

№ 1336

А.Л. Петелин  
Е.С. Михалина

# **Химия окружающей среды**

Курс лекций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1336

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МИСиС**



Кафедра экстракции и рециклинга черных металлов

А.Л. Петелин

Е.С. Михалина

# **Химия окружающей среды**

Курс лекций

Рекомендовано редакционно-издательским  
советом университета

Москва Издательский Дом МИСиС 2010

УДК 54.504  
П29

Рецензент  
канд. физ.-мат. наук, доц. *И.В. Апыхтина*

**Петелин А.Л., Михалина Е.С.**

П29 Химия окружающей среды: Курс лекций. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. – 71 с.  
ISBN 978-5-87623-328-8

Исследованы процессы формирования химического состава окружающей среды. Рассмотрены проблемы устойчивости биосферы в целом и человеческой цивилизации в частности при появлении в природе большого количества новых веществ в результате техногенных выбросов.

Предназначен для подготовки бакалавров по направлению «Металлургия», а также может быть полезен для подготовки дипломированных специалистов по специальности 150109 «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов» и при изучении специальных предметов на второй ступени обучения при подготовке магистров.

**УДК 54.504**

**ISBN 978-5-87623-328-8**

© Петелин А.Л.,  
Михалина Е.С., 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Формирование химического состава природной среды .....	5
1.1. Происхождение Вселенной. Образование химических элементов.....	5
1.2. Солнечная система, элементный состав космического пространства и химический состав планет .....	7
1.3. Планета Земля: образование, строение, формирование химического состава геосфер .....	15
2. Химия живых организмов и ее влияние на среду обитания.....	24
2.1. Химические условия на Земле в период зарождения жизни .....	24
2.2. Термодинамическая устойчивость существования биомолекул. Метастабильность живой природы .....	25
2.3. Формирование биосферы и современного состава природных сред .....	26
3. Химическая устойчивость биосферы .....	33
3.1. Поле устойчивости живых организмов и биосферы .....	33
3.2. Биосферные катастрофы, их классификация .....	34
4. Изменение химического состава природной среды под действием техногенных выбросов .....	35
4.1. Элементный и вещественный состав выбросов промышленных предприятий, транспорта и других сфер человеческой деятельности .....	35
4.2. Загрязнение атмосферы и гидросферы .....	37
5. Влияние химического состава среды на биологические объекты .....	42
5.1. Отклик живого организма на изменение химического состава среды обитания .....	42
5.2. Классификация токсичных веществ. Количественные критерии токсичности .....	44
5.3. Металлы в биосфере, их влияние на живые организмы .....	47
6. Способы прогнозирования состава окружающей среды .....	54
6.1. Термодинамический анализ сложных химических систем.....	54
6.2. Кинетический способ расчета концентраций веществ в среде обитания .....	56
Библиографический список .....	60
Приложение.....	61

## **Введение**

Изучение данной дисциплины дает возможность рассмотреть основы процессов формирования химического состава среды обитания человека. При этом под средой обитания понимается не только область непосредственного контакта человека с окружающей природной средой, но весь доступный органам чувств мир – мир звезд, планет, земной мир во всем своем многообразии, мир неорганической материи и мир живой природы.

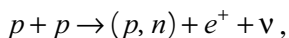
Материал, изложенный в данном курсе лекций, позволит получить представление о причинах появления химических веществ, заполняющих воздушную, водную и твердую сферы Земли, познакомиться с современными научными сведениями относительно путей возникновения всех химических элементов Периодической системы Д.И. Менделеева. При изложении материала особое внимание уделено изменениям химического состава природной среды и процессам, протекающим в ней под влиянием живых организмов за время существования Земли, техногенному влиянию цивилизации на природную среду. Рассмотрены природные и техногенные токсичные вещества, описано их биологическое действие, приведены критерии токсичности, указаны способы нейтрализации влияния этих веществ.

# 1. ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

## 1.1. Происхождение Вселенной. Образование химических элементов

Одной из самых сложных проблем науки является фундаментальная проблема происхождения Вселенной. Существуют различные теории возникновения и развития нашей Вселенной. Самой современной и принятой за основу в настоящее время является теория Большого взрыва. Формирование химического «портрета» природной среды, такого, каким мы его знаем, т.е. формирование сегодняшнего состава всех природных сред, несомненно связано с процессами возникновения и развития Вселенной в целом.

Как предполагает современная наука, во Вселенной, образовавшейся 15–20 млрд лет назад в результате так называемого Большого взрыва, не было химических элементов, а лишь элементарные частицы – протоны, электроны,  $\gamma$ -кванты (высокоэнергетические фотоны) и некоторые другие, которые до нашего времени не дожили. Под действием сил тяготения облака разреженного газа этих частиц начали сжиматься. Этому сжатию ничто не препятствовало, пока в образовавшихся сгущениях – протозвездах – плотность не достигла значений около  $100 \text{ г/см}^3$ , а температура – около  $1 \cdot 10^7 \text{ К}$  (повышение температуры происходило вследствие перехода гравитационной энергии сжатия в тепловую). В этих условиях протоны приобретали достаточную скорость, чтобы преодолеть барьер электростатического отталкивания и сблизиться на сверхмалые расстояния, при которых вступают в действие ядерные силы. На протозвездах начали происходить реакции ядерного синтеза:



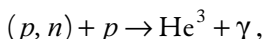
где  $p$  – протон;

$n$  – нейтрон;

$e^+$  – позитрон (положительно заряженный электрон);

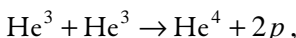
$\nu$  – нейтрино.

Образовавшиеся составные частицы – дейтроны (ядра тяжелого изотопа водорода – дейтерия) – присоединяли к себе еще один протон, образуя ядра легкого изотопа гелия –  $\text{He}^3$ :

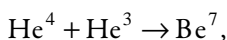


где  $\gamma$  –  $\gamma$ -квант.

Далее реакции ядерного синтеза, как предполагают, развивались по следующему сценарию:

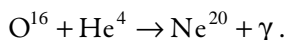
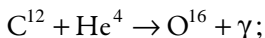
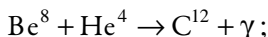
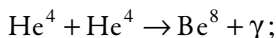


где  $\text{He}^4$  – ядро стабильного изотопа гелия:



и далее до изотопов Li, B, Be.

Пока происходили эти ядерные реакции, дальнейшее сжатие звезды было невозможно, так как ему противодействовало давление излучения, возникающего при ядерных процессах. По мере «выгорания» протонов (ядер атомов водорода) давление внутри звезды уменьшалось, и она начинала вновь сжиматься, что вызывало рост плотности и температуры. При плотности  $1 \cdot 10^5 \text{ г/см}^3$  и температуре  $1 \cdot 10^8 \text{ К}$  стали возможны столкновения более тяжелых частиц и синтез следующих элементов:



Когда исчерпывались частицы для этих реакций, продолжалось сжатие, и при плотности  $1 \cdot 10^6 \text{ г/см}^3$  и температуре около  $1 \cdot 10^9 \text{ К}$  происходило образование ядер следующих элементов в процессах так называемого углеродно-азотного цикла:

