

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ЛИН СО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ

Директор А.П. Федотов
«ОБ» Иркутск **2018 г.**

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**
(Основная и дополнительная программы)

Направление подготовки кадров высшей квалификации (программа аспирантуры): **04.06.01 Химические науки**

Направленность (профиль) подготовки: **Аналитическая химия**

Научная специальность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): **02.00.02 Аналитическая химия**

Иркутск, 2018

Введение

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы аналитической химии, основные методы, средства и объекты химического анализа. Основная программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (секция неорганической химии) при участии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и Московского технологического университета.

1. Общие вопросы

Предмет аналитической химии. Цели и особенности аналитической химии и аналитической службы. Взаимосвязь аналитической химии с другими науками, значение для общества. Основные этапы развития. Аналитические задачи: обнаружение, идентификация, определение веществ.

Химические, физические и биологические методы аналитической химии. Методы обнаружения, идентификации, разделения и концентрирования, определения; гибридные и комбинированные методы. Методы прямые и косвенные.

Основные характеристики методов определения: чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, селективность. Метод и методика.

Виды химического анализа: изотопный, атомный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Макро-, микро-, ультрамикрoанализ. Локальный, неразрушающий, дистанционный, непрерывный, внелабораторный (полевой).

2. Методы анализа

2.1. Химические методы

Теоретические основы

Использование законов термодинамики и кинетики для описания и управление реальными гомогенными и гетерогенными системами.

Количественные характеристики равновесий: термодинамическая и концентрационные константы, стандартный и формальный потенциалы, степень образования (молярная доля) компонента. Расчет активностей и равновесных концентраций компонентов. Буферные системы.

Кислотно-основное равновесие. Развитие представлений о кислотах и основаниях. Использование протолитической теории для описания равновесий. Влияние свойств растворителей; их классификация. Константы кислотности и основности. Функция Гаммета. Буферные растворы.

Комплексообразование. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Методы определения состава комплексных соединений и расчета констант устойчивости. Кинетика реакций комплексообразования. Инертные и лабильные комплексы. Примеры использования комплексов.

Окислительно-восстановительное равновесие. Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Нернста. Смешанный потенциал. Методы измерения потенциалов. Константы равновесия. Механизм окислительно-восстановительных реакций. Каталитические, автокаталитические, сопряженные и индуцированные окислительно-восстановительные реакции. Примеры аналитического использования.

Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Константы равновесия; растворимость. Механизм образования и свойства кристаллических и аморфных осадков. Коллоидные системы. Загрязнения и условия получения чистых осадков.

Органические реагенты в химическом анализе. Функционально-аналитические группы. Влияние структуры органических реагентов на их свойства. Теоретические осно-

вы взаимодействия органических реагентов с ионами металлов.

Гравиметрические методы

Сущность, значение, достоинства и ограничения прямых и косвенных гравиметрических методов. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие неорганические и органические осадители. Аналитические весы.

Титриметрические методы

Сущность и классификация. Виды титрования (прямое, обратное, косвенное). Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования.

Кислотно-основное титрование в водных и неводных средах. Первичные стандартные растворы. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Индикаторы.

Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Предварительное окисление и восстановление определяемых соединений. Краткая характеристика различных методов.

Комплексометрическое титрование. Сущность. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Практическое использование.

Осадительное титрование. Сущность. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы.

Кинетические методы

Сущность методов. Дифференциальный и интегральный варианты. Каталитический и некаталитический варианты. Методы определения концентрации индикаторных веществ. Чувствительность, избирательность и точность, области применения.

Биохимические методы

Сущность методов. Ферментативные индикаторные реакции. Химическая природа и структура ферментов. Иммуобилизованные ферменты. Биосенсоры и ферментные электроды. Сущность иммунных методов. Методы регистрации аналитического сигнала в биохимических и иммунных методах. Чувствительность, избирательность и точность методов. Области применения.

Электрохимические методы

Теоретические основы. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Кинетика электрохимических процессов. Поляризационная кривая. Классификация методов.

Потенциометрия. Равновесные электрохимические системы и их характеристики. Ионметрия: возможности метода и ограничения. Типы ионселективных электродов и их характеристики. Полевые транзисторы. Потенциометрическое титрование с неполяризованными и поляризованными электродами.

Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование, его возможности и преимущества. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Метрологические характеристики различных вариантов полярографии, возможности и ограничения методов. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы.

Кондуктометрия. Прямая низкочастотная кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Использование кондуктометрических датчиков в хроматографии и других методах анализа.

2.2. Физические методы

Взаимодействие вещества с электромагнитным излучением, потоками частиц, магнитным полем.

Методы атомной оптической спектроскопии

Теоретические основы. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции.

Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии. Зависимость аналитического сигнала от концентрации.

Атомно-эмиссионная спектроскопия. Возбуждение проб в пламени, в дуговом и искровом разрядах. Индуктивно связанная плазма. Регистрация спектра. Идентификация и определение элементов по эмиссионным спектрам. Физические и химические помехи. Внутренний стандарт. Подавление мешающих влияний матрицы и сопутствующих элементов. Примеры использования.

Атомно-абсорбционная спектрометрия. Сущность метода. Источники излучения. Пламенная атомизация. Характеристики пламен и их выбор. Электротермическая атомизация. Типы электротермических атомизаторов. Способы подготовки пробы. Помехи: химические и физические. Коррекция помех. Чувствительность и избирательность. Примеры использования.

Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Принцип метода. Способы возбуждения атомов (УФ излучение, лазер). Взаимное влияние элементов и устранение этих влияний. Практическое применение.

Методы рентгеновской и электронной спектроскопии

Методы рентгеноспектрального анализа (РСА). Классификация эмиссионных методов РСА. Закон Мозли. Качественный и количественный анализ. Матричные эффекты. Типы рентгеновских спектрометров. Сравнительная характеристика методов. Практическое применение.

Абсорбционный рентгеноспектральный анализ. Принцип метода; применение. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Оже-электронная спектроскопия. Основы методов. Практическое применение.

Методы молекулярной оптической спектроскопии

Теоретические основы. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Рассеяние света. Поляризация и оптическая активность. Способы измерения аналитического сигнала.

Спектрофотометрия. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Спектроскопия отражения. Достоинства и ограничения методов. Практическое применение.

Люминесцентные методы. Виды люминесценции. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Качественный и количественный анализ.

ИК- и рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия. Колебательные и вращательные спектры. Качественный и количественный анализ. Особенности анализа проб в различном агрегатном состоянии.

Нефелометрия и турбидиметрия. Фотоакустическая спектроскопия. Поляриметрия. Принципы методов и области применения.

Методы масс-спектрометрии

Способы масс-спектрального анализа, регистрация и интерпретация спектров. Качественный и количественный анализ. Метод изотопного разбавления. Хромато-масс-спектрометрия.

Резонансные спектроскопические методы

Магнитно-дипольные переходы. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. ЯМР-спектроскопия; применение для идентификации соединений. ЭПР-спектроскопия. Применение в анализе.

Ядерно-физические и радиохимические методы

Элементарные частицы. Основные виды радиоактивного распада и ядерных излучений.

Активационный анализ. Нейтронно-активационный анализ. Активация заряженными частицами. Гамма-активационный анализ. Метрологические характеристики. Практическое применение.

Радиохимические методы: методы радиоактивных индикаторов и изотопного раз-

бавления. Общая характеристика и применение.

Методы локального анализа и анализа поверхности

Классификация; физические основы. Достоинства и области применения. Особенности пробоотбора и пробоподготовки. Примеры использования.

2.3. Биологические методы

Сущность методов, их преимущества и ограничения. Индикаторные организмы, их типы. Аналитический сигнал и способы его регистрации. Определение физиологически неактивных соединений (химико-биологические методы). Метрологические характеристики. Области применения.

2.4. Хроматографические методы

Теоретические основы

Основные понятия. Теория равновесной хроматографии. Уравнение Ван-Деемтера. Общие подходы к оптимизации процесса хроматографического разделения веществ. Способы осуществления хроматографического процесса. Особенности капиллярных колонок. Способы элюирования веществ. Детекторы. Классификация хроматографических методов.

Газовая хроматография

Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Сущность метода. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Примеры используемых адсорбентов. Химическое и адсорбционное модифицирование поверхности адсорбента. Влияние температуры на удерживание и разделение. Газовая хроматография с программированным подъемом температуры. Детекторы. Примеры применения.

Газо-жидкостная хроматография. Принцип метода. Объекты исследования. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения.

Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. Сущность метода. Реакционная газовая хроматография. Применение для идентификации веществ, для анализа сложных смесей, объектов окружающей среды.

Сверхкритическая флюидная хроматография. Сущность, особенности, применение.

Жидкостная хроматография

Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сущность метода. Требования к адсорбентам и подвижной фазе. Влияние природы и состава элюента на эффективность разделения. Разновидности метода в зависимости от полярности неподвижной фазы: нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Выбор условий разделения. Детекторы. Применение для анализа сложных смесей.

Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена. Влияние природы и состава элюента на селективность разделения веществ. Примеры применения.

Ионная хроматография. Особенности метода. Двухколоночный и одноколоночный варианты метода. Сорбенты. Детекторы. Примеры применения.

Ион-парная хроматография. Принцип метода. Роль неподвижной фазы и вводимого в элюент противоиона. Области применения.

Эксклюзионная хроматография. Особенности механизма удерживания молекул. Характеристики сорбентов и подвижных фаз. Возможности и примеры применения. Гель-хроматография. Области применения.

Аффинная хроматография. Специфика метода, применяемые адсорбенты. Условия проведения процесса разделения. Области применения.

Тонкослойная хроматография. Сущность метода и области применения.

2.5. Другие методы разделения и концентрирования

Процессы и реакции, лежащие в основе методов. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Классификация методов. Сочета-

ние разделения и концентрирования с методами определения. Принципы выбора метода.

Сорбционные методы. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты.

Экстракция. Сущность метода. Закон распределения. Основные количественные характеристики. Классификация экстракционных процессов по типу используемого экстрагента, типу образующихся соединений, технике осуществления. Основные типы соединений, используемых в экстракции. Классы экстрагентов.

Осаждение и соосаждение.

Электрохимические методы. Классификация. Электровыделение, цементация, электрофорез, изотахофорез.

3. Метрология и хемометрика

3.1. Метрологические основы химического анализа

Аналитический сигнал. Результат анализа как случайная величина. Погрешности, способы их классификации, основные источники погрешностей.

Систематические погрешности в химическом анализе. Правильность и способы проверки правильности. Законы сложения погрешностей. Релятивизация, контрольный опыт. Рандомизация.

Случайные погрешности в химическом анализе. Генеральная и выборочная совокупности результатов химического анализа. Закон нормального распределения результатов анализа, его проверка. Распределение Пуассона. Статистика малых выборок. Воспроизводимость. Статистические критерии: математическое ожидание (генеральное среднее) и генеральная дисперсия случайной величины, выборочное среднее, дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал. Сравнение двух (критерий Фишера) и нескольких (критерии Бартлера, Кокрена) дисперсий. Сравнение двух (критерий Стьюдента) и нескольких (критерий Фишера) средних результатов химического анализа.

Чувствительность. Коэффициент чувствительности. Предел обнаружения, нижняя граница определяемых содержаний, их статистическая оценка. Погрешности отдельных стадий анализа и конечного результата. Применение дисперсионного анализа для оценки погрешностей отдельных стадий и операций химического анализа. Проверка значимости выборочного коэффициента корреляции. Использование корреляционного анализа для проверки независимости двух аналитических методик.

Применение регрессионного анализа для построения градуировочных зависимостей. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости, статистическая оценка результата. Математическое планирование и оптимизация аналитического эксперимента с использованием дисперсионного и многомерного регрессионного анализа. Стандартные образцы. Аттестация и стандартизация методик. Аккредитация аналитических лабораторий.

3.2. Компьютерные методы в аналитической химии

Пути использования ЭВМ в аналитической химии. Многомерные данные в химическом анализе. Первичная обработка данных. Коррелированные данные; понятие об анализе главных компонентов (факторном анализе). Многомерные регрессия и градуировка. Понятие о методах классификации и распознавания образов, кластерном анализе. Построение и использование нелинейных градуировочных зависимостей. Фурье-преобразование, его использование для фильтрации шумов и снижения пределов обнаружения. Расчеты химических равновесий.

4. Автоматизация анализа

Автоматизация лабораторного анализа и производственного контроля; периодического, дискретного анализа и непрерывного анализа в потоке. Автоматизированные при-

боры, системы и комплексы, автоматы-анализаторы для лабораторного и производственного анализа, роботы. Примеры современных высокоэффективных аналитических приборов-автоматов. Проточно-инжекционный анализ.

5. Анализ конкретных объектов

5.1. Аналитический цикл и стадии анализа

Выбор метода и схемы анализа, отбор пробы, подготовка пробы (разложение, разделение, концентрирование и другие операции), получение аналитической формы, измерение аналитического сигнала, обработка результатов измерений.

5.2. Пробоотбор и пробоподготовка

Представительность пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава; средних проб твердых, жидких и газообразных веществ; токсичных и радиоактивных проб. Основные операции перевода пробы в форму, удобную для анализа.

5.3. Основные объекты

Геологические объекты. Анализ силикатов, карбонатов, железных и полиметаллических руд. Металлы, сплавы и продукты металлургической промышленности (анализ черных, цветных, редких, благородных металлов и их сплавов). Материалы атомной промышленности (определение тория, урана, плутония, трансплутониевых элементов и осколков деления. Неорганические соединения. Анализ минеральных удобрений, неорганических веществ высокой чистоты. Органические вещества (природные и синтетические, элементоорганические, полимеры, продукты нефтепереработки, белки, жиры, углеводы; пестициды). Элементный анализ органических веществ.

Химические и физические методы функционального анализа. Молекулярный анализ органических объектов. Анализ высокомолекулярных веществ, органических материалов.

Биологические и медицинские объекты. Санитарно-гигиенический контроль. Клинический анализ. Пищевые продукты. Определение основных компонентов и примесей.

Объекты окружающей среды. Основные источники загрязнений и основные загрязнители; методы их определения. Определение суммарных показателей (ХПК, БПК и др.). Тест-методы.

Специальные объекты: токсичные и радиоактивные, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические и археологические объекты.

Рекомендуемая литература

Основная:

1 **Кристиан, Г.** Аналитическая химия: в 2 т. [Текст] / Г. Кристиан; пер. с англ. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 623 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН

2 **Ноллет, Лео М. Л.** Анализ воды. Справочник: пер. с англ. 2-го изд. [Текст] / под ред. И.А. Васильевой, Е.Л. Пролетарской. – Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2012. – 920 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН

3 **Причард, Э.** Контроль качества в аналитической химии [Текст] / Пер. с англ. По ред. И.В. Болдырева – Санкт-Петербург.: ЦОП «Профессия», 2011. – 320 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН

4 Аналитическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.И. Апарнев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 104 с. – 978-5-7782-1702-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44656.html>

5 **Кужаева, А.А.** Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Кужаева, И.В. Берлинский, Н.В. Джевага. – Саратов: Вузовское образование, 2018. – 152 с. – 978-5-4487-0310-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/77218.html>

6 **Хенке, Х.** Жидкостная хроматография [Электронный ресурс]: учебное пособие / Х. Хенке. — Электрон. текстовые данные. – Москва: Техносфера, 2009. – 264 с. – 978-5-94836-198-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12724.html>

7 **Бёккер, Ю.** Хроматография. Инструментальная аналитика. Методы хроматографии и капиллярного электрофореза [Электронный ресурс]: монография / Ю. Бёккер. – Москва: Техносфера, 2009. – 472 с. – 978-5-94836-212-0. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12749.html>

8 **Жебентяев, А. И.** Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа [Текст]: учеб. пособие для вузов/ А. И. Жебентяев. – Москва: ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2013. – 206 с.- 978-985-475-533-3. - ISBN 978-5-16-006615-8. - Режим доступа: библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

9 **Сычев, С. Н.** Высокоэффективная жидкостная хроматография. Аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем [Текст]: Учебное пособие / С.Н. Сычев, В.А. Гаврилина. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013. – 256 с. – 978-5-8114-1377-5. – Режим доступа: библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

Дополнительная:

10 **Отто, М.** Современные методы аналитической химии [Текст]: пер. с нем. / М. Отто. - 3-е изд. – Москва: Техносфера, 2008. – 545 с. – 978-5-94836-192-5. – Режим доступа: библиотечный фонд ИНЦ СО РАН

11 **Лесс, В. Р.** Практическое руководство для лаборатории. Специальные методы: пер. с нем. 2-го изд. [Текст] / под ред. И. Г. Зенкевича, Н. А. Шурдубы, И. В. Болдырева. – Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2011. – 472 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН

12 Определение элементной серы в донных осадках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [Текст] / И. Н. Азарова [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2001. – Т. 56. – № 10. – С. 1062-1066. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН

13 Определение бис-(2-этилгексил)фталата в воде методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с прямым концентрированием на хроматографической колонке [Текст] / Г. И. Барам [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55. – № 8. – С. 834-839. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН

14 **Бродский, Е. С.** Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды [Текст] / Е. С. Бродский, О. А. Савчук // Журн. аналит. химии. – 1998. – Т. 53. – № 12. – С.1238 – 1251. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН

15 Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хроматомасс-спектрометрии [Текст] / Е. С. Бродский [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2002. – Т.57, № 6. – С.592 – 596. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН

- 16 **Горшков, А. Г.** Полумикро-ВЭЖХ как инструмент оптимизации органического синтеза [Текст] / А. Г. Горшков, Е. Ю. Шмидт, А. И. Михалева // ДАН. – 2001. – Т. 381. – № 4. – С. 506-508. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН
- 17 **Высокоэффективная жидкостная хроматография на коротких колонках малого диаметра для определения приоритетных полициклических ароматических углеводородов в объектах окружающей среды [Текст] / А. Г. Горшков [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2003. – Т. 58. – № 8. – С. 861-868. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН**
- 18 **Идентификация нефтяных углеводородов в морской среде при использовании различных методов анализа [Текст] / И.А. Немировская [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52. – № 4. – С. 392 – 396. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН**
- 19 **Маринайте, И. И.** Мониторинг этоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть 2. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове промышленных центров [Текст] / И. И. Маринайте, А. Г. Горшков // Оптика атмосферы и океана. – 2002. – Т.15. – №5-6. – С. 450 – 455. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН
- 20 **Нефть в озере мирового наследия [Текст] / О. М. Хлыстов [и др.] // ДАН. – 2007. – Т. 414. – № 5. – С. 656-659. – Режим доступа: библиография ИНЦ СО РАН**
- 21 **Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : лабораторный практикум. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 118 с. – 978-5-4486-0057-9. –Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70757.html>**
- 22 **Ткаченко, С. В.** Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Ткаченко, С.А. Соколова. – Воронеж: Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. – 189 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72650.html>
- 23 **Аналитическая химия. Физико-химические и физические методы анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.И. Мовчан [и др.]. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. – 236 с. – 978-5-7882-1454-2. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61958.html>**
- 24 **Сизова, Л. С.** Аналитическая химия. Оптические методы анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.С. Сизова. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 179 с. – 5-89289-384-7. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14353.html>
- 25 **Аналитическая химия. Проблемы и подходы: в 2 т.: пер. с англ. [Текст] / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – Москва: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – Т.1. – 608с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.**
- 26 **Другов, Ю. С.** Мониторинг органических загрязнений природной среды [Текст] / Ю. С. Другов, А.А. Родин.- Санкт-Петербург: Наука, 2004.- 808с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

27 **Майстренко, В. Н.** Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Текст] / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 323 с. - Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

28 **Немеровская, И. А.** Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) [Текст] / И.А. Немеровская. – Москва: Научный Мир, 2004. – 328 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

Часть 2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

1. Быстрая газовая хроматография. Основы быстрой хроматографии. Применение быстрой хроматографии при анализе полихлорированных бифенилов.

2. Жидкостная хроматография. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Сорбенты. Детекторы. Распределительная хроматография. Адсорбционная хроматография.

3. ВЭЖХ на коротких колонках малого диаметра. ВЭЖХ как анализатор целевых компонентов в многокомпонентных матрицах. Определение бензо[а]пирена. Определение фталатов в воде методом ВЭЖХ с прямым концентрированием на аналитической колонке. Одновременное определение перилена и свободной серы в донных осадках.

4. ГХ-МС в анализе объектов окружающей среды. СОЗ в окружающей среде и методы их определения. Ультраследовый анализ. Почему нужна масс-спектрометрия?

5. Применение метода ГХ-МС при определении полициклических ароматических углеводородов в биотических и абиотических объектах. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – класс приоритетных органических загрязняющих веществ, физико-химические и токсические свойства, источники поступления в окружающую среду. Отбор и подготовка проб для определения ПАУ. Применение методов ГХ-МС и ВЭЖХ для определения ПАУ в биотических и абиотических объектах.

6. Применение метода ГХ-МС при определении полихлорированных бифенилов в биотических и абиотических объектах. Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – класс приоритетных органических загрязняющих веществ, физико-химические и токсические свойства, источники поступления в окружающую среду. Подготовка проб для определения ПХБ на следовом уровне концентраций в биотических и абиотических объектах. Количественный анализ, особенности масс-спектрометрии с изотопным разбавлением, мониторинг заданных ионов, быстрая ГХ. Воспроизводимость, точность, неопределенность.

7. Определение диэфиров о-фталевой кислоты. Приоритетный ряд диэфиров о-фталевой кислоты (фталаты), физико-химические и токсические свойства, источники поступления в окружающую среду. Применение метода ГХ-МС для определения фталатов в поверхностных водах, снежном покрове, почве и биоте. Определение фталатов в воде с применением методов ГХ-МС. Правильность и точность определения фталатов.

8. Определение пестицидов в биоте. Ряд пестицидов, приоритетный для экосистемы озера Байкал. Анализ остаточных количеств пестицидов в биоте. Методы ГХ-МС, ГХ-МС-МС.

9. Определение нефтепродуктов. Нефтепродукты как объект химического анализа. Обзор методов анализа, роль ГХ-МС в анализе природных объектов, загрязненных нефтепродуктами. Роль метода ГХ-МС в анализе нефтепродуктов в природных объектах.

10. Введение. Поступление стойких органических загрязнителей (СОЗ) в окружающую среду. Загрязнение окружающей среды СОЗ. Стокгольмская Конвенция. Приоритетные СОЗ. Органические загрязняющие вещества приоритетные в водной экосистеме Байкала.

11. Фитопланктон как биологический насос СОЗ в водных экосистемах. Роль фитопланктона в биогеохимическом цикле гидрофобных органических соединений. Биокон-

центрирование СОЗ различных классов в зависимости от динамики роста и вида фито-планктона.

12. Моллюски – универсальные индикаторы загрязнения водных экосистем СОЗ. В чем преимущества моллюсков как биоиндикаторов? Факторы, влияющие на биоаккумуляцию – содержание и состав липидов, видовые различия, сезонность, возраст и размеры особей.

13. Кальмары – индикаторы загрязнения мирового океана СОЗ. Кальмары как биоиндикаторы. Мониторинговые исследования.

14. Рыбы – индикаторы загрязнения СОЗ водных объектов. Механизмы, влияющие на биоаккумуляцию СОЗ. Факторы, влияющие на биоаккумуляцию СОЗ – биоконцентрирование, биомагнификация, гидрофобность СОЗ. Мониторинговые исследования.

15. Большая и Малая голомянки - индикаторы загрязнения вод Байкала фталатами и полициклическими ароматическими углеводородами. Источники фталатов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водной экосистеме Байкала. Концентрации приоритетных фталатов и ПАУ в водном теле Байкала. Уровни накопления фталатов и ПАУ в тканях голомянок.

16. Байкальский омуль – индикатор фонового загрязнения водной экосистемы Байкала. Фоновый уровень загрязнения вод Байкала полихлорированными бифенилами (ПХБ) и дихлордифенилтрихлорэтаном (ДДТ) и его метаболитами. Уровни биоаккумуляция ПХБ и ДДТ в трофических сетях Байкала. Оценка содержания в омуле диоксиноподобных ПХБ, вклад ТЕQ ПХБ в суммарный диоксиновый эквивалент.

17. Птицы – «разведчики» локального, регионального и глобального загрязнения. Факторы, влияющие на биоаккумуляцию СОЗ – миграция, характер питания, метаболизм, тканевая специфика аккумуляции.

18. Хвоя хвойных видов растений как тест объект для оценки распределения СОЗ на территории рассеивания их организованных выбросов. Хвоя хвойных видов – сосна (*Pinus sylvestris*), лиственницы (*Larix sibirica*), ели (*Picea obovata*), кедра (*Abies sibirica*), биоиндикаторы загрязнения атмосферы СОЗ. Уровни накопления ПАУ в тканях хвои и на восковом поверхностном слое в зависимости от вида, времени года. Оценка рассеивания организованных выбросов от точечного источника по уровням накопления СОЗ хвоей сосны, лиственницы.

19. Морские млекопитающие – индикаторы глобального загрязнения СОЗ и их токсических эффектов. Факторы, влияющие на биоаккумуляцию СОЗ, - распределение в тканях, возрастная тенденция, половые различия, географическая вариабельность и характер миграции, характер питания, метаболизм. Мониторинговые исследования.

Рекомендуемая литература

Основная:

1. **Лебедев, А. Т.** Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды [Текст]: Научное издание / А.Т. Лебедев. – Москва: Техносфера, 2013. – 632 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ИНЦ СО РАН.

2. **Кристиан, Г.** Аналитическая химия: в 2 т. [Текст] / Г. Кристиан; пер. с англ. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 623 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

3. *Analyse Chimique. Methodes et technique instrumentals. Cours et exercices corriges; 7 ed.* / F. Rouessac, A. Rouessac. – Paris. Dunod, 2009. – 512 p. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

4. **Другов, Ю. С.** Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктах. Практическое руководство: 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 270 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИИ СО РАН.

5. **Заикин, В. Г.** Масс-спектрометрия синтетических полимеров [Электронный ресурс] / В.Г. Заикин. – Москва: Всероссийское масс-спектрометрическое общество, 2009. – 332 с. – 978-5-9901043-3-4. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31748.html>
6. **Лебедев, А. Т.** Основы масс-спектрометрии белков и пептидов [Электронный ресурс] / А.Т. Лебедев, К.А. Артеменко, Т.Ю. Самгина. – Москва: Техносфера, 2012. – 180 с. – 978-5-94836-334-9. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26898.html>
7. **Майстренко, В. Н.** Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Майстренко, Н.А. Ключев. – 3-е изд. (эл.). – Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015. – 326 с. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326082.html>

Дополнительная

1. Нефть в озере мирового наследия [Текст] / О. М. Хлыстов [и др.] // ДАН. – 2007. – Т. 414. – № 5. – С. 656-659. – Режим доступа: библиография ЛИН СО РАН.
2. **Аргучинцев, В. К.** Оценка влияния на озеро Байкал аэропромвыбросов региональных источников [Текст] / В.К. Аргучинцев, А.В. Аргучинцева, М.А. Крейсик // Оптика атмосферы и океана. – 2001. – Т.14. – №3. – С. 236 – 239. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
3. **Маринайте, И.И.** Мониторинг этоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть 2. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове промышленных центров [Текст] / И.И. Маринайте, А.Г. Горшков // Оптика атмосферы и океана. – 2002. – Т.15, №5-6. – С. 450 – 455. – Режим доступа: библиография ЛИН СО РАН.
4. Нефтегазоносность отложений оз. Байкал [Текст] / А.Э. Конторович[и др.] // Геология и геофизика. – 2007. – Т.48. – № 12. – С. 1346 – 1356. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
5. **Бродский, Е.С.** Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды [Текст] / Е.С. Бродский, О.А. Савчук // Журн. аналит. химии. – 1998. – Т.53. – № 12. – С.1238 – 1251. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
6. **Бродский, Е.С.,** И.М. Лукашенко, Г.А. Калинкевич, С.А.Савчук. Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хроматомасс-спектрометрии [Текст] / Е.С. Бродский [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2002. – Т.57. – № 6. – С.592 – 596. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
7. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом ПНД Ф 16.1.41 – 04. М. – 2004. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
8. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат – 02» ПНД Ф 16.1:2.21 – 98. М. – 1998. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
9. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии ПНД Ф 16.1:2.22 – 98. М. – 1998. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.
10. **Хлыстов О.М.** Новые находки газовых гидратов в донных осадках озера Байкал [Текст] / О.М. Хлыстов // Научный журнал геология и геофизика. – 2006. – Т.47. – №8. – С. 979 – 981. – Режим доступа: библиография ЛИН СО РАН.

11. Гидраты метана в поверхностном слое глубоководных осадков озера Байкал [Текст] / Я. Клеркс [и др.] // ДАН. – 2003. – Т. 393. – №6. – С. 822 – 826. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

12. Идентификация нефтяных углеводородов в морской среде при использовании различных методов анализа [Текст] / И.А. Немировская [и др.] // Журн. аналит. химии. – 1997. – Т. 52. – № 4. – С. 392 – 396. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

13. **Лебедев, А. Т.** Масс-спектрометрия в органической химии [Текст] / А.Т. Лебедев. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 493 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

14. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: в 2 т.: пер. с англ. [Текст] / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – Москва: «Мир»: ООО «Издательство АСТ», 2004. – Т.1. – 608с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

15. **Немеровская, И.А.** Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) [Текст] / И.А. Немеровская. – Москва: Научный Мир, 2004. – 328 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

16. **Другов, Ю. С.** Мониторинг органических загрязнений природной среды [Текст] / Ю. С. Другов, А.А. Родин.- Санкт-Петербург: Наука, 2004.- 808с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

17. **Майстренко, В. Н.** Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей [Текст] / В.Н. Майстренко, Н.А. Клюев. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 323 с. - Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

Разработчики дополнительной программы: к.х.н., доцент А.Г. Горшков, к.х.н., Г.А. Федорова

ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ

Дата	Внесенные обновления	Подпись
25.05.2018 г.	Внесены изменения в список литературы. Добавлены источники из ЭБС Ай-Пи-Эр-Медиа (Договор № 4068/18 от 26 апреля 2018 г.)	