

Правительство Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образование учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет»  
Геологический факультет

ПРОГРАММА КУРСА  
**Методы синтеза неорганических соединений**  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 25.00.05 – *«Минералогия, кристаллография»*  
(*кафедра кристаллографии*) очная форма обучения

Утверждено на заседании Ученого  
Совета геологического факультета  
СПбГУ  
протокол № .....

Санкт-Петербург  
2011 год

## ***Часть I. Введение.***

Возникновение и развитие промышленности синтетических кристаллических материалов в России и мире. Области применения синтетических минералов. Основные направления исследований в современном неорганическом синтезе: управление химическим процессом, поиск путей получения и идентификации новых неорганических соединений; создание новых методов получения известных соединений. Проблема существования соединений и проблема методов синтеза новых кристаллических неорганических соединений.

## ***Часть II. Синтез неорганических соединений в растворе.***

**Раздел 1.** Растворение твердых веществ. Зависимость растворимости от природы растворяемого вещества и растворителя. Процессы, осложняющие растворение. Изотермы растворимости.

**Раздел 2.** Общая характеристика осаждения твердой фазы из раствора. Современные представления о закономерностях образования твердой фазы в растворах. Особенности зародышеобразования в гомогенных и гетерогенных системах. Влияние условий осаждения (степени пересыщения, вязкости среды, интенсивности перемешивания, температуры, адсорбции ионов на поверхности и др.) на образование и рост частиц твердой фазы. Кинетика образования и роста частиц твердой фазы в растворе. Особенности образования и превращения метастабильных фаз, различных структурных модификаций в зависимости от химической природы реагентов, поомегкуточных продуктов. Топохимические превращения в растворах. Псевдоморфозы.

**Раздел 3.** Особенности синтеза коллоидных систем. Использование золь-гель процесса для получения неорганических сорбентов, катализаторов, синтетических цеолитов, пористой керамики, пленок, вяжущих, волокон и др.; его преимущества по сравнению с порошковым методом синтеза.

**Раздел 4.** Реакции присоединения и разложения. Образование "двойных солей" и других соединений с общей кристаллической решеткой (квасцов, шенитов, шпинелей). Образование комплексных соединений (гидратов, аква-, аммин-, гидроксо-, оксо-, пероксокомплексов, фторо- и других галогенокомплексов). Использование фазовых диаграмм для подбора условий синтеза двойных (тройных) соединений определенного состава из раствора при совместной кристаллизации солей.

**Раздел 5.** Реакции обмена. Особенности реакций образования в водном растворе легкорастворимых веществ. Получение трудно растворимых веществ. Особенности реакций обмена с образованием трудно растворимых соединений в неводной среде. Получение тонких слоев различных соединений методом ионного наслаивания.

**Раздел 6.** Реакции окисления и восстановления. Реакции прямого синтеза бинарных соединений из простых веществ. Получение интерметаллических соединений, амальгам, галогенидов, сульфидов, селенидов, фосфидов, арсенидов, соединений щелочных и щелочноземельных металлов.

**Раздел 7.** Загрязнение продуктов синтеза в растворе примесями и условия, обеспечивающие их чистоту. Роль гидролиза. Явление изоморфизма и особенности его проявления при соосаждении веществ из растворов. Условия образования

смешанных кристаллов, твердых растворов. Регулирование соосаждения: состав твердых растворов, однородность отдельных кристаллов по составу.

### ***Часть III. Синтез неорганических соединений с участием газов.***

**Раздел 1.** Реакции газ–твердое вещество. Общая характеристика реакций. Транспортные реакции. Реакции с газами, содержащими кислород и применяющимися как окислители. Реакции с галогенами и их газообразными соединениями. Получение безводных галогенидов из оксидов, сульфидов, других галогенидов; сульфидов, нитридов, карбидов.

**Раздел 2.** Реакции газ–жидкость. Общая характеристика реакций.

**Раздел 3.** Реакции газ–газ. Общая характеристика реакций.

### ***Часть IV. Синтез неорганических соединений в твердой фазе.***

**Раздел 1.** Реакции термического разложения твердых веществ. Общая характеристика реакций. Получение сложных оксидов из прекурсоров: соосажденных гидроксидов, оксалатов и других солей.

**Раздел 2.** Реакции твердое–твердое вещество. Общая характеристика реакций. Роль диффузии в топохимических реакциях. Основные факторы, влияющие на скорость топохимических реакций: температура, структура и дефектность кристаллов, гомогенность реакционной смеси, степень дисперсности реагентов, скорость подвода реагентов к зоне реакции и отвода продуктов. Проблема разделения продуктов в твердой смеси (смесь нескольких фаз, образование твердых растворов, стекол и др.). Получение шпинелей из оксидов. Методические основы синтеза шихты для выращивания кристаллов – высокотемпературный синтез в твердой фазе.

### ***Часть V. Синтез неорганических соединений в расплаве.***

Расплав в качестве растворителя. Особенности кристаллизации из расплава. Применение фазовых диаграмм для определения условий синтеза немалекулярных кристаллических соединений – бинарных (оксидов, халькогенидов и др.) и тройных (оксидных бронз и др.) – с определенной величиной отклонения от стехиометрии. Особенности синтеза безводных фосфатов различного состава и строения аниона в растворах-расплавах фосфорных кислот. Термитные реакции. Получение монокристаллов методами Бриджмена, Чохральского.

### ***Часть VI. Синтез неорганических соединений при высоком давлении и в вакууме.***

**Раздел 1.** Реакции при высоком давлении. Гидротермальные реакции. Их использование для выращивания монокристаллов, перекристаллизации. Термодинамические основы прямого превращения графита в алмаз и кристаллизации алмаза из пересыщенного раствора углерода.

**Раздел 2.** Реакции в вакууме. Получение легкоразлагающихся соединений элементов в необычной степени окисления

#### ***Список обязательной литературы***

1. Якимов М.А., Основы неорганического синтеза. М.: Химия, 1978.

2. Позин М.Е. и др. Физико-химические основы неорганической технологии. Л.: Химия, 1985.
3. Вассерман И.М., Химическое осаждение из растворов. Л.: Химия, 1980.
4. Степин Б.В. и др. Методы получения особо чистых неорганических веществ. Л.: Химия, 1989.
6. Мартыненко Л.И. и др. Избранные главы неорганической химии. Вып. I. М.: Изд-во МГУ, 1986.

*Список дополнительной литературы*

1. Козлова О.Г., Рост и морфология кристаллов. М.: МГУ, 1990;
2. Девярых Г.Г. и др. Введение в теорию глубокой очистки веществ. М., 1991;
3. Смирнов В.М., Химия наноструктур. Синтез, строение, свойства. СПб, 1996;
4. Путилин Ю.М., Белякова Ю.А., Голенко В.П. и др. Синтез минералов. В 2-х томах. М.: Недра, 1987;
5. Балицкий В. С., Лисицина Е. Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. — М.: Недра, 1981;
6. Feng S., Xu R., New Materials in Hydrothermal Synthesis // Acc. Chem. Res. 2001. V. 34. P. 231–2474
7. Пополитов В.В. и др. Выращивание монокристаллов в гидротермальных условиях. М.: Наука, 1986.

Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень	Ученое звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Грунский Олег Сергеевич	Канд. гео-мин наук	нет	доцент	пер. Декабристов, д. 16. <a href="mailto:oleg.grunsky@spbu.ru">oleg.grunsky@spbu.ru</a> тел. 350-17-78