

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского государственного
университета

А.Л.Толстик

(подпись)

31.08.2012

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 8186 /баз.

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ »

Учебная программа для специальности
второй ступени высшего образования (магистратуры)
1-30 80 06 Химия

Минск
2012 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Свиридов Д.В. – декан химического факультета Белорусского государственного университета, заведующий кафедрой физической химии, доктор химических наук, профессор;

Карпушенкова Л.С. – заместитель декана химического факультета Белорусского государственного университета по учебной работе, доцент кафедры неорганической химии общей химии, кандидат химических наук, доцент;

Савицкая Т.А. – доцент кафедры физической химии, кандидат химических наук, доцент;

Шадыро О.И. – заведующий кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Рахманько Е.М. – заведующий кафедрой аналитической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Паньков В.В. – заведующий кафедрой физической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Стрельцов Е.А. – заведующий кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Воробьева Т.Н. – профессор кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Логинова Н.В. – доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

Хвалюк В.Н. – доцент кафедры общей химии и методики преподавания химии, кандидат химических наук, доцент;

Шишонок М.В. – доцент кафедры высокомолекулярных соединений Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Бекиш А.В. – доцент кафедры органической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Кимленко И.М. – доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра химии УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

Кузьменок Н.М. – доцент кафедры органической химии УО «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОЙ:

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № ____ от _____ 2012 г.);

Ответственный за редакцию: Т.А. Савицкая, И.М. Кимленко

Ответственный за выпуск: Т.А.Савицкая

1. Пояснительная записка

Дисциплина специальности «Современные проблемы химии» (всего 108 учебных часа, из них аудиторных – 34 ч., самостоятельной работы – 74 ч.) предназначена для магистрантов, обучающихся по специальности 1-31 80 06 – Химия. Форма отчетности – экзамен итоговой аттестации, принимаемый экзаменационной комиссией.

Цель курса: сформировать у студентов магистратуры углубленное представление об актуальных направлениях и тенденциях развития современных научных исследований в области химии на базе университетского химического образования.

Задачи курса:

- ознакомить студентов с актуальными направлениями и тенденциями развития современной химии
- вооружить их основами теоретических знаний концептуального характера в различных областях химической науки, необходимых для формирования научного мировоззрения.

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен **знать:**

- сущность иерархического принципа организации материи и основы синергетики;
- основные представления о молекулярно-организованных системах, в том числе с управляемыми свойствами, и их практическом применении;
- концепцию молекулярных и супрамолекулярных устройств и взаимосвязь супрамолекулярной химии с другими областями знания;
- современные направления исследований в бионеорганической химии с особым вниманием к роли металлов и их соединений в живых организмах и окружающей среде;
- термодинамические закономерности и механизмы электросинтеза неорганических и органических соединений, электрохимического осаждения из растворов металлов, сплавов и композитов;
- химические аспекты создания и использования альтернативных источников энергии, эффективность преобразования одних видов энергии в другие;
- возможные пути оптимизации аналитического определения, концентрирования и разделения веществ на примере компьютерного моделирования химических равновесий, создания единой шкалы сольвофобных эффектов, миниатюризации и автоматизации ионоселективных электродов;
- основные тенденции развития исследований в области свободнорадикальных процессов с участием веществ, входящих в состав живых организмов;
- современные научные и практические достижения в области производства полимерных материалов с новыми уникальными свойствами;

уметь:

- находить оптимальный путь решения любой научной проблемы, основываясь на теоретическом знании основных направлений развития современной химической науки и анализе мировых достижений в этой области;
- планировать и осуществлять научные исследования в различных областях химии;
- прогнозировать результаты экспериментального исследования и давать оценку полученным данным с точки зрения их научной значимости и перспектив практи-

ческого использования;

- использовать и совершенствовать методы химического анализа и синтеза;
- разрабатывать новые методы исследования химических веществ и материалов;
- находить области практического применения результатов исследований;
- аргументировать новизну, фундаментальность и прикладное значение полученных экспериментальных данных;
- составлять программу профессионального самообразования и организовывать её осуществление.

Данный курс представляет собой интегрированное научное знание, отражающее взаимосвязь между отдельными областями химической науки, базовые знания по которым составили основу общеуниверситетского образования студентов. Широкий охват материала наряду с фундаментальностью, доступностью и иллюстративностью изложения позволит сформировать у студентов полную и ясную картину тенденций и перспектив развития современной химии. Достаточное количество примеров прикладных исследований будет полезно для формирования умения находить верные пути перехода от научного исследования к практическому применению его результатов.

Преподавание курса направлено на подготовку студента второй ступени высшего образования – магистратуры к самостоятельному научному исследованию на базе современных химических знаний.

Распределение аудиторного времени по видам занятий

Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
108	34	34	-	-

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Модуль 1. ОСНОВЫ СИНЕРГЕТИКИ

Диссипативные динамические системы. Понятие об аттракторе. Ограничения в неравновесных системах и их роль в возникновении диссипативных структур. Системы с монотонной и немонотонной эволюцией. Свободный осциллятор. Понятие о фазовом пространстве, фазовой траектории и фазовом портрете системы. Простейшие аттракторы: точка и предельный цикл. Понятие о бифуркации, бифуркационной диаграмме. Субкритическая и суперкритическая бифуркация: диаграммы, отличительные признаки.

Методы идентификации динамических режимов. Размерность Хаусдорфа-Безиковича для одно-, двух- и трехмерных множеств. Понятие о фрактальных объектах. Канторовское множество, кривая (снежинка) Коха, их фрактальные размерности. Корреляционная размерность. Вычисление фрактальной и корреляционной размерности множества точек на плоскости. Практическая реализация процедуры по экспериментальным данным временного ряда. Моделирование химических динамических систем. Брюсселятор. Реакция Белоусова-Жаботинского (БЖ) в системах с перемешиванием. Периодические и хаотические режимы. Реакция БЖ в не-

однородной системе. Пространственные и пространственно-временные структуры в реакции БЖ.

Модуль 2. ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ

2.1. Масштабы, силы, процессы

Сущность иерархического принципа построения материи. Химическая эволюция от атомов к материалам и устройствам. Структурные уровни организации материи. Шкала размеров и ступени организации вещества, общая характеристика уровней. Атомно-молекулярный уровень. Супрамолекулярные структуры и клатратные соединения. Нано-уровень, порошки, волокна, пленки. Мезо-, микро- и макроуровни. Специфика сил межчастичного взаимодействия на каждой из ступеней организации материи. Валентные, межмолекулярные, Ван-дер-Ваальсовские силы. Капиллярные силы. Природа и характер так называемых «энтропийных» сил (гидрофобное взаимодействие, «конформационная» упругость).

Основные принципы, движущие силы, механизмы самоорганизации иерархических структур. Принцип «bottom-up» (снизу вверх) как основной путь возникновения иерархических структур в живой природе и современной технологии. Возникновение структур: консервативная самоорганизация в формировании структур; диссипативная самоорганизация в формировании структур; принцип «естественного отбора» в формировании структур.

2.2. Иерархически организованные объекты, связь между структурными уровнями

Нано-уровень. Характерные масштабы, характерные энергии, характерные силы на нано-уровне. Особая роль структуры поверхности в свойствах наночастиц. Размерные эффекты в наночастицах. Изменение энергетического спектра за счет размерного квантования, трансформация магнитного упорядочения в наночастицах магнитных материалов. Изменения в оптических свойствах, механических и термодинамических характеристиках.

Создание и свойства, применение изолированных наночастиц. Методы синтеза наночастиц. Физическое, химическое использование нанореакторов и шаблонов (темплатов). Создание функционального покрова на поверхности наночастицы как путь придания наночастицам особых свойств. Метод молекулярного наслаивания в создании функционального покрова на наночастицах.

Использование люминесцентных, магнитных и металлических наночастиц с функциональным покровом в медицине и биологии, аналитической химии: транспорт лекарств в организме, диагностика вирусных заболеваний и раковых клеток, генодиагностика и геноинженерия, терапия рака и вирусных заболеваний.

Ансамбли наночастиц, наноматериалы, нанокомпозиты. Основные типы ансамблей наночастиц и их характерные свойства. Фрактальные структуры, дендритометры. Коллоидные кристаллы в оптике, электронике. Нанокомпозиты в биологии, геологии и технологии материалов.

Получение и свойства наноматериалов. Консервативная самосборка и диссипативная самоорганизация как основные принципы создания упорядоченных структур на нано-уровне. Условия и критерии протекания процессов самосборки и самоорганизации. Использование шаблонов для создания упорядоченных ансамблей наночастиц и нанокомпозитов. Мицеллы ПАВ как «мягкий» шаблон для создания упорядоченных наноструктур. Слоистые, каналные структуры (слюда, цеолиты); по-

ристые оксидные пленки на алюминии, кремнии, титане; пористые полимерные пленки как «жесткие» шаблоны для получения упорядоченных ансамблей наночастиц и композиционных материалов. Специфические свойства упорядоченных наноструктур и нанокомпозитов. Примеры экстремально высоких уровней свойств, достигнутых в наноматериалах и нанокомпозитах, нанокерамике.

Мезо-, микро- и макроуровни (химические методы управления структурой вещества). Современные принципы управления микроструктурой материалов. Использование композиционных предшественников для задания микро- и макро-структуры материала. Использование явлений псевдоморфизма, минерализации предшественников и химического кодирования для управления микро- и макроструктурой материалов.

Молекулярно-организованные структуры. Основные типы молекулярно-организованных систем и механизмы их формирования. Органические мезофазы как среды для проведения химических реакций. Темплатный синтез мезопористых неорганических материалов. Фотоника молекулярных агрегатов. Молекулярные агрегаты в фотографических системах. Полиэлектrolитные моно- и полислои, полиэлектrolитные капсулы. Самоорганизующиеся монослои. Репликация изображений на их основе (химическая литография). Мономолекулярные смазки. Молекулярные цеолиты. Управляемые мембранные каналы. Электроактивные полимеры. Микроэлектрохимические устройства на основе проводящих полимеров (транзисторные сенсоры, диспенсоры, светодиоды, др.). Механохимия электроактивных полимеров.

Интерфейс живой и неживой природы. Гибридные структуры. Физико-химические принципы создания структурированных биотканей методом «лесов» в восстановительной трансплантологии. Искусственные пористые материалы как биodeградируемый шаблон для создания структуры внутренних органов.

Модуль 3. ОСНОВЫ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ХИМИИ

Взаимосвязь супрамолекулярной химии с другими областями знания. Основные понятия супрамолекулярной химии: рецептор, субстрат, комплементарность, супермолекула, супрамолекула. Основные функции супрамолекулярных объектов: молекулярное распознавание, превращение, перенос.

Молекулярное распознавание. Краун эфиры и их аналоги: криптанды, поданды и сферанды. Номенклатура краун-эфиров. Важнейшие представители краун-эфиров, криптандов, подандов и сферандов. Анализ термодинамической устойчивости и кинетической лабильности комплексов краун-эфиров, криптандов, подандов и сферандов с катионами металлов. Примеры сферического, тетраэдрического и линейного распознавания катионов и анионов.

Процессы переноса и катализа. Трансмембранный перенос катионов. Сопряженные процессы переноса. Катализ реакций гидролиза и конденсации.

Молекулярные и супрамолекулярные устройства. Концепция молекулярных и супрамолекулярных устройств. Устройства фотоиндуцированного переноса электрона или энергии: молекулярные переключатели, молекулярные кабельные удлинители, молекулярные антенные системы. Устройства pH-зависимого преобразования информации: логические операторы (AND, XOR). Фотохимически управляемые молекулярные механизмы: сборка-разборка псевдоротаксанов, фотоконтролируемый молекулярный челнок, молекулярный подъемник.

Модуль 4. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Волокна. Классификация. История создания и развития искусственных и синтетических волокон. Принципы получения волокнистых материалов. Структура, свойства, применение волокон. Современные волокна специального назначения: высокопрочные, термостойкие.

Пластмассы. Классификация. История создания и развития искусственных и синтетических пластмасс. Структура, свойства, применение пластмасс.

Эластомеры. Классификация. История создания и развития искусственных и синтетических эластомеров. Структура, свойства, применение эластомеров.

Жидкокристаллические высокомолекулярные соединения. Классификация: смектические, нематические, холестерические; лиотропные, термотропные. Синтез, структура, свойства и применение.

Современные композиционные материалы на основе высокомолекулярных соединений. Классификация. Структура: армирующие волокна и матрицы. Принципы получения, свойства и применение.

Интерполимерные комплексы. Классификация. Синтез, структура, применение.

Проводящие высокомолекулярные соединения. Классификация. Высокомолекулярные соединения с электронной проводимостью. Условия проводимости. Конфигурация, конформация, надмолекулярная организация. Применение.

Рециклизация высокомолекулярных соединений. Вторичная переработка полимерных материалов. Конверсия в практически ценные продукты.

Биоразлагаемые высокомолекулярные соединения. Ферментативная деструкция.

Бактериальные высокомолекулярные соединения: синтез, структура, свойства, применение

Модуль 5. ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ КАК МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Окислительный и восстановительный электросинтез, его особенности и преимущества. Термодинамическое обоснование фарадеевских процессов. Состояние поверхности катодов и анодов в процессе электросинтеза. Потенциостатический и гальваностатический электросинтез неорганических и органических соединений.

Модифицирование поверхности рабочих электродов для увеличения электрокаталитической активности. Электросинтез в неводных электролитах. Выбор условий электросинтеза, катодные и анодные материалы, состояние поверхности анодов и катодов при поляризации. Электролизеры, диафрагмы, мембраны. Электрокаталитическая активность рабочих электродов.

Особенности электросинтеза в неводных электролитах. Восстановление сольватированным электроном.

Термодинамика, кинетика и механизм процессов химического осаждения металлов из растворов, пути получения продуктов с заданными структурой и свойствами (пленок, порошков, фотографических изображений, токопроводящих рисунков), пути обеспечения совместного восстановления металлов.

Электрохимическое осаждение металлов из растворов: роль процессов комплексообразования, адсорбции, диффузии, катодные и анодные процессы; влияние разных факторов на структуру покрытий и скорость осаждения.

Электрохимическое осаждение сплавов, пути регулирования соотношения металлов в сплаве; фазовый состав, микроструктура и свойства сплавов. Электроосаждение композиционных материалов и их свойства.

Модуль 6. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Виды альтернативных источников энергии и их основные характеристики. Возобновляемые источники; материаловедческие, экологические и экономические аспекты их распространения.

Проблема непостоянства энергетических потоков при использовании альтернативных источников; химические, электрохимические, тепловые и др. типы аккумуляторов энергии. Проблема материалов и химических реагентов при крупномасштабном аккумулировании энергии.

Термодинамические, кинетические и другие принципиальные ограничения эффективности преобразования одних видов энергии в другие.

Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую энергию; фотовольтаические преобразователи – проблема создания полупроводниковых материалов, пригодных для широкого использования в солнечных батареях разных типов; фотоэлектрохимические, фотокаталитические преобразователи.

Водород как универсальный энергоноситель; методы получения применительно к крупномасштабной конверсии тепловой, солнечной и других видов энергии; понятие водородной энергетики.

Развитие альтернативной энергетики в Республике Беларусь.

Модуль 7. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОНЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Предмет, задачи, методы и значение бионеорганической химии, ее связь с другими науками (фармакологией, медициной, химией окружающей среды, биотехнологией и др.). Общая характеристика основных направлений современных исследований в бионеорганической химии.

Изучение роли металлов и их соединений в живых организмах и в окружающей среде. Изучение реакционной способности ионов металлов и их соединений по отношению к биологическим субстратам. Моделирование металлоферментов и процессов с их участием. Возможности использования в медицине достижений химической биомиметики, связанных с синтезом и изучением структуры и свойств биокоординационных соединений; роль этих исследований в развитии некоторых направлений ортомолекулярной медицины. Синтез биологически активных координационных соединений и разработка фармакологических препаратов и диагностических средств на их основе. Создание биоматериалов.

Модуль 8. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Ионные равновесия в аналитической химии. Закон действующих масс и его роль при описании равновесных процессов. Термодинамические, концентрационные и условные константы равновесия. Кислотно-основные равновесия в водных и неводных растворах. Равновесия осадок-раствор. Равновесия комплексообразования. Использование ионных равновесий в аналитической химии.

Компьютерное моделирование химических равновесий и их расчет. Система компьютерной математики Mathematica 5.0 как основа для моделирования равновесных систем в аналитической химии. Использование программных средств СКМ Mathematica 5.0 для количественного расчета сложных ионных равновесий. Опти-

мизация методов аналитического определения, концентрирования и разделения веществ в ионообменных и экстракционных системах.

Сольвофобные эффекты и их влияние на экстракцию и растворимость органических соединений. Сущность сольвофобного эффекта (СЭ) в жидкостях. Гидрофобный эффект как наиболее яркое и типичное проявление СЭ. Способы оценки СЭ. Выбор стандартного состояния для оценки СЭ и единая шкала СЭ для различных жидкостей, установленная на кафедре аналитической химии Белгосуниверситета. Влияние СЭ на экстракцию гидрофобных органических веществ. СЭ как движущая сила экстракционного процесса. Способы управления СЭ. Влияние СЭ на растворимость гидрофобных органических веществ. Принцип выбора растворителя с оптимальной величиной СЭ при разделении и концентрировании гидрофобных органических веществ.

Анионообменная экстракция высшими четвертичными аммониевыми основаниями. Экстракция минеральных анионов и ее связь с энергией гидратации. Особенности экстракции дифильных, прежде всего, органических анионов. Влияние строения радикала высших ЧАС на анионообменное сродство. Роль ионной ассоциации высшими ЧАС в молекулярно-абсорбционном анализе. Ионоселективные электроды на металлокомплексные, органические и минеральные анионы на основе высших ЧАС.

Ионометрические методы анализа: проблемы и подходы. Проблема повышения селективности. Рациональный и биомиметический подходы к дизайну ионофоров. Тонкая оптимизация составов мембран. Проблема следового анализа. Взаимосвязь между селективностью и нижним пределом обнаружения. Создание ИСЭ с нано- и пикомолярным диапазоном определяемых концентраций. Проблемы миниатюризации и автоматизации ИСЭ без внутреннего раствора сравнения на основе токопроводящих полимеров. Мини-ИСЭ для проточно-инжекционного анализа.

Модуль 9. СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ

Гомолиз и гетеролиз химической связи. Структура и устойчивость свободных радикалов. Химические и физические способы генерирования свободных радикалов. Методы обнаружения свободных радикалов.

Основные типы реакций с участием свободных радикалов.

Химия свободных радикалов углеводов. Образование и пути реакции радикалов моносахаров. Модификации глюкозы, рибозы и дезоксирибозы без раскрытия цикла. Гомолитические реакции, приводящие к раскрытию пиранозного и фуранозного циклов. Влияние кислорода, ионов металлов переменной валентности на гомолитические превращения моносахаров. Гомолитические превращения водорастворимых полисахаридов. Гомолитическая деструкция полисахаридов с разрывом О-гликозидной связи. Модификация полисахаридов при действии радикальных инициаторов. Влияние кислорода и ионов металлов на гомолитическую деструкцию и модификацию полисахаридов.

Свободнорадикальные превращения пептидов и белков. Гомолитическое дезаминирование и деструкция пептидов. Факторы, влияющие на эти процессы. Особенности гомолитического разрыва пептидной связи. Сшивка веществ белковой природы при действии свободнорадикальных агентов.

Свободнорадикальные превращения нуклеиновых кислот и их составляющих. Взаимодействие радикальных интермедиатов с азотистыми основаниями. Свободнорадикальные превращения нуклеозидов в водных растворах. Гомолитические ре-

акции, приводящие к разрыву N-гликозидной связи в нуклеозидах. Разрыв фосфоэфирной связи в нуклеотидах при их гомолитических превращениях. Отличительные особенности гомолитических превращений РНК-ых и ДНК-ых нуклеотидов. Основные пути гомолитических превращений РНК и одноцепочечной ДНК. Типы свободнорадикальных повреждений ДНК.

Гомолитические реакции с участием липидов и моделирующих их веществ. Свободнорадикальные превращения глицерофосфолипидов и их составляющих. Химия свободных радикалов глицерина и различных глицеридов. Свободнорадикальные превращения полиненасыщенных карбоновых кислот. Гомолитические реакции, затрагивающие полярную составляющую глицерофосфолипидов. Перекисное окисление глицерофосфолипидов. Понятие об антиоксидантах. Гомолитические превращения сфинголипидов.

Модуль 10. ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ КАК НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

Предмет и задачи «зеленой химии». Хронология развития «зеленой химии». Двенадцать принципов «зеленой химии» Пола Анастаса и Джона Уорнера. Направления развития «зеленой химии». «Зеленый» химический синтез и основные приемы его проведения: «зеленые» методы активации химических реакций, «зеленые» растворители, катализ, минимизация побочных продуктов в схемах реакций, «зеленый» дизайн химических процессов, использование возобновляемого сырья и энергии. Внедрение «зеленых» технологий в промышленное производство в мире и Республике Беларусь.

Концепция устойчивого развития и роль химии в его осуществлении. Модель устойчивого развития и его показатели. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь. «Более чистое производство» как актуальная стратегия развития мировой промышленности. Программа мировых производителей химической продукции «Ответственная забота» («Responsible Care») и ее вклад в устойчивое развитие. Глобальная Стратегия Управления Продуктом (Global Product Strategy, GPS) как часть программы «Ответственная забота». Системы экологического менеджмента: ISO 14001, европейский эко-менеджмент и аудит (EMAS). Законодательные документы, регламентирующие охрану окружающей среды в химической промышленности: требования к химической продукции Chemicals Policy, REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances), Согласованная на Глобальном Уровне Система Классификации и Маркировки Химической Продукции (Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, GHS).

3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

1. П. Берже, И. Помо, К. Видаль. Порядок в хаосе. М.: Мир, 1991.
2. Г. Николис, И. Пригожин. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979.
3. Г. Николис, И. Пригожин. Познание сложного. М.: Мир, 1990. – 341 с.
4. И. Пригожин, И. Стенгерс. Порядок из хаоса. М.: Едиториал УРСС, 2003.
5. Ю.Д. Третьяков, Ю.Г. Метлин. Фундаментальные физико-химические принципы в неорганическом материаловедении. // ЖВХО, 1991. – Т. 36, № 6. – С. 265-295.
6. А. Баблюяц. Молекулы, динамика и жизнь. М.: Мир, 1990. – 373 с.

7. В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 1994.
8. Р.А. Андриевский. Наноматериалы: концепция и современные проблемы. // Рос. хим. журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2002. – Т. XLVI, № 5. – С. 50-56.
9. Суздалев И.П. Нанотехнологии: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М., 2005.
10. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматиздат, 2007.
11. Ю.Д. Семчиков. Высокомолекулярные соединения. М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 368 с.
12. Лен Ж.М. Супрамолекулярная химия: концепции и перспективы. (пер. с англ.). Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 334 с.
13. Фиошин М.Я., Смирнова М.Г. Электросинтез окислителей и восстановителей. – Л.:Химия, 1981. – 212 с.
14. Электрохимия. Прошедшие тридцать и будущие тридцать лет. – Под ред. Г. Блума и Ф. Гутмана. М.:Химия. 1982. – 368 с.
15. Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии. Ч. 1 и 2. 1985.
16. Э.Э. Шпильрайн, С.П. Малышенко, Г.Г. Кулешов. Введение в водородную энергетику. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
17. В.В. Свиридов, Т.Н. Воробьева, Т.В. Гаевская, Л.И. Степанова. Химическое осаждение металлов из растворов. Минск, 1987. – 270 с.
18. В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. Структура и свойства электролитических сплавов. М., 1992. – 254 с.
19. Ю.Д. Третьяков Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов. //Успехи химии 2004. – Т. 73, №5. – С. 899-916.
20. Электрохимия полимеров. Под ред. М.Р. Тарасевича и др. М: Наука, 1990.
21. М. Хьюз. Неорганическая химия биологических процессов. М.: Мир, 1983. – 414 с.
22. Н.В. Логинова. Бионеорганическая химия: металлокомплексы в медицине. Мн.: БГУ, 2000.
23. Н.В. Логинова. Металлокомплексы в медицине: от дизайна к химиотерапии и диагностике. Мн.: БГУ, 2006.
24. А.Л. Гулевич Сложные химические равновесия. Минск, БГУ, 2002.
25. В.Дьяконов Mathematica 4: учебный курс. Спб: Питер, 2001.
26. С. Tanford. The hydrophobic effect – N.Y. J.Wiley and Son, 1973. – 320 p.
27. С.М. Лещев Оценка сольвофобного эффекта при сольватации гидрофобных органических неэлектролитов полярными растворителями. Журнал физической химии, 1999. – Т. 73, № 1. – С. 58-62.
28. Корыта И., Штулик К. Ионоселективные электроды. – М.:Мир, 1989.
29. Towards advanced chemical microsensors an overview. W.Wrablewski, A.Dubko, E.Malinowska, Z.Brzozka. Talanta. 63 (2004). – P. 33-57.
30. Anion-selective electrodes with liquid membranes. V. Egorov, E. Rakhmanko, A. Rat'ko. In: Encyclopedia of Sensors. – ASP: Stiveson Ranch, California, USA.
31. Р.Д. Сейфула, И.Г. Борисова. Проблемы фармакологии антиоксидантов. – Фармакология и токсикология, 1990. – Т. 53, № 6. – С. 3-10.

32. У. Прайор. Свободные радикалы в биологии, 1-2 т. - М., Мир, 1979.
33. К. Ингольд, Т. Робертс. Реакции гомолитического замещения. – М.: Мир, 1976.
34. В.А. Шарпатый. Радиационная химия биополимеров. - М.: Энергоиздат, 1981.
35. J.Clark, D.Masquarrie. Handbook of Green Chemistry –Blackwell. – 2002. – 532p.
36. P.Tundo, V.Esposito. Green Chemical Reactions – Springer. – 2003. – 213 p.
37. Г.Я. Кабо, А.В. Блохин, В.В. Смирский, О.А. Ивашкевич. Использование растительной биомассы для производства различных видов топлива в Республике Беларусь // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сборник статей. Выпуск 3 / под ред. О.А. Ивашкевича. – Минск: БГУ, 2008. – 165-179 с.
38. Зеленая химия в России: сборник статей / под ред. В.Лунина, П.Тундо,Е.Локтевой, Изд-во Моск. ун-та, – 2004. – 231 с.