

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Сибирская школа геонаук (119)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №29 от 10 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ / ANALYTICAL CHEMISTRY»

Направление: 09.03.02 Информационные системы и технологии

Информационные технологии в науках о Земле и окружающей среде / Information
Technologies in Earth and Environmental Sciences

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Ланько Анна Викторовна
Дата подписания: 13.12.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ланько Анна
Викторовна
Дата подписания: 13.12.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Паршин
Александр Вадимович
Дата подписания: 13.01.2026

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Аналитическая химия / Analytical Chemistry» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способен использовать знания о геологических, гидрогеологических процессах, химическом составе и качестве компонентов окружающей среды, а так-же методы их исследования и оценки при проведении комплексных исследований состояния природных ресурсов, оценке экологических рисков и разработке рекомендаций по охране окружающей среды	ПКС-1.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.2	Способен использовать знания о химическом составе и качестве компонентов окружающей среды	Знать Основы аналитической химии, методы определения химического состава и качества компонентов окружающей среды (почвы, воды, воздуха), геохимические процессы и их влияние на природные ресурсы. Уметь Применять аналитические методы для исследования химического состава окружающей среды, оценки качества ресурсов и экологических рисков при комплексных исследованиях. Владеть Методами спектроскопии, хроматографии и титрования для анализа проб окружающей среды и разработки рекомендаций по охране с учетом химических индикаторов.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Аналитическая химия / Analytical Chemistry» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: Нет

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Геоэкология / Geocology», «Геохимия окружающей среды / Environmental Geochemistry», «Месторождения полезных ископаемых / Mineral Deposits»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45
--------------------	--

	минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	16	16
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	24	24
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1. Основы аналитической химии.	1	2			1	4			Устный опрос
2	2. Классические и спектроскопические методы.	2	2			2	2	4	5	Устный опрос
3	3. Хроматографические и электрохимические методы.	3	2			3	4	4	5	Устный опрос
4	4. Масспектрометрия и комбинированные методы.	4	2			4	4			Устный опрос
5	5. Методы пробоподготовки и контроля качества.	5	2			5	4			Устный опрос
6	6. Анализ качества компонентов окружающей среды.	6	2			6	4	2	4	Устный опрос
7	7. Автоматизированные системы и геоинформационные системы (ГИС) в аналитической	7	2			7	4	1	5	Устный опрос

	химии.									
8	8. Экологические риски и нормы аналитического контроля.	8	2			8, 9, 10	6	3	5	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16				32		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	1. Основы аналитической химии.	Классификация методов анализа, понятия точности, воспроизводимости, предела обнаружения; этапы количественного анализа.
2	2. Классические и спектроскопические методы.	Гравиметрия, титриметрия (кислотно-основная, комплексонометрия, редокс), атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС), атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС), ультрафиолетово-видимая спектрофотометрия (УФ/Вид) для тяжелых металлов в воде/почве.
3	3. Хроматографические и электрохимические методы.	Газовая хроматография (ГХ), жидкостная хроматография (ЖХ), потенциометрия, вольтамперометрия для органических загрязнителей и ионов в окружающей среде. (4,5 ч)
4	4. Массспектрометрия и комбинированные методы.	Индуктивно-связанная плазма с масс-спектрометрией (ИЧП-МС), газовая хроматография с масс-спектрометрией (ГХ-МС), жидкостная хроматография с масс-спектрометрией (ЖХ-МС) для микроэлементов и полициклических ароматических углеводородов/взрывчатых органических соединений (ПАУ/ВОЗ) в пробах воздуха/осадков.
5	5. Методы пробоподготовки и контроля качества.	Пробы воды/почвы/воздуха; минерализация, экстракция; стандарты сертифицированных материалов (CRM); валидация методов.
6	6. Анализ качества компонентов окружающей среды.	Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязнителей; геохимические барьеры; индикаторы антропогенного воздействия.
7	7. Автоматизированные системы и геоинформационные системы (ГИС) в аналитической химии.	Автоанализаторы; интеграция данных в QGIS для карт загрязнения.
8	8. Экологические риски и нормы аналитического контроля.	Оценка рисков по химическому составу; рекомендации по мониторингу и охране окружающей среды (ОС).

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Практическая работа №1. Определение точности, воспроизводимости и предела обнаружения аналитического метода.	4
2	Практическая работа №2. Титриметрический анализ ионов в пробах воды.	2
3	Практическая работа №3. Потенциометрическое определение pH и ионов в почвенных экстрактах.	4
4	Практическая работа №4. Атомно-абсорбционный анализ тяжелых металлов в почвах.	4
5	Практическая работа №5. Подготовка проб окружающей среды и валидация методов.	4
6	Практическая работа №6. Расчет предельно допустимых концентраций (ПДК) по результатам анализа.	4
7	Практическая работа №7. Построение карт загрязнения в QGIS.	4
8	Практическая работа №8. Спектрофотометрический анализ микроэлементов.	2
9	Практическая работа №9. Хроматографический анализ органических загрязнителей.	2
10	Практическая работа №10. Комплексная оценка экологических рисков.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	5
2	Подготовка к зачёту	4
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	5
4	Проработка разделов теоретического материала	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: работы в малых группах

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Общие требования

Практические работы проводятся в лаборатории и с использованием ГИС QGIS для анализа проб окружающей среды (вода, почва, воздух). Студенты осваивают методы пробоподготовки, инструментальный анализ и оценку качества по ПДК.

Отчет: протоколы измерений, таблицы результатов, карты загрязнения, выводы по экологическим рискам

Практическая работа №1. Определение точности, воспроизводимости и предела обнаружения аналитического метода

Цель: Освоить базовые характеристики аналитических методов.

Теоретическое описание: Точность характеризует близость среднего результата повторных измерений к истинному значению аналита и рассчитывается как систематическая погрешность $\delta = |x_{\text{bar}} - x_0| / x_0 * 100\%$, где:

δ — систематическая погрешность (%);

x_{bar} — среднее арифметическое повторных измерений;

x_0 — истинное (эталонное) значение аналита;

Воспроизводимость отражает случайный разброс результатов и выражается стандартным отклонением $S_r = \sqrt{\sum (x_i - x_{\text{bar}})^2 / (n-1)}$, где:

S_r — стандартное отклонение повторности (%);

x_i — результат i-го измерения;

n — число повторностей;

Предел обнаружения $LOD = 3 * s_b / m$, где:

LOD — предел обнаружения (мг/л);

s_b — стандартное отклонение сигнала фона (пустой пробы);

m — наклон калибровочной кривой.

Ход выполнения работы:

1. Подготовить 5 модельных растворов Cu^{2+} (ионы меди(II)) концентрацией 1, 3, 5, 7, 10 мг/л из стандартного раствора 1000 мг/л, разбавляя в 1% азотной кислоте (HNO_3).
2. Настроить спектрофотометр на длину волны $\lambda=324$ нм, измерить оптическую плотность A каждого стандарта 3 раза.
3. Провести 10 повторных измерений раствором 5 мг/л, записать значения A_i .
4. Построить калибровочную кривую в Excel (линейная регрессия), получить уравнение $y = m*x + b$, коэффициент детерминации R^2 .
5. Рассчитать δ , S_r , LOD по приведенным формулам.

Результат: Таблица характеристик метода ($\delta=\pm 2\%$, $S_r=1.5\%$, $LOD=0.05$ мг/л); график калибровки с $R^2>0.99$ и доверительными интервалами; сравнение с ГОСТ Р 8.596-2002 (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РФ "Методика выполнения измерений"); рекомендации по применению метода в экологии.

Контрольные вопросы:

1. В чем разница между точностью и воспроизводимостью?
2. Как влияет количество повторностей на расчет LOD ?
3. Какие факторы снижают точность спектрофотометрического метода?

Источники литературы:

1. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. М.: Химия, 2016.
2. Методические указания МУ 08-8/19 по определению тяжелых металлов. М.: Росгидромет, 2020.

Практическая работа №2. Титриметрический анализ ионов в пробах воды

Цель: Определить жесткость воды комплексонометрией.

Теоретическое описание: Комплексонометрия — титрование металлов этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА, комплексообразователь) до точки эквивалентности с индикатором (эриохромовое черное Т меняет цвет при pH 10); жесткость GH выражается в мг-экв/л CaCO_3 и рассчитывается по формуле $\text{GH} = (\text{V_ЭДТА} * \text{C_ЭДТА} * 50.04) / \text{V_пробы}$, где:

GH — общая жесткость воды (мг-экв/л);

V_ЭДТА — объем титранта (раствора ЭДТА) до точки эквивалентности (мл);

C_ЭДТА — концентрация ЭДТА (моль/л);

V_пробы — объем анализируемой пробы воды (мл);

50.04 — эквивалентная масса карбоната кальция CaCO_3 (г/экв).

Ход выполнения работы:

1. Взять 50 мл пробы воды, добавить 2 мл буфера аммиака-аммоний хлорид ($\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$, pH 10).
2. Добавить 3 капли индикатора эриохромового черного Т, титровать 0,01 М раствором ЭДТА до исчезновения синего цвета.
3. Повторить титрование для 5 параллельных проб, записать V_ЭДТА.
4. Рассчитать жесткость по приведенной формуле.
5. Определить карбонатную жесткость аналогично при pH 8,2–9,2.

Результат: Таблица титрования (V_ЭДТА, GH_общая/GH_карбонатная для 5 проб); сравнение с ПДК (предельно допустимая концентрация) СанПиН 1.2.3685-21 ($\text{GH} \leq 7$ мг-экв/л); график титрования; выводы о пригодности воды для питья/полива.

Контрольные вопросы:

1. Почему титрование проводят при pH 10?
2. Как рассчитать жесткость по формуле GH?
3. Влияют ли примеси на индикаторную точку?

Источники литературы:

1. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. М.: Химия, 2016.
2. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости.

Практическая работа №3. Потенциометрическое определение pH и ионов в почвенных экстрактах

Цель: Измерить pH и активность ионов.

Теоретическое описание: Потенциометрия использует ион-селективные электроды (ИСЭ); уравнение Нернста $E = E_0 + (RT/F) * \log a_i$, где:

E — измеренная электродная сила (мВ);

E_0 — стандартный электродный потенциал (мВ);

R — универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/моль•К);

T — абсолютная температура (К);

F — постоянная Фарадея (96485 Кл/моль);

a_i — активность иона;

калибровочная кривая строится как E-pC, где $pC = -\log C$ (C — концентрация иона, мг/л).

Ход выполнения работы:

1. Взять 10 г почвы, добавить 50 мл 1М хлорида калия (KCl), выдержать 1 ч, отфильтровать.
2. Калибровать pH-метр буферами pH 4,0; 7,0; 9,2, измерить pH экстракта.
3. Подготовить 5 стандартов F^- (фторид-ион) 0,1–10 мг/л, измерить ЭДС (E) ИСЭ.
4. Построить график E-pC, определить наклон (59 мВ/pC при 25°C).
5. Рассчитать C_F⁻ в экстракте по уравнению регрессии.

Результат: Таблица калибровки (E, pC); график с наклоном 58–60 мВ/pC; концентрации pH=5,2; $\text{F}^-=2,3$ мг/кг; сравнение с ПДК (pH 5,5–8,5); интерпретация подвижных форм.

Контрольные вопросы:

1. Что определяет наклон калибровочной кривой?

2. Как готовят экстракт для подвижных форм?
3. В чем преимущество ИСЭ перед индикаторами?

Источники литературы:

1. Методические указания МУ 08-8/19 по определению тяжелых металлов. М.: Росгидромет, 2020.

2. Баженова О.Е. Аналитическая химия окружающей среды. М.: КолосС, 2018.

Практическая работа №4. Атомно-абсорбционный анализ тяжелых металлов в почвах
Цель: Определить Pb (свинец), Cd (кадмий) в почвенных пробах.

Теоретическое описание: Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) основана на измерении поглощения атомами металлов света резонансной длины волны в пламени ацетилен-воздушном (например, $\lambda=283,3$ нм для Pb) или графитовой печи; принцип следует закону Бера-Ламберта $A = \epsilon \cdot l \cdot c$, где:

A — оптическая плотность;

ϵ — коэффициент молярного поглощения (л/моль•см);

l — длина оптического пути (см);

c — концентрация атомов (моль/л);

концентрация в пробе $C_x = (A_x - b)/m$, где A_x — сигнал пробы, b — ордината калибровки, m — наклон калибровки.

Ход выполнения работы:

1. Взять 1 г почвы, добавить 10 мл смеси азотной (HNO_3) и хлорной ($HClO_4$) кислот (4:1), кипятить 2 ч до белого осадка.

2. Охладить, довести до 50 мл, профильтровать.

3. Подготовить стандарты Pb/Cd 0,1–5 мг/л, измерить A на ААС (пламя воздух-ацетилен).

4. Построить калибровку, рассчитать C_x мг/кг сухого вещества.

5. Пересчитать на влажную почву (коэффициент 1,1).

Результат: Таблица калибровки ($R^2=0.998$); $C_{Pb}=45$ мг/кг, $C_{Cd}=1,2$ мг/кг; $Z_c=2,25$ (Pb); диаграмма превышений; оценка по ГОСТ 17.4.3.01-83.

Контрольные вопросы:

1. Почему используют минерализацию проб?

2. Как корректируют матричный эффект?

3. Какой предел обнаружения ААС для Pb?

Источники литературы:

1. Методические указания МУ 08-8/19 по определению тяжелых металлов. М.: Росгидромет, 2020.

2. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. М.: Химия, 2016.

Практическая работа №5. Подготовка проб окружающей среды и валидация методов
Цель: Освоить пробоподготовку и контроль качества.

Теоретическое описание: Сертифицированные эталонные материалы (CRM — Certified Reference Materials) — пробы с известным составом для проверки методов; коэффициент восстановления $R = (C_{\text{найд.}} - C_{\text{фон}})/C_{\text{добав.}} \cdot 100\%$, где:

$C_{\text{найд.}}$ — найденная концентрация;

$C_{\text{фон}}$ — фоновая концентрация пробы;

$C_{\text{добав.}}$ — добавленная концентрация (норма $R = 90\text{--}110\%$);

пробоподготовка: сушка при 105°C , просев <2 мм, минерализация $HNO_3 + HClO_4$.

Ход выполнения работы:

1. Взять 1 г почвы, высушить при 105°C 4 ч, просеять через сито 2 мм.

2. Взвешивать 0,5 г, добавить 5 мл $HNO_3 + 2$ мл $HClO_4$, кипятить 2 ч.

3. Добавить CRM Cu 10 мг/кг, повторить минерализацию параллельно.

4. Проанализировать оба раствора ААС, рассчитать R для Cu.

5. Составить протокол валидации метода.

Результат: Протокол пробоподготовки; таблица R=102% (Cu); сертификат валидации.

Контрольные вопросы:

1. Что такое CRM и зачем его используют?
2. Нормы восстановления для валидации?
3. Этапы пробоподготовки?

Источники литературы:

1. Баженова О.Е. Аналитическая химия окружающей среды. М.: КолосС, 2018.
2. ГОСТ Р 8.596-2002 Методика выполнения измерений.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Рекомендации по самостоятельной работе:

1. Рекомендации по самостоятельной подготовке к лабораторным работам

- Изучите теоретический материал по теме лабораторной работы.

Ознакомьтесь с учебниками, лекциями и дополнительными источниками, чтобы понимать цели и задачи работы, основные понятия и методы, используемые в лабораторном задании¹.

- Внимательно ознакомьтесь с методическими указаниями и требованиями к лабораторной работе. Обратите внимание на последовательность выполнения этапов, используемое программное обеспечение, форматы исходных и выходных данных, требования к визуализации и анализу результатов.

- Подготовьте исходные данные. Проверьте наличие всех необходимых файлов, убедитесь в их корректности (форматы, структура, отсутствие ошибок и пропусков данных).

- Освойте необходимые функции и инструменты программного обеспечения.

Повторите работу с теми модулями и инструментами, которые будут использоваться в лабораторной работе.

- Планируйте время. Разделите выполнение работы на этапы: подготовка данных, выполнение анализа, оформление визуализации, написание отчета.

2. Рекомендации по оформлению отчетов по лабораторным работам

- Структурируйте отчет по стандартной схеме:

- Титульный лист (название работы, ФИО, группа, дата)

- Цель работы

- Краткое описание исходных данных

- Описание используемых методов и программного обеспечения

- Последовательное изложение этапов работы с иллюстрациями (скриншотами, графиками, картами)

- Анализ полученных результатов (выявленные особенности, сравнение с теорией, интерпретация)

- Выводы и рекомендации

- Список использованных источников

- Используйте качественные иллюстрации. Все графические материалы должны быть четкими, снабжены подписями, масштабами, легендами и пояснениями.

- Формулируйте выводы по существу. Кратко и ясно отражайте основные результаты работы, выявленные закономерности, достоинства и ограничения применяемых методов.

- Оформляйте отчет в соответствии с требованиями ДОТ. Соблюдайте стандарты оформления текста, таблиц, рисунков и ссылок на источники.

3. Рекомендации по самостоятельной проработке отдельных разделов тем

- Изучайте рекомендованную литературу и дополнительные источники. Используйте учебники, статьи, электронные ресурсы, профессиональные базы данных и справочные материалы, указанные в рабочей программе дисциплины¹.
- Выполняйте конспектирование ключевых понятий и алгоритмов. Составляйте краткие записи по основным определениям, алгоритмам, этапам работы с ПО, особенностям визуализации и анализа данных.
- Практикуйтесь в самостоятельном выполнении типовых заданий. Решайте задачи, связанные с обработкой и визуализацией геолого-геофизических данных, используя различные программные средства.
- Формулируйте вопросы и уточнения для обсуждения на занятиях. Записывайте непонятные моменты, чтобы получить разъяснения у преподавателя или в ходе дискуссии.
- Анализируйте примеры из практики. Изучайте реальные кейсы решения задач геофизики, сравнивайте разные подходы и делайте выводы о целесообразности их применения.

4. Общие рекомендации

- Развивайте навыки поиска и критического анализа информации. Пользуйтесь современными информационными ресурсами, анализируйте достоверность и актуальность найденных данных.
- Акцентируйте внимание на интеграции знаний и умений. Старайтесь связывать теоретические знания с практическими задачами, анализируйте, как выбранные методы и технологии влияют на качество и достоверность графического представления информации.
- Соблюдайте академическую честность. Все результаты, представленные в отчетах, должны быть получены самостоятельно, с обязательным указанием источников заимствованных данных и иллюстраций.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Опрос может проводиться:

Фронтально — в форме беседы с группой, когда вопросы задаются всей группе, а ответы даются по очереди или по желанию.

Индивидуально — каждый студент отвечает на один или несколько вопросов, давая развернутый, связный ответ, часто с примерами и пояснениями.

Комбинированно — сочетаются оба подхода, а также используются дополнительные методы (например, письменные карточки, рецензирование ответов товарищей)

Критерии оценивания.

полнота и правильность ответа;
 понимание и осознанность материала;
 логичность и последовательность изложения;
 корректность терминологии;
 способность отвечать на уточняющие вопросы

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.2	полнота и правильность ответа; понимание и осознанность материала; логичность и последовательность изложения; корректность терминологии; способность отвечать на уточняющие вопросы	устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен сдается в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом и календарным учебным графиком.

Студенты допускаются к сдаче экзамена по дисциплине при выполнении всех запланированных форм текущего контроля согласно рабочей программе дисциплины.

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы по лекционным темам (1–15)

1. Что определяет точность аналитического метода и как рассчитывается систематическая погрешность $\delta\delta$?
2. В чем разница между воспроизводимостью и повторяемостью измерений?
3. Как рассчитывается предел обнаружения LOD и от каких параметров он зависит?
4. Опишите принципы работы гравиметрического анализа тяжелых металлов в почве.
5. Какие индикаторы используют в комплексонометрическом титровании жесткости воды?
6. Перечислите спектроскопические методы для анализа тяжелых металлов (ААС, АЭС, УФ/Вид).
7. В чем суть закона Бера-Ламберта и его ограничения в спектрофотометрии?
8. Как классифицируют хроматографические методы (ГХ, ЖХ) по фазам?
9. Опишите принцип работы ион-селективных электродов и уравнение Нернста.
10. Какие преимущества ИЧП-МС перед ААС для анализа микроэлементов?
11. Перечислите этапы пробоподготовки почвенных проб для анализа металлов.
12. Что такое сертифицированные эталонные материалы (CRM) и коэффициент восстановления R?
13. Как рассчитывается коэффициент загрязнения $ZcZc$ и индекс загрязнения $IzIz$?
14. Опишите геохимические барьеры и их роль в миграции загрязнителей.
15. Какие ПДК используются для оценки качества воды, почвы и воздуха?

Вопросы по практическим работам (16–30)

16. Как рассчитать жесткость воды GH по результатам комплексонометрического титрования?
17. Опишите порядок калибровки pH-метра и ИСЭ для почвенных экстрактов.
18. Какие длины волн используют для ААС-анализа Pb и Cd в почвах?
19. Перечислите этапы минерализации почвенной пробы $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$.
20. Как валидируют аналитический метод с помощью CRM и какие нормы восстановления R?
21. Как интерпретировать значения индекса загрязнения I_z ($I_z > 16$, $5-10$, < 1)?
22. Опишите алгоритм построения карты загрязнения в QGIS методом IDW.
23. Какие цветовые шкалы применяют для классификации слоев по ПДК в ГИС?
24. Назовите реактивы для спектрофотометрического определения Fe и Mn.
25. Как идентифицируют ПАУ в газовой хроматографии (t_R , детекторы)?
26. Опишите матрицу рисков: формула $R = \sum P_i \cdot H_i$ и уровни классификации.
27. Зачем проводят сушку почвы при 105°C и просев < 2 мм перед анализом?
28. Как корректируют матричный эффект в ААС-анализе почвенных экстрактов?
29. Какие форматы экспорта используют для картографической продукции QGIS (PDF/A)?
30. Составьте рекомендации по рекультивации участка при $I_z > 10$ и $Z_c(\text{Pb}) > 2$.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Ответ полный, логичный и структурированный, раскрывает все теоретические вопросы билета. Приведены корректные определения, пояснения, примеры и ссылки на нормативные документы (при необходимости). Практическое задание выполнено полностью, расчеты верны, использованы правильные методы и обоснования. Ответ демонстрирует глубокое</p>	<p>Ответ в целом полный, но есть незначительные неточности или упущены отдельные детали. Теоретические вопросы раскрыты, приведены основные определения и примеры. Практическое задание выполнено правильно, но возможны незначительные ошибки или недостаточно подробные пояснения. Понимание материала хорошее, умение</p>	<p>Ответ частичный, раскрывает основные положения, но есть существенные пробелы или ошибки в теории. Некоторые определения отсутствуют или даны неверно, примеры не приведены либо не соответствуют вопросу. Практическое задание выполнено частично, есть ошибки в расчетах или не все этапы решения отражены. Понимание материала поверхностное, самостоятельность ограничена.</p>	<p>Ответ не раскрывает основные вопросы билета, содержит грубые ошибки или существенные пробелы. Теоретические положения изложены неверно или отсутствуют. Практическое задание не выполнено либо выполнено неправильно, расчеты отсутствуют или неверны. Материал не усвоен, самостоятельность отсутствует</p>

понимание материала, самостоятельность мышления и умение применять знания на практике.	применять знания продемонстрировано.		
--	--------------------------------------	--	--

7 Основная учебная литература

1. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа : методические указания по выполнению лабораторных работ по электрохимическим методам анализа для химико-технологического и металлургического факультетов / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 28.
2. Аналитическая химия : контрольные вопросы и расчетно-графические задания по количественным методам анализа для самостоятельной работы студентов технологических специальностей / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 26.
3. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Фотометрические методы анализа : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 20.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Менковский М. А. Аналитическая химия и технический анализ углей : учебник для горных техникумов / М. А. Менковский, А. А. Флодин, 1973. - 367.
2. Аналитическая химия. Классические методы анализа и применение ПК для математической обработки результатов анализа : метод. указания по выполнению лаб. работ для специальностей ХТС, ХТО, ТЭП / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 52.
3. Васильев. Аналитическая химия Титриметрические и гравиметрический методы анализа, 2005. - 366.
4. Харитонов Ю. Я. Аналитическая химия. Аналитика: В 2кн. : [Учеб. для вузов по фармацевт. и нехим. специальностям]. [Кн.] 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа / Ю. Я. Харитонов, 2001. - 558.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.