. Направления развития геохимии. Основные теоретические проблемы геохимии. Роль геохимии в решении основных проблем современной эпохи [1].

### Раздел 1. Происхождение и распространенность химических элементов.

2. Закономерности в распространенности химических элементов во Вселенной и в оболочках Земли. Методы изучения и способы численного выражения распространенности химических элементов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Виды существования химических элементов. Устойчивые радиоактивные искусственные и естественные, первичные и вторичные изотопы, изотопночистые и изотопносмешанные. Количественные характеристики изотопов. Закономерности в распространенности изотопов химических элементов, взаимосвязь со строением атомов. Представления, объясняющие устойчивость атомных ядер. [2, 3, 8, 9 10]

3. Происхождение химических элементов. Типы радиоактивных превращений. Радиоактивные ряды. Вымершие изотопы в истории Солнечной системы. Естественные радиоактивные элементы в Земной коре. Радиоактивность и энергетика Земли. [2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11]. Способы осуществления синтеза искусственных элементов. Перспективы получения новых химических элементов [12].

4. Геохронология. Радиоактивность и методы изучения космологических и геологических процессов [2, 8].

## **Раздел 2. Формы нахождения химических элементов. Состав и генезис вещества Земли.**

5. Химический состав, происхождение и эволюция планет Солнечной системы. Концепции происхождения и эволюция вещества Земли. Системы, изучаемые в геохимии. [1, 4, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

6. Геохимические классификации элементов. Основной геохимический закон Гольдшмидта [1, 2, 5].

7. Кристаллическое состояние вещества Земли, его описание, изображение и изучение методами кристаллохимии.

8. Особенности кристаллического состояния вещества. Основные свойства кристаллов (дальний порядок, минимальная внутренняя энергия, симметрия, форма и структура кристаллов). Подходы к описанию кристаллического состояния вещества. Критерии классификации кристаллов (по химическому составу, структурному типу, симметрии, типу химической связи, координационным признакам) [19 – 24].

9. Классификация и описание кристаллов по симметрии. Теория симметрии кристаллов. Точечные и пространственные группы симметрии, их обозначение (стереографические проекции, формулы симметрии). Симметрия и свойства кристаллов. Кристаллическая решетка и элементарная ячейка. Базис и метрика решетки. Индексы Миллера.

10. Межплоскостные расстояния. Дифракционные методы исследования структуры кристаллов [19 – 24].

11. Характеристики атома в структуре кристалла. Система атомных, ионных, ковалентных и ван-дер-ваальсовских радиусов. Таблицы радиусов. Структурные характеристики ковалентной, ионной, металлической и водородной связей. Кристаллы с гомодесмическим и гетеродесмическим характером химической связи. Энергия кристаллической решетки. [4, 21, 25].

12. Характер заполнения пространства кристаллов. Теория плотнейших упаковок. Факторы, влияющие на структуру кристалла (размер атомов и ионов, тип химической связи, электронная конфигурация, координационные числа). Полиморфизм. [19, 23, 24].

13. Кристаллическая структура минералов. Классификация минералов. Характеристика минеральных классов. Диагностические свойства минералов. Способы выражения химического состава минералов. Кристаллические структуры самородных металлов (меди, вольфрама, магния), простых веществ и элементов (углерод, сера), галогенидов ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CsCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ ), оксидов (шпинели, перовскиты), силикатов (координационные, островковые, кальцевые, цепочечные, слоистые, каркасные), карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ), сульфидов ( $\text{FeS}_2$ ), кристаллогидратов, глинистых минералов, соединений включения [23, 26, 27].

14. Способность к минералообразованию. Классификация минералообразующих элементов. Причины ограниченности числа минеральных видов. Изоморфизм. Условия изоморфизма. Типы изоморфизма. Эмпирические правила изоморфной смесимости. Парагенные и запрещенные ассоциации химических элементов. Оценка возможности вхождения элементов в кристаллическую структуру минералов. Структурный контроль распределения элементов. Твердые растворы (внедрения, замещения). Факторы, определяющие структуру твердого раствора. Механизм образования твердых растворов. Требования к компонентам, образующим твердые растворы. Окраска минералов. [1, 3, 26, 28, 29].

15. Термодинамический контроль распределения элементов. Влияние термодинамических условий на кристаллическую структуру минералов. Полиморфные превращения. Фазовые диаграммы состояния.

16. Кинетический контроль распределения элементов. Диффузия. Зарождение и рост кристаллов в расплаве. Твердофазные превращения. [3, 30, 31]

17. Химические основы минерало- и породообразования. Процессы и условия образования минералов в природе. Эндогенные процессы (магматический, метаморфический, метасоматический, гидротермальный, пегматитовый). Экзогенные процессы (выветривание, механогенез, осадконакопление и химическая дифференциация вещества). Космогенные процессы. Химические реакции, лежащие в основе этих процессов [1, 23, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40].

18. Магматические горные породы. Условия залегания, распространенность, химический и минеральный состав. Систематика магматических пород. Методы изучения магматических систем. Классификация элементов по участию в магматических процессах. Происхождение и эволюция магматических пород. Зависимость между магматизмом, тектоникой и составом земной коры и мантии. Современный вулканизм. Происхождение и состав магмы. Состав газообразных выбросов из недр Земли. Процесс кристаллизации магмы. Последовательность кристаллизации вещества из магмы. Особенности миграции элементов в магматических системах и факторы ее определяющие [1, 2, 3, 33 – 38].

19. Генез и классификация метаморфических горных пород. Факторы и особенности реакций метаморфизма. Гидротермальный метасалатоз и формы нахождения элементов в гидротермальных системах. Гидротермальные растворы, их роль в образовании минеральных жил. [1 – 3, 32 – 39]

20. Осадочные породы. Химический и минеральный состав осадочных пород (песчаники, глинистые сланцы, карбонатные породы). Процессы химического выветривания. [2, 3, 32 – 38]

### **Раздел 3. Факторы и условия миграции химических элементов.**

21. Внутренние и внешние факторы миграции химических элементов. Экстенсивные и интенсивные параметры миграции. Величины, характеризующие миграцию химических элементов. Общие закономерности и основные характеристики механической, физико-химической, биогенной и техногенной миграции элементов. Геохимические барьеры. [1, 2, 3, 5, 31, 34, 41]

22. Миграция газов. Классификация химических элементов по способности к образованию газообразных соединений в различных геохимических системах. Источник образования, строения и состав атмосферы. Газы надземной и подземной атмосферы. Геохимическая классификация газов по участию в геохимических процессах. [1, 2, 13, 52]

23. Миграция химических элементов в водных системах. Характеристика природных вод (реки и озера, подземные воды, морская вода): химический состав, формы нахождения химических элементов и факторы, их контролирующие. Геохимическая классификация вод (по химическому составу, по солености, по газовому составу). Окислительно-восстановительные условия в водных системах (тип кислородных, сероводородных и глеевых вод). Щелочно-кислотные условия вод (сильнокислые, слабокислые, нейтральные и сильнощелочные воды). Общая

минерализация вод. Процессы, контролирующие состав вод. Верхний и нижний пределы устойчивости вод. Поля устойчивых минералов. Растворение и растворимость минералов и горных пород. Гидролиз, комплексообразование, растворение газов, образование коллоидных частиц, окислительно-восстановительные реакции. Круговорот воды в природе. Закономерности водной миграции. Выщелачивание. Коллоидная и биологическая миграция. Количественная характеристика водной миграции (коэффициент и интенсивность водной миграции, время пребывания). Ряды элементов по интенсивности водной миграции. Осадки в воде. Геохимический баланс веществ в воде. [1, 2, 3, 34, 35, 39, 40, 41].

24. Биогенная миграция химических элементов. Химические элементы в биологических системах. Состав живых организмов. Пути и механизм построения, роль химических элементов в живых организмах. Биогеохимические циклы химических элементов. Геохимическая классификация элементов по условиям миграции в биосфере, величины, характеризующие миграцию (биофильность, коэффициент биологического поглощения). Типы концентрирования элементов на геохимических барьерах биосферы. Влияние живых организмов на формирование наружной оболочки Земли. Продукты разложения живых организмов. Биогенные минерало- и порообразование. Происхождение нефти, угля, торфа и торфяных болот. [1, 2, 43, 50, 51]

25. Закономерности миграции химических элементов в биокосных системах. Геохимическая особенность биокосных систем. Типы почв, их состав и процессы образования. Гуминовые вещества, их состав и биосферные функции. Обменно-поглощительная способность почвы. Роль обменно-поглощительной способности почвы в обеспечении миграции элементов. [1, 2, 44, 49]

26. Факторы регионально-геохимической дифференциации элементов. Роль климата и геологического строения. Краткая характеристика природных условий Беларуси: геологическое строение и рельеф, почвы, гидрологические условия, растительный покров, климат, геохимическая среда (содержание и формы нахождения химических элементов, минералы и горные породы, естественная радиоактивность).

27. Геохимический фон почвенного покрова. Валовый состав и формы нахождения Si, Al, Fe, N. Микроэлементы и формы их нахождения. Радиоактивность почв (природный и техногенный фон, формы нахождения радионуклидов).

28. Геохимическая характеристика растительного покрова. Территориальное распределение микроэлементов. Эколого-геохимическое состояние почвенного покрова как ведущий фактор, определяющий микроэлементный состав растительности.

29. Химизм почвенно-грунтовых и поверхностных вод.

30. Основные тенденции изменения пойменных ландшафтов под влиянием агротехногенеза и некоторых природоохранных мероприятий.

31. Геохимическая среда Беларуси и эндогенные заболевания. [45, 46, 47, 48, 53]

32. Закономерности миграции химических элементов в техногенных системах. Особенности процессов техногенеза. Показатели техногенеза. Техногенные почвы, илы, коры, выветривания, водоносные горизонты и ландшафты. Техногенные геохимические барьеры. Экологическая геохимия городов.

33. Влияние современного производства на геохимию элементов. Пути искусственного поступления химических элементов в биосферу. Экологические проблемы техногенеза. [1, 46, 54, 64 – 66]

#### **Раздел 4. Экологическая геохимия использования природных ресурсов.**

34. История использования человечеством химических элементов.

35. Геохимическая систематика рудных месторождений. Геохимические условия рудообразования. Месторождения полезных ископаемых: сидерофильная группа (железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, кобальт), халькофильная группа (медь, свинец, цинк, ртуть, сурьма), литофильная группа (вольфрам, олово, редкоземельные месторождения), органофильная группа (торф, уголь, горные сланцы). Оценка воздействия на окружающую среду при разработке проектов освоения месторождений.

36. Области использования минерального сырья.

37. Концепция устойчивого развития и проблемы добычи и использования сырьевых ресурсов. Оптимизация искусственного круговорота вещества. Комплексное использование сырья. Проблема отходов. Полезные ископаемые Беларуси, их происхождение, экономические и экологические проблемы использования. [1, 47, 55, 56, 56 – 63, 67]

#### **Раздел 5. Экологическая геохимия отдельных химических элементов.**

38. Элементы I группы

39. элементы, образующие активные газы (O, H, S, C)

40. инертные газы (Ar, Ne, He, Kr, Xe, Rn)

41. Элементы II группы

42. s-элементы

43. галогены

44. Элементы III группы

45. литофильные анионогенные элементы (Si, P, B)

46. литофильные элементы, образующие катионы и анионы (Al, Zr, Hf, Y, Sc, Th, Be, лантаноиды, Ti, V, Nb, Ta, U, W, Mo)

47. металлы группы железа (Fe, Mn, Cr, Ni, Co)

48. халькофильные элементы (Zn, Cu, Pb, In, Cd, Hg, Ag, Bi, As, Sb, Se, Te)

49. литофильно-халькофильные элементы (Ga, Sn, Ge, Tl) [1, 68 – 70]

### **Литература**

#### **Основная литература**

1. Мычко Д.И. Основы геохимии. Неорганическая геохимия: Учебн.-метод. комплекс для студентов хим. фак.– Мн. БГУ, 2004.– 244 с.
2. Перельман А. И. Геохимия. – М.: Высш. шк., 1989.- 528 с.
3. Браунлоу А. Х. Геохимия. М.: Недра, 1984. 463 с.
4. Хендерсон П. Неорганическая геохимия. М.: Мир, 1985. 339 с.
5. Щербина В. В. Основы геохимии. М.: Недра, 1972. 296 с.

6. Войткевич Г. В., Бессонов С.Л. Химическая эволюция Земли. М.: Недра, 1986. 212с.
7. Мейсон Б. Основы геохимии. М.: Недра, 1971. 312 с.
8. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М.: Высш. шк., 1998. 413 с.
9. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
10. Чертко Н. К. Геохимическая экология. Мн.: БГУ, 2002. 79 с.
11. Булах А. Г. Общая минералогия. СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 1999. 356 с.
12. Практическое руководство по общей геологии: Учеб. пособие для студ. вузов / Под ред. Н.В. Короновского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 160 с.
13. Добровольский В. В. Геология. М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2001. 320 с.
14. Ясовеев М. Г. Основы гидрогеологии. Мн.: БГУ, 2002. 148 с.
15. Гаррелс Р. М., Крайст Ч. Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968. 368с.
16. Годовиков А. А. Химические основы систематики минералов. М.: Недра, 1979. 303с.
17. Титаева Н. А. Ядерная геохимия. Учебное пособие. М.: Недра, 1992.
18. Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия. М.- 1987.
19. Каратаева Т.П. Основы кристаллохимии. – Мн.: БГУ, 2001.– 225 с.
20. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. В 2-х ч. М.: Мир.- 1988
21. Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов: Учебное пособие. – Изд-во МГУ, 1992. – 256 с.
22. Жариков В.А. Основы физической геохимии: учебник. – М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2005. – 654 с.
23. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А., Сметанников Ю.В., Малков А.В., Додонова А.А. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. – М.: Мир, 2002. – 368 с.
24. Драйвер Дж. Геохимия природных вод: Пер. с англ. – М.: Мир. 1985. – 440 с.
25. Андруз Дж. Введение в химию окружающей среды: Пер. с англ. М.: Мир, 1999. – 271 с.
26. Бримблкумб П. Состав и химия атмосферы: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 351 с.
27. Исидоров В.А. Экологическая химия. СПб.: Химия, 2001. – 287 с.
28. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во Мгу, 1992. – 400 с.
29. Эмсли Дж. Элементы. Пер. с англ., М.: Мир, 1993. 256 с.
30. Минералогическая энциклопедия. Под ред. К. Фрея. Пер. с англ. Л.: Недра, 1985.- 512 с.
31. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1977.- 183 с.
32. Справочник по физическим свойствам минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах. М.: Недра, 1978.- 237 с.
33. Мычко Д.И. Химия и возможности устойчивого развития в эпоху глобализации: учеб.-метод. пособие. – Мн.: РИВШ, 2005. – 28 с.

### **Дополнительная литература**

34. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высш. шк. –1976.
35. Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа.- 1989.- 192с.
36. Молчанов В.И. Водород Земли. Новосибирск.- 1994.



37. Фокс Р. Энергия и эволюция жизни на Земле. М.: Мир 1992.
38. Рингвуд А.Е. Происхождение Земли и Луны. М. 1982.
39. Новиков Г.И., Кузьменко Л.А. Наша планета Земля. // Хімія: проблеми викладання. 1998.- №4.- С.34-52.
40. Янимн А.Л. Каким образом меняется состав воздуха? // Вестник РАН. 1997, т.67.- №2.- С.109-112.
41. Войткевич Г.В. Геохимия и космохимия изотопов. М.: Энергоиздат. 1983.- 102 с.
42. Семененко Н.П. Геохимия сфер Земли. Киев: Наукова думка. 1987.
43. Балашов Ю.А. Изотопно-геохимическая эволюция мантии и коры Земли. М.: Недра. 1985.
44. Хефс Й. Геохимия стабильных изотопов. М.: Мир. 1983.- 200 с.
45. Шуколюков Ю.А. Продукты деления тяжелых элементов на Земле. М. 1982.
46. Мычко Д.И. Химические элементы с порядковыми номерами более 100. // Хімія: проблеми викладання. 1996.-№4.- С.4-24.
47. Пушаровский Д.Ю., Урусов В.С. Структурные типы минералов. М. 1990.
48. Барабанов В.Ф. Введение в минералогію: Учебное пособие.- С-Пб.- 1991.- 168 с.
49. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. В 3-х т. М.: Мир. 1987.
50. Макаров Е.С. Изоморфизм атомов в кристаллах. М. 1973.
51. Вуд Б., Фрейзер Д. Основы термодинамики для геологов. М.: Мир. 1981.- 184 с.
52. Станкеев Е.А. Генетическая минералогія. Учебное пособие для вузов. М.: Недра. 1986.- 272 с.
53. Руденко С.А. Основы генетической минералогіи. Учебное пособие. Л.: Ленинградский горный институт.- 1989.- 97 с.
54. Щербина В.В. Миграция элементов и процессы минералообразования. М. 1980.
55. Осетров О.Н. Генезис минералов. М. 1973.
56. Сребродольский Б.И. Загадки минералогіи. М.: Наука. 1984.
57. Мархинин Е.К. Вулканизм. М. 1975.
58. Никаноров А.М. и др. Гидрохимия и формирование подземных вод и рассолов. Л. 1983.
59. Кислотно-основные свойства химических элементов, минералов, горных пород и природных растворов. М. 1982.
60. Шварцев С.Л. Геологическая система «вода-порода». // Вестник РАН. 1997, т.67.- №6.- С.518-524.
61. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики. М.: Мир. 1984.- 484 с.
62. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. Новосибирск: Наука. 1985.- 129 с.
63. Сапрыкин А.Я. Геохимия почв и охрана природы. Л. 1984.
64. Федотаў І.Л., Цветленак А.М. Мінералы, горныя пароды і глебы роднага краю. Мн.: Нар. асвета. 1987.- 111 с.
65. Петряев Е.П., Соколик Г.А., Иванова Т.Г. и др. Последствия чернобыльской катастрофы для Беларуси. // Хімія: проблеми викладання. 1996.- №3.- С.29-51.
66. Махнач А.А., Хомич П.З., Матвеева А.В. Бедна ли Беларусь минеральным сырьем. // Хімія: проблеми викладання. 1996.- №5.- С.30-39.
67. Бамбалов Н.Н., Ракович В.Н., Шишко А.А. Роль болот в формировании газового состава атмосферы. // Хімія: проблеми викладання. 1997.- №9.- С.18-26.

68. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. // Соросовский образовательный журнал. 1997.- №2.- С.56-63.
69. Виноградский С.Н. О роли микробов в общем круговороте жизни.// Вестник РАН. 1996, т.66.- №12.- С.1116-1120.
70. Орлов Д.С. Микроэлементы в почвах и живых организмах. // Соросовский образовательный журнал. 1998.- №1.- С.61-68.
71. Зеленин К.Н. Органические вещества атмосферы. // Соросовский образовательный журнал. 1998.- №24.- С.39-44.
72. Кузнецов В.А., Петухова Н.Н., Оношко М.П. и др. Геохимия ландшафтов. Припятского Полесья. Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси. 1997.- 240 с.
73. Лукашев К.И., Лукашев О.В. Техногенез и геохимические изменения в окружающей среде. Мн.: Навука і тэхніка.- 1986.- 206 с.
74. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра.- 1990.- 248 с.
75. Гавриленко В.В. Экологическая минералогия и геохимия месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. С.-Пб.. 1993.- 150- с.
76. Фортескью Дж. Геохимия окружающей среды. М.: Прогресс. 1985.- 360 с.
77. Виноградов В.Н. Комплексное использование сырья цветной металлургии. М.: Недра. 1987.- 79 с.
78. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука. 1971.- 299 с.
79. Новгородова М.И. Самородные металлы в гидротермальных рудах. М. 1983.
80. Геохимия процессов рудообразования. М. 1982.
81. Диогенов Г.Г., Леонов С.Б. Экономические очерки о химических элементах. М.: Знание, 1989, 4 т. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Химия», №6).
82. Мычко Д.И. Химия и проблемы устойчивого развития. // Хімія: праблемы выкладання. 1995.- №1.- С.10-21.
83. Кабердин Р.В., Поткин В.И. Диоксины. // Хімія: праблемы выкладання. 1996.- №3.- С.52-60.
84. Романовская В.В. Разрушение озонового слоя атмосферы. // Хімія: праблемы выкладання. 1996.- №5.- С.40-47.
85. Романовская В.В. Диоксид углерода. // Хімія: праблемы выкладання. 1997.- №7.- С.31-43.
86. Добровольский Г.В. Тихий кризис планеты. // Вестник РАН. 1997.- т.67.- №4.- С.313-320.
87. Бингам Ф.Т. и др. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. М.: Мир. 1993.- 368 с.
88. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Справочник в 6 кн. М.: Недра. 1994.
89. Давыдов С.Л. О токсичности ионов металлов. М.: Знание. 1991.- 32 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Химия», №3.)
90. Хайретдинов. Введение в электрогеологию. М. 1984.
91. Свойства элементов. В 2-х ч. Справочник. М.: Металлургия. 1976.
92. Митчелл Р.С. Названия минералов. Что они означали? Пер с англ. М.: Мир, 1982.- 247 с.
93. Немец Ф. Ключ к определению минералов и пород. Пер. с чешк. М.: Недра, 1982.- 174 с.