

Шығыс Қазақстан облысы  
әкімдігінің білім  
басқармасы  
КМКҚ «Геология барлау  
колледжі»



КГКП «Геологоразведочный  
колледж» управления  
образования Восточно-  
Казахстанского областного  
акимата

**Базовый опорный конспект по дисциплине  
«Геохимия и экогеохимия»  
для специальности 1514000 «Экология и рациональное  
использование природных ресурсов в недропользования»**

**Оспанова А. К.**

**Базовый опорный конспект по дисциплине  
«Геохимия и экогеохимия»  
для специальности  
1514000 «Экология и рациональное использование природных  
ресурсов в недропользования»**

Утвержден на заседании  
методического совета колледжа

Разработан 2011  
(дата)

Переработан 2017  
(дата)

**г. Семей, 2017 г.**

Оспанова А. К., Базовый опорный конспект по предмету «Геохимия и экогеохимия»  
- 71 стр.

Базовый опорный конспект разработан в соответствии с рабочей учебной программой и предназначен для студентов II курса колледжа специальности 1514000 «Экология и рациональное использование природных ресурсов в недропользования». Он содержит основные материалы теоретического и практического курса по дисциплине «Геохимия и экогеохимия» и состоит из 2 разделов, а также содержит контрольные вопросы и задания по курсу. Сведения наиболее полно систематизированы и конкретизированы. Благодаря четким определениям основных понятий, их признаков и особенностей студент может сформулировать ответ, за короткий срок усвоить и переработать важную часть информации, успешно сдать экзамен. Базовый опорный конспект будет полезен не только студентам, но и преподавателям при подготовке и проведении занятий

## СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование разделов и тем	стр
<b>Раздел №1. ГЕОХИМИЯ.</b>		
1	Тема 1.1 Введение. Предмет изучения геохимии.	6-8
2	Тема 1.2. Геохимические классификации химических элементов.	8-11
3	Тема 1.3. Геохимия отдельных элементов.	11-14
4	Тема 1.4. Геохимия изотопов.	14-16
5	Тема 1.5. Миграция химических элементов. Формы и факторы миграции.	16-18 18-20
7	Тема 1.6. Геохимия геологических и магматических процессов.	20-23
8	Тема 1.7. Геохимия постмагматических процессов.	23-27
9	Тема 1.8. Геохимия осадкообразования, гипергенеза.	27-31
10	Тема 1.9. Геохимия литосферы	31-33
11	Тема 1.10. Геохимия атмосферы.	33-36
12	Тема 1.11. Геохимия гидросферы.	36-39
13	Тема 1.12. Геохимия биосферы. Ноосфера.	39-42
<b>Раздел №2. ЭКОГЕОХИМИЯ.</b>		
14	Тема 2.1. Предмет изучения экогеохимии.	42-43
15	Тема 2.2. Виды и источники загрязнения окружающей среды.	43-45
16	Тема 2.3. Меры защиты от различных видов и источников загрязнения.	45-47
17	Тема 2.4. Методы изучения состояния и анализа качества окружающей среды.	47-51
18	Тема 2.5. Системы, приборы и методы контроля качества окружающей среды. Нормативы.	51-56
19	Тема 2.6. Геохимический фон, аномалии и ландшафты	56-60
20	Тема 2.7. Технология геохимических работ. Экогеохимическое изучение территорий.	60-65
21	Тема 2.8. Методика отбора и обработки проб.	65-69
22	Тема 2.9. Биогеохимическая и гигиеническая оценка техногенных аномалий.	69-71
	Использованная литература	71

### Тематический план

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество учебного времени при очной форме обучения (час)
1	Тема 1.1.Раздел №1. ГЕОХИМИЯ. Введение. Предмет изучения геохимии.	2
2	Тема 1.2.Геохимические классификации химических элементов.	2
3	Тема 1.3. Геохимия отдельных элементов.	2
4	Тема 1.4. Геохимия изотопов.	2
5	Тема 1.5. Миграция химических элементов. Формы и факторы миграции.	4
7	Тема 1.6. Геохимия геологических и магматических процессов.	2
8	Тема 1.7. Геохимия постмагматических процессов.	2
9	Тема 1.8. Геохимия осадкообразования, гипергенеза.	2
10	Тема1.9. Геохимия литосферы	2
11	Тема 1.10. Геохимия атмосферы.	2
12	Тема 1.11.Геохимия гидросферы.	2
13	Тема 1.12. Геохимия биосферы. Ноосфера.	2
14	Раздел №2. ЭКОГЕОХИМИЯ. Тема 2.1. Предмет изучения экогеохимии.	2
15	Тема 2.2. Виды и источники загрязнения окружающей среды.	2
16	Тема 2.3. Меры защиты от различных видов и источников загрязнения.	2
17	Тема 2.4. Методы изучения состояния и анализа качества окружающей среды.	2
18	Тема 2.5. Системы, приборы и методы контроля качества окружающей среды. Нормативы.	2
19	Тема 2.6. Геохимический фон, аномалии и ландшафты	2
20	Тема 2.7. Технология геохимических работ. Экогеохимическое изучение территорий.	2
21	Тема 2.8. Методика отбора и обработки проб.	2
22	Тема 2.9. Биогеохимическая и гигиеническая оценка техногенных аномалий.	2
	<b>Всего:</b>	44

## Раздел 1. Геохимия.

### Тема 1.1. Введение. Предмет изучения геохимии.

#### План:

1. Предмет и задачи геохимии.
2. История геохимии.
3. Связь геохимии с другими науками.

#### 1. Предмет и задачи геохимии.

Геохимию можно определить как науку, изучающую химию Земли в целом и отдельных ее структурных единиц. Она изучает распределение и миграцию химических элементов на Земле в пространстве и во времени.

С геологической точки зрения твердая кора земли, является основным объектом исследования; реакции, происходящие в ней, удобно подразделять на 3 типа:

Первый, реакции между главными компонентами самой коры;

Второй, реакции, связанные с взаимодействием с водной оболочкой;

Третий, реакции, вызванные действием атмосферы.

Экспериментальные основы геохимии были заложены сначала в Норвегии В.М. Гольдшмидтом, затем в СССР и потом уже в США и др. зарубежных странах.

Объектом геохимических исследований, а следовательно, предметом изучения геохимии являются атомы химических элементов Земли. Кроме того, геохимия изучает атомы химических элементов и за пределами Земли – в космических телах и образованиях и вообще во всем космосе, намечая этим создание новой науки – космохимии.

#### Основные задачи изучения геохимии:

1. Законы и закономерности распространения химических элементов в земной коре, отдельных геосферах Земли и в Земле как космическом теле, связь распространенности и распределения химических элементов в космических телах и космосе.
2. Геохимические свойства элементов, связанные со строением атомов – как их ядер, так и электронных оболочек, в том числе геохимические свойства, связанные с изотопным составом атомов химических элементов.
3. Законы и закономерности миграции химических элементов в геологических процессах земной коры, причины концентрации и рассеяния элементов, а также их совместного нахождения в определенных геологических условиях земной коры.
4. Геохимия отдельных регионов в земной коре, выяснение законов качественного и количественного распределения химических элементов в конкретных участках земной коры в связи с их геологической историей и термодинамическими условиями развития.
5. История отдельных химических элементов и их атомов в земной коре, в различных геологических, физико-химических, термодинамических и геохимических условиях на различных стадиях космической и геологической истории.
6. Законы и закономерности химического состава космических тел и космоса в целом.

## 7. Эффективные геохимические методы поисков полезных ископаемых.

### 2. История Геохимии.

Геохимия, как наука, получила наибольшее развитие в XX веке.

Термин «геохимия» был введен в науку швейцарским химиком Шенбейном в 1838 г. история геохимии, во многом связана с историей химии и геологии.

Поскольку геохимия в основе своей имеет, дело с химическими элементами их открытие является, поворотным моментом в истории этой науки. Можно считать, что современные представления об элементе ведут свое начало от определения элемента, данного Лавуазье в его «Элементарном трактате по химии» в 1789г. Лавуазье выделил 31 элемент: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, S, P, C, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, V, Ag, Sb, As, Bi, Ca, Cu, Sn, Fe, Mn, Hg, Ni, Mo, Au, Pt, Pb, W, Zn и др.

В XIX в. Были открыты или выделены в чистом виде следующие элементы:

В 1800-1809 гг: Na, K, Nb, Rb, Pd, Ce, Ta, Os, Ir

В 1810-1819 гг Li, Se, Cd, I<sub>2</sub>

В 1820-1829 гг - Br<sub>2</sub>, Th

В 1830-1839 гг- V, La

В 1840-1849 гг – Ru, Tb, Er

В 1880-1889 гг- Pr, Nd, Gd

В 1890-1899 гг- He, Ne, Ar, Kr, Xe, Po

Таким образом, к 1990 году периодическая таблица была по существу заполнена, за исключением некоторых короткоживущих радиоактивных элементов.

Крупным вкладом в дальнейшее обоснование периодической таблицы являлось открытие Мозли, установившего в 1914 г корреляцию между рентгеновскими спектрами и атомными номерами элементов.

В XIX в. Геохимические данные накапливались главным образом в связи с общими геологическими и минералогическими исследованиями и заключались в накоплении все большего числа и лучшего качества анализов различных объектов – минералов, пород, природных вод, газов- слагающих доступные для исследования участки Земли.

Развитие геохимии, связана с такими именами великих ученых как А.Е. Ферсман, В.И. Вернадский, В.М. Гольдшмидт, Ф. У. Кларк которые являются основоположниками геохимии.

### 3. Связь геохимии с другими науками.

Место геохимии среди других естественных наук определяется всем ходом развития геологических наук естествознания в целом.

Геохимия есть переходная наука 1 порядка между геологическими, физическими и химическими науками, а через биогеохимию ( переходная наука 2 порядка) она связывается с биологическими науками. Геохимия наиболее тесно связана с минералогией. Геохимия многое заимствует у минералогии и петрографии, пользуется их идеями и методами, но в то же время она вносит геохимические идеи и методы в эти науки и помогает им в решении целого ряда их специфических задач, особенно по генезису минералов и горных пород.

Геохимические идеи играют очень большую роль в развитии почвоведения, определяя этим решение ряда важных вопросов агрохимии и агрономии.

В географии также развиваются геохимические направления. Геохимико-географический подход важен и для самой геохимии, в вопросах пространственных соотношений химических элементов в определенных географических районах, установления геохимических провинций и геохимических эпох.

Атомная физика позволила геохимии из описательной науки превратиться в науку, определяющую законы распределения вещества.

Геохимию и химию связывают одинаковые объекты исследования – атомы химических элементов и химические процессы, но если химия изучает атомы элементов и химические процессы в искусственно созданных лабораторных условиях с ограниченным числом реагирующих веществ, то в природной лаборатории – земной коре - в реакциях участвует большое количество элементов, наблюдаются огромные диапазоны количеств.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что изучает геохимия? Приведите основные задачи геохимии. Основоположники геохимии.
2. Какие закономерности она изучает? Задачи геохимии.
3. Что является объектом изучения геохимии.
4. Вклад, каких ученых сыграл в развитии геохимии как самостоятельной науки?
5. С какими науками связана геохимия?

## **Тема 1.2. Геохимические классификации химических элементов.**

### **План:**

1. Классификация химических элементов по В.А. Вернадскому.
2. Классификация химических элементов по В.М. Гольдшмидту.
3. Периодический закон Д.И. Менделеева и химические элементы земной коры.

### **1. Классификация химических элементов по В.А. Вернадскому.**

Геохимические классификации химических элементов земной коры и вообще природы являются обобщением которые основываются на научно установленных фактах и отображают естественные группировки элементов с близкими геохимическими свойствами, которые определяются строением их атомов и поведением в природе. Наиболее важное значение среди имеющихся геохимических классификаций элементов имеют классификации В.И. Вернадского и В.М. Гольдшмидта.

В основу своей классификации Вернадский положил основные явления в истории химических элементов земной коры:

1. присутствие или отсутствие в истории химических элементов земной коры химических и радиохимических процессов.
2. характер этих процессов, их обратимость и необратимость.

3. присутствие или отсутствие в истории химических элементов земной коры, их химических соединений или молекул, состоящих из нескольких атомов.

Поэтому решающим для геохимической классификации элементов земной коры у Вернадского являются яркие черты их геологической истории и количественный вес в земной коре.

В.А. Вернадский все химические элементы распределил по группам:

Группы элементов	Элементы	Количество элементов	% количественной доли
1. благородные (инертные) газы.	He, Ne, Ar, Kr, Xe.	5	4,91
2. Благородные (инертные) металлы	Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Au.	7	6,86
3. Циклические (миграционные) элементы	H <sub>2</sub> , Li, Be, B, C, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl <sub>2</sub> , K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Te, Ba, Ta, W, Hg, Pb, Bi.	42	41,16
4. Рассеянные элементы	Se, Ga, Ge, Br, Rb, Cd, In, Hf, Re, Tl.	12	11,76
5. Элементы сильно радиоактивные	Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, U, Np, Pu.	11	10,78
6. Элементы редких земель	Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.	15	14,71
7. Элементы, вымершие в земной коре, но известные в природе.	Tc, Am, Cm, Bk, Cf.	5	4,91
8. Элементы, неизвестные в природе, полученные искусственно.	Pm, Ts, Fm, Md, No.	5	4,91

## 2.Классификация химических элементов по В.М. Гольдшмилту.

Гольдшмидт был первым ученым, указавшим на роль первичной геохимической дифференциации химических элементов.

Гольдшмидт и его сотрудники провели обширные исследования содержания разных элементов в железо-никелевом сплаве, силикатной фазе метеоритов.

Гольдшмидт классифицировал химические элементы земной коры на 4 группы:

1. Атмофильные элементы.
2. Сидерофильные элементы.
3. Литофильные элементы.
4. Халькофильные элементы.

Элементы, дающие сплавы с железом называются сидерофильными элементами (Fe, Co, Ni, Ru, Pd, Rh, Au, Pt, Ir, Re, Mo, Ge, Sn, W, Cu, Ga, Sb, Ge, As).

Элементы, обладающие большим сродством к кислороду, относятся к литофильным элементам. (Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, V, Al, Sc, Y, La-Lu, Si, Zr, Hf, Th и другие)

Элементы с высоким сродством к сере, селену, теллуру, называются халькофильными (Cu, Ag, Zn, Hg, Ga, Tl, As, Sb, Bi, Te, Se, S, Mo, Fe, Os, Ru).

Инертные газы относятся к атмофильным элементам (He, Ne, Ar, Kr, Xe, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>).

### **3. Периодические закон Менделеева и химические элементы земной коры.**

Все многообразие химических элементов и их соединений в природе образует стройную систему, причем свойства элементов закономерно зависят от их атомного веса или же атомного номера (заряда ядра). Место элемента в таблице дает представление о месте того же элемента в самой природе, т.е. о его реальном местоположении в геохимических процессах, и намечает основные черты его истории в земной коре. Основой закона является последовательность и периодичность.

Открытие радиоактивности в начале 20 века коренным образом изменило представление о строении атомов и показало их сложность. Атом оказался сложной системой, построенной из нескольких элементарных частиц.

Из периодической таблицы Менделеева вытекают следующие важные геохимические положения:

1. Свойства атома и его строение определяют законы сочетания и распределения в природе, как самих элементов, так и минералов;
2. Нахождение элементов в земной коре и их роль в различных геохимических процессах, их концентрация и рассеяние зависят от свойств строения атомов, так и от внешней геологической, геохимической и термодинамической среды.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В чём состоит необходимость разделения химических элементов по группам?
2. Охарактеризуйте геохимическую классификацию химических элементов по В.И. Вернадскому?
3. Геохимическая классификация по Гольдшмидту.
4. Периодический закон Д.И. Менделеева и химические элементы земной коры.

### Тема 1.3. Геохимия отдельных элементов.

#### План:

1. Щелочные металлы.
2. Щелочноземельные металлы.
3. Галогены.
4. Геохимия основных элементов Земли.

#### 1. Щелочные металлы.

Содержание в земной коре составляет Li- $3,2 \cdot 10^{-3}\%$ , Na-2,5%, K-2,5%, Rb- $1,5 \cdot 10^{-2}\%$ , Cs- $3,7 \cdot 10^{-4}\%$ . Натрий и калий очень распространены, а литий, рубидий, цезий – редкие элементы. Рубидий и цезий кроме того рассеяны, их соединения – спутники калиевых минералов. Франция в природе ничтожно мало (один из изотопов Франция является продуктом  $\alpha$ -распада актиния).

В свободном состоянии щелочные металлы не встречаются. Как и многие другие элементы, они находятся, главным образом, в виде алюмосиликатов. Например, обычны минералы  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  – натриевый полевой шпат, альбит;  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  – калиевый полевой шпат, ортоклаз. Значительные количества соединения натрия и калия растворены в воде океанов, морей, соленых озер. содержание NaCl в океанской воде составляет около 2,5% ( оно непостоянно и зависит от участка акватории). В больших количествах встречаются минералы, образовавшиеся в результате высыхания морской воды: NaCl- галит или каменная соль,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  – мирабилит, KCl – сильвин, смесь хлорида аклия и натрия - сильвинит,  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  - карналлит. Толщина пластов каменной соли иногда бывает более километра. Указанные минералы имеют большое промышленное значение. Изредка встречаются залежи  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и других растворимых в воде соединений натрия. В золе наземных растений содержится карбонат калия, в золе водорослей – карбонат натрия.

Литий в основном находится в виде алюмосиликатов и алюмофосфатов, из которых получают другие его соединения. Из литиевых минералов наиболее важны сподумен  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ , амблигонит  $\text{LiAlPO}_4\text{F}$ , лепидолит (литиевая слюда)- алюмосиликат лития и калия, содержащий, кроме того, фтор и гидроксогруппу. В лепидолите часто содержится также рубидий и этот минерал служит источником получения его соединений. Известен ряд силикатных минералов, в состав которых входят цезий. Больше всего его содержит поллуцит  $4\text{Cs}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 18\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

#### 2.Щелочноземельные металлы.

Содержание в земной коре составляет: Mg -2,4%, Ca-2,96%, Sr- $4,0 \cdot 10^{-2}\%$ , Ba  $5 \cdot 10^{-2}\%$ . Магний и кальций широко распространены в природе, стронций и барий-мало распространены(бериллий- редкий элемент, радий в ничтожных количествах сопутствует урану, при распаде которого он образуется). В свободном состоянии данные металлы не встречаются. Магний и кальций входят в состав многих силикатов и алюмосиликатов, например  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  - оливин,  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  – шпинель,  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – тальк,  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  -волластонит,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ -анортит (кальциевый полевой шпат). В результате механического разрушения, гидролиза и действия углекислого газа соединения магния и кальция переходят в речную воду; из рек ионы кальция и магния попадают в океан. Морские животные

используют соединения кальция для построения своих скелетов и панцирей, которые после смерти организмов попадают на дно. В результате образуются залежи  $\text{CaCO}_3$  - известняка, достигающие иногда огромных размеров. Разновидности природного  $\text{CaCO}_3$  – мрамор, мел, ракушечник, скелеты кораллов, жемчуг ( $\text{CaCO}_3$  с малой примесью органических веществ и коллоидно-диспергированной воды). В природе также встречается  $\text{CaCO}_3$  небиологического происхождения. Магний накапливается в морской воде, и при ее испарении образуются месторождения карналлита  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Распространенными минералами являются доломит  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ , магнезит  $\text{MgCO}_3$ , гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . (Бериллий встречается в основном в виде редкого, полудрагоценного минерала берилла  $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ , содержащего обычно примесь ионов железа (III) которая придает бериллу слабую зеленовато-голубую окраску. Сильно окрашенные голубые кристаллы берилла – драгоценный камень аквамарин. Примесь ионов хрома (III) придает бериллу зеленую окраску, это изумруд – самый дорогой после алмаза из драгоценных камней. Разработан метод получения искусственного изумруда при 15 ГПа и  $1600^\circ\text{C}$ . Наиболее известные стронция и бария являются сульфатами, это  $\text{SrSO}_4$ -целестин и  $\text{BaSO}_4$ - барит. Несколько реже встречаются карбонаты стронция (стронцианит) и бария (витерит)

### 3. Галогены.

Фтор. Содержание фтора в земной коре составляет  $8,0 \cdot 10^{-2}\%$ . В свободном состоянии он не встречается. Важнейшими минералами, содержащими фтор, являются  $\text{CaF}_2$ - флуорит (плавиковый шпат) и  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ - фторапатит.

Хлор, бром, йод. Содержание в земной коре составляет  $\text{Cl}-4,5 \cdot 10^{-2}\%$ ,  $\text{Br}-3 \cdot 10^{-5}\%$ ,

$\text{I}-1 \cdot 10^{-4}\%$ . Хотя содержание рассматриваемых галогенов в природе небольшое, их не причисляют к редким элементам, так как основная масса этих элементов сконцентрирована в воде морей и океанов. Хлор в основном, встречается в виде выделяющихся из морской воды хлорида натрия и калия, карналлита. Соединения брома и йода также содержатся в морской воде, но в меньших количествах. Йод концентрируется в некоторых водорослях, в частности в ламинарии, из золы которых иногда получают йод. Промышленным источником йода служат воды соленых озер и нефтеносных скважин. Биологическое значение хлора и йода очень велики. Хлор и йод необходимы для жизнедеятельности организмов. Хлорид натрия содержится в плазме крови, состав которой близок к составу морской воды, что, видимо, связано с происхождением наземных животных от морских; соляная кислота- составная часть желудочного сока, йод нужен для функционирования щитовидной железы и других органов.

### 4. Геохимия основных элементов Земли.

Алюминий. Содержание алюминия в земной коре составляет 8,8%. Это наиболее распространенный металл. Алюминий входит в состав большого числа минералов, главным образом, алюмосиликатов, из которых в основном образована земная кора. Продуктом их разрушения является глина, состоящая преимущественно из каолинита  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . обычно глина содержит примесь соединений железа, придающую ей бурый цвет. Иногда встречается белая глина, не содержащая этой

примеси. Поэтому техническое название  $Al_2O_3$  глинозем. Несмотря на то, что соединения весьма распространены в природе, для получения металлического алюминия большинство их непригодно. Для добычи алюминия используют сравнительно малорастворимый минерал боксит  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ . Встречается чистый  $Al_2O_3$  – минерал корунд. Драгоценные камни – рубин и сапфир- это кристаллы корунда, окрашенные примесью оксида хрома (рубин) и оксидов титана и железа (сапфир).

Железо. Железо- четвертый элемент (после O, Si, Al) по распространенности в земной коре элемент (4,65%). Иногда встречается в природе в свободном состоянии. Это главным образом, железо метеоритного происхождения. Железные метеориты содержат в среднем 90% железа, 8,5% никеля, 0,5% кобальта. На 20 каменных метеоритов приходится в среднем один железный. Большая часть железа земной коры содержится в различных алюмосиликатах. Извлечение из них железа экономически невыгодно. Для получения железа используют, в основном, руды: магнитный железняк  $Fe_3O_4$  (минерал магнетит), красный железняк  $Fe_2O_3$  (гематит) и бурый железняк  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  (лимонит); состав последнего соединения обычно близок к  $FeO(OH)$ . В организме человека находится около 3 г железа, главным образом, в составе гемоглобина.

Кобальт и никель – малораспространенные элементы, их содержание в земной коре составляет соответственно  $3 \cdot 10^{-3}\%$  и  $8 \cdot 10^{-3}\%$ . В металлическом состоянии они встречаются в сплаве с железом в метеоритах. Важнейшие минералы кобальта и никеля: кобальтин  $CoAsS$  (кобальтовый блеск), железоникелевый колчедан  $(Fe,Ni)_9S_8$ , никелин  $NiAs$ . Эти минералы обычно встречаются вместе с соединениями железа, меди и других d- элементов(полиметаллические руды).

Кремний. Содержание кремния в земной коре составляет 27,6%. Это второй по распространенности (после кислорода) элемент. В свободном состоянии не встречается. Входит в состав очень многих силикатных и алюмосиликатных минералов. Широко распространен кварц  $SiO_2$ , который обычно бывает в виде песка. Иногда встречаются кристаллы кварца – горный хрусталь. Своеобразной природной формой  $SiO_2$  является кизельгур ( инфузорная земля), образовавшийся из остатков панцирей микроскопических организмов- диатомовых водорослей. Он обладает огромной внутренней поверхностью и исключительной способностью впитывать различные жидкости.

Кислород- наиболее распространенный элемент, его содержание в земной коре составляет 55% (ат) или 7,0%(масс.). обычными природными соединениями кислорода являются вода, оксид кремния (кварц), силикаты и алюмосиликаты. В свободном состоянии кислород находится в воздухе 20,99%(об.) или 23% (масс.). Кроме кислорода в верхних слоях атмосферы находится озон; максимум концентрации озона находится на высоте 25 км. этот озоновый слой образовался из кислорода под действием ультрафиолетового излучения Солнца, озоновый слой очень важен, он задерживает жесткое солнечное излучение, длительное воздействие которого смертельно для всех организмов.

### Контрольные вопросы :

1. В чём состоит особенность геохимии отдельных элементов? Основные группы элементов.
2. Краткая характеристика геохимии щелочных металлов.
3. Основные аспекты геохимии галогенов.
4. Геохимия железа, углерода, кремния.
5. Что характерно для радионуклидов? Как они образуются и каким образом воздействуют на окружающую среду?

### Тема 1.4. Геохимия изотопов.

#### План:

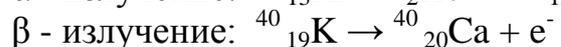
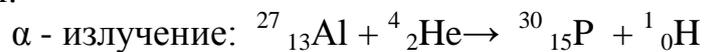
1. Общая характеристика изотопов.
2. Изотопный состав водорода.
3. Изотопы углерода.
4. Изотопы кислорода.
5. Изотопы серы.

#### 1. Общая характеристика изотопов.

Геохимия изотопов в той или иной мере охватывает очень широкий круг явлений природы, связанных с геохимическими, геологическими, биологическими и космохимическими процессами. Применение изотопных методов в геохимии позволит вскрыть область еще неизвестных явлений геологического прошлого Земли, значительно уточнить наши представления о геохимической миграции элементов, о геохимических реакциях, связанных с генезисом минералов, горных пород и месторождений полезных ископаемых.

Главной задачей изучения геохимии изотопов является установление условий разделения изотопов при различных физико-химических, биогеохимических и радиохимических процессах земной коры.

Изотопы – разновидности атомов одного элемента, обладающие одинаковыми зарядами ядер, но разными атомными массами. Они образуются при радиоактивном распаде изотопа одного элемента при бомбардировке  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -лучей.



Экспериментальные данные об изотопном составе элементов показывают, что большинство элементов имеют постоянство изотопного состава, независимо от нахождения их в минералах различного генезиса. Элементы, изотопные составы которых нарушаются в разных природных условиях, делятся на 2 группы:

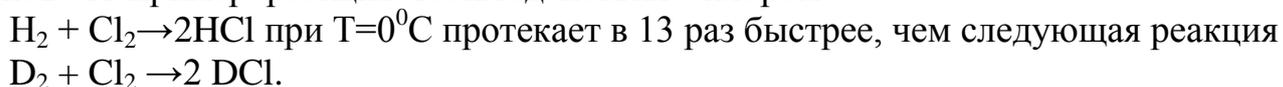
1. элементы стабильные, легкие (H, B, C, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, S, Cl<sub>2</sub>)
2. радиоактивные элементы и продукты их распада (U, Po, Th, Ac, Ra, Pb, Re, Sm, Lu, Rb, Os, Hf, Sr, Ca, Kr, Xe, и др.)

#### 2. Изотопный состав водорода.

У водорода имеются три изотопа против H<sup>1</sup>, дейтерий D<sup>2</sup> и тритий T<sup>3</sup>. отношение стабильных изотопов водорода H<sup>1</sup> и D<sup>2</sup> принимается за 6409, так как

распространенность  $H^1 = 99,9844\%$ , а  $D^2 = 0,0156\%$ . Радиоактивный изотоп тритий образуется в верхних слоях атмосферы под влиянием взаимодействия азота атмосферы с нейтронами космических лучей и имеет ничтожное распространение.

Так как разница в массах стабильных изотопов водорода велика, то их поведение в геохимических и биогеохимических реакциях, а также скорости этих реакций значительно отличаются друг от друга, что неизбежно ведет к разделению изотопов. Например реакция взаимодействия с хлором:



В состав воды входят главным образом  $H_2O$  и  $D_2O$ . Количество  $T_2O$  ничтожно. Дейтерий интересен тем, что он может являться источником для управляемых термоядерных реакций, т.е. для широкого использования термоядерной энергии благодаря синтезу легких ядер. Различия в свойствах  $H^1$  и  $D^2$  приводит к разделению изотопов в природных водах. В соответствии с этим дождевые и снеговые воды, образовавшиеся в результате конденсации паров, обогащен протием и относительно обеднен дейтерием. Воды морей и океанов характеризуются несколько повышенным содержанием дейтерия. Организмы также способны разделять изотопы водорода в связи с неблагоприятным влиянием тяжелой воды на биохимические процессы.

### 3. Изотопы углерода.

Углерод имеет три изотопа: два стабильных ( $C^{12}$  и  $C^{13}$ ) и один радиоактивный ( $C^{14}$ ). Радиоактивный изотоп углерода образуется в результате реакции атмосферного азота с нейтронами и в свою очередь по реакции  $\beta$ -распада переходит в тот же азот.

Для природного углерода намечаются два геохимических процесса, приводящих к дифференциации изотопов углерода в природных объектах:

1. накопление  $C^{13}$  в углекислоте разнообразного генезиса и в ее соединениях – карбонатах;
2. накопление  $C^{12}$  и объединение  $C^{13}$  в органическом веществе в результате фотосинтеза, что ведет к минимальному содержанию  $C^{13}$  во всех продуктах, генетически связанных с органическим миром: углях, жидких и твердых битумах.

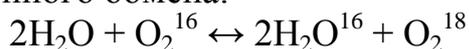
Весь углерод земной коры по-видимому, можно разделить на две большие группы: неорганическую и биогенную.

### 4. Изотопы кислорода.

Кислород имеет три стабильных изотопа, распространенность которых в атмосферном кислороде выражается следующими содержаниями:  $O^{16} = 99,759\%$ ,  $O^{17} = 0,0374\%$ ,  $O^{18} = 0,2039\%$ .

Лучше всего отношения изотопов кислорода изучены для гидросферы. Соотношение изотопов кислорода наиболее стабильно для больших рек и проточных озер.

В атмосфере содержание  $O^{18}$  больше, чем в воде. Это является результатом изотопного обмена:





Для кислорода в литосфере А.П. Виноградов установил две реакции изотопного обмена равновесия  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SiO}_2$ , идущие в сторону обогащения тяжелым кислородом  $\text{CO}_2$  и  $\text{SiO}_2$ . Так как природные воды, особенно рек, содержат наименьшее количество  $\text{O}^{18}$ , а морские воды «тяжелее» по кислороду вод рек, то  $\text{CO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  морского происхождения наиболее богаты  $\text{O}^{18}$ .

### 5. Изотопы серы.

Сера имеет четыре изотопа, распространенность которых по анализам природной среды следующая:  $\text{S}^{32}$ -95,1%,  $\text{S}^{33}$ -0,74%,  $\text{S}^{34}$ -4,2%,  $\text{S}^{35}$ -0,016%.

В природе установлены многочисленные явления разделения изотопов в результате геологических и биохимических процессов, количественно выражаемые изменениями в отношениях содержаний  $\text{S}^{32}/\text{S}^{33}$  до 2,5%,  $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$  до 5%,  $\text{S}^{32}/\text{S}^{35}$  до 10%. Благодаря большим абсолютным содержаниям, легче всего определяется соотношение  $\text{S}^{32}/\text{S}^{34}$ . В биогенной сере происходит накопление легкого изотопа серы, поэтому наименьшее количество  $\text{S}^{34}$  находится в сере тканей организмов, белках, в жидких и твердых битумах, в природной сере и сероводороде органического происхождения и др. это связано с биохимической реакцией восстановления сульфатной серы микроорганизмами и усвоением легкого изотопа серы более высшими организмами.

Все изотопные изменения, наблюдаемые в природном веществе, горные породы, минералы, органическое вещество и др., дают возможность ученым блестящий способ познания давно прошедших больших и малых геологических событий.

### Контрольные вопросы:

1. Что представляют собой изотопы? Пути их образования.
2. Приведите примеры известных вам изотопов химических элементов, различающихся между собой свойствами.
3. Краткая характеристика изотопов углерода их соотношения.
4. Ядерные реакции и их виды.
5. Изотопный состав водорода.
6. Что представляют собой изотопы кислорода и серы, понятие биогенной и неорганической серы.

### Тема 1.5. Миграция химических элементов. Формы миграции.

#### План:

1. Возникновение термина « миграция».
2. Формы миграции.
3. Миграционная способность.

#### 1. Возникновение термина «миграция».

Термин «миграция» химических элементов был введен в геохимию А.Е. Ферсманом в 1923 году. Под этим термином Ферсман понимал комплекс процессов, определяющих перемещение химических элементов в земной коре и ведущих обычно к их рассеянию или концентрации. Миграция – это рассеяние или концентрация химических элементов в земной коре.

Миграцией можно назвать также совокупность всех явлений и процессов их перемещения, перегруппировки и перераспределения, которые вызывали отклонения от тех состояний, которые были им характерны в момент формирования.

Ферсман подчеркивал, что явление миграции элементов, являются важнейшими, определяющие все разнообразие и многообразие геохимических реакций и комплексов.

## 2. Формы миграции.

Формы миграции каждого химического элемента в земной коре, согласно Ферсману, можно представить в виде схемы:

Дисперсное состояние → среднее состояние → накопление → промышленная концентрация  
(состояние рассеяния) (кларк данной системы) (концентрация) (образование месторождений)

Перельман (1979 г) выделил четыре основные формы миграции химических элементов: механическую, физико-химическую, биогенную и техногенную.

1. механическая миграция – это механическое перемещение химических элементов без изменения форм нахождения. Например: обломки минералов в поверхностных водах и атмосфере, воды рек, газы атмосферы.
2. физико-химическая миграция – это миграция сопровождающаяся химическими реакциями для таких форм нахождения химических элементов, как водные растворы, газовые смеси.
3. биогенная миграция объединяет миграцию химических элементов, связанную с жизнедеятельностью организмов.
4. техногенная миграция вызвана деятельностью человека.

## 3. Миграционная способность.

Химические элементы различаются между собой по миграционной способности, т.е. по интенсивности перемещения в геохимических процессах.

Активными мигрантами считаются химические элементы, легко мигрирующие в широком диапазоне термодинамических условий в пределах земной коры. К активным мигрантам можно отнести галогены и щелочные металлы.

Неактивные мигранты – химические элементы мигрирующие в узком диапазоне термодинамических условий. К ним относят элементы платиновой группы и др.

Миграционная способность обозначается через  $P_x$ :

$$P_x = 1/V_x * \Delta V_x / \Delta t \quad \text{где,}$$

$x$  – данный элемент в природе

$V_x$  – общее количество атомов элемента

$\Delta t$  – промежуток времени

$\Delta V_x$  – количество атомов, перешедшее в подвижное состояние.

Это уравнение применим только в гипергенной среде.

Процессы миграции химических элементов в природе – это не просто явления активного или пассивного перемещения элементов в мировом пространстве, а

также глубочайшее проявление законов строения атомов, ядра и электронных оболочек.

### **Контрольные вопросы:**

1. В чём состоит миграция химических элементов? Какие два основных процесса лежат в основе данного явления?
2. Приведите основные формы миграции.
3. Как классификация форм миграции по Перельману.
4. От чего зависит интенсивность распределения химических элементов? Какова миграционная способность активных и неактивных мигрантов?

### **Тема 1.6. Факторы миграции химических элементов.**

#### **План:**

1. Основной закон геохимии. Внутренние факторы миграции.
2. Внешние факторы миграции.

#### **1. Основной закон геохимии. Внутренние факторы миграции.**

Основной закон геохимии был установлен Гольдшмидтом. Согласно этому закону: абсолютное количество элементов, т.е. Кларки зависят от строения атомного ядра; распределение элементов, связанное с их миграцией – от наружных электронов.

К важнейшим внутренним факторам миграции относятся следующие свойства атомов:

1. гравитационные
2. свойства связи
3. химические
4. электрические
5. радиоактивные

Гравитационные свойства атомов связаны с величиной их массы и имеют большое значение в процессах распределения элементов на Земле и в Космосе. Все земные процессы миграции элементов идут в первую очередь под влиянием сил мирового тяготения. В геологии большое значение придается гравитационным свойствам вещества. На этих исследованиях строились и строятся различные гипотезы кристаллизационно - гравитационной деформации, распределения вещества в земной коре и по геосферам Земли и др.

Свойства связи (термические свойства) заключаются в способности элемента или соединения противостоять силам, направленным к разобщению его атомов, ионов или молекул. При действии разобщающих сил термические свойства определяются температурами кипения (летучестью) и плавления соответствующих элементов или соединений.

Летучесть элементов, связанное с температурами кипения, а отсюда их высокая миграционная подвижность уменьшается в следующем порядке: летучие газы (He, Ar, O<sub>2</sub> и др), подвижные галогены (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>), металлы (Hg), щелочные и щелочноземельные элементы и труднолетучие элементы.

Химические свойства. В природе при очень высоких температурах все соединения находятся в дисперсном состоянии, и в этих условиях проявляются факторы, связанные с природой самих атомов и ионов. Роль химических свойств в процессах миграции характеризуются согласно Ферсману, основными положениями:

1. Степень и пути миграции зависят от устойчивости основных соединений в соответствующих условиях.
2. Образование тех или иных соединений элемента определяется максимальным тепловым эффектом соединений.

Электростатические свойства. Ферсман выделил электростатические свойства определяющие в свою очередь химические свойства. Важным электростатическим свойством является величина той энергии, которую нужно приложить, для превращения нейтрального атома в заряженный ион.

Радиоактивные свойства атомов в процессе миграции заключается в непрерывном изменении радиоактивных элементов (изотопов) при их распаде и образовании новых ядер с определенными физико-химическими свойствами.

## **2. Внешние факторы миграции.**

Радиационные изменения среды. В биосфере радиоактивное излучение приводит к взаимодействию частиц или фотонов с атомами химических элементов. Течение этого процесса зависит от массы, заряда, энергии и др.

Тяжелые заряженные частицы ( $\alpha$ -частицы, электроны ионизирующих излучений)

Фотоны,  $\gamma$  – и рентгеновское излучение (поглощаются за счет процессов в облучаемом веществе).

Поток нейтронов взаимодействует с ядрами атомов, вызывая их деление и ядерные реакции.

Ядра отдачи – остатки атомов, образующихся в результате радиоактивного распада, вызывают возбуждение и ионизацию.

К важнейшим внешним термодинамическим факторам миграции относятся: температура, давление, химический состав среды миграции, сорбционные силы и др.

### **Контрольные вопросы:**

1. Кем был установлен основной закон геохимии, его формулировка?
2. Опишите внутренние факторы миграции?
3. Перечислите внешние факторы миграции?
4. Как температура кипения элемента влияет на его миграционную способность?
5. Покажите на конкретных примерах процесс  $\alpha$ -излучения?

## **Тема 1.7. Геохимия геологических и магматических процессов.**

### **План:**

1. Геологические процессы и их направленность.
2. Понятие о горных породах.
3. Магматические процессы.
4. Термодинамика магматической кристаллизации.

### **1. Геологические процессы и их направленность.**

Взаимодействие геосфер Земли проявляется в таких процессах, как разрушение горных пород и образование осадков, извержение из недр глубинного вещества и перемещение на глубину материала, накопившегося на поверхности Земли и т.д. Все эти процессы, в конечном счете, меняют лик Земли и способствуют образованию новых слоев в земной коре. Природные процессы, обуславливающие формирование и развитие земной коры принято называть геологическими. К ним относят выветривание, деятельность рек, озер, морей и океанов, землетрясение, вулканизм и др. движущая сила этих процессов – солнечное тепло, тепло недр Земли и ее гравитационная энергия.

В зависимости от источника энергии, геологические процессы делят на экзогенные и эндогенные.

Экзогенные – протекают в слоях, близких к поверхности Земли и непосредственно на ее поверхности. Эндогенные – в недрах земной коры.

Экзогенные процессы – это процессы взаимодействия земной коры с внешними геосферами Земли. Действуя на горные породы суши, экзогенные процессы разрушают их. Большое участие в разрушении принимают ветер, вода, лед и другие факторы. В результате разрушительной работы суша ежегодно понижается на 0,09 мм. Следовательно, экзогенные процессы ведут к сглаживанию поверхности суши и выравниванию океанического дна.

Эндогенные процессы имеют противоположную направленность. Они создают значительные неровности рельефа, вызывают образование гор, вулканических конусов, котловин и океанических впадин. Ведущую роль в эндогенных процессах играют тектонические движения. Они могут быть медленными колебательными движениями, сопровождаемыми плавными поднятиями или погружениями земной поверхности, быстрыми, вызывающими перемещение целых блоков земной коры, с одновременным образованием глубоких трещин, провалов и поднятий. В процессе таких движений участки суши могут стать дном моря и наоборот. К ним относят магматизм и метаморфизм. метаморфизм вызывает коренное преобразование ранее сформировавшихся осадочных и магматических пород. Эндогенные и экзогенные процессы взаимосвязаны и взаимообусловлены: рост положительных форм рельефа (вулканических конусов, горных массивов и др.) обостряет и усиливает эндогенные процессы. По мере выравнивания экзогенные процессы затухают. Перемещение значительных масс горных пород из одних участков земной поверхности в другие может привести к нарушению равновесия в распределении вещества в земной коре и тем самым способствовать проявлению активных тектонических движений. Скорость и масштаб действия геологических процессов периодически меняется во времени и пространстве.

## 2. Понятие о горных породах.

Агрегаты (скопления) более или менее постоянного состава и строения называются горными породами.

По происхождению горные породы делятся на 3 группы:

1. магматические
2. осадочные
3. метаморфические.

Магматические горные породы образуются в результате застывания магмы – горячего расплава, внедряющегося в верхние зоны земной коры из глубоких недр.

Все отложения, образовавшиеся под воздействием внешних сил, получили названия осадочных горных пород.

Как осадочные, так и магматические горные породы при погружении на большие глубины подвергаются значительным изменениям, метаморфизму. В результате метаморфизма образуются новые породы – метаморфические. Горные породы характеризуются целым рядом признаков. К ним относятся: состав (определяется наличием тех или иных породообразующих и второстепенных минералов), строение, структура и текстура (пористая, сланцевая, слоистая, массивная), условия залегания и окраска.

## 3. Магматические процессы.

Магматизмом называют процессы, связанные с образованием и движением в земной коре магм и рождением из магм магматических горных пород. Магма – природный огненно-жидкий силикатный расплав, насыщенный газами, образующийся в верхней мантии (астеносфере) или в земной коре. Состав магм не одинаков и зависит от состава исходной материнской породы, подвергающейся плавлению.

Главными компонентами магмы являются  $\text{SiO}_2$  от 40 до 75%, остальные  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ .

В кислых магмах накапливаются рудные элементы, такие как: Be, Li, Tr, Zr, Hf, Ta, Sn, W и др., в основных – Ni, V; в щелочных: P, Zn, Tc, Nb, Nh, U.

Магматизм бывает интрузивным и эффузивным.

При интрузивном магматизме магма не достигает земной поверхности, а затвердевает в трещинах, пустотах или расплавленных ее участках земной коры и образует глубинные магматические тела (интрузии). Процесс застывания магмы медленный.

При эффузивном магматизме магма достигает поверхности земли, изливается и застывает в наземных условиях. Магма остывает быстро.

Магматизм развивается в тех участках литосферы, где нарушается установившееся в процессе длительного времени термодинамическое равновесие (нарушение давления и температурного режима) сдвиг равновесия может быть вызван действием на горные породы глубинных тепловых потоков, физико-химическими процессами, радиоактивным распадом вещества. Процессы магматизма играют большую роль в формировании земной коры с образованием

рудных месторождений полезных ископаемых. Около 90% объема всей земной коры составляют породы магматического происхождения.

#### **4.Термодинамика магматической кристаллизации.**

Термодинамика магматической кристаллизации определяется природой присутствующих ионов, их концентрацией, температурой, давлением и структурой образующихся твердых фаз.

Кристаллизация в значительной степени сводится к упорядочению. В кристалле степень упорядочения велика, и ионы образуют правильную трехмерную структуру, в то время как в расплаве расположение ионов, хотя и не полностью беспорядочно, но степень упорядоченности значительно ниже, чем в твердом теле. С точки зрения термодинамики магматическая кристаллизация характеризуется изменением энергии и энтропии, сопровождающей удаление ионов из расплава и их упаковку в упорядоченный кристалл. Поведение элемента в процессе магматической кристаллизации зависит от его концентрации в магме и структуры кристаллов, в которые он может войти. Катион может войти в кристалл только в том случае, если его размеры позволяют ему это сделать и он может окружить себя ионами в соответствии со своим координационным числом. На основании изучения кристаллических структур, а также энергетических соображений Гольдшмидт сформулировал следующие эмпирические правила, которыми можно руководствоваться при рассмотрении распределения элементов между жидкостью и кристаллом при кристаллизации многокомпонентных систем.

1. два иона, обладающие одинаковыми зарядами и радиусами одинаково легко входят в кристалл данной структуры.
2. из двух ионов близкого радиуса и одинакового заряда легче входит меньший по размерам ион.
3. из двух ионов близкого радиуса, но разного заряда, ион с большим зарядом входит лучше.

Эти правила находят широкое применение в геохимии изверженных пород. Так, кальций легче, чем натрий, входит в полевой шпат, поскольку он обладает большим зарядом и поэтому концентрируется в ранних плагиоклазах. Правила Гольдшмидта очень полезны в предсказании порядка выделения из магмы не только главных, но и редких элементов.

#### Редкие элементы в магматической кристаллизации.

Когда редкий элемент обладает таким же зарядом и радиусом, как и главный, происходит так называемый «камуфляж» (маскировка) этого элемента в кристалле, содержащем главный элемент. Так, наблюдается «камуфляж» иона галлия (0,62А) в минералах алюминия и иона гафния (0,78 А) в минералах циркония. Когда редкий элемент обладает близким ионным радиусом и более высоким зарядом, чем главный элемент (или тем же зарядом, но меньшим радиусом), происходит захват этого редкого элемента кристаллом. Так, ионы бария (1,34А) захватывается минералами калия. Наконец, когда редкий элемент обладает близким ионным радиусом, но меньшим зарядом, чем главный элемент (или таким же зарядом, но большим радиусом), говорят что он допускается в кристалл, содержащий главный элемент. Так, ионы лития (0,68А) допускаются в минералы магния. При вхождении ионов, заряд которых отличен от заряда основного элемента, сохранение

электронейтральности обеспечивается одновременным замещением в кристалле других ионов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Приведите общую характеристику геохимии геопроцессов, а также их классификацию.
2. В чём состоит магматизм, его классификация?
3. Каковы условия кристаллизации минералов при магматическом процессе?
4. Понятие горных пород и их классификация?
5. Чем характеризуется термодинамика магматических процессов?
6. Редкие элементы в магматической кристаллизации. Опишите механизм их кристаллизации?
7. Дайте определение правила Гольдшмидта при кристаллизации многокомпонентных систем?
8. Причины «камуфляжа» редкого элемента при кристаллизации?

### **Тема 1.8. Геохимия постмагматических процессов.**

#### **План:**

1. Постмагматические явления.
2. Гидротермальные системы.
3. Гидротермально-метасоматический процесс.
4. Остаточные растворы и пегматиты.

#### **1. Постмагматические явления.**

Так называют геологические процессы, развивающиеся вокруг интрузива, в период и после охлаждения и кристаллизации магмы. В постмагматических процессах большую роль играют, горячие газы и гидротермальные растворы. Раскаленные газы, и водяные пары, отделяясь от магмы, по порам и трещинам вмещающих пород проникают в более холодные породы. Здесь газы сжимаются и из них кристаллизуются высокотемпературные минералы (кварц, слюда, вольфрамит, молибденит). Процесс рождения минералов из газов получил название пневматолитового. Происходит он при температуре 450-800 С<sup>0</sup> и охватывает отдельные области интрузива и вмещающих пород, примыкающих к нему.

По мере охлаждения газов находящиеся в них водяные пары сжимаются и при температуре 400-450 С<sup>0</sup> превращаются в горячие водные гидротермальные растворы. Процесс рождения минералов из гидротермальных растворов называется гидротермальным процессом.

Гидротермальные растворы и газы не только дают самостоятельные минералы но и изменяют химически активные горные породы.

Процесс в результате, которого образуются качественно новые породы – скарны, называется метасоматозом.

Постмагматические процессы играют большую роль в образовании рудных месторождений полезных ископаемых.

Эндогенные процессы, с которыми связано изменение первоначального облика (структуры, текстуры, цвета) горных пород и их химического и минерального состава называется метаморфическими. Термин введен в геохимию в 1885 году Ляйелем. Метаморфизм заключается в изменении первоначального химического состава минералов или рождением новых, устойчивых в создавшейся среде минералов.

## 2. Гидротермальные системы.

Гидротермальными называются системы земной коры с условными температурными границами от 400 до 500С<sup>0</sup>. гидротермальные системы – основной источник меди, свинца, цинка, серебра, ртути, олова, молибдена, вольфрама и других редких и благородных металлов, а также хризотил асбеста, магнезита и другого нерудного сырья.

Основную информацию по геохимии гидротермальных систем дает изучение рудных месторождений. Важным источником информации служит также изучение современных гидротерм. Эти два направления исследований гидротермальных систем развивались и частично развиваются независимо друг от друга, на основе разной методологии и разных методов.

Гидротермальные месторождения представляют собой большую группу месторождений полезных ископаемых, образующихся из осадков циркулирующих в недрах Земли горячих водных растворов. На раннем этапе вода существовала как пар, который при постепенном охлаждении конденсировался и переходил в жидкое состояние.

Выделяются 4 группы источников воды гидротермальных растворов:

1. Магматическая вода, отделяющаяся из магматических расплавов в процессе их застывания и формирования изверженных пород.
2. Метаморфическая вода, высвобождающаяся в глубоких зонах земной коры из водосодержащих минералов при их перекристаллизации.
3. Захороненная вода, образуется в порых морских осадочных пород, приходящая в движение вследствие смещений в земной коре или под воздействием внутриземного тепла.
4. Метеорная вода, проникающая по водопроницаемым пластам в глубины Земли.

Минеральное вещество, находящееся в растворе, при отложении которого формируются гидротермальные месторождения, может быть выделено остывшей магмой или мобилизовано из пород, сквозь которые фильтруются подземные воды. Гидротермальные растворы формируются в широком интервале – от поверхности Земли до глубины свыше 10 км. Оптимальные условия для их образования определяется глубиной от нескольких сот метров до 5 км. Начальная температура этого процесса могла соответствовать 700-600 С<sup>0</sup> и постепенно сжимаясь, достигать 50-25 С<sup>0</sup>; наиболее обильное гидротермальное рудообразование происходит в интервале 400-100 С<sup>0</sup>.

### 3. Гидротермально-метасоматический процесс.

Основы теории метасоматических процессов разработаны на термодинамической основе Д.С. Коржинским. По Коржинскому «Метасоматическими, называются процессы изменения химического состава породы, совершающиеся замещением одних минералов другими. Замещение совершается обычно при участии поровых растворов, которые растворяют одни минералы и одновременно отлагают другие, так, что в течение замещения порода в целом сохраняет твердое состояние.

Другой ученый Г.Л. Пospelов разработал оригинальное направление в изучении метасоматоза. Он изучал физическую сущность метасоматоза – процессы, протекающие на границе твердых и жидких фаз, роль поверхностной энергии, сорбции и других явлений.

При метасоматозе реакции носят обменный характер, одновременно осуществляется противоположные процессы – привноса и выноса элементов. Например, при образовании турмалиновых гейзеров привносятся ионы магния, висмута, железа, алюминия, кислорода, фтора, хлора, а выносятся ионы натрия, калия, кремния, вода.

В зависимости от механизма миграции различают инфильтрационный и диффузионный метасоматоз. Основное значение имеет инфильтрационный метасоматоз, который охватывает большие толщи пород, простирающиеся на целые километры. Диффузионный метасоматоз обычно распространяется лишь на несколько метров.

Часто при метасоматозе происходит сочетание инфильтрационных и диффузионных процессов.

Реакции метасоматоза экзотермичны и сопровождаются связыванием воды в силикатах (хлоритизация, серитизация и др).

Большое влияние на данный процесс оказывает щелочно-кислотные условия среды. Выделяются 2 основные группы процессов – кислотное выщелачивание и щелочной метасоматоз. Многие процессы метасоматоза связаны с кислотным выщелачиванием пород. Наиболее ярко они выражены в кислых породах и слабее в основных. По Д.С. Коржинскому, по мере движения гидротермальных растворов происходит закономерная смена щелочно-кислотных условий, соответствующая трем стадиям гидротермального процесса:

1. Ранней щелочной
2. Кислотной
3. Поздней щелочной.

В развитии кислотных процессов Коржинский важное значение придает фильтрационному эффекту – отстаиванию катионов и растворителя от кислотных компонентов при фильтрации растворов через пористые среды.

Метасоматическая зональность - последовательная смена метасоматитов от наиболее измененной внутренней зоны к внешней зоне и неизменной породе.

Метасоматическая фация- совокупность одновременно образовавшихся метасоматитов ( зональная колонка).

Метасоматическая формация – совокупность фаций, или генетически единый геологический процесс.

Зональность гидротермальных месторождений.

В. Эммонс выделил 16 зон (снизу вверх по мере падения температуры) составляющих «зональность гидротермальных месторождений»: пустая, кварцевая, оловянная, вольфрамовая, мышьяковая, висмутовая, золотая, сурьмяная, ртутная и др. Согласно Ферсману, последовательность кристаллизации характеризуется уменьшением валентности, постепенной сменой четных элементов нечетными, ростом ионных радиусов.

#### 4. Остаточные растворы и пегматиты.

Остаточный расплав, образующийся при фракционной кристаллизации магмы, представляет собой силикатную жидкость, богатую щелочами и алюминием, содержащую воду и др. летучие компоненты, а также редкие элементы, которые не входят в решетки порообразующих минералов изверженных пород.

Давление летучих компонентов является движущей силой, обеспечивающей внедрение их вдоль ослабленных зон окружающих пород, которые могут быть представлены или уже застывшей частью того же интрузивного тела или вмещающими породами. Таким образом, могут быть сформированы гидротермальные жилы и пегматиты.

Жильные гранитные породы с зернами размером более 25 мм называют пегматитами. Большинство пегматитов очень просты по своему химическому и минеральному составу, но встречаются и сложные, которые поражают высоким содержанием редких элементов и необычными минералами. Такие комплексные пегматиты имеют промышленное значение и могут быть источником сырья для получения лития, бериллия, скандия, рубидия, иттрия, циркония и др. часто пегматиты имеют зональное строение и различные редкие минералы приурочиваются к определенным зонам. Для зональных пегматитов характерно наличие ядра, почти полностью состоящего из массивного кварца. Например, пегматиты Южной Норвегии известны повышенным содержанием редких земель, а олово, литий и щелочные элементы в них отсутствуют. В пегматитах Блэк Хиллз (Южная Дакота) очень много лития, присутствуют олово и отсутствуют редкие земли. Эти региональные различия, могут отражать первоначальный состав магм, из которых образовались пегматиты.

Температура образования пегматитов не выше 500-700С<sup>0</sup>. пегматиты часто содержат небольшие количества сульфидов и арсенидов. В некоторых из них отмечено золото. Они обладают многими признаками гидротермальных жил.

Анализ физико-химических условий образования установил, что пегматиты формируются на глубине от 2 до 10 км. и более. По глубинности А.И. Гинзбург выделяет 4 формации пегматитов:

1. пегматиты малых глубин (2-3 км)
2. пегматиты средних глубин (3-6 и более км.)
3. «слюдоносные пегматиты» (6-8 и более км)
4. пегматиты больших глубин (более 8 км)

## Контрольные вопросы:

1. Какие явления относятся к постмагматическим?
2. Дайте характеристику постмагматическим явлениям?
3. Осадочные растворы и пегматиты?
4. Характеристика гидротермального метасоматоза?
5. Особенности геохимии пегматитового процесса (геохимии конечной магматической кристаллизации).
6. Каковы условия образования соединений и распределения химических элементов при гидротермальном процессе?
7. Что такое гидротермальные растворы?
8. Типы вод в гидротермальных растворах?
9. Дайте определения метасоматической зональности и метасоматической фации?

### Тема 1.9. Геохимия осадкообразования, гипергенеза.

#### План:

1. Седиментация как геохимический процесс.
2. Осадочные породы.
3. Гипергенез и биогенез.
4. Понятие о геохимических барьерах.

#### 1. Седиментация как геохимический процесс.

Седиментация по существу является результатом взаимодействия атмосферы и гидросферы с земной корой. Выделяются различные седиментационные процессы, называемые выветриванием, эрозией, отложением и диагенезом, но ни один из них не действует изолированно. Первичные составляющие земной коры, минералы изверженных пород, в значительной степени неустойчивы по отношению к атмосфере и гидросфере. Из наиболее распространенных минералов изверженных пород только кварц очень устойчив к процессам выветривания. Все остальные минералы стремятся к изменению под действием кислорода, углекислоты и воды. Образуются новые минералы, которые более стабильны в новых условиях. Измененные породы легко разрушаются механической эрозией, а их составляющие разносятся ветром, водой, льдом и переотлагаются, либо остаются в растворе.

Главной проблемой геохимии осадкообразования является химическое разрушение одних минералов и образование других, из которых наиболее важны силикаты, поскольку они слагают более 90% земной коры. Структуры некоторых силикатных минералов, возможно, не подвергаются полному разрушению при выветривании. Например, биотит и мусковит, вероятно, могут непосредственно переходить в глинистые минералы путем ионного замещения, при этом фрагменты слоистых структур могут прямо встраиваться в новые минералы. Следовательно, окончательно судьба различных элементов в значительной степени зависит от относительной устойчивости ионов этих элементов в воде. Наиболее устойчивыми являются ионы щелочных металлов, за ними щелочноземельные, большая часть которых выносится растворами. Кремний, алюминий, железо обычно вскоре переотлагаются в виде нерастворимых соединений. На ранних стадиях выветривания из них формируются новые минералы.

## 2. Осадочные породы.

Осадочные породы – это породы, образовавшиеся на поверхности суши и на дне водоемов (морей, рек, озер) за счет накопления продуктов разрушения ранее существовавших пород (магматических, метаморфических, осадочных) и остатков организмов.

Факторы и условия концентрирования элементов при осадкообразовании в условиях выветривания, обусловлено их разделением в зависимости от растворимости в водных растворах, процессами осаждения и соосаждения из водных растворов. Разделение и концентрирование элементов определяется условиями осадкообразования, важнейшими из которых являются гидродинамика водоема и активность живого вещества.

1. Концентрирование элементов, образующих легкорастворимые соединения (соли натрия, калия, магния и др), обусловлено процессами сгущения морской воды, масштабы которых определяются тектоническими и климатическими факторами. При этом образуются, с одной стороны, отложения солей (концентрация натрия, калия, магния, сульфатов), с другой остаточная, в которой могут концентрироваться стронций, литий, бром и др. компоненты.

Химический состав осадочных пород варьирует более значительно, чем состав изверженных пород, вследствие того, что седиментация приводит к его усложнению.

Предполагается, что средний состав осадочных пород должен соответствовать составу изверженных пород, так как в конечном счете все осадочные породы произошли из магматических под действием выветривания. Единственным отличием должна быть потеря ряда элементов, в основном натрия, которые стремятся к накоплению в океане, а также добавление некоторых компонентов из атмосферы и гидросферы.

Важными чертами химического состава осадочных пород является следующее: преобладание калия над натрием, высокое содержание оксида кальция и магния в карбонатах, присутствие железа в основном в трехвалентном состоянии, высокое содержание кремнезема в песчаных и кремнистых породах.

### Минералогический состав осадочных пород.

Минералы, входящие в состав осадочных пород, четко разделяются на 2 типа:

1. устойчивые, сохранившиеся при разрушении материнских пород;
2. минералы, образованные вновь из продуктов химического разложения.

Последние обычно представляют собой гидратные соединения, поскольку они образуются в условиях, богатых водой.

Общее число минералов, отмеченных в осадочных породах довольно велико, потому что почти любой минерал магматического или метаморфического происхождения переходит в осадок хотя бы на некоторое время. Тем не менее число обычных, распространенных минералов осадочных пород незначительно: кварц, полевой шпат, кальцит, доломит и глинистые минералы. Возможно присутствие коллоидного материала, например аллофана. Распространение некоторых других минералов, таких как глауконит, лимонит, боксит и коллофан ограничено.

### 3. Гипергенез и биогенез.

Гипергенные процессы (Гипергенез) – процессы образования, разрушения и переотложения минерального вещества в верхних частях земной коры и на ее поверхности, а также процессы минералообразования, идущие в гидросфере.

Гипергенез приводит к разрушению и переотложению всех минералов, образовавшихся в глубинных зонах земной коры, которые в зоне гипергенеза становятся неустойчивыми. Направление и особенности гипергенеза определяется невысокими температурами, колеблющимися в узких пределах (от  $-50$  до  $+50$   $^{\circ}\text{C}$ ) и малыми давлениями, господствующими на поверхности Земли и в ее верхних зонах. Исключительную роль играет в гипергенезе свободный активный кислород атмосферы, вода и водные растворы, содержащие растворенный кислород и двуокись углерода. Наибольшее значение при переотложении вновь образующихся минералов имеют постоянно встречающихся в поверхностных растворах ионы угольной, серной, соляной, фосфорной кислот. На ход и направление гипергенеза большое влияние оказывают физико-географические условия среды гипергенеза (климат, рельеф, химизм разрушающихся горных пород).

Устойчивыми минералами в гипергенезе являются диспергированные агрегаты группы глин, окислы, водные растворы железа, марганца, алюминия, цинка соли упомянутых выше кислот.

Гипергенез во всей их совокупности является важнейшим геологическим фактором образования таких месторождений полезных ископаемых, как железные и марганцевые руды, бокситы, никелевые руды, глины, известняка, каменного угля.

Гипергенные минералы (от греч. Сверх и рождение) – минералы различного состава, возникающие за счет разрушения и переотложения глубинных минералов в поверхностной части земной коры. Это минералы глин, опал, халцедон, кварц. Для всех характерно наличие железа и марганца.

Гипогенные минералы (от греч. Под и рождение) – минералы образовавшиеся в глубинах земной коры из магматического расплава, а также из газовых возгонов или горячих водных растворов, выделяющихся в процессе застывания магм. К ним относятся полевые шпаты, слюда, пироксены, оливин, хромит и др.

Многие гипергенные процессы на поверхности земли неустойчивы и под влиянием процессов выветривания разрушаются и переходят в гипергенные минералы.

Биогенез (от греч. жизнь и происхождение) - идеалистическое учение о происхождении живых существ только друг от друга, отрицающее возникновение живого из неживой материи. Биогенез описывает процессы миграции, концентрации и рассеяния элементов под влиянием организмов и продуктов их жизнедеятельности. Эта группа процессов изучается наукой «биогеохимией». Термин «биогенез» был предложен Т. Гексли в сер. 19 в. Сторонники биогенеза, считали, что возникновение живого из неживого не происходило ни в один из периодов существования земли, и выдвигали идеалистические представления об извечности жизни. Для объяснения появления жизни на Земле они допускали перенос живых зародышей с других планет.

## **5. Понятие о геохимических барьерах.**

Геохимические барьеры – участки земной коры, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов, и их концентрация.

В почвах, водоносных горизонтах артезианских бассейнов протекают геохимические однотипные механические, физико-химические, биохимические процессы концентрации элементов.

Механические барьеры – участки резкого уменьшения интенсивности миграции, на которых формируются золотые, оловянные, платиновые, марганцевые, алмазные россыпи.

Физико-химические барьеры – участки уменьшения интенсивности водной миграции элементов в результате изменения температуры, давления, энергии, рН-среды и др. характеристик.

На биогеохимических барьерах образуются угольные залежи, торф, концентрация металлов в гумусовых горизонтах.

В земной коре в одном и том же месте нередко совмещаются разные геохимические процессы, в связи с чем выделяются комплексные барьеры, когда концентрации химических элементов связаны с одновременной реализацией нескольких процессов. Например, резкое понижение рН среды, часто приводит к осаждению химических элементов, образующих труднорастворимые соединения в более кислой среде (Mo, Sn). Но при подкислении раствора может происходить и восстановление урана, олова, молибдена и др. так, в одном и том же месте образуется комплексный барьер, и кислый и восстановленный.

Различают макро-, микро-, инфильтрационные и диффузионные барьеры.

### **Контрольные вопросы:**

1. Особенности происхождения гипергенных (поверхностных) процессов. Седиментация – процесс, лежащий в основе осадконакопления.
2. Перечислите основные факторы гипергенеза.
3. Приведите классификацию процессов гипергенеза А.Е. Ферсмана.
4. Охарактеризуйте биогеохимические процессы (биогенеза)
5. Приведите классификацию геохимических барьеров
6. За счет чего образуются осадочные горные породы?
7. Основные минералы, входящие в состав осадочных пород?

## Тема1.10. Геохимия литосферы.

### План:

1. Состав земной коры.
2. Строение литосферы.

### 1. Состав земной коры.

Земная кора, представляющая собой тончайшую поверхностную оболочку земного шара и составляющая всего 1/85 часть его объема и 1/700 часть его веса, состоит из трех главных взаимодействующих геосфер.

Литосфера является верхней каменной оболочкой земного шара, которая с глубиной переходит в мантию. Часто понятие литосферы отождествляют с понятием земная кора. Ее поверхность равняется  $510 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ , средняя плотность  $2,79 \text{ кг/см}^3$ .

Литосфера является главной областью развития геохимических процессов, приводящих к образованию горных пород, минералов и месторождений полезных ископаемых.

В литосфере различают такие части (с поверхности на глубину): осадочную прерывистую зону мощностью до 1,5 км; гранитную прерывистую зону мощностью от 10 до 40 км; базальтовую зону непрерывистую, переходящую с глубиной в мантию, мощностью около 30 км.

Подкорковая зона (верхняя часть мантии) представлена ультраосновными породами. Она играет большую роль в геохимических процессах земной коры. Образование современного химического состава земной коры является результатом процессов, происходивших в течении геологического времени в мантии и даже в ядре Земли. Из мантии в земную кору поступают расплавленные магматические материалы, конвекционные потоки тепловой энергии, легкоплавкие и летучие элементы и соединения.

Средний состав земной коры определяется составом магматических пород, так как общее количество осадочных и метаморфических пород невелико по сравнению с массой пород изверженных.

По оценкам Кларка и Вашингтона верхние 16 км земной коры состоят из изверженных пород (95%), глинистых сланцев (4%), песчаников (0,75%) и известняков (0,25%).

Осадочные породы, там где они есть, покрывают относительно тонким слоем основание, сложенное изверженными породами, за исключением поясов, в которых локально происходит накопление мощных толщ осадков.

Имеется 8 элементов – кислород, кремний, магний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний- составляющих почти 99% всей массы коры. Из них кислород является абсолютно преобладающим. Земная кора состоит из кислородных соединений, особенно из силикатов алюминия, кальция, магния, натрия, калия, железа. Если же пересчитать на объемы различных атомов или ионов, то кислород составит более 90% общего объема.

Наиболее распространенные химические элементы в земной коре.

элемент	Масса, в%	Объем, в %
кислород	46,60	62,55
кремний	27,72	21,22
алюминий	8,13	6,47
железо	5,00	1,92
магний	2,09	1,84
кальций	3,63	1,94
натрий	2,83	2,64
калий	2,59	1,42

Таким образом, кора Земли является по существу «упаковкой» ионов кислорода, связанных друг с другом кремнием и другими элементами. Как отметил, Гольдшмидт литосфера может, названа «оксисферой».

Некоторые элементы, хотя и находятся в коре в заметных количествах оказываются рассеянными в обычных минералах и никогда не встречаются в высоких концентрациях. Вернадский их назвал рассеянными элементами: рубидий – рассеянный элемент в калиевых минералах, а галлий – в минералах алюминия.

## 2. Строение литосферы.

Земная кора имеет сложное строение, она слагает континенты, на которых возвышаются многочисленные высокие горы. С другой стороны, дно глубоководных частей океана характеризуются более или менее плоской поверхностью.

Геофизические исследования показывают, что участки земной коры постоянно испытывают преобразования, прогибания, горизонтальные и вертикальные движения.

Верхний слой коры, обладающий меньшей плотностью, называется сналем, а нижний слой с большой плотностью называется симой.

По химическому составу сналь соответствует гранитным породам, а Сима – базальтовыми или основными породами, богатым магнием и железом. Таким образом, континенты сложены, сналем, а основание океанического дна – симой.

Что касается распределения на Земле горных пород, то известно, что 95% коры состоит из изверженных пород, 5% приходится на долю осадочных. Изверженные породы делятся на 3 группы:

1. вулканические породы, образуются в результате отвердевания магмы;
2. плутонические породы, образуются в глубоких зонах на значительном удалении;
3. гипобисальные породы – это тип промежуточного положения.
4. все 3 группы обладают особенностями, но не изменяют химического состава земной коры. В соответствии с Кларком, усредненный литосферный состав изверженных пород в %: кварца – 12, полевого шпата-59,5, апатита – 0,6 и др.

Осадочные породы являются, вторичными образованиями возникают в результате отложения обломочного материала изверженных пород. Последние формируются вследствие выветривания, эрозии, переноса и осуществляется на

протяжении геологического времени под действием воды, льда, мороза и вулканической активности.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дать определение литосферы?
2. Особенности строения и химического состава литосферы.
3. Из каких элементов состоит земная кора?
4. Как называется верхний слой коры?
5. Что такое «сима»?
6. Приведите примеры рассеянных элементов?
7. Как подразделяются изверженные породы?

### **Тема 1.11. Геохимия атмосферы.**

#### **План:**

1. Состав и строение атмосферы.
2. Эволюция атмосферы.
3. Привнос в атмосферу и вынос химических элементов из атмосферы.

#### **1. Состав и строение атмосферы.**

Атмосфера (от греч. *atmos*- воздух и *sphaira* – шар) – это газообразная оболочка земного шара, предохраняющая ее от чрезмерно резких колебаний температуры и защищая все живое от вредного излучения Солнца и космического пространства. Атмосфера является средой, где образуются климат, ветры и дожди.

Естественный атмосферный воздух имеет следующий газовый состав ( в%): азота – 78,08; кислорода – 20,95; аргона – 0,93; углекислого газа – 0,03; неона, гелия, ксенона, метана и др. ) - 0,01. кроме того, в воздухе содержится во взвешенном состоянии частицы пыли и водяные пары.

Пыль (естественная) нужна для нормального развития природных процессов, протекающих в атмосфере. Аэрозоли служат ядрами конденсации водяных паров, поглощают солнечную радиацию, уменьшают земное излучение, этим самым защищают поверхность Земли от чрезмерного нагревания и препятствуют излишней теплоотдаче.

Атмосфера является самой внешней оболочкой земного шара. Верхняя ее граница находится на высоте около 1000 км. хотя с точки зрения химического состава, атмосферу можно рассматривать как однородную оболочку, плотность которой убывает монотонно с высотой, в ней можно различить различные структуры, существенно различающиеся по физическим свойствам. Это тропо-, страто-, и ионосферы. Около 80% всей массы атмосферы приходится на долю тропосферы, 20% - стратосферы и 0,05% - ионосферы.

1. тропосфера- самый нижний слой атмосферы, он содержит 84% атмосферного воздуха. Здесь происходят все метеорологические процессы ( образование облаков, туманов, ветров, дождя, снега).тропосфера является крайне важной для жизни нашей планеты частью атмосферы, представляющий наибольший интерес с точки зрения геохимии. Верхняя ее граница в полярных широтах находится на

высоте 8-10 км., в умеренных широтах на высоте 10-12 км, а в тропиках -16-18 км. от вышележащего слоя тропосфера отделяется переходным слоем – тропопаузой. 99,8 % всей ее массы составляют азот, кислород, аргон.

2. Стратосферы находятся на высоте до 55 км. в ней количество азота и кислорода уменьшается, водорода, гелия и других инертных газов увеличивается. Между тропо- и стратосферой на высоте 25-40 км. находится озоновый слой, поглощающий коротковолновую ультрафиолетовую радиацию Солнца. Озоновый экран оказывает также огромное влияние на тепловые условия у поверхности твердой части земного шара.
3. на высоте 55-75 км. находится мезосфера, где преобладают вертикальные движения воздуха и температура падает.
4. Ионосфера – выше 80 км. Здесь воздух разряжен, и несмотря на высокие скорости отдельных молекул, они не нагревают воздух. На высоте начиная с 600 км. и выше атмосфера имеет исключительно малую плотность составляющих ее частиц. Здесь уже начинается преддверье в космическое пространство.
5. Протоносфера – самое внешнее ажурное покрывало Земли. Она состоит из протонов, концентрация которых, уменьшается с высотой как бы растворяясь, в межпланетном пространстве.
6. Радиационный пояс находится в околоземном пространстве нашей планеты. Он состоит из протонов и электронов, выброшенных Солнцем и захваченных магнитным полем Земли.

Радиационный слой делится на 3 зоны:

1. внутренняя зона отстоящая от поверхности Земли приблизительно 1500-4000 км. состоит из протонов большой энергии.
2. средняя зона, из протонов и электронов меньшей энергии.
3. верхняя зона из электронов малых энергий, которые образуют вокруг Земли кольцевой ток.

## **2. Эволюция атмосферы.**

Для описания эволюции атмосферы надо вспомнить:

1. какой был состав первичной атмосферы
2. что поступило в атмосферу в течении геологического времени
3. что потеряла атмосфера в течении геологического времени.

Предположение о составе первичной атмосферы значительно зависят от того, какой гипотезы о происхождении Земли придерживаться.

Согласно планетоземальной гипотезы, частицы из которых образовалась, Земля не обладали, своей собственной атмосферой. Первичная атмосфера образовалась из газов, содержащихся в планетоземалях и освободившихся в результате нагревания и химических реакций, происходящих при агрегации и после ее.

В настоящее время, не вызывает сомнения, что почти все составные части атмосферы выделились из глубин Земли и наиболее убедительным доказательством этого, является сравнение распространенности элементов на Земле и в Космосе.

Эволюция атмосферы на Земле подробно обсуждалась Холландом (1922г). он выделил 3 стадии развития атмосферы. Образование Земли было экзотермическим процессом и выделившееся тепло в совокупности с радиогенным теплом вызвало

вулканизм. Холланд отмечает что, химический состав газов, выделившихся на первых стадиях атмосферы, сильно отличался от современного.

1 стадия. Длительность первой стадии определялась промежутком времени между агрегацией Земли и образованием ядра, путем выделения металлического железа из мантии. Этот период превышал 500 млн. лет.

2 стадия. Атмосфера состояла из азота с примесью углекислого газа и воды. Фотхимическое разложение водяного пара привело к образованию кислорода и водорода. Однако кислород не накапливался в атмосфере, а окислял восстановленные компоненты вулканических газов. Вторая стадия закончилась, когда образование кислорода начало превышать его потребление.

3 стадия. В начале палеозойской эры в атмосфере накопилось достаточно кислорода, чтобы начали развиваться многоклеточные животные. Таким образом, атмосфера, обогащаясь, кислородом постепенно и современная концентрация была, достигнута на сравнительно позднем этапе истории Земли.

### **3. Привнос в атмосферу и вынос химических элементов из атмосферы.**

Вынос химических элементов в течении геологического времени, т.е. атмосфера теряла следующие компоненты:

1. кислород – в результате окисления водорода до воды, закисного железа до окисного, соединений серы до сульфатов, соединений марганца до двуокиси марганца и др. подобных реакций. Удаление кислорода наблюдается везде, где происходит процесс выветривания.

2. углекислого газа – при образовании угля, нефти и рассеяния углерода при смерти и захоронениях организмов. Общая потеря углекислого газа составляет  $920 \cdot 10^{29}$  г.

3. азот – при образовании окислов азота в атмосфере и в результате деятельности азотофиксирующих бактерий в почве.

4. водород и гелий – путем их удаления из гравитационного поля Земли.

Привнос химических элементов в атмосферу.

1. газы, выделяющиеся при кристаллизации магмы – хлороводород, фтороводород, сероводород, углекислый газ и др.

2. кислород, образованный при фотохимическом разложении водяных паров и фотосинтезе;

3. гелий, образовавшийся в результате радиоактивного распада урана и тория;

4. аргон, образующийся при радиоактивном распаде калия.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение атмосферы?
2. Состав атмосферы?
3. Какое строение имеет атмосфера?
4. Через какие стадии прошла свое развитие атмосфера?
5. Какие химические элементы и соединения привносятся в атмосферу?
6. Какие химические соединения выносятся из атмосферы?

## Тема 1.12. Геохимия гидросферы.

### План:

1. Природа гидросферы.
2. Состав морской воды.
3. Состав пресных вод.
4. Баланс растворенного вещества в морской воде.

### 1. Природа гидросферы.

Гидросфера представляет собой прерывистую оболочку, образованную пресной, соленой и твердой водой на поверхности Земли.

Она включает в себя океаны, моря, заливы, озера, воды рек и ручьев, подземные воды, а также снег и лед. Наибольшее значение в балансе гидросферы имеют воды океанов и морей, составляющие 76,4% от объема гидросферы, затем идут подземные воды, заключенные в литосфере – 22,3% и воды поверхности литосферы (соленые моря-озера, пресные речные воды, пресные озера, болота и др) – 1,3%. Гидросфера составляет по массе 0,024% от массы земного шара.

Главными элементами по весу являются (в %): кислород -85,82; водород -10,72; хлор – 1,89; натрий – 1,06. Остальные элементы находятся в незначительных количествах в виде примесей.

Воды океанов и морей занимают 70,8% от всей земной поверхности. Плотность морской воды нормальной солености у поверхности при нуле градусов Цельсия составляет 1,028 г/см<sup>3</sup>. С глубиной плотность воды увеличивается. По оценке Гольдшмидта, на каждый квадратный сантиметр поверхности земли приходится 273 литра воды во всех ее формах, что распределяется следующим образом:

Морская вода – 268,45 л;

Пресная вода – 0,1 л;

Континентальный лед – 4,5 л;

Водяные пары – 0,003 л.

По принятой классификации все воды земной коры делятся на классы по преобладающему аниону (гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные), а каждый класс разделяется по катионам (кальций, магний, натрий).

### 2. Состав морской воды.

При рассмотрении состава морской воды наиболее употребительны две величины – Хлорность и соленость.

Хлорность устанавливается осаждением галоидов солями серебра и является суммарным количеством в граммах хлорида, бромида и иодида, содержащихся в 1 кг морской воды.

Соленость по определению, является величиной несколько меньшей общего веса растворенных (твердых) веществ в 1 кг воды. Она может быть определена при пересчете хлорности, или из измерения плотности. Хлорность и соленость принято обозначать в г/кг или ‰. в открытом океане соленость колеблется около 35‰. Основными растворимыми веществами в морской воде при хлорности 19‰ служат: хлор, бром, фтор, магний, кальций, калий, стронций, натрий, сульфат-, карбонат ионы, борная кислота. Из-за сложности состава морской воды определение общего

количества растворенных веществ невозможно при помощи прямого химического анализа.

Морская вода также содержит в растворенном состоянии газы (азот, кислород). Содержание углекислоты в морской воде регулирует атмосфера. Углекислота содержится в 4 разных состояниях : свободная углекислота; карбонатные ионы; гидрокарбонатные ионы; недиссоциированная кислота.

В химическом составе морской воды можно выделить 4 компонента:

1. Главные ионы – это 11 компонентов составляющих 99,98% по весу от всех растворенных в океанической воде солей (хлор, бром, натрий, калий, борная кислота, сульфат ионы, фтор, магний, кальций, стронций).

2. Биогенные элементы ( углерод, водород, азот, фосфор, кремний, железо, марганец) из которых состоят организмы.

3. Растворенные в морской воде газы (кислород, азот, углекислота, инертные газы, углеводород).

4. Микроэлементы ( тяжелые металлы).

Состав основных ионов в пресной и морской водах, ммоль/л:

ионы	речная	Морская
$K^+$	0,03	10
$Na^+$	0,23	470
$Mg^{2+}$	0,14	53
$Ca^{2+}$	0,33	10
$HCO_3^-$	0,85	2
$SO_4^{2-}$	0,09	2,8
$Cl^-$	0,16	550
$Si^{2-}$	0,16	0,1

Полезные ископаемые Мирового океана можно классифицировать:

- сырье в недрах воды океана (сера, нефть, газ, уголь, железная руда)
- приближенные месторождения ( моноцит, циркон, магнетит, золото, платина)
- полезные ископаемые морского дна ( железомарганцевые руды, фосфиты).

### 3. Состав пресных вод.

Пресная вода – это вода, в одном кг которой содержится не более 1 г солей. Из общего количества воды на Земле на долю пресной воды приходится не более 3%.

Распространение пресной воды по водным объектам.

Объект	Содержание в 1000км <sup>3</sup>
ледники	24364
Подземные воды	10530
Влага в почве	17
Пресные воды	91
болота	12

Вода в руслах рек	2
Вода в атмосфере	12
Биоводы	1

Среднеэлементный состав поверхностных вод суши отличается от вод Мирового океана. Если в океане преобладают ионы хлора, натрия, то в озерах и реках гидрокарбонаты натрия и кальция. отличается и концентрация растворенных веществ, в Мировом океане эта концентрация в 175 раз превышает таковую в водах рек и озер.

Состав речной и озерной воды зависит от типа почвы и горных пород через которые она проходит, а также от типа источников питания в виде поверхностного стока или грунтовых вод.

#### **4.Баланс растворенного вещества в морской воде.**

Принимая гипотезу неизменности состава океанической воды можно определить время пребывания ( в годах) каждого элемента, путем деления общего количества элемента в растворе океанической воды на количество элемента, выносимыми реками за год.

Наиболее длительное время пребывания имеет натрий. Такие элементы, как кальций, калий, магний имеют время пребывания порядка  $10^7$  лет. Менее распространены в морской воде элементы, особенно те, которые могут поступать в большом количестве, имеют короткое время пребывания. Кремний и алюминий находятся среди этих элементов. Большое количество кремния выводится из раствора под действием организмов.

Радиоизотопы стронция и цезия, опасные для живых организмов, обладают очень высокими величинами времени пребывания по сравнению с периодом полураспада. Следовательно, радиоизотопы этих элементов, попадающих в океан, быстро не осаждаются, а остаются в растворе и дотупны для морских организмов. Также в морской воде могут находиться ядовитые металлы и неметаллы ( мышьяк, селен и др.)

Таким образом, все элементы могли бы присутствовать в значительно больших количествах, чем в действительности. Они удаляются из раствора в результате осаждения малорастворимых соединений, адсорбции и осаждении, геологической деятельности, в результате сложных реакций между растворенными ионами и твердым материалом, взвешенными частицами или донными осадками. Такие процессы называются гольмиролизом.

Интересным примером гольмиролиза служит накопление радиоактивного материала в верхних слоях глубоководных осадков.

Для многих элементов, содержащихся в растворенном виде в океане, по видимому, наблюдается динамическое равновесие между привносом и выносом. В этом случае количество элемента, извлекаемое из морской воды в результате разных процессов, компенсируется количеством, привносимым с суши. Океан, таким образом, выступает как саморегулирующая система, в которой большинство элементов достигло равновесной концентрации.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова природа гидросферы?
2. Состав воды морей и океанов.
3. Какова геохимическая роль воды? Связь гидросферы с атмосферой.
4. Состав пресных вод?
5. Каков баланс растворенного вещества в морской воде?

### **Тема 1.13. Геохимия биосферы. Ноосфера.**

#### **План:**

1. Природа биосферы.
2. Состав биосферы.
3. Биогенные отложения. Ноосфера.

#### **1. Природа биосферы.**

Биосфера является прерывистой оболочкой земной коры, располагающейся в нижних частях атмосферы, во всей гидросфере, в почвах и самых верхних частях литосферы. Живое вещество неравномерно покрывает земную поверхность. Известны его скопления в почвах, лесах, морском планктоне и др.

Учение о биосфере создал крупный ученый В.И. Вернадский. Изучение геохимии живого вещества было начато им в 1916 г на биологической станции Киевского университета (с. Староселье, окрестности г. Киева). По его определению, биосфера – это наружная оболочка Земли, область распространения жизни, которая включает все живые организмы планеты и элементы неживой природы, составляющие среду их обитания. В. И. Вернадский, изучая историю отдельных химических элементов земной коры, впервые обратил внимание на огромную геологическую и геохимическую роль живого вещества в жизни земной коры в целом и в истории отдельных химических элементов в частности. Он утверждал, что связь состава организмов с химией земной коры и то огромное первенствующее значение, которое имеет живое вещество в механизме земной коры, указывает нам, что разгадка жизни не может быть получена только путем изучения живого организма. Рассматривая геохимическую роль живого вещества в жизни земной коры, он пришел к выводу, что свободный кислород земной атмосферы является продуктом жизнедеятельности зеленых растений.

По общей биомассе и продуктивности биосфера существовала по меньшей мере около 180-200 млн. лет.

Автором термина «биосфера» является французский химик Ж.Б. Ламарк. Но этот термин был долгое время забыт. В геохимию впервые ввел В.И. Вернадский в 1914г. Его книга «биосфера» была переведена на английский, французский языки. Занимаясь биогеохимией, изучающей распределение химических элементов, Вернадский пришел к выводу, что нет такого элемента, который бы не включался в живое вещество.

## 2. Состав биосферы.

Вернадский считал, что биосфера состоит из нескольких компонентов, важнейшими из которых являются:

1. живое вещество - растения, животные и микроорганизмы;
2. биогенное вещество – органические и органоминеральные продукты, созданные живыми организмами на протяжении геологической истории (каменный уголь, горючие сланцы, торф, нефть и др.);
3. косное вещество – горючие породы неорганического происхождения и вода, представляющие субстрат или среду обитания живых организмов;
4. биокосное вещество – результат синтеза живого и неживого вещества: осадочные породы, кора выветривания, почвы, илы и др.

Биосфера является глобальной экосистемой как и любая экосистема состоит из абиотической и биотической части.

Абиотическая часть представлена: почвой, атмосферным воздухом, водной средой океана, рек, озер.

Биотическая часть состоит из живых организмов.

Вернадский выделил большие концентрические области и дробные внутри них, называемые геосферами.

Геосфера – это установленные эмпирическим путем земные оболочки. Их можно классифицировать на 6 термодинамических оболочек, 8 газовых оболочек и 10 оболочек различающихся химическим составом. Обычно биосферу подразделяют на три геосферы: газовую оболочку, водную и твердую.

Верхней границей биосферы является живое вещество – это все количество живых организмов планеты как единое целое. Его химический состав подтверждает единство природы. Оно состоит из тех же элементов, что и неживая природа: кальций, магний, йод, хлор, алюминий и др. только соотношение этих элементов различное и строение молекулы иное.

Масса живого вещества по сравнению с массой всей земной коры ничтожна. По весу вещество составляет всего около 0,01% веса земной коры. Основная часть массы живого вещества приходится на морской фитопланктон, леса и травянистую растительность суши.

В большей степени вода является основным компонентом всего органического вещества. Например, древесина содержит около 50% воды, позвоночные – 60%, морские беспозвоночные – 99%. Уэбб и Фирон в 1837 г привели общий состав биогенного вещества. Элементы, участвующие в метаболизме грубо можно подразделить на следующие группы:

1. элементы, участвующие в энергообмене (углерод, кислород, водород, азот)
2. макроэлементы питания (фосфор, кальций, калий, магний, хлор, натрий)
3. микрокомпоненты (железо, медь, марганец, цинк – важен для животных и растений, бор, молибден и кремний – только для растений, кобальт и хлор – только для животных)

Многие рассеянные элементы в независимости от того важны они для метаболизма или нет, являются вредными при концентрациях выше некоторого, нередко очень низкого уровня.

Радиоактивные элементы, влияют на процесс деления клеток, структуру генов. Аналитически установлено свыше 60 элементов, но большинство из них является микрокомпонентами.

Биохимически важными называются элементы, принимающие непосредственное участие в жизненном цикле организма или постоянно находящиеся в ней в концентрациях, более высоких, чем в окружающей среде.

Если сравнивать содержание элементов в живых организмах, то во главе всех находятся кислород и водород, так как основным компонентом является вода. В результате жизнедеятельности животных и растений в природе накапливаются фосфор, углерод, азот, сера. Если рассматривать не живое вещество в целом, а золу, то обнаруживаются что обогащение характерно для большого числа компонентов натрия, калий, бром, йод – в морских беспозвоночных; фосфор, натрий, калий, бром, йод, хлор – в человеке. Есть растения способные извлекать элементы из почвы.

### **3. Биогенные отложения. Ноосфера.**

Используя сведения о составе живых организмов, рассмотрим геологические образования, являющиеся результатом биологической деятельности. Такие отложения называются биолитами. Они разделены Грабау на две группы: некаустобиолиты (несжигаемые (известняки)) и каустобиолиты (сжигаемые (уголь, нефть)).

Что касается кремнистых отложений органического происхождения, то они значительно редки. В образовании многих биогенных отложений значительную роль играют микроорганизмы. Бактерии и водоросли способны проявлять большую химическую активность. Некоторые геологи полагают, что колоссальные по запасам месторождения железных руд, обязаны своим происхождением деятельности этих организмов.

Ноосфера – мыслящая оболочка ( оболочка разума) – высшая стадия биосферы, связанная с возникновением и становлением в нем человека, с периодом, когда разумная человеческая деятельность становится главным фактором развития на Земле, т.е. это часть биосферы на которую особо влияет деятельность человека.

Переход в эпоху ноосферы Вернадский рассматривал как, один из актов приспособления. Все живые организмы приспособляются, но человек включает в этот процесс разум.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что входит в состав биосферы?
2. Каким ученым был установлен термин «биосфера»?
3. Кем было развито и создано учение о биосфере?
4. Какие основные компоненты составляют биосферу?
5. Дайте определение терминам биогенное, косное и биокосное вещество?
6. Что такое «макроэлементы», их значение для живого организма?
7. Что такое биолиты?
8. Дайте определение термину «ноосфера»?

## Раздел 2. Экогеохимия.

### Тема 2.1. Предмет изучения экогеохимии.

#### План:

1. Основные экогеохимические термины.
2. Понятие и предмет изучения экогеохимии.
3. История развития экогеохимии.

#### 1. Основные экогеохимические термины.

Экогеохимия на современном этапе развития и цивилизации представляет собой сложную комплексную дисциплину, основанную на различных областях науки: биологии, химии, физики, экологии и др.

Впервые в науку понятие «экология» ввел немецкий ученый Э.Геккель (1886г) и подразумевалось как изучение взаимоотношений между различными организмами в природных условиях.

По В.А. Радневичу «экология» это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов в их естественной среде обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека.

Экосистема – это любое сообщество живых существ и среда обитания, объединенные в единое функциональное целое, возникающее на основе взаимосвязи между организмами и средой обитания, за счет чего эта система сохраняет свою устойчивость.

Градации экосистем: микроэкосистемы (ствол гниющего дерева, капли дождя); мезосистемы (пруд, лес); макросистемы (океан, континент); глобальная – биосфера Земли. Важной характеристикой экосистемы является ее устойчивость – это способность оставаться относительно неизменной в течении определенного отрезка времени внутренним и внешним условиям.

Окружающая среда – носит глобальный, широкий масштаб, это и воздух, вода, природные объекты т.е. все условия необходимые для жизни и развития живого организма и все что нас окружает.

#### 2. Понятие и предмет изучения экогеохимии.

Экогеохимия – это составная часть общей геохимии. В экологической геохимии рассматривается не вся земная кора, а только внешняя часть – биосфера, в которой обитают живые организмы.

В экологической геохимии взаимосвязь между организмами рассматривается как миграция химических элементов, находящихся в довольно сложной биогенной форме. Часто выделяют внутривидовую и межвидовую связи.

Большое внимание в экогеохимии уделяется рассмотрению взаимосвязи между организмами и средой их обитания.

Важным разделом экогеохимии является биогеохимия. В ней рассматривается химический состав различных организмов и их изменения.

### **3. История развития экогеохимии.**

Экогеохимия является одним из научных направлений геохимии- науки XX века. Огромный вклад в развитие внесли такие ученые как Вернадский, Ферсман, Гольдшмидт, Кирхгоф и Бунзен.

Работы Вернадского предопределили возникновение экогеохимии.

Ферсман ввел термин «техногенез», «кларк» и др., и ряд других значительных открытий. Развитию геохимии и экогеохимии способствовали ученые Кларк, М.А. Глазовский, В.В. Добровольский, В.В. Докучаев, Б.Б. Польнов.

Таким образом, неюходимость рассмотрения, с точки зрения экологии, различных геохимических процессов, протекающих в биосфере, привела к созданию науки «экогеохимии».

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое экосистема, градации экосистем, экология?
2. Предмет изучения экологической геохимии.
3. Вклад учёных в становлении экогеохимии.
4. Приведите сравнительный анализ по предмету изучения и объектам исследования геохимии и экогеохимии?

### **Тема 2.2. Виды и источники загрязнения окружающей среды.**

#### **План:**

1. Общие представления о загрязнении окружающей среды.
2. Виды и источники загрязнения окружающей среды.
3. Последствия загрязнений.

#### **1. Общие представления о загрязнении окружающей среды.**

Под загрязнением окружающей среды понимают поступление в биосферу любых твердых, жидких, газообразных веществ или видов энергии (тепло, звук и др) в количествах, оказывающих вредное воздействие на живой организм как непосредственно так и косвенно.

Развернутую характеристику этого понятия приводит Рамонд (1911г) – неблагоприятное загрязнение окружающей среды целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняя распределение уровней и условия существования живых существ.

Эти изменения могут влиять на самого человека прямо или через сельскохозяйственную продукцию, почву воду.

#### **2.Виды и источники загрязнения окружающей среды.**

Загрязнения подразделяются на локальные, региональные, глобальные.

Виды загрязнений различны. Выделяют естественные загрязнения, возникающие в результате мощных природных процессов (извержения вулканов, землетрясения, цунами, лесные пожары, выветривание горных пород и др) без влияния человека. Антропогенные загрязнения, являются результатом человеческой деятельности, превышающим естественные ( вырубка лесов, выбросы ядовитых газов, отходы промышленности, пестициды и др).

Различные виды загрязнений подразделяются на два основных:

1. физические (тепловое, шумовое, радиоактивное загрязнения);
2. химические (аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, ВМС, пластмассы и др.)

Химическое загрязнение характеризуется увеличением количества химических компонентов определенной среды, а также проникновение или введение химических веществ в концентрациях превышающих норму. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых опасны 12 наименований (бензол, фенол, асбест, бензопрен, пестициды, тяжелые металлы, красители, пищевые добавки и др).

### **3. Последствия загрязнений.**

Вулканы в период своей активности выбрасывают в атмосферу огромное количество пыли - вулканического пепла. Пыль является одной из причин резкого похолодания климата. Помимо пыли в атмосферу попадают ядовитые газы. Они приводят к разнообразным болезням.

Засуха. Засушливый климат вызывает массу нежелательных эффектов, а также различного рода заболеваний дыхательных путей. Многие страны, находящиеся в зоне пустынь страдают от запыленности воздуха.

Вынос морских солей. Густые туманы и водяная пыль, возникающие в нижних слоях атмосферы над океаном, при испарении влаги поставляют в воздух кристаллы морских солей. Эти соли усиливают коррозию металлических конструкций, увеличивают соленость почвы.

Последствия антропогенного загрязнения атмосферы разнообразны. Загрязнение воздуха отрицательно влияет не только на здоровье человека, животных и растений, а также на климат городов, архитектурные сооружения и другие произведения искусства.

Промышленные выбросы в огромной степени увеличивают в атмосфере число мельчайших пылинок, которые обволакиваются водяным паром. Это является причиной увеличения пасмурных дней, образуется ядовитый туман – смог. Главным действующим компонентом смога является оксид серы (IV) – яд, вызывающий катаракту дыхательных путей, бронхит, диспепсические расстройства.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что подразумевается под «загрязнением»?
2. Продукты, какого происхождения являются потенциальными загрязнителями окружающей среды?
3. Приведите общую характеристику основных источников и видов загрязнения окружающей среды. Раскройте их влияние на природную среду.
4. Влияние природных источников загрязнения на состояние окружающей среды.
5. Как влияют антропогенные (техногенные) источники загрязнения на окружающую среду?

## **Тема 2.3. Меры защиты от различных видов и источников загрязнения.**

### **План:**

1. Основные пути борьбы с шумом.
2. Защита от электромагнитного и ионизирующего излучения.
3. Организационные меры по охране воздуха.
4. Меры по охране и экономному расходованию водных ресурсов.
5. Организационные меры по охране почв.

### **1. Основные пути борьбы с шумом.**

В Р.К. действуют санитарные нормы, строго регламентирующие допустимые уровни шума на предприятиях, местах отдыха, улицах, рабочих местах и т.д.

Нарушение установленных нормативов опасно для здоровья людей. Важным условием защиты населения от воздействия шума является строгое соблюдение установленных предельно допустимых уровней.

Способы борьбы с шумом:

1. Снижение шума в источниках возникновения. Здесь необходима тщательная сборка и наладка каждого агрегата, станка и машины. Оборудование и механизмы следует установить на фундаментах со звукоизоляционными прокладками. Шум от отдельных ударов удаляют путем применения упругих прокладок между ними. Соблюдение режимов сборки, эксплуатации и профилактико - ремонтных работ является гарантией снижения уровня шума в источниках возникновения.

2. Устройство экранов и других сооружений на путях его распространения. Проводят застройку городов, улучшают планировку, удаляют жилые массивы от источника шума, повышают звукоизоляционные качества конструкций и деталей, проводят посадку деревьев.

### **2. Защита от электромагнитного и ионизирующего излучения.**

#### Электромагнитное излучение.

Различают два вида электромагнитного излучения: естественное и искусственное. К первому излучению относят атмосферное электричество, радиоизлучение Солнца и Галактики, электрический и магнитный пояс Земли.

К искусственным относят: индукторы, радиаторы, измерительные приборы, линии электропередач и др. устройства.

Учитывая нежелательное воздействие высокочастотной энергии на организм человека, предусматривается необходимая защита от такого воздействия.

Прежде всего коротковолновые передатчики, работающие в режиме несущих волн, размещаются вдали от жилой застройки; мощные (свыше 100КВт) коротковолновые радиостанции должны быть размещены за пределами населенных пунктов, вдали от жилья. Вокруг телецентров создаются специальные санитарно-защитные зоны. Каждая такая зона в свою очередь, делится на зону строгого режима и зону ограниченного пользования. В зоне строгого режима напряженность поля не должна превышать 20В/м, а в зоне ограниченного пользования 4 В/м. здесь не должно быть жилья, люди находятся не больше 8 часов в течении дня.

Как защитное средство от электромагнитного излучения рекомендуется экранировать территории путем строительства зданий из железобетонных конструкций, проводить многорядные лесопосадки по фронту распространения электромагнитных волн.

#### Ионизирующее излучение.

Излучение с очень высокой энергией, способное выбивать электроны из атомов и присоединять их к другим атомам с образованием заряженных ионов, называется ионизирующим излучением. Источниками излучения служат радиоактивные вещества содержащиеся в горных породах, поступления из космоса, радионуклиды.

К ионизирующим излучениям относят ( $\alpha$ ,  $\beta$ , нейтронные) корпускулярные и электромагнитные ( $\gamma$  и рентгеновские) излучения.

Ионизирующее излучение представляет большую опасность для человека, животных и растений. Попадая в окружающую среду, радионуклиды рассеиваются и могут накапливаться в живых организмах и при движении по пищевой цепи передаваться человеку.

Утилизацию радиоактивных веществ проводят, создавая так называемые могильники. Жидкие радиоактивные отходы хранят в банках из нержавеющей стали, их остекловывают или обжигают для получения керамических блоков. Затем помещают в контейнеры из хромоникелевых сплавов, обладающих высокой коррозионной стойкостью в различных средах.

### **3. Организационные меры по охране воздуха.**

Воздух считается чистым, если содержание пыли не превышает  $0,02\text{мг/м}^3$ .

Скорость воздуха в горизонтальном направлении в верхних слоях атмосферы достигает 100-150 км/час, поэтому загрязнения распространяются на большие расстояния.

К числу организационных мер по обеспечению охраны атмосферного воздуха следует отнести разработку и практическое осуществление нормативов ПДК, принципы зонирования территорий, регулирование движений автомашин, замену устаревших технологий и упорядоченное применение ядохимикатов и минеральных удобрений в сельском хозяйстве.

### **4. Меры по охране и экономному расходованию водных ресурсов.**

Правовая охрана водопользования в Р.К. определена Водным кодексом, принятым 31.03.1993г. основной его задачей является регулирование водных отношений в целях рационального водопользования, охраны водных ресурсов от загрязнения, засорения и истощения, а также предупреждения вредного воздействия на почву.

Водопользователь обязан рационально и экономно расходовать водные ресурсы, принимать меры к восстановлению качества воды, не наносить вред другим водопользователям, земле, лесам, животному миру содержать в исправном и рабочем состоянии очистные сооружения.

Важное место в предохранении гидроресурсов от качественного истощения принадлежит очистным сооружениям, они бывают разных типов в зависимости от основного способа обезвреживания нечистот. При механическом методе

нерастворимые примеси удаляют из сточных вод через систему отстойников и разного рода ловушек-решеток и сит разных размеров ячеек.

Метод химической очистки состоит в том, чтобы добавить к стокам таких химических реагентов, которые, вступая в реакцию с загрязнениями способствовали выпадению нерастворимых коллоидных и частично растворенных веществ. Некоторые нерастворимые вещества переводятся в безвредные.

Наиболее эффективным способом является физический метод очистки воды. Электрический ток пропускают через протстоки, это приводит к выпадению большинства загрязнений в осадок.

## **5. Организационные меры по охране почв.**

В природе происходят процессы разрушения и сноса почвенного слоя земли ветрами, водой, стихийными бедствиями. Понижение плодородия почвы, а иногда полная потеря его происходят в результате эрозии, засоления, заболачивания, загрязнения и прямого разрушения при производстве строительных, горнодобывающих и других работ.

Эрозии подвержены сухие, бестравные и безлесые земли. Меры борьбы с эрозией почв осуществляется с учетом рельефа местности, климатических условий и интенсивности развития эрозийных процессов. К ним относят: организационно-хозяйственные мероприятия (обработка полей, внесение удобрений и др.) и агротехнические приемы.

Главной мерой защиты земель от опустынивания является предотвращение выдувания почвы путем создания лесопосадок и искусственных однолетних пастбищ из таких кустарников и полукустарников, как изень, терскен и др.

Для сельскохозяйственного использования заболоченных земель необходимо, прежде всего, осушение путем проведения дренажных работ в комплексе с другими агротехническими приемами.

Важным направлением борьбы с истощением земель является мелиорация, и прежде всего оросительные мероприятия.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие мероприятия проводятся с целью охраны окружающей среды?
1. Какие основные пути борьбы с шумом Вы знаете?
2. Какие виды электромагнитного и ионизирующего излучения Вам известны и основные меры защиты от них?
3. Какова сущность организационных мер по охране воздуха?
4. Каковы меры по охране и экономному расходованию водных ресурсов?
5. В чем заключается организационная охрана почвы?

## **Тема 2.4. Методы изучения состояния и анализа качества окружающей среды. Мониторинг.**

### **План:**

1. Методы изучения состояния окружающей среды.
2. Понятие экологического мониторинга.

### 3. Классификация мониторинга.

#### 1. Методы изучения состояния окружающей среды.

Для выявления и предупреждения нежелательных последствий техногенного влияния необходима организация контроля загрязнения окружающей среды. Существуют различные методы изучения состояния и анализа качества окружающей среды.

Цель контроля состояния окружающей среды - оценка и регистрация меняющегося уровня химического состава, а также влияние источников загрязнения.

Наблюдение за загрязнением осуществляется на разных уровнях, имеющих ряд собственных задач и методологических подходов. К ним относятся:

- локальный уровень (наблюдение осуществляется непосредственно вокруг источников загрязнения)
- региональный уровень (оценивается загрязнение региона, как правило, за пределами территории с чисто локальным загрязнением)
- глобальный (фоновый) уровень (наблюдения проводятся в заповедниках и на биосферных станциях, удаленных от источников загрязнения).

Все уровни наблюдения подразумевают проведение картографирования.

Все изменения, происходящие в окружающей среде можно оценить качественно и количественно. Таким образом, появилась реальная возможность проводить оценку состояния окружающей среды и проходящих в ней природных и, что особо важно, антропогенных изменений на количественной основе с позиции перемещения и концентрации химических элементов и их соединений.

#### 2. Понятие экологического мониторинга.

Мониторинг - система регулярных наблюдений, включающая в себя наблюдения за фактическими уровнями, определения прогностических уровней, оценку последствий фактических и прогностических уровней загрязненностей, выявление источников загрязнений.

Всесторонний анализ окружающей среды предусматривает оценку ее экологического состояния и влияния на нее естественных и антропогенных воздействий, характер этих воздействий весьма специфичен. Лимитирующим показателем уровня естественных и антропогенных воздействий является предельно допустимая экологическая нагрузка (ПДЭМ), которая установлена в связи с тем, что нормальное функционирование и устойчивость экосистем биосферы, возможны при непревышении нагрузок. Состояние биосферы, непрерывно меняющееся под влиянием естественных факторов (изменение температуры, влажность почв) обычно возвращается на первоначальный этап, проходит в пределах некоторых постоянных значений.

В мире существуют различные экологические службы (например гидросейсмическая и др.), которые проводят контроль за изменением этих процессов. Поэтому в результате антропогенных воздействий создана информационная служба экологического мониторинга. Он включает в себя

изменение состояния окружающей среды под влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

Основные задачи экологического мониторинга антропогенных воздействий.

1. Наблюдение за источниками антропогенных воздействий.
2. Наблюдения за факторами антропогенных воздействий.
3. Наблюдения за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия.
4. Оценка физиологического состояния природной среды.
5. Прогноз изменения состояния природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния окружающей среды.

Термин «мониторинг» образован от лат. Слова «монитор» - наблюдающий, «предостерегающий».

Существуют различные формулировки термина «мониторинг». Более раскрытое определение мониторингу предложил уч. Израэль в 1974 году, «мониторинг» - состояние природной среды, загрязнений и эффектов, вызываемых ими в биосфере; подразумевает комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных элементов под влиянием антропогенных воздействий.

Программа ЮНЕСКО определяет «мониторинг» как систему регулярных и длительных наблюдений, дающих информацию о прошлом и настоящем окружающей среды и прогнозирования изменения параметров, имеющих значение для человека.

### **3. Классификация мониторинга.**

По объектам наблюдения различают: атмосферный, водный, почвенный, климатический мониторинг, мониторинг растительности, животного мира, здоровья и др.

Существуют классификация систем по мониторинга по факторам, источникам и масштабам воздействия.

1. мониторинг фактора воздействия – это мониторинг различных химических загрязнителей и разнообразных природных и физических факторов воздействия (шумовое, солнечная радиация, излучение и т.д.).
2. Мониторинг источника загрязнения - это мониторинг точечных стационарных источников (заводские трубы), точечных подвижных (транспорт) и пространственных (города, поля с внесенными удобрениями) источников.
3. По масштабам воздействия мониторинг бывает пространственным и временным. По характеру информации различают:
  1. глобальный – наблюдения за общемировыми процессами Земли, включая все экологические компоненты и предупреждение о возникновении экстремальных ситуациях.
  2. базовый (фоновый) – наблюдение за общесферными природными явлениями без наложения на них региональных явлений.
  3. национальный – это мониторинг в масштабах страны.

4. региональный – это наблюдение за процессами являющимися в пределах какого-нибудь региона, где эти процессы могут быть отличными и по природному характеру и по антропогенным воздействиям .

5. Локальный – мониторинг воздействия конкретно антропогенного источника.

6. Импактный – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах.

Мониторинг также может классифицироваться и по методам наблюдения состояния окружающей среды и может быть:

1. Химический – это система наблюдений за химическим состоянием природы и антропогенного происхождения ( атмосферы, осадков, поверхностных вод) и контроль за динамикой рапсделения химических веществ. Глобальной задачей является определение фактического уровня загрязнения окружающей среды приоритетными ингредиентами.

2. Физический – это система наблюдений за влянием физико-химических процессов и явлений на окружающую среду ( наводнение, вулканизм, засухи, землетрясения, эрозии и др.) .

3. Экобиохимический – основан на двух состояющих химическом и биологическом.

4. Биологический – это мониторинг, осуществляемый с помощью биоиндикаторов.

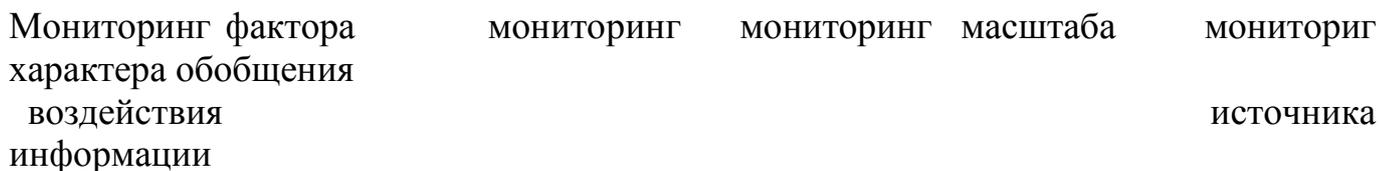
5. Дистанционный – это мониторинг, действующий на расстояниях ( авиационный, космический) оснащенный радиометрической аппаратурой, способной осуществлять активное зрндирование и регистрацию опытных данных.

Также существуют различные универсальные мониторинги. Из них наиболее распространенным является комплексный мониторинг окружающей среды – это организация системы наблюдений за состоянием объектов окружающей среды для оценки их фактического уровня загрязнения и предупреждения о создающихся критических ситуациях вредных для здоровья людей.

#### Методы наблюдения состояния окружающей среды



#### Мониторинг



### **Контрольные вопросы:**

1. Какие методы изучения состояния окружающей среды вам известны и в чём их сущность?
2. Как разделяются уровни наблюдения за загрязнением окружающей среды?
3. Раскройте систему мониторинга.
4. Какие виды мониторинга Вам известны?
5. Основные задачи экологического мониторинга антропогенных воздействий
6. Что такое предельно-допустимая экологическая нагрузка?

### **Тема 2.5. Системы, приборы и методы контроля качества окружающей среды.**

#### **План:**

1. Методы контроля качества воды.
2. Методы контроля качества почвы.
3. Характеристика ПДК.
4. Показатели состояния окружающей среды.

#### **1. Методы контроля качества воды.**

Существуют различные способы и системы контроля за окружающей средой. Наиболее важно рассмотреть и уделить внимание контролю качества окружающей среды, а именно воды и почвы, так как они являются одними из важных составляющих биосферы.

Среди методов по анализу состояния воды выделяют следующие:

1. Биотестирование качества воды.

В связи с наличием большого количества химических соединений, влияние которых на качество воды невозможно оценить химико-аналитическим контролем, все большее значение приобретает Биотестирование относительно органических организмов и их систем. С помощью биотестирования определяют ПДК новых химических соединений, проводят биохимический и генотоксикологический мониторинг водных экосистем. Известны способы определения микроколичеств фосфорорганических пестицидов в воде биотестированием с помощью дафний. Биотестирование относительно рыб широко применяют для определения следовых количеств пестицидов и метаболитов в водных экосистемах. Результаты, полученные с помощью химико-аналитического контроля и биотестирования, дополняют друг друга.

2. Радиационный контроль.

Радиоактивные элементы могут присутствовать в воде как в виде радиоактивных солей (от заводов по производству ядерного топлива), так и в виде механических примесей (вкрапление радионуклидов в минеральные частицы) и биологических загрязнений (рачки, обитающие в радиоактивном или водоемов). Как правило, радионуклиды, попавшие в водную среду, неравномерно распределяются как по объему, так и в донных отложениях. В илистом дне содержание радионуклидов во много раз больше, чем в песочном. Со временем радионуклиды скапливаются в донных отложениях.

Известны методы по радиоактивному контролю:

1. определение суммарной  $\alpha$ -активности;

2. определение суммарной  $\beta$ -активности;
3. определение активности трития и стронция.

### 3. Контроль токсичности воды.

На практике для контроля токсичности воды наряду с известными методами биотестирования широко применяют биохимико-физиологические испытания, основанные на сравнении параметров характеризующих нормальное поведение организма или биокультуры, с теми же параметрами, наблюдаемыми под воздействием загрязненной воды. Как правило, контролируются изменение концентрации органического кислорода, количество поглощенного кислорода или выделившегося углекислого газа и другие параметры. Все эти методики впервые стандартизируются сразу на международном уровне.

Биохимико-физиологические испытания, благодаря наличию разнообразных датчиков на кислород, двуокись углерода легко автоматизируются.

## 2. Методы контроля качества почвы.

Среди методов по контролю за состоянием почвы различают: контроль загрязнения почв пестицидами и минеральными удобрениями и контроль загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами.

### Контроль загрязнения почв пестицидами и минеральными удобрениями.

Контроль за содержанием пестицидов и минеральных удобрений в почве в системе охраны природы проводится в целях:

1. проверки соблюдения технологии и регламентов при применении химических средств защиты растений и удобрений, включая правила перевозки, хранения, приготовления и внесения препаратов;
2. установления фактических масштабов и уровней загрязнения почв остатками пестицидов и минеральных удобрений;
3. определения потенциальной опасности вторичного загрязнения остатками пестицидов и удобрений смежных с загрязненными почвами сред и природных объектов.

Среди видов контроля различают:

1. **Сплошной** – проводится в исключительных случаях при обнаружении высокого содержания остатков химикатов в почвах для установления масштабов и степени опасности загрязнения.

2. **Выборочный контроль**, который в свою очередь, подразделяется на:

А) **текущий**-проводится ежегодно на новых полях и участках

Б) **стационарный** – проводится на одних и тех же участках в течении двух и более лет.

Стационарный контроль подразделяется:

**Производственный** – когда на определенных полях длительное время применяют стойкие и высокотоксичные химикаты, и существует опасность загрязнения их остатками объектов окружающей среды.

**Мониторинговый** – проводится для оценки загрязнения почв и продукции растениеводства химикатами в результате их высокой персистентности и глобальной миграции.

### Контроль загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами.

При попадании нефти и нефтепродуктов в почву часто происходят глубокие изменения химических, физических, микробиологических свойств почвы, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля. Из-за отсутствия установленных ПДК при загрязнении почв нефтепродуктами оценка загрязнения проводится путем сравнения с фоном. Загрязнением почв нефтью принято считать увеличение концентраций этих веществ до уровня, при котором:

- нарушается экологическое равновесие в почвенной системе
- происходит изменение морфологических и физико-химических характеристик
- изменяются водно-физические свойства почв
- нарушается соотношение между отдельными фракциями органического вещества почвы
- снижается продуктивная способность земель.

#### Организация контроля.

Существуют три метода контроля: визуальный, инструментальный и биологический.

Визуальный метод используется для ежедневного наблюдения за состоянием земель. Инструментальный метод анализа позволяет идентифицировать токсиканты, а также дает точную количественную информацию об их содержании. Метод биоиндикации оценивает патогенные факторы косвенно – через биологическое действие.

#### Приборы используемые при анализе воды и почвы.

При анализе воды используются приборы и устройства общего и специфического назначения : ионометры (портативные и стационарные) для определения рН среды воды (Иономер ЭВ-74, И-160М), фотоэлектроколориметры (ФЭК-56М, КФК-2, КФК-3), спектрофотометры (СФ-26, СФ-46).

При исследованиях по состоянию почвы могут быть использованы: дозиметры, радометры, спектральные приборы, а также ионометры.

### **3. Характеристика ПДК.**

Для количественной оценки состояния окружающей нас природной среды и в особенности для принятия определенных мер, в том числе административных, по недопущению ее загрязнения конкретными поллютантами или ее улучшению, необходимо знать контрольные значения содержания загрязняющих веществ в различных частях геохимических ландшафтов. Начиная с этих значений, дальнейшая концентрация поллютантов должна считаться неприемлемой. Такие контрольные значения содержаний должны устанавливаться для почв, воздуха, подземных и поверхностных вод, растений. Конечно же, для каждого загрязняющего вещества они должны устанавливаться отдельно.

Вот эти контрольные значения получили названия ПДК (предельно допустимой концентрации). ПДК веществ, загрязняющих биосферу, вводились как нормирующие показатели во многих странах. Единые ПДК были введены в свое время и для такой громадной территории, как СССР. Часть из них вводилась с учетом времени пребывания человека в данном месте.

ПДК – комплексный показатель безвредного для человека содержания отдельных химических веществ, в том числе техногенных, не имеющих природных аналогов.

ПДК рассматривается как нормы содержаний различных веществ в среде, окружающей человека, при которых он может считать безопасным свое существование в тех участках биосферы, для которых эти ПДК определены. Подразумевается также использование продуктов питания и воды, для которых установлены ПДК.

Определенные вещества могут вызывать генетические изменения. Последствия загрязнения такими поллютантами в полной мере скажутся только на последующих поколениях.

Совершенно не ясны и практически неучтены в ПДК последствия совместного воздействия на человека разных химических элементов, находящихся в самых различных концентрациях. Ряд химических элементов, при недостатке последних в среде ( или продуктах питания), замещается их геохимическими аналогами. При этом появляются многие, довольно тяжелые болезни у растений и животных включая человека. Например: к настоящему времени известны пары следующих элементов: Ca-Sr, Ba; S-Se. так поражение скелета человека и животных искривление позвоночника, поражение суставов, ломкость костей, выпадение волос и т.д. характерна лишь для районов с пониженным содержанием кальция при избытке бария и особенно стронция.

В районах с повышенным содержанием селена в почвах, переходящего в растения, наблюдается специфическое отравление этим элементом получившим название алкалоз. Однако внесение кристаллической серы ( и даже гипса ) в почвы с тем же содержанием селена уменьшение содержание этого элемента в выращенном на этих почвах зерне с 12 до 14 мг/кг. При концентрации в зерне селена около 12 мг/кг поедающие крысы, кролики, крупный рогатый скот, лошади через несколько месяцев умирали; поражались внутренние органы (почки, селезенка, печень, сердце).

Таким образом, одна и та же концентрация одного из этих элементов в одном случае является токсичной, а в других – совершенно безвредной.

Токсичность химических элементов (их соединений) зависит не только от концентрации, но и от формы, а часто и от вида их нахождения в биосфере. Так, в почвах большинство химических элементов находятся в минеральной форме. При этом чем меньше минерал растворен, тем менее доступен для организмов, а следовательно меньше их токсичное воздействие даже при высоких концентрациях.

Например, рассмотрим поведение натрия. Более доступным и токсичным он будет при высоких концентрациях в почвенных растворах, а не в минералах. Однако в разных минералах степень его доступности будет различной: в галите – доступен, а в жадеите ( $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ ) – практически недоступен.

Особо следует учесть, что для всех живых организмов, включая человека, нет химических элементов «полезных» и «вредных». Для нормального развития организма необходимы все элементы, но только при их определенных концентрациях и формах нахождения в различных частях биосферы. При этом одни нужны в больших концентрациях, другие – в меньших.

Элементы, находящиеся ниже линии питательных веществ, даже при незначительном повышении концентрации очень быстро становятся токсичными. Резкое понижение также ведет к болезням ( фторирование воды, зубных паст, йодирование соли).

#### 4. Показатели состояния окружающей среды.

Существуют новые более приемлемые показатели допустимых концентраций в конкретных природных условиях вместо ПДК.

**ПДВ** (предельно допустимый выброс) загрязняющих веществ определенным источником за единицу времени.

**ПАН** (показатель абсолютного накопления химических элементов) – показывает, какая масса того или иного химического элемента накопилось в результате определенных процессов (как природных, так и техногенных) на единице площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое содержание (кларковое).

**ПОН** (показатель относительного накопления) – это частное от деления ПАН на фоновое (кларковое) содержание  $C_{\phi}$  в почвах:

$$\text{ПОН} = \text{пан} / c_{\phi}$$

**ПДМ<sub>М.Р.</sub>** – это предельно допустимая разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, в  $\text{мг}/\text{м}^3$ , т.е. это концентрация при вдыхании в течении 20 минут не должна вызывать рефлекторных (сенсорных) реакций человека.

**ПДК<sub>С.С.</sub>** – это среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе, в  $\text{мг}/\text{м}^3$ , т.е. это концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия.

**ЛД<sub>50</sub>** – летальная концентрация вещества, вызывающая при вдыхании гибель 50% подопытных живых,  $\text{мг}/\text{л}$  ( $\text{мг}/\text{моль}$ ).

**ПК<sub>ост.</sub>** – пороговая концентрация острого действия установленная на лабораторных живых при однократном воздействии,  $\text{мг}/\text{л}$ .

**ПК<sub>х.</sub>** – это пороговая концентрация хронического действия, установленная на лабораторных живых при длительном воздействии,  $\text{мг}/\text{л}$ .

**БК** – это биопотребность в кислороде, т.е. количество используемого при биохимическом процессе окисления органических веществ, за определенное время инкубации пробы. Окислительный процесс осуществляется за счет микроорганизмов, использующих органические вещества в качестве пищи.

**ХПК** – химическая потребность в кислороде, т.е. количество кислорода эквивалентное количеству расходуемого окислителя необходимого для окисления всех восстановителей, содержащих в воде ( $\text{мг-экв}/\text{л}$ ).

##### Ранжирование.

По степени опасности химические вещества подразделяются на 3 класса:

- 1- вещества высоко опасные, оказывающие сильное влияние на пищевую ценность с/хоз. продукции. Это мышьяк, селен, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, бензопирен и др.
- 2- вещества умеренно опасные, оказывающие умеренное влияние на пищевую ценность с/хоз. продукции. Это бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром и др.
- 3- Вещества малоопасные, не оказывающие влияние на пищевую ценность с/хоз. Продукции. Это барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон и др.

### Контрольные вопросы:

1. В чем заключается метод биотестирования воды?
2. Дайте краткую характеристику радиационному контролю качества воды?
3. Как проводят контроль токсичности воды?
4. Классификация методов контроля качества почв.
5. В каких целях проводится контроль загрязнения почв пестицидами и минеральными удобрениями?
6. Краткая характеристика видов контроля?
7. Какие приборы используются для анализа качества воды и почвы?
8. Для каких объектов устанавливаются нормативы?
9. Какие Вам известны элементы-аналоги?
10. Как подразделяются по степени опасности химические элементы?
11. Какие геохимические показатели состояния окружающей среды Вы знаете?

### Тема 2.6. Геохимический фон, геохимические аномалии и ландшафты.

#### План:

1. Геохимический фон, геохимические аномалии.
2. Геохимические ландшафты и их классификация.
3. Ореолы и потоки рассеяния.

#### 1. Геохимический фон, геохимические аномалии.

Любая геохимическая система характеризуется не только определенными значениями концентраций химических элементов, но и разбросом этих значений. Распределение каждого из химических элементов в конкретной геохимической системе подчиняется определенному закону статистического распределения. Таких законов достаточно много. Считается, что если в изучаемой эколого-геохимической системе на распределение того или иного химического элемента влияет большое число случайных, равновероятных и независимых друг от друга факторов, то распределение этих величин аппроксимируется нормальным законом. При эколого-геохимическом исследовании необходимо знать следующие параметры:

Средне-квадратичное отклонение, фоновое содержание (геохимический фон), коэффициент вариации.

Фон означает отсутствие каких-либо загрязнений. Следовательно, — это содержание химического вещества в той или иной среде соответствующее ее природному химическому составу.

Преобладающая часть геохимического поля характеризуется относительно постоянными содержаниями химических элементов, колеблющимися около определенного уровня  $C_{\phi}$ , близкого к их Кларкам. Для участка однородного геохимического поля, характеристикой фона микроэлементов служат параметры логнормального распределения их содержаний  $C_i$ .

$$C_{\phi} = C_i = \text{ant } \lg (\lg C_i),$$

где  $\lg C_i = 1/N \sum_{i=1}^N \lg C_i$  – средний логарифм содержания элемента

Одним из важнейших показателей при статистической обработке является величина аномального содержания. В экогеохимии аномалией является отклонение от эколого-геохимических норм, свойственных или определенному району, или

геохимическому ландшафту, или типу почв, растений, вод, животных организмов и т.д.

Собственно, геохимической аномалией считаются участки со значительно повышенным или пониженным по сравнению с фоном содержанием химических элементов или их соединений.

Сами элементы при этом могут находиться в минеральной, биогенной, коллоидной, сорбированной формах, а также в виде растворов и газовых смесей. К таким геохимическим аномалиям относятся и участки с резкими отклонениями от нормы соотношения двух и более элементов или изотопов одного и того же элемента. Элементы, по содержанию которых выявляются аномалии, обычно называют элементами-индикаторами.

#### *Положительные и отрицательные аномалии.*

По особенностям распределения элементов аномалии могут быть положительными или отрицательными. Положительные отличаются повышенными концентрациями элементов-индикаторов, отрицательные – пониженными.

Следует помнить, что отрицательные техногенные аномалии возникают не только при выщелачивании элементов. Так, контрастные отрицательные биохимические аномалии молибдена возникают при весьма существенном повышении в почвах особо токсичного в данных случаях элемента – свинца. В почвах над окисляющимися металлами ( их сульфидами) уменьшается содержание кислорода. По отрицательным аномалиям этих металлов даже ведутся поиски месторождений полезных ископаемых.

#### *Выявление аномалий.*

Для выявления аномалий необходимо определить величину минимального (максимального) аномального содержания или верхний и нижний пределы обычного колебания содержания относительного фона. При выявлении аномалий на «глаз», а также по принципу « считать аномальным все содержания, в 2-3 раза превышающие среднее арифметическое» неизбежны субъективные ошибки.

Практика эколого-геохимических исследований показала, что часто возникает необходимость выявить еще только формирующиеся аномалии.

Для каждого элемента удобно составлять отдельную карту, а затем делать одну сводную, на которой кроме отдельных аномалий различных элементов, следует выделять аномальные зоны- те участки территорий, где наблюдается скопление нескольких различных элементов одновременно.

## **2. Геохимические ландшафты и их классификация.**

Наиболее удобным уровнем при изучении антропогенного воздействия на окружающую среду человека является ландшафтно-геохимический. Он включает два основных типа биокосных систем: элементарный и геохимический ландшафты.

По мнению основателя о геохимии ландшафтов Б.Б. Польшова, элементарный ландшафт – это определенный тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и

свидетельствуют об одинаковом развитии взаимодействия между горными породами и организмами. При выделении ландшафтов учитываются источники химических элементов, поступающих в ландшафт и основные особенности внешних факторов миграции элементов, получивших в последнее время название ландшафтно-геохимических.

Геохимические ландшафты, по определению А.И. Перельмана – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой элементарными ландшафтами, составляющими один геохимический ландшафт, имеют поверхностный слой и подземный стоки.

Закономерное сочетание образующих геохимический ландшафт элементарных ландшафтов представляет собой геохимическое сопряжение.

Совокупность элементарных ландшафтов, свойственных определенной геоморфологической структуре является местным ландшафтом. Такой структурой могут быть водораздел, склон, долина реки, терраса и т.д.

Одной из важных характеристик ландшафтов является площадь выявления ландшафта, которая представляет собой наименьшую площадь, на которой представлены все части данного ландшафта.

В тесной связи с ландшафтами состоят геохимические барьеры. По формулировке Перельмана – это те участки земной коры, на которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация. Бывают два основных типа геохимических барьера: природный и техногенный.

Межбарьерные геохимические ландшафты – это совокупность элементарных ландшафтов, характеризующиеся единым основным видом миграции элементов и расположенные между двумя одинаковыми геохимическими барьерами по ходу миграции.

### *Классификация геохимических ландшафтов.*

Геохимические классификации ландшафтов составляются на основе изучения меняющихся внешних факторов миграции химических элементов, получивших в последнее время название ландшафтно-геохимических. Наиболее распространены классификации А.И. Перельмана, В.А. Алексеенко. Каждая из них имеет свои недостатки и преимущества.

Данная система классификации дает возможность без ее существенного переделывания заменять отдельные классификационные признаки на определенных уровнях и даже вводить новые классификационные уровни.

Все геохимические ландшафты делятся на ландшафты суши и аквальные (водные).

### Геохимические ландшафты

Ландшафты  
Аквальные (водные)

суши

Лесотехнические (лесных плантаций, лесополос, лесоразработок, площадных лесопосадок)

Сельскохозяйственные (животноводческие, с севооборотом однолетних и многолетних культур)

Промышленные (аэропортов, отвалов горных пород, заводов и фабрик, шахт и рудников с

подземной добычей, карьеров с открытой добычей, нефте- и газопромыслов, автозаправок)

Дорожные (автомобильных дорог, железных дорог, троп)

Ландшафты населенных пунктов (государственного, регионального, местного значения,

рудников и обогатительных фабрик, курортов, хуторов)

### **3. Ореолы и потоки рассеяния.**

Природными аномалиями служат месторождения. В пределах земной коры встречаются участки с резко повышенными содержаниями в горных породах определенных химических элементов, находящихся, как правило, в минеральной и реже в виде растворов и газовых смесей. Участки, где скопления химических элементов по количеству, качеству, формам нахождения и условиями залегания при данной экономической конъюнктуре пригодны для промышленного использования, называются месторождениями полезных ископаемых.

Месторождения делятся на:

1. рудные (металлические и рудные элементы)
2. нерудные (неметаллические минералы)
3. горючие (каустобиолиты, органические соединения)
4. гидроминеральные (водные растворы)

таким образом, месторождения - это крупные скопления химических элементов, т.е. крупные природные геохимические аномалии, приуроченные к строго определенным типам горных пород.

Первичные ореолы месторождений – геохимические зоны, окаймляющие рудные тела (месторождения), обогащенные или обедненные химическими элементами в результате их привноса, выноса или перераспределения в процессе рудообразования.

Вокруг рудных тел существуют аномальные концентрации по сравнению с фоном многих элементов, участвовавших в процессе, к которым целесообразно использовать термин «первичные ореолы», обозначающий совокупность ореолов всех элементов, участвовавших в процессе. Определение «первичный» отображает одновременность формирования ореолов и рудных тел. Рудное тело и его первичный ореол, слагающие совместно рудную зону, представляет собой единое образование. Сложный по генезису и составу первичный ореол, образованный в пространстве оруднения различных формаций, обозначается термином «полиформационный». Термин «первичные ореолы» не следует дополнять словом «рассеяние», поскольку они формируются в процессе рудоотложения, т.е. концентрации химических элементов, а не рассеяния.

Вторичные ореолы рассеяния газовых и нефтяных месторождений образуются в результате диффузии газообразных компонентов залежей в перекрывающие породы. Вторичные ореолы и потоки рассеяния месторождений приближены к земной поверхности по сравнению с залегающими на глубине полезными ископаемыми и превышают в плане размеры залежей. Процессы выветривания и разрушения пород и руд и перераспределения узлов и районов месторождений полезных ископаемых приводят к формированию под ними вторичных геохимических полей рассеяния, объединяющих вторичные ореолы рассеяния (располагающиеся около выветривающихся месторождений, отдельных тел полезных ископаемых, рудопроявлений) с зонами повышенной концентрации элементов-индикаторов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется геохимическим фоном?
2. Что такое фоновое содержание химического элемента?
3. Какие виды геохимических аномалий Вы знаете?
4. Как выявляют аномалии?
5. Понятие геохимического ландшафта по А.И. Перельману?
6. Дайте определение элементарному ландшафту?
7. Что такое местный ландшафт, приведите примеры?
8. Классификация ландшафтов?
9. Что представляют собой первичные и вторичные ореолы рассеяния?
10. Что такое месторождения, виды месторождений?
11. Расскажите о природе происхождения вторичных ореолов?

### **Тема: 2.7. Технология геохимических работ для оценки состояния окружающей среды. Стадийность и состав экогеохимических работ.**

#### **План:**

1. Методические особенности проведения экогеохимических исследований.
2. Методические особенности проведения экогеохимических исследований в пределах аквальной системы.
3. Влияние неблагоприятных реакций на человека и природу.

#### **1. Методические особенности проведения экогеохимических исследований**

Экогеохимическое изучение окружающей среды очень важно для всех окружающих и тем более интересно для специалиста-эколога. Именно исследование экогеохимического состояния дает нам возможность оценить условия проживания всех живых существ, прежде всего человека, независимо, где ведется исследование, будь то в городах, в сельской местности или где-то в горнорудных месторождениях. Ведь от этого зависит вся дальнейшая жизнь. Таким образом, изучение экогеохимического состояния очень важно.

Исследования на стадии региональных работ должны быть первыми эколого-геохимическими исследованиями при оценке состояния окружающей среды.

Основной целью эколого-геохимических исследований на стадии среднемасштабных работ является получение оценки состояния окружающей среды отдельных территорий, расположенных вблизи крупных городов или территориально-промышленных комплексов.

Исследования, отвечающие на данной стадии, должны проводиться и на аномальных участках, выявленных на стадии региональных работ.

Эколого-геохимические исследования, проводимые на ландшафтно-геохимической основе для решения задач, связанных с охраной окружающей среды, можно разделить на 4 основные стадии:

1. региональные работы ( масштаб 1 : 2000000-1:200000);
2. среднемасштабные работы ( 1:100000 – 1:50000);
3. крупномасштабные работы ( 1: 25000 – 1:10000)
4. режим наблюдения.

Исследования начинают проводить с региональных работ. Проведение региональных средне- и крупномасштабных работ включают следующие основные этапы: проектирование, составление схематических ландшафтно-геохимических карт камеральным путем по уже имеющимся данным, полевые эколого-геохимические исследования и составление карт, отбор проб (почвы, растений, воды, снега, льда) и проведение их анализа, обработка результатов анализа и выявление отдельных аномалий и аномальных участков, запись и защита отчета.

Работы, связанные с выполнением задания по каждой стадии, разделяются на этапы, отвечающие последовательности проведения полевых и камеральных работ.

В зависимости от планируемой степени точности количественной оценки опробированию подвергаются различное число видов растений, произрастающих в данных геохимических условиях. При оценке состояния сельскохозяйственных ландшафтов в каждом выделенном геохимическом ландшафте желательно выделить все культивируемые растения с учетом существующих схем севооборотов. Это может привести к увеличению сроков проведения исследований, поскольку этап опробирования в данном случае может быть продлен на несколько лет, что должно учитываться при составлении проектов.

Параллельно с проведением анализа растений и увеличивать количество анализируемых объектов (растений), а также необходимо проводить анализ поверхностных и подземных вод.

Анализ воды проводится на наличие тех или иных элементов, органических соединений, так как при удобрении почвы в нее вносят минеральные вещества, а так как они очень подвижны (растворимы) то попадают в воду, тем самым загрязняя ее.

Также необходимо анализировать почву. Но брать пробу необходимо до внесения минеральных удобрений.

При проведении такого рода анализа необходимо делать вывод о формах нахождения определенных элементов в пробах. Особое значение при оценке состояния окружающей среды имеет значение фоновой радиоактивности геологических ландшафтов, особенно сельхоз продуктов.

### ***Региональные работы.***

Основной целью региональных работ является комплексная региональная оценка состояния окружающей среды данной территории. Также должны определяться фоновое содержание всех рассматриваемых элементов (сравнить с ПДК) в каждом выделенном геохимическом ландшафте. Должны выявляться аномальные участки, основные источники загрязнений.

### ***Среднемасштабные работы.***

Основной целью среднемасштабных работ является получение оценки состояния окружающей среды отдельных территорий, расположенных вблизи крупных городов или территориально-промышленных комплексов. Также исследования должны проводиться и на аномальных участках, выявленных на стадиях региональных работ. Среднемасштабные работы должны проводиться после региональных. В виде исключения на этой стадии могут начинаться эколого-геохимические работы по оценке состояния окружающей среды в новых ранее неосвоенных районах в районе крупных промышленных центров.

### ***Крупномасштабные работы.***

Основной задачей является детальная оценка состояния (степени загрязнения) окружающей среды в пределах ранее выявленных аномальных участков и отдельных аномалий, т.е. эти работы проводятся повторно с целью сравнения результатов прошлых лет с мониторингом состояния сегодняшнего дня. А также для оценки состояния фоновых площадей. Как раз это необходимо для создания биосферных эталонов и последующего проведения режимных наблюдений. Эти же работы проводятся для получения комплексной оценки состояния окружающей среды на участках без следов техногенного воздействия на нее.

При выборе площадей для проведения крупномасштабных работ выбирают следующие участки:

1. территории санитарно-курортных зон.
2. пределы зон питьевого и хозяйственного водопользования, а также территории, их которых возможно поступление загрязнений.
3. зоны массового отдыха.
4. зоны с детскими и лечебно-оздоровительными учреждениями.

По результатам работ должны быть установлены источники загрязнений, разработаны рекомендации для предотвращения дальнейшего загрязнения и ликвидации происшедшего загрязнения.

### ***Режимные работы.***

Они могут проводиться на территориях, как и на выявленных ранее аномальными участках, или также на эталонных участках, без видимых техногенных изменений и с фоновым содержанием элементов. Целью режимных работ на ранее выявленных аномальных участках является определение закономерностей изменения аномалий в пространстве в зависимости от времени года (дня), интенсивности работ загрязняющих предприятий, проведение мероприятий по охране окружающей среды, количества выпавших осадков и их характера.

Целью режимных наблюдений в пределах фоновых площадей является установление максимальных изменений, которые происходят на выбранном эталонном участке в зависимости от времени года (месяца, дня), интенсивности и характера выпавших осадков, промышленного и гражданского строительства.

Исследования 1 и 2 стадий позволяют установить, попадает ли данная территория в крупные аномалии или же ее можно отнести к фоновым участкам, не подверженным техногенному загрязнению.

Режимные работы, осуществляемые на вновь выявленной аномалии не только будут дезинформировать исследователей, но и могут принести большой вред для всех работ, связанных с охраной окружающей среды.

## **2. Методические особенности проведения экогеохимических исследований в пределах аквальной системы.**

Здесь исследования включают в себя работы на реках, озерах, водохранилищах, в прибрежных частях морских бассейнов. И также используют 4 стадии проведения работ.

Для наиболее эффективного проведения исследований необходим постепенный переход от первоначальной стадии к конечной.

Стадия режимных наблюдений предполагает проведение исследований круглый год. При этом пробы, отобранные в разные сезоны, нельзя объединять в одну выборку.

Комплексную объективную оценку дают геохимические карты аквальных ландшафтов.

При качественной оценке состояния окружающей среды за аномалии должны приниматься аквальные ландшафты, необычные для конкретных природных условий, например, наличие сероводорода в донных отложениях.

Для количественной оценки ведется отбор проб по сети, соответствующей стадии проводимых исследований. Пробы необходимо отбирать из поверхностного и придонного слоев воды, а также их верхнего горизонта донных отложений. Также необходимо увеличить число видов опробуемых организмов. Отбор в специальные биохимические пробы рыб, мигрирующих на большие расстояния, целесообразен при проведении региональных исследований. На 1 стадии необходимо:

1. установить комплексную оценку состояния водной среды на большой территории,
2. установить систему водоочистки.

Здесь должны фиксироваться фоновые соединения определяемых химических элементов на разных глубинах, в донных отложениях, растениях и живых организмов.

На 2 стадии оценивается состояние водной среды на небольших площадях, расположенных вблизи городов, атомных электростанций, в зонах расположения курортов, мест отдыха и на аномальных участках.

На 3 стадии – детальная оценка степени загрязнения, источники и причины загрязнения.

Режимные наблюдения, как аномальные так и фоновых. особенной разновидностью режимных наблюдений является выборочные повторные исследования, проводимые через определенный срок, ранее подвергнутых изучению.

## **3. Влияние неблагоприятных реакций на человека и природу.**

### **3.1. Влияние тяжелых металлов на здоровье человека.**

Накопление тяжелых металлов в биосфере создает угрозу для существования всего живого на планете. У человека заболевания связанные с накоплением тяжелых металлов в окружающей среде, проявляющиеся в цепи «почва-растение-человек» находясь на вершине цепи питания, человек может получать продукты питания с концентрацией токсикантов в 100-1000 раз выше, чем в почве. По цепям питания человек получает 40-50% токсичных веществ, с водой и воздухом 20-40%,

негативное влияние тяжелых металлов на организм человека выражается в токсикозах, проявляющихся в снижении работоспособности, появления вялости, усталости, ухудшения аппетита, ослабление иммунитета. Например: свинец в среднем содержится в организме человека около 120 мг. Избыток свинца влияет на деятельность головного мозга, почек, печени, кровеносной и нервной системы.

### 3.2. Радиоактивные элементы.

Среди загрязнителей также радиоактивные элементы, которые попадают при естественной радиоактивности: при добыче урановых руд и эксплуатации реакторов и в результате атомных взрывов.

Естественная радиоактивность присуще атмосфере, она существует и не зависит от деятельности человека. Живые организмы приспособились к ней, и она не вызывает каких-либо вредных последствий.

Радиоактивные вещества, попадающие в атмосферу при добыче радиоактивных веществ и эксплуатации ядерных установок и двигателей, могут представлять определенную опасность.

Наибольшее загрязнение идет при взрыве атомных и водородных бомб. Образующиеся при атомном взрыве изотопы имеют различные периоды полураспада. При этом наибольшую опасность представляют 2 изотопа – стронций - 90 (T=25 лет) и цезий -137 (T=33 года), оседающие на поверхности земли и попадающие через растения (корм) в молоко коров, а затем и в организм человека.

### 3.3. Кислотные дожди.

Загрязнение воздуха кислотообразующими выбросами оказывают влияние и на организм человека. Вдыхание диоксид серы особенно опасно для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями может, возникнуть отек легких. Поскольку сульфат ионы и диоксид серы обладают канцерогенными свойствами ( канцероген – вещество способное вызывать злокачественные опухоли).

### 3.4. Шум

Шумовые загрязнения резко увеличились в городах. Шум сопровождает человека на производстве, на улице, дома. Источник шума некоторые предприятия, транспорт, механизмы, ремонтирующие улицы бульдозеры, радио и др. у рабочих некоторых заводов при отсутствии защитных приспособлений может повреждаться орган слуха.

Шумовые загрязнения на курортах, пляжах, в домах отдыха, преимущественно звуками радио привели к тому, что эти места стали, противопоказаны для отдыха значительной части людей.

Шум действует очень вредно на процессы регуляции физиологических функций и в первую очередь на сердечно-сосудистую систему.

### 3.5. Смог.

Смог – ядовитый туман ( выделение копоти, сажи с содержанием большого количества свинца), получается при соединении тумана с дымом заводов и выбросами автотранспорта. При образовании смога воздух приобретает неприятный запах, резко снижается видимость. В благоприятствующих смогу метеорологических условиях ( отсутствие ветра и дождя, инверсия температуры) быстро нарастают концентрации вредных веществ. При этом ухудшается

самочувствие людей, резко увеличивается число респираторных и др. заболеваний. Из-за плохой видимости фактически останавливается движение транспорта. Главным компонентом смога является диоксид серы вызывающий катаракту верхних дыхательных путей, бронхит, диспепсические расстройства. Есть 3 типа смога: лондонский, лос-анжелеский («фотохимическим смогом») и ледяной.

### **Контрольные вопросы:**

1. На какие основные стадии делятся эколого-геохимические исследования?
2. С каких работ начинают исследования, какова их цель?
3. Какова цель среднemasштабных работ?
4. На каких территориях проводятся режимные работы?
5. Какие площади выбирают для проведения крупномасштабных работ?
6. Основные особенности экогеохимических исследований в пределах аквальной системы?
7. Последовательность качественной оценки состояния окружающей среды?
8. Охарактеризуйте влияние неблагоприятных реакций на человека и природу?

### **Тема 2.8. Методика отбора и обработки проб.**

#### **План:**

1. Общие положения.
2. Литохимическое опробирование.
3. Биохимическое опробирование.
4. Гидрохимическое опробирование.
5. Подготовка проб к анализу.
6. Отчетность.

#### **1. Общие положения.**

Отбор проб производится на всех стадиях эколого-геохимических исследований при качественной и количественной оценке окружающей среды. Пробы необходимо отбирать в центральных частях выделяемых геохимических ландшафтов и в зонах их смены. Дополнительное опробирование между плановыми точками отбора проб должно осуществляться в случаях смены ландшафтно-геохимических обстановок (появление барьеров), выявления ландшафтов, не выделенных на карте, составленной камеральным путем, наличия зон с предполагаемым загрязнением.

Контрольное опробирование целесообразно проводить в объеме 3-5% от общего количества проб. В первую очередь исследуются выявленные комплексные геохимические аномалии, барьеры и участки, на которых одним из методов выявлены аномалии. Кроме того, обязательному контрольному опробированию должны быть подвергнуты участки с фоновым содержанием определенных элементов. По данным проведенного исследования вычисляют погрешность в % и проверяют качество опробирования.

Полевая документация пробоотбора ведется в стандартной полевой книжке одновременно с отбором пробы и описанием ландшафтно-геохимических особенностей района по ходу маршрута. Все записи делаются черным карандашом в поле. Зарисовки на точках отбора проб и по маршруту между ними могут осуществляться цветными нехимическими карандашами. Ежедневно все пробы,

отобранные в различных маршрутах должны быть зарегистрированы в специальных журналах лито,- био- и гидрохимического опробирования. До начала полевых работ нумеруются страницы полевых книжек и журналов опробирования. В полевых книжках категорически запрещается любые подчистки и стирания резинкой т записей, заклеивания и вырывания страниц. Вычеркивание записей разрешается в виде исключений только одной тонкой чертой и должно обязательно сопровождаться подписью ответственного исполнителя работ.

Все записи в полевой книге должны систематически проверяться и подписываться начальником отряда.

После каждого маршрутного дня целесообразно также на отдельную карту выносить все ботанические, почвенные, геоморфологические и геологические особенности, описанные в полевых книжках. Эта карта может очень сильно помочь, при уточнении уровня зон загрязнения, выявления источников загрязнения.

## **2.Литохимическое опробирование.**

Отбор литохимических проб проводится при эколого-геохимических исследованиях на суше и в пределах аквальных ландшафтов.

Все пробы удобно отбирать в специальные матерчатые мешочки с завязками, желательно на мешке заранее написать порядковый номер, который вносится при отборе пробы в полевую книжку. При этом не должно быть мешочков с одинаковыми номерами.

Отбор проб донных отложений может проводиться в мешочки. В тех случаях, когда предусматривается анализ вод донных отложений, пробы помещают в специальные водонепроницаемые пакеты с номерами, не смываемые водой. При анализе устанавливаются щелочно- кислотные условия и класс водной миграции элементов. Это при качественной оценке.

При количественной оценке состояния окружающей литохимической пробы отбирается для установления закономерностей распределения элементов в выделяемых ландшафтах. Обычно в литохимических пробах первоначально определяют содержание тяжелых металлов, токсичных соединений.

При исследовании почв пробы отбирается из верхнего гумусового горизонта с помощью геологического молотка или легкой двусторонней мотыги. Масса отбираемой пробы ориентировочно составляет около 200 граммов.

Пробы должны быть высушены еще в полевых условиях. В процессе сушки глинистые пробы следует периодически разминать с целью избежание их ссыхания в трудноразминаемые комки. Во время просушки из проб почв следует удалять корки растений и обломки горных пород размером более 0,5 см. в диаметре. При этом следует обязательно следить, чтобы прилегающие к ним рыхлые образования остались в пробе.

Пробы, отобранные, в горизонте почв разделяются каждая на 2 части. В одной – в различной степени выветренные обломки, в другую – рыхлые образования.

Отбор литохимических проб из донных отложений ( илов) ведется с помощью дночерпателей и специальных пробоотборников.

### **3.Биохимическое опробирование.**

Если нет специального задания по изучению биогеохимических особенностей района работ, то биогеохимическому опробированию целесообразно подвергать наиболее распространенные в районе растения. Их число, как правило, не должно превышать пяти, а если есть возможность, то выбирается 2-3 повсеместно растущих в районе растения.

На каждой точке опробуются все произрастающие растения. Каждое растение составляет отдельную пробу. При исследовании травянистых растений для пробы лучше брать целиком их наземную часть, исключая нижние листья и часть стебля.

При исследовании многолетних кустарников и деревьев для пробы необходимо брать только одну и ту же часть растения ( листья, прирост последнего года, многолетние побеги, кору). Для удобства у деревьев исследуется только нижние ярусы веток.

Биохимические пробы могут быть простыми (берется одно растение или дна, заранее определенная его часть) и составными. В последнем случае для пробы отбираются также только один вид растения или его определенная часть, но с площади до 60 м<sup>2</sup>. масса биогеохимических проб обычно составляет 20-50 г строго вещества зеленых растений. В случае отбора для пробы растений с большой зольностью массу можно сократить до 10-15 г.

Для отбора проб могут быть использованы ножи, садовые ножницы, сучкорезы. Листья с деревьев и кустарников удобнее всего отбирать руками в перчатках. Все биогеохимические пробы должны быть высушены в полевых условиях. Во время дождей и на ночь они должны убираться в специальные помещения ( палатку).

### **4.Гидрохимическое опробирование.**

Отбор водных проб при изучении аквальных ландшафтов проводится из рек, каналов, водохранилищ и других естественных и искусственных водоемов. Пробы отбираются с поверхности, а также из придонного и центрального слоев воды специальными пробоотборниками. Возможен пробоотбор с вертолетов с помощью специальных приспособлений. Объем пробы зависит от определяемых компонентов и метода установления их концентрации. В отдельных случаях возможен отбор для отправления в лабораторию только концентратов или концентратов и проб воды на общий анализ. Пробы воды отбираются в стеклянные или пластиковые емкости, специально подготовленные и закрытые пробками в лаборатории ополаскивают водой, отбираемой на анализ. Сначала определяют величину рН, затем на присутствие меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, урана, радия и проводят подкисление соляной кислотой ( 3 мл. на 1 л. воды), а в пробах, подвергнутому анализу на ртуть, серебро – серной кислотой ( 3 мл на 1 л. воды ). Кислота должна быть «спектрально чистой».

### **5.Подготовка проб к анализу.**

#### Литохимические пробы .

Пред началом обработки все пробы должны быть высушены до воздушно-сухого состояния на солнце или в сушильных шкафах. Обработка влажных проб запрещается.

При просеивании запрещается использовать сита с бронзовой, латунной или луженной сеткой. Просеивание следует проводить на чистые листы стекла, кровельного железа или алюминия. Растирание – до состояния пудры. При растирании вручную следует использовать агатовые ступки.

#### Биогеохимические пробы.

Высушенные и измельченные пробы подвергаются озолению, которое целесообразно проводить в лабораторных условиях в специальных электрических печах, при температурном режиме. Озоление проводят в фарфоровых и металлических тиглях. Показателем полного озоления является появление равномерной окраски золы. ( от белой до пепельно-серой и коричневой) и отсутствие черных углей. Зола подвергают растиранию и отправляют в лабораторию.

### **6. Отчетность.**

Результаты эколого-геохимических исследований проводимых для изучения состояния окружающей среды, могут быть изложены в самостоятельном отчете, а также представлены в виде отдельных глав в специальных отчетах, посвященных экологическому описанию конкретных регионов, воздействию предприятий или промышленных комплексов на окружающую среду и др.

В отчете обязательно должны быть приведены принятые для изучения района схемы выделения геохимических ландшафтов и ландшафтно-геохимические карты с их описанием.

В специальной главе необходимо указать принятые методы отбора, обработки и анализа проб. Целесообразно в табличной форме привести данные о пределах обнаружения отдельных элементов, о воспроизводимости и правильности использования методов анализа проб с указанием объема контрольных работ.

Все точки отбора проб, наблюдения при ландшафтно-геохимической съемке контрольного отбора проб выносятся на карты фактического материала. В обязательном порядке в отчете должны быть приведены полные геохимические характеристики всех выделенных геохимических и межбарьерных ландшафтов. Они должны включать в себя данные о фоновом и аномальном содержании изучаемых элементов в почвах, основных видах произрастающих в районе растений, поверхностных и подземных водах, донных отложениях.

В отчете приводятся данные о вероятных источниках загрязнения и способах образования техногенных геохимических аномалий.

По результатам детальных исследований должны быть разработаны рекомендации и мероприятия по предотвращению дальнейшего загрязнения и по наиболее рациональным способам устранения последствий уже происшедшего загрязнения окружающей среды.

### **Контрольные вопросы:**

1. Виды отбора проб? Правила отбора.
2. Особенности литохимического опробирования.
3. Какие приспособления при данном отборе используются?
4. Какие именно пробы отбираются, хранение и транспортировка проб?
5. Раскрыть сущность биохимического опробирования?
6. Отбор проб воды, снега, льда (гидрохимическое определение) ?

7.Посуда, хранение и транспортировка проб?

8.Как подготовить пробы к началу анализа?

9.Как ведется документация, отчет?

## **Тема 2.9. Биогеохимическая и гигиеническая оценка техногенных аномалий.**

Биохимическая и гигиеническая оценка загрязнений дает в широком аспекте возможность изучить состояние окружающей среды в определенное время.

Система контроля (мониторинга) загрязнения промышленными токсикантами предусматривает определение приоритетности контроля их содержания в окружающем пространстве.

Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы или другой области вредными веществами является ПДК химических веществ.

Выбор химических веществ-показателей загрязнения для оценки опасности загрязнения проводится с учетом:

- специфики источников загрязнения, определяющих комплекс химических элементов, участвующих в загрязнении почв изучаемого региона;

- приоритетности загрязнителей в соответствии со списком ПДК химических элементов- характером землепользования.

Основной оценкой опасности загрязнения почв, используемых для выращивания с/х растений, является транслокационный показатель вредности – важнейший показатель при обосновании ПДК х.в. в почве. Это обусловлено тем, что:

1. с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70% вредных х.в.;
2. уровень транслокации определяет уровень накопления токсикантов в продуктах питания, влияет на их качество.

Оценка опасности загрязнения почвы населенных пунктов определяется:

1. эпидемиологической значимостью загрязненной химическими веществами почвы;
2. ролью загрязненной почвы как источника вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и при ее непосредственном контакте с человеком;
3. значимостью степени загрязнения почвы в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха.

Оценка неблагоприятных последствий загрязнения почв при их непосредственном воздействии на организм человека важна для случаев географии у детей при играх на загрязненных почвах. Такая оценка разработана по наиболее распространенному в населенных пунктах загрязняющему веществу – свинцу, содержание которого в почве, как правило сопровождается увеличением содержания других элементов.

При содержании свинца в почве игровых площадок на уровне 500 мг/кг и систематическом нахождении его в почве можно ожидать психоневрологические изменения у детей.

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям,

разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются:

Коэффициент концентрации химического вещества,  $K_c = C/C_{\phi}$ , который определяется отношением его реального содержания в почве к фоновому;

Суммарный показатель загрязнения,  $Z_c$ , равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов.

### **Контрольные вопросы:**

1. Гигиеническая оценка почв населенных пунктов и почв используемых для выращивания сельскохозяйственных растений.
2. Чем оценивается опасность загрязнения почвы населенных пунктов?
3. Что является основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почв вредными веществами.
4. Что такое транслокационный показатель вредности?
5. Чем определяется оценка опасности почв населенных пунктов.
6. Для чего нужна оценка уровня химического загрязнения почв?
7. Что такое коэффициент концентрации химического элемента?

## Использованная литература

### Основная:

1. Б. Мейсон Основы геохимии. Пер. с англ. М., «Недра», 1971.
2. Б.А. Гаврусевич Основы общей геохимии. М., «Недра», 1968.
3. А.А. Сауков Геохимия. М., Госгеолтехиздат, 1951.
4. Я. Мияки Основы геохимии. Л., «Недра», 1969.
5. А.И. Перельман Геохимия ландшафта. Изд. 2-е. М., «Высшая школа», 1975.
6. А.И. Перельман Геохимия ландшафта. М., Госиздат. географич. лит-ры, 1961.
7. Ф.Г. Смит Физическая геохимия. Пер. с англ. М., «Недра», 1968.
8. В.А. Соколов Геохимия газов земной коры и атмосферы. М., «Недра», 1966.
9. А.И. Тугаринов Общая химия. М., Атомиздат, 1973.
10. А.А. Алексеенко Экогеохимия. М., «Наука», 1995.

### Дополнительная:

1. А.А. Сауков Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Изд-во МГУ, 1963.
2. А.Г. Бетехтин Минералогия. М., Госгеолтехиздат, 1950.
3. О.А. Алекин Химия океана. Л., Гидрометеоздат, 1966.
4. В.И. Титов, П.И. Васильев, Р.Г. Лебова, Р.Л. Подвальная Методы химического анализа минерального сырья. Выпуск 4-й. М., Госгеолтехиздат, 1958.
5. Краткий справочник по геохимии. Издание 2-е. М., «Недра», 1977.
6. Распространённость элементов в земной коре. Под ред. Л. Аренса. Пер. с англ. и фран. М., «Мир», 1972.
7. А.М. Овчинников Гидрогеохимия. М., «Недра», 1970.
8. Химия земной коры. М., «Наука», т. 1-й, 1963.
9. Ю.А. Бурмин Геохимия рудоносных кор выветривания. М., «Недра», 1987.
10. Дж. Драйвер Геохимия природных вод. М., «Мир», 1985.
11. А.И. Перельман Геохимия природных вод. М., «Наука», 1982.
12. С.В. Григорян первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М., «Недра», 1987.
13. В.В. Поликарпочкин Геохимические методы поисков рудных месторождений. Часть 2-ая. Новосибирск «Наука», 1982.