

**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 / Geoeology», «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.						
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. Массспектрометрия 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 $\delta = |x_{\bar{}} - x_0| / x_0 * 100\%$, 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 $S_r = \sqrt{\sum (x_i - x_{\bar{}})^2 / (n-1)}$, 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 ($\delta=±2\%$, $S_r=1.5\%$, $LOD=0.05$ 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 этилендиаминетрауксусной кислотой (ЭДТА, комплексообразователь) до точки эквивалентности с индикатором (эриохромовое черное Т меняет цвет при pH 10); жесткость GH выражается в мг-экв/л CaCO₃ и рассчитывается по формуле GH = (V_ЭДТА * C_ЭДТА * 50.04) / 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 CaCO₃ (г/экв).

Ход выполнения работы:

1. Взять 50 мл пробы воды, добавить 2 мл буфера аммиака-аммоний хлорид (NH₃-NH₄Cl, 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 (GH≤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; 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 (AAC) 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 $A = \epsilon * l * c$, 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 AAC (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 AAC 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 $R = (C_{\text{найд.}} - C_{\text{фон}})/C_{\text{добав.}} * 100\%$, 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 AAC, 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. Страйтесь 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 δ ?
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 (AAC, AЭС, 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 AAC 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 $Iz/Iz (>16, 5–10, <1)$?
22. Опишите алгоритм построения карты загрязнения в QGIS методом IDW.
23. Какие цветовые шкалы применяют для классификации слоев по ПДК в ГИС?
24. Назовите реагенты 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 $Iz > 10$, $Iz > 10$ 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.</p> <p>Приведены корректные определения, пояснения, примеры и ссылки на нормативные документы (при необходимости).</p> <p>Практическое задание выполнено полностью, расчеты верны, использованы правильные методы и обоснования.</p> <p>Ответ демонстрирует глубокое</p>	<p>Ответ в целом полный, но есть незначительные неточности или упущены отдельные детали.</p> <p>Теоретические вопросы раскрыты, приведены основные определения и примеры.</p> <p>Практическое задание выполнено правильно, но возможны несущественные ошибки или недостаточно подробные пояснения.</p> <p>Понимание материала хорошее, умение</p>	<p>Ответ частичный, раскрывает основные положения, но есть существенные пробелы или ошибки в теории.</p> <p>Некоторые определения отсутствуют или даны неверно, примеры не приведены либо не соответствуют вопросу.</p> <p>Практическое задание выполнено частично, есть ошибки в расчетах или не все этапы решения отражены.</p> <p>Понимание материала поверхностное, самостоятельность ограничена.</p>	<p>Ответ не раскрывает основные вопросы билета, содержит грубые ошибки или существенные пробелы.</p> <p>Теоретические положения изложены неверно или отсутствуют.</p> <p>Практическое задание не выполнено либо выполнено неправильно, расчеты отсутствуют или неверны.</p> <p>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.