

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



Аннотированная рабочая программа модуля

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки
научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению

04.06.01 - Химические науки

Уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации

Рабочая программа разработана в соответствии с:

- самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом Национального исследовательского Томского государственного университета по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации) (утв. Ученым советом НИ ТГУ, протокол № 5 от 25.05.2016 г.);
- основной образовательной программой по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (в ред. 2016 г., по решению Ученого Совета от 29.06.2016, протокол № 6);
- учебного плана по направлению подготовки **04.06.01 – Химические науки** (утв. Ученым советом НИ ТГУ, протокол № 6 от 29.06.2016 г.).

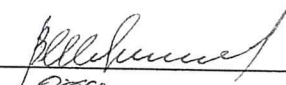
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании учебно-методической комиссии *химического факультета*, протокол № 31 от «18» мая 2016 года.

Авторы-разработчики, преподаватели дисциплины:

профессор, д.т.н. (профессор) Отмахов Владимир Ильич



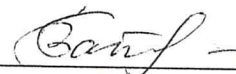
доцент, к.х.н. (доцент), Шелковников Владимир Витальевич



доцент, к.х.н. (доцент), Скворцова Лидия Николаевна



доцент, к.х.н. (доцент), Баталова Валентина Николаевна



доцент, к.х.н. (доцент), Изаак Татьяна Ивановна



доцент, к.х.н. (доцент), Гавриленко Наталья Айратовна



Рецензент:

профессор, к.х.н. (профессор) Минакова Тамара Сергеевна



Согласовано:

Руководитель ООП по направлению (04.06.01 – Химические науки):

профессор ХФ, д-р физ.-мат. наук (доцент), Курзина Ирина Александровна



Цели и задачи модуля

Модуль «**Аналитическая химия**» является основной дисциплиной (модулем), определяющей направленность программы подготовки аспирантов соответствующей научной специальности **02.00.02 Аналитическая химия**.

Цели изучения модуля:

- дать представление о современных тенденциях развития инструментальных методов анализа, их достоинствах и области применения;
- познакомить с проблемами создания и исследования материалов и покрытий, анализа сложных многокомпонентных систем и современными способами пробоподготовки;
- сформировать у аспирантов более глубокие представления о химических равновесиях, влиянии сольватации на состояние реагирующих ионов в растворе; способность теоретически обосновывать и оптимизировать условия анализа.

Задачи модуля:

- изучение роли растворителя в формировании состояния ионов; использование условных констант равновесия для математического моделирования оптимальных условий аналитических процессов;
- изучение современных методов химического анализа и способов пробоподготовки объектов со сложными матрицами;
- освоение расчётов, необходимых для термодинамического планирования научного эксперимента; хемометрического подхода к оценке результатов анализа многокомпонентных систем.

Модуль направлен на углубленную профессиональную подготовку аспиранта.

Место модуля в структуре образовательной программы

Модуль «**Аналитическая химия**» является компонентом профессиональных модулей по выбору вариативной части Блока 1 основной образовательной программы (ООП) аспирантуры (В.ДВ.1.1) и направлен на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности **02.00.02 Аналитическая химия**.

Модуль изучается в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки. Срок изучения модуля определяется в соответствии с календарным графиком.

Общая трудоемкость модуля составляет 7 зачетных единиц, 252 часа, из которых 56 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (24 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия практического (семинарского) типа), 160 часов составляет самостоятельная работа аспиранта, 36 часов – контроль (сдача кандидатского экзамена).

Входные требования для освоения модуля

Для полноценного усвоения данного модуля аспирантам необходимо иметь знания по неорганической химии, аналитической химии, физической химии, коллоидной химии, органической химии, инструментальным методам анализа (в рамках курса специалитета или магистратуры). Необходимо понимание основ строения и свойств неорганических и органических соединений, термодинамических подходов к описанию химических равновесий, знание сущности методов разделения и концентрирования, химических методов определения, принципов анализа различных объектов.

Модуль «Аналитическая химия» создает необходимую базу для успешного

освоения аспирантами последующих дисциплин вариативной части Блока 1, Блока 2 «Практики», Блока 3 «Научные исследования» и Блока 4 «Государственная итоговая аттестация» ООП аспирантуры по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки.

Общая трудоемкость модуля

Распределение часов по видам занятий и видам контроля

Виды учебной работы	Объем	
	7 з.е.	252 ак. часа
Общая трудоемкость модуля по учебному плану	7 з.е.	252 ак. часа
Аудиторные занятия (контактная работа)		56
Лекции		24
Практические занятия (индивидуальные консультации)		32
Самостоятельная работа		160
Контроль		36
Вид контроля: зачет, зачет с оценкой, кандидатский экзамен		

Процесс изучения модуля «Аналитическая химия» направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

– способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (PhD) (ПК-1);

– владение основами методологии анализа и исследования объектов различной природы и способностью теоретически обосновывать и оптимизировать условия анализа и исследования различными методами, применять статистические методы обработки аналитической информации (ПК-5).

В результате освоения модуля аспирант должен:

Знать:

- современное состояние науки в соответствии с направленностью подготовки;
- современные методы инструментального анализа и требования, предъявляемые к анализируемым объектам;
- классические и современные способы подготовки проб к анализу на содержание макро-, микрокомпонентов органической и неорганической природы в объектах окружающей среды (природная вода, почвы и грунты, воздух), в биологических объектах и технических материалах;
- углубленно химические равновесия в реальных системах, влияние сольватации на состояние реагирующих ионов в растворе и направление аналитических реакций.

Уметь:

- представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях;
- представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу;
- осуществлять необходимые расчёты и руководствоваться термодинамическим подходом для планирования научного эксперимента;
- проводить эксперимент и анализировать полученные результаты, в том числе с помощью компьютерных программ;
- применять хемометрический подход к оценке результатов анализа многокомпонентной смеси ионов в водном растворе.

Владеть:

- методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности подготовки;
- учебной, научной и справочной литературой в области аналитической химии и химического мониторинга;
- приемами математического моделирования химических равновесий в системах с целью предсказания оптимальных условий для протекания исследуемого процесса.

В результате освоения модуля у аспиранта формируются следующие элементы компетенций:

Код компетенции	Планируемые результаты обучения по модулю
ПК-1	З (ПК-1) – 1 - Знать современное состояние науки в соответствии с направленностью подготовки У (ПК-1) – 1 - Уметь представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях У (ПК-1) – 3 - Уметь представлять результаты научных исследований (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу В (ПК-1) – 1 - Владеть методами планирования, подготовки, проведения научных исследований, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности подготовки
ПК-5	З (ПК-5) – 1 - Знать современные методы инструментального анализа и требования, предъявляемые к анализируемым объектам З (ПК-5) – 2 - Знать классические и современные способы подготовки проб к анализу на содержание макро-, микрокомпонентов органической и неорганической природы в объектах окружающей среды (природная вода, почвы и грунты, воздух), в биологических объектах и технических материалах З (ПК-5) – 3 - Знать углубленно химические равновесия в реальных системах, влияние сольватации на состояние реагирующих ионов в растворе и направление аналитических реакций У (ПК-5) – 1 - Уметь осуществлять необходимые расчёты и руководствоваться термодинамическим подходом для планирования научного эксперимента У (ПК-5) – 2 - Уметь проводить эксперимент и анализировать полученные результаты, в том числе с помощью компьютерных программ У (ПК-5) – 3 - Уметь применять хемометрический подход к оценке результатов анализа многокомпонентной смеси ионов в водном растворе В (ПК-5) – 1 - Владеть учебной, научной и справочной литературой в области аналитической химии и химического мониторинга В (ПК-5) – 2 - Владеть приемами математического моделирования химических равновесий в системах с целью предсказания оптимальных условий для протекания исследуемого процесса

Наименование тем (разделов) и их краткое содержание**Часть 1. Сольватация ионов и математическое моделирование направления аналитических процессов**

Сольватация и химические равновесия в реальных системах. Сольватация, ионизация и диссоциация. Молекулярная и ионная ассоциация. Влияние сольватации на равновесие. Структура и свойства растворителей. Классификация растворителей. Сольватация ионов. Первичная и вторичная (ближняя и дальняя) сольватации.

Сольватация и комплексообразование. Термодинамические методы оценки роли растворителя в реальных системах: метод сравнения термодинамических характеристик реакций; метод, основанный на модельных представлениях о сольватации; метод сопоставления. Сольватационный эффект реакции. Влияние донорно-акцепторной природы растворителя на химические равновесия в растворах.

Роль растворителя в формировании состояния ионов: донорная сила и сольватация катиона, акцепторная сила и сольватация аниона, стерические факторы, структура растворителя.

Комплексные соединения. Основные положения теории Вернера. Химические связи в комплексах. Основные типы комплексов: комплексные ионы, внутрикомплексные соединения, ионные ассоциаты. Хелатный эффект. Роль комплексных соединений в химико-аналитических процессах. Механизмы замещения лигандов в комплексах. Лабильные и инертные лиганды. Образование комплексов из гидратированных ионов.

Типы химических равновесий. Равновесия реакций комплексообразования. Функция комплексообразования Бьеррума. Диаграммы состояний комплексных ионов в зависимости от концентрации лиганда. Равновесия кислотно-основных реакций (протонирования лиганда). Константа протонирования. Диаграммы продуктов диссоциации кислот и оснований. Равновесия окислительно-восстановительных реакций.

Условные константы равновесия и их связь с термодинамическими константами. Коэффициент побочной реакции. Роль pH при комплексообразовании. Определение состава соединений в оптимальных для анализа условиях. Оценка константы равновесия процесса как средства направленного действия.

Применение конкурирующих реакций в анализе. Методы окислительно-восстановительного титрования. Смещение стандартного окислительно-восстановительного потенциала. Линеаризация кривых титрования по методу Грана и по методу Марьянова. Метод полярографии. Влияние комплексообразования на прямое и косвенное определение ионов металлов. Метод ионнообменной хроматографии. Количественное описание равновесия катионного обмена. Факторы, влияющие на эффективность ионообменного разделения. Роль pH элюирующего раствора при разделении ионов металлов. Равновесный и кинетический факторы в процессах ионообменного разделения.

Часть 2. Современные методы исследования веществ и материалов

Использование рентгеновского излучения для анализа состава и структуры веществ. Генерация рентгеновского излучения. Устройство рентгеновской трубки, фильтрация рентгеновского излучения. Процессы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Закон Мозли. Фотоэффект, сечение фотоэффекта. Длина свободного пробега электронов. Безызлучательный переход, флуоресцентный выход. Упругое (рэлеевское) рассеяние. Эффект Комптона. Методы рентгеновского анализа.

Использование электронных пучков для анализа состава и структуры веществ. Свойства электронных пучков. Волновые свойства частиц. Дифракция электронов. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля, опыт Томсона. Применение частиц для исследования структуры вещества. Источники и детекторы электронов. Магнитные фокусирующие линзы. Процессы, происходящие при воздействии электронов на вещество.

Сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия. Ограничения оптической микроскопии. Устройство и принцип действия сканирующего электронного микроскопа. Характеристики электронного пучка.

Вторичная электронная эмиссия. Формирование изображения в первичных и вторичных электронах. Рентгенофлуоресцентный анализ в сканирующей микроскопии. Возможности современных приборов. Совместное использование электронного и ионного пучка. Низковакуумные микроскопы. Требования к образцам. Устройство просвечивающего электронного микроскопа. Регистрация электронов и изображения. Вакуумная система. Единицы измерения вакуума. Разрешение в электронном микроскопе. Дифракция медленных электронов. Контраст в ПЭМ. Дифракция и микродифракция. ПЭМ высокого разрешения.

Электронно-дифракционные методы. Двумерные поверхностные решетки. Двумерная обратная ячейка. Графическое построение дифракции – построение Эвальда. Дифракция медленных электронов (ДМЭ). Возможности метода. Аппаратура ДМЭ. Предварительный анализ картины ДМЭ. Геометрия картины ДМЭ. Реконструкция поверхности. Анализ профилей рефлексов ДМЭ. Дифракция отраженных быстрых электронов (ДБЭ, ДОБЭ). Аппаратура. Возможности метода.

Использование ионных пучков для анализа состава и структуры веществ. Взаимодействие ионов с веществом. Полевая ионная микроскопия. Ионно-нейтрализационная спектроскопия. Спектроскопия ионного рассеяния (СИР). Источники и детекторы ионов.

Часть 3. Современные методы химического анализа и пробоподготовки веществ и материалов.

Спектроскопические методы. Атомно-эмиссионный спектральный анализ с многоканальным анализатором эмиссионных спектров (МАЭС). Строение электронных оболочек атомов и их влияние на характер спектра. Механизм возникновения спектров. Интенсивность атомных спектральных линий. Зависимость интенсивности атомных спектральных линий от температуры, концентрации и энергии возбуждения. Уравнение Больцмана. Источники возбуждения спектров «Везувий» и «Шаровая молния» используемые в спектральном комплексе «Гранд» с МАЭС. Принцип работы фотодиодной линейки на кремниевых кристаллах. Полихроматор «Роуланд». Программный комплекс «Атом». Проведение качественного спектрального анализа. Построение калибровочных графиков. Проведение количественного спектрального анализа. Оптимизация условий проведения спектрального анализа с помощью программного комплекса «Атом».

Атомно-эмиссионный спектральный анализ с индукционно-связанной плазмой. Теоретические основы метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной плазмой. Высокочастотный плазмотрон. Индукционно-связанная плазма (ИСП). Основные температурные зоны ИСП. Аппаратура для проведения анализов. Практическое применение метода.

Масс-спектрометрия с индукционно-связанной плазмой. Теоретические основы метода масс-спектрометрии с индукционно-связанной плазмой. Образование ионов в индукционно-связанной плазме. Возможные интерференции при ИСП-МС анализе. Аппаратура для проведения анализов. Практическое применение метода.

Современные варианты инструментальной хроматографии. Современное состояние методов, область применения, значение и место среди других аналитических методов. Классификация хроматографических методов. Тенденции развития «зеленого» хроматографического анализа. Аналитический процесс в свете «зеленой химии». Метод газовой хроматографии. Метод жидкостной хроматографии. Сокращение общего объема растворителя и отходов: быстрая «зеленая хроматография». Быстрое разделение методом

ВЭЖХ при повышенном давлении. Традиционные системы ВЭЖХ с незначительными модификациями для «зеленого» разделения. Новые технологии упаковки колонок для «зеленого» разделения методом ВЭЖХ. Сверхпроизводительная жидкостная хроматография (UPLC) – новая эра «зелёной» хроматографии. Химия маленьких частиц. Быстрое разделение с помощью ультрасверхпроизводительной системы жидкостной хроматографии (UHPLC). Замена растворителя. Сверхкритическая флюидная хроматография. Свойства сверхкритических флюидов, используемые в СФХ. Хроматографические характеристики СФХ. Современные практические задачи СФХ с насадочными колонками.

Ионная хроматография. Ионная хроматография с кондуктометрическим детектированием. Новые варианты систем подавления фоновой проводимости. Способы повышения чувствительности: ввод большого объёма пробы, концентрирование в режиме on-line. Ионная хроматография со спектрофотометрическим детектированием. Гибридные методы: ИХ-ИСП-МС, ИХ-ИСП-АЭС, ИХ-АРИ-МС. Оценка качества воды, лекарственных препаратов методом ионной хроматографией.

Электрохимические методы анализа. Основные понятия и теоретические основы электрохимических методов анализа и исследования. Современное состояние методов, область применения, значение и место среди других аналитических методов. Классификация электрохимических методов.

Современные методы вольтамперометрии: осциллографическая вольтамперометрия, инверсионная вольтамперометрия на ртутных и твердых электродах, переменноточковая вольтамперометрия, циклическая вольтамперометрия, квадратно-волновая вольтамперометрия, импульсная нормальная и дифференциальная вольтамперометрия. Методы концентрирования в вольтамперометрии. Выделение металлов на твердых электродах. Выделение металлов на ртутных электродах. Выделение труднорастворимых солей на электродах. Адсорбционное концентрирование. Концентрирование за счет образования поверхностных комплексов. Вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов.

Электроды в электрохимическом анализе. Классификация электродных систем. Электроды I, II, III рода. Редоксэлектроды. Мембранные (ионоселективные) электроды. Электродные материалы в вольтамперометрии. Химически модифицированные электроды.

Пробоподготовка при определении высокотоксичных тяжелых металлов и радионуклидов. Современные способы пробоподготовки. Общие подходы к пробоподготовке при определении следовых количеств токсичных веществ. Методы минерализации и их усовершенствование.

Пробоподготовка с применением различных физических полей. Фотохимическое разложение органических веществ. Реакции фотоокисления. Реакции фотовосстановления. Фотохимическая пробоподготовка в методе ИВА. Преимущества определения тяжелых металлов методом ИВА с УФ-облучением.

Пробоподготовка в микроволновых печах. Механизм разрушения растворенных органических веществ СВЧ-полем. Техника метода.

Пробоподготовка с использованием ультразвука. Радикальные реакции в ультразвуковом поле. Техника метода.

Особенности пробоподготовки при определении легколетучих элементов. Примеры применения вариантов пробоподготовки. Особенности подготовки проб при анализе на содержание ртути. Применение микроволновых систем пробоподготовки при

определении ртути в пищевых продуктах. Устройства пробоподготовки.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа по видам учебных занятий предполагает следующие формы:

- самостоятельная проработка актуальных задач научной профессиональной деятельности, выполняемая с привлечением конспектов лекций, а также основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		СР	Форма контроля успеваемости
		Лекции и	Практические занятия (индивидуальные консультации)		
Часть 1. Сольватация ионов и математическое моделирование направления аналитических процессов	72	4	6	62	Зачет
Часть 2. Современные методы исследования веществ и материалов	72	4	6	62	Зачет с оценкой
Часть 3. Современные методы химического анализа и пробоподготовки веществ и материалов	72	16	20	36	
Контроль	36				Кандидатский экзамен
Итого:	252	24	32	160	

Основная литература

1. Киселев М.Г. Структурная самоорганизация в растворах и на границе раздела фаз /М.Г. Киселев, Ю.П. Пуховский, Г.А. Альпер[и др.]. – М.: Рос.акад. наук, Ин-т химии растворов, 2008. 539 с.
2. Киселев М.Г. Теоретические и экспериментальные методы химии растворов /М.Г. Киселев, С.Ю. Носков, Ю.П. Пуховский[и др.]. – М.: Рос.акад. наук, Ин-т химии растворов: Проспект, 2011. 683 с.
3. Михайлов В.А. Химическое равновесие: учебное пособие / В.А.Михайлов, О.В. Сорокина, Е.В. Савинкова, М.Н.Давыдова; под ред. Академика РАН А.Ю. Цивадзе. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 197 с.

Дополнительная литература

1. Кесслер Ю.М. Вода: структура, состояние, сольватация: достижения последних лет /Ю. М. Кесслер, В. Е. Петренко, А. К. Лященко. – М.: Наука. Рос.акад. наук, Ин-т химии растворов. 2003. 403 с.
2. Достижения и проблемы теории сольватации: Структурно-термодинамические аспекты /В.К. Абросимов, А.Г. Крестов, Г.А. Альпер и др.; Отв. ред. А.М. Кутепов; Рос. АН, Ин-т химии неводных растворов ПубликацияМ. : Наука , 1998. 244 с.
3. Березин Б.Д. Координационная химия сольватоккомплексов солей переходных металлов /Б. Д. Березин, О. А. Голубчиков; Отв. ред. Г. А. Крестов; Российская АН,

Институт химии неводных растворов.-М. : Наука , 1992. 235 с.

4. Горшков В.И. Основы физической химии / В.И.Горшков, И.А. Кузнецов -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2006. 408 с.

5. Бургер К. Сольватация, ионные реакции и комплексообразование в неводных средах. -М.: Мир, 1984. 256 с.

6. Крестов Г.А. Современные проблемы химии растворов /Г.А. Крестов, В.И. Виноградов, Ю.М. Кесслер [и др.]. – М.: Наука, 1986. 264 с.

7. Стромберг А.Г. Физическая химия: учебник для хим. спец. вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко; [под ред. А.Г. Стромберга]. 7-е изд., – М.: Высшая школа, 2006. 527 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Крестов Г.А. Термодинамика ионных процессов в растворах. [Электронный ресурс] URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000048719/000048719>

2. Афанасьев Б.Н. Физическая химия. [Электронный ресурс] /Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. –СПб.: Лань, 2012. 416 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4312

3. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010. URL: <http://e.lanbook.com/>

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ

Преподавание модуля осуществляется на кафедре аналитической химии.

Расположение кафедры: ул. А. Иванова, 49, 6-й корпус НИ ТГУ.

Сайт кафедры: <http://chem.tsu.ru>

Материально – техническое оборудование, используемое при реализации модуля «Аналитическая химия»:

– лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для демонстрации презентаций и слайдов (ауд. 213/325 6-го учебного корпуса НИТГУ);

– лабораторная аудитория (ауд. 314 6-го учебного корпуса НИТГУ);

– лабораторные аудитории спектроскопических методов анализа (ауд. 319, 417)

– компьютерный класс (ауд. 313-а).

– Лабораторные аудитории укомплектованы необходимым оборудованием:

– Ионный хроматограф ICS 5000 (Dionex) (ауд. 315, 6-го учебного корпуса НИ ТГУ);

– Комплекс атомно-эмиссионного спектрального анализа совмещенный с многоканальным анализатором эмиссионных спектров. В составе комплекса спектрометр многоканальный «Гранд» и универсальный спектроаналитический генератор с электронным управлением «Везувий-3» (НИЛ МОС ТГУ, ауд. 417, 6-го учебного корпуса НИ ТГУ).

– Дифракционный атомно-эмиссионный спектрометр ДФС-452, совмещенный с МАЭС (НИЛ МОС НИ ТГУ, ауд. 319, 6-го учебного корпуса НИ ТГУ).

– Рентгенофлуоресцентный спектрометр Shimadzu XRF 1800, Q215445001SA2007 г. (Томский материаловедческий центр коллективного пользования НИ ТГУ, НИИПММ или ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем», 5 учебный корпус НИ ТГУ).

– Спектрофотометр «Evolution 600» USA (Химико-аналитический центр коллективного пользования НИ ТГУ, ауд. 410, 6-го учебного корпуса НИ ТГУ).

- Атомно-абсорбционный спектрометр SOLAARS2 ThermoElectronCorporation (НИЛ МОС НИ ТГУ, ауд. 3196-го учебного корпуса НИ ТГУ).
- Весы лабораторные высокого (II) класса точности по ГОСТ 24104 (весовая комната 6-го учебного корпуса НИ ТГУ).
- Вольтамперометрические анализаторы СТА-1, ТА-2, ТА-4.