

## СИСТЕМЫ М-Р (M=Fe, Ni) И РОЛЬ ФОСФОРА В ЯДРАХ ПЛАНЕТ

Базарбек Асыл-Дастан Базарбекұлы<sup>1</sup>, Сагатов Нурсултан Ерболұлы<sup>2</sup>  
[asyl.bazarbek.92@mail.ru](mailto:asyl.bazarbek.92@mail.ru)

<sup>1</sup>Докторант кафедры «Техническая физика» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup>Аспирант Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева, Россия

В последнее время мировое научное сообщество волнуют загадки земного ядра, однако его изучение сталкивается с непреодолимым препятствием: прямые его наблюдения невозможны [1]. Высокая температура и давление не оставляют исследователям ни единого шанса на то, чтобы посмотреть на него вблизи.

И тем не менее ученые-геофизики по всему миру стали проникать в тайны ядра благодаря современным технологиям и ряду многообещающих экспериментов. Об ядре Земли известно очень мало - вся информация получена косвенными геофизическими или геохимическими методами, поэтому образы вещества внутренней оболочки нашей планеты не доступны. Согласно современным геохимическим моделям, в ядре содержатся благородные металлы и другие ценные элементы. Состав ядра непосредственно не известен, и может быть предположительно оценён из нескольких источников. Во-первых, космохимические оценки состава Земли базируются на сравнении с хондритовыми метеоритами. Например, в работе [2] описывается, что космохимические оценки состава ядра Земли базируются на сравнении состава мантии Земли, метеоритного вещества и объектов Солнечной системы. Наиболее примитивными метеоритами являются углистые хондриты CI (рис. 1). Их рассматривают в качестве отправной точки при характеристике состава Земли.



Рисунок 1 - Углистые хондриты

Как известно, внутреннее ядро - самая глубокая геосфера Земли, имеющая радиус около 1220 км, что сравнимо с 70 % радиуса Луны. Глубина внутренней оболочки Земли достигает до 6378 км (рис. 2). Температура на границе внутреннего ядра составляет приблизительно 5700 К. Давление внутри внутреннего ядра несколько выше, чем на границе между внутренним и внешним ядрами: оно находится в диапазоне приблизительно от 330 до 360 Гпа [3,4].

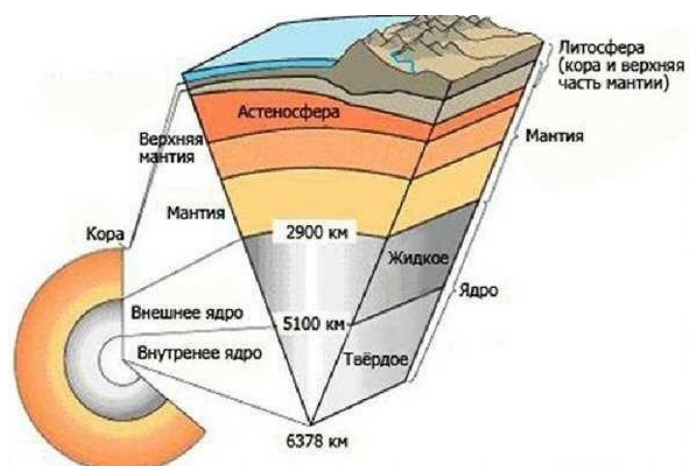


Рисунок 1 – Внутренне строение Земли

Так же состав ядра можно оценить исходя из геохимических соображений. Если рассчитать первичный состав Земли и вычислить какая доля элементов находится в других геосферах, то тем самым могут быть построены оценки состава ядра. Большую помощь в таких вычислениях оказывают высокотемпературные и высокobarические эксперименты по распределению элементов между расплавленным железом и силикатными фазами [5].

Современные эксперименты с ударным сжатием металлов и их соединений, также данные статического сжатия этих веществ в сверхпрочных алмазных прессах с учетом данных о распространенности химических элементов в Солнечной системе и на Земле позволяют с высокой степенью достоверности считать, что в земном ядре содержится около 90% железа.

Однако ядро не может состоять только из чистого железа и его сплава с никелем, так как плотность железа и никелистого железа метеоритного состава при давлениях, соответствующих в земном ядре, приблизительно на 10–15% выше плотности внешнего и внутреннего ядра Земли [6]. Отсюда следует, что помимо железа и никеля в ядре должны содержаться легкие элементы, несколько снижающие плотность вещества. Среди таких легких элементов потенциальными кандидатами являются водород, кислород, углерод, сера, кремний и фосфор.

Широко известно, что внешнее ядро - жидкое, расплавленное, а внутреннее - кристаллическое. Несмотря на невероятную температуру и давления, железо и никель находятся в твердом состоянии. До недавнего времени кристаллические структуры веществ можно было изучать только экспериментально и предсказывать какую-либо структуру считалось невозможным. Однако на сегодняшний день, в эпоху современных технологии и суперкомпьютеров, эти задачи можно решить с помощью эволюционных методов, где компьютер генерирует разные модели кристаллических структур, отбраковывает наименее стабильные из них, а на основе более стабильных конструирует новые модели кристаллических структур, пока не находит наилучшую [7]. Такие эффективные методы даже при небольших ресурсах позволяет решать сложные задачи.

Из-за экстремальных условиях, поведение элементов меняется, так как они ведут себя под давлением совсем не так, как обычно. Под высоким давлением возникают соединения, о которых в принципе не было известно. Используя современные методы можно предсказывать стабильные химические составы. Например, сплавы железа и никеля с разными легкими элементами, в том числе и фосфор. Изучая эти системы и сравнивая результаты моделирования с измеренными свойствами внутреннего кристаллического ядра нашей планеты, можно сделать гипотезу о его составе.

В данной статье были исследованы строения и свойства ядра нашей планеты, основанных на сейсмических наблюдениях, геофизическом моделировании и экспериментах при высоких давлениях и температурах. Таковы были основы представлений о составе и строении Земли, сложившиеся к сегодняшнему дню. Исходя из вышесказанного, железо и

никель в качестве одного из основных компонентов ядра Земли, и фосфор в качестве легкого элемента, имеют важное значение для понимания процессов, происходящих в недрах Земли. Однако предстоит еще долгий путь и необходимость докопаться до сути процессов, протекающих в центре Земли. В дальнейшем будут исследованы уравнения состояния  $P(V)$  в зависимости от температуры для различных полиморфов фосфидов никеля и железа, фазовые диаграммы стабильности различных фаз исследуемых соединений в плоскости Т-Р, которые очень важны для понимания строения и свойств ядра Земли.

### Список литературы

1. Лаверти Э. Раскрывая секреты земной коры // Наука в фокусе. 2011. Т. 2. № 2. С. 76-78.
2. Литасов К.Д., Шацкий А.Ф. Современные представления о составе ядра Земли // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 1. С. 31-62
3. Allegre, C.J., Poirier, J.P., Humler, E. and Hofmann, A.W. The Chemical-Composition of the Earth // Earth and Planetary Science Letters. 1995. V. 134. № 3-4. P. 515-526.
4. Monnereau M., Calvet M., Margerin L., Souriau A. Lopsided Growth of Earth's Inner Core // Science journal. 2010. V. 328. № 5981. P. 1014-1017.
5. Engdahl E. R, Flynn E. A. and Masse R. P. Differential PkiKP travel times and the radius of the core // Geophys. J. R. Astr. Soc. : journal. 1974. V. 40. № 3. P. 457-463.
6. Литасов К., Попов З., Гаврюшкин П., Овчинников С., Федоров А. Первопринципные расчеты уравнений состояния и относительной стабильности карбидов железа при давлениях ядра земли // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 1-2. С. 214-223
7. Бажанова З.Г., Оганов А.Р., Джанола О. Системы Fe-C и Fe-H при давлениях внутреннего ядра Земли // Успехи физических наук. 2016. Т. 182. № 5. С. 521-530.

УДК 539.534.9

## ТЕМПЛЭЙТНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРА НАНОКРИСТАЛЛОВ CdTe

Балахаева Рахима<sup>1</sup>, Казбекова Салтанат<sup>2</sup>

brk1001@yandex.kz

<sup>1</sup>Докторант ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup>Студент ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научные руководители – Акилбеков А.Т., Даулетбекова А.К.

### Введение

Создание новых технологий изготовления широко известных материалов - интересная задача. Трековые технологии позволяют делать это с использованием различных материалов для формирования трекового шаблона из полимерной пленки или тонкого слоя диоксида кремния на кремнии Синтез в такие шаблоны обычно называют темплэйтный синтез Обычно осаждают нанопреципитаты методами электрохимического (ЭХО) или химического осаждения (ХО) [1-4].

Целью нашего исследования является химическое осаждение полупроводникового соединения CdTe в трековый темплэйт a-SiO<sub>2</sub>/Si-n и исследование полученных наноструктур методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.

### Экспериментальная часть. Результаты и обсуждение

В нашей работе структуры a-SiO<sub>2</sub>/Si-n с толщиной оксидного слоя 700 нм, как правило, облучались ионами 200 МэВ Хе, до флюенса 10<sup>8</sup> ионов/см<sup>2</sup>. Образцы для экспериментов нарезали размерами 5x5 мм и 20x20 мм. Следующим этапом являлось травление образцов в 4%-ном водном растворе HF; травитель включал палладий  $m(\text{Pd})=0.025$  г, температура травления 18<sup>o</sup>±1<sup>o</sup>С, затем образцы проходили ультразвуковую очистку, промывание в дистиллированной воде и сушку.