

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ, БИОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ

ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ) ПРАКТИКЕ

Студент
гр. БЭП-22-ЭБ1



Т.А. Анисимова

Руководитель
Д.б.н., доцент



В.Ю. Цыганков

Руководитель практики
от профильной
организации:
Ведущий научный сотрудник
ТИГ ДВО РАН



В.Ю. Цыганков

Владивосток 2026

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВВГУ»)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА
КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ, БИОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ
на учебную технологическую (проектно-технологическую) практику

Студенту: гр. БЭП-22-ЭБ1 Анисимовой Таисии Александровне

Срок сдачи работы: «17» января 2026 г.

Задание 1. Определить цели и задачи практики.

Задание 2. Изучить структуру предприятия (организации), должностные обязанности на рабочем месте (эколога-исследователя, специалиста, инженера по защите окружающей среды, или др.) (ПКВ-2).

Задание 3. Выполнить практическую часть работы в соответствии с целями и задачами практики (ПКВ-3).

Задание 4. Представить основные результаты работы в форме отчета по практике (ПКВ- 3).

По каждой главе сформулировать выводы. При написании работы использовать научный стиль изложения.

Структура отчета по практике:

Введение: определить цель и задачи практики, основные методы, необходимые для их достижения.

1 Обзор и список литературы для отчета по практике

2 Аннотированный отчет по результатам выполнения работы: подготовить краткое описание полученных результатов по каждому пункту задания, представить результаты в виде таблиц и/или диаграмм, графиков.

Заключение: сделать вывод о достижении поставленных целей и задач в ходе практики.

Список использованных источников (не менее 20-ти позиций): составить список литературы с использованием профессиональных баз данных и профессиональных Интернет-ресурсов.

Оформить работу в соответствии со стандартами ВВГУ.

Руководитель практики

Доктор биологических наук, доцент

Задание получил:

Задание согласовано:

Руководитель практики от профильной организации

Профессор, ТИГ ДВО РАН

 В.Ю. Цыганков

 Т.А. Анисимова

 В.Ю. Цыганков

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ

«ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВВГУ»)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА
КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ, БИОЛОГИИ И ГЕОГРАФИИ

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН- ГРАФИК
учебной технологической практики

Содержание выполняемых работ	Сроки исполнения	
	начало	окончание
Постановка целей и задач практики. Ознакомление с базой практики и со своими обязанностями, с рабочим местом, где будет выполняться основная часть работы, пройти вводный инструктаж по технике безопасности и пожарной безопасности.	17.11.2025	19.11.2025
Обзор литературы регламентирующей работу лаборатории, безопасность труда, порядок работы с реактивами.	20.11.2025	21.11.2025
Выполнение практической части работы в соответствии с целями и задачами практики.	24.11.2025	19.12.2025
Сбор информации для написания отчета	22.12.2025	24.12.2025
Оформление и защита отчета	25.12.2025	12.01.2026

Студент-практикант

Анисимова Таисия Александровна


подпись

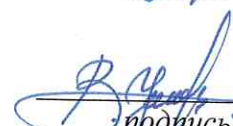
Руководитель практики

Цыганков Василий Юрьевич


подпись

Руководитель практики от
организации

Цыганков Василий Юрьевич


подпись

Содержание

Введение	2
1 Краткая характеристика предприятия	3
1.1 История института	3
1.2 Структурные подразделения	4
1.3 Лаборатория геохимии	7
2 Техника безопасности при работе в химической лаборатории	10
3 Основы проведения метода газовой хромато-масс-спектрометрии	13
3.1 Область применения	13
3.2 Подготовка проб биологических образцов гидробионтов	17
3.3 Принцип действия	18
Заключение	22
Список литературы	23

Введение

Настоящий отчет представляет собой результат прохождения учебной технологической (проектно-технологической) практики в ТИГ ДВО РАН или Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук. Научное подразделение — лаборатория геохимии, в период с 10.11.2025 по 17.01.2026. Практика является неотъемлемой частью образовательной программы по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование. Практика направлена на углубление теоретических знаний, полученных в рамках учебного процесса, и приобретение практических навыков в сфере экологии и природопользования. Глобальные экологические проблемы, такие как изменение климата, загрязнение атмосферного воздуха, водных ресурсов и почв, истощение природных ресурсов и утрата биоразнообразия, требуют от современных специалистов-экологов не только глубокого понимания фундаментальных принципов функционирования экосистем, но и владения современными методами экологического мониторинга, анализа и оценки воздействия на окружающую среду, а также разработки и внедрения эффективных природоохранных мероприятий и технологий.

Практика в Лаборатории геохимии предоставляет уникальную возможность для ознакомления с современными методами анализа химического состава природных объектов, обработки и интерпретации геохимических данных, а также применения геохимических знаний для решения актуальных экологических проблем. В отличие от теоретических курсов, практика позволяет непосредственно участвовать в проведении научных исследований, освоить лабораторное оборудование, научиться работать с реальными образцами и анализировать сложные геохимические данные. Целью практики является получение практических навыков по проведению лабораторных исследований в области экотоксикологии и экологического мониторинга.

Для выполнения данной цели следует выполнить следующие задачи:

- ознакомиться с общей характеристикой предприятия
- изучить деятельность лаборатории
- ознакомиться с техникой безопасности в химической лаборатории
- научиться подготавливать пробу для анализа

Для прохождения учебной проектно-технологической практики использовался лабораторный метод анализа.

1 Краткая характеристика предприятия

1.1 История института

Тихоокеанский институт географии ДВНЦ АН СССР (ныне – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТИГ ДВО РАН)) создан в октябре 1971 г. по Постановлению Президиума АН СССР (№ 733 от 29.07.71 г.).

Директором-организатором института (1971-1978 гг.) стал крупный ученый-географ, чл.-корр. АН СССР Андрей Петрович Капица, в область научных интересов которого наряду с вопросами географии и гляциологии Антарктиды, рифтовых систем Восточной Африки, в тот период времени входили проблемы географического прогноза и рационального природопользования.

С 1979 по 1991 г. институт возглавлял чл.-корр. АН СССР Глеб Иванович Худяков – крупный ученый-геоморфолог, признанный в стране основатель дальневосточной школы структурной геоморфологии.

С 1991 по 2016 г. институт возглавлял академик РАН Петр Яковлевич Бакланов, область его научных исследований: территориальная организация хозяйства, оценка природно-ресурсного потенциала территорий и региональное природопользование, устойчивое развитие регионов и управление, геополитика, теоретические вопросы географии.

С 2016 по 2019 гг. институт возглавлял к.г.н. Ермошин Виктор Васильевич. Основные научные направления: вопросы методологии создания геоинформационного пространства, применения данных дистанционного зондирования для геоинформационного тематического картографирования, разработка принципов и технологий ГИС-поддержки для планирования устойчивого ресурсо-, землепользования, решения различных природоохранных и природопользовательских задач.

С 2019 г. по 2020 г., пост врио директора института занимал к.г.н. Ганзей Кирилл Сергеевич. С 19 июня 2020 г. Ганзей К.С. утвержден в должности директора.

В ТИГ ДВО РАН, в соответствии с решением ДВО РАН Отделения наук о Земле проводятся научные исследования по трем основным научным направлениям:

- изучение структуры и динамики географических систем в переходной зоне (суша-океан) и их моделирование;

- исследование путей развития и оптимизации региональных типов природопользования, в т.ч. прибрежно-морского на основе геоинформационных технологий, разработка региональных программ устойчивого природопользования;

– изучение динамики и взаимосвязей территориальных природно-ресурсных систем и территориальных структур хозяйства и расселения, разработка программ устойчивого развития дальневосточных районов России с учетом интеграционных процессов в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

1.2 Структурные подразделения

Институт делится на 7 подразделений, в которые входят:

– Административно-управленческое подразделение. Оно подразумевает дирекцию, отдел кадров, канцелярию, финансовый отдел, отдел охраны труда и спец. часть.

– Научные подразделения. Они занимаются как правило проведением различных исследований, разработкой новых знаний и применением их на практике. В эту структурную единицу входят:

а) Информационно-картографический центр. Занимается формированием геоинформационного пространства трансграничных геосистем, как информационной основы геоэкологических исследований; проводит комплексные ландшафтные и геоэкологические исследования на основе ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования; разрабатывает методики классификации и идентификации космогеоизображений для целей непрерывного обновления геоинформационного пространства с проведением районирования и зонирования.

б) Лаборатория биогеографии и экологии. Занимается ландшафтной экологией и геоэкологией, где изучает влияние ведущих экологических факторов региона на растительность и почвы, проводит геоэкологический мониторинг и анализ антропогенной динамики экосистем и ландшафтов. Помимо этого, проводятся исследования флоры и растительности, фауны и населения пауков и грызунов, подготавливаются карты растительного и почвенного покрова, животного населения, ландшафтов.

с) Лаборатория геохимии. Проводит комплексное изучение и анализ биогеохимических процессов в водных экосистемах и ландшафтах суши и прибрежных акваторий как основы устойчивого природопользования, разрабатывает комплекс индикаторов состояния речных, озерных и прибрежно-морских экосистем, отражающих изменение ландшафтно-климатических условий водосборов и уровень антропогенной нагрузки, изучает особенности биоаккумуляции микроэлементов гидробионтами, динамику современных ландшафтно-геохимических процессов и водной миграции химических элементов в горно-таежных ландшафтах юга Дальнего Востока России и динамику химических характеристик почв техногенных и урбанистических ландшафтов юга Дальнего Востока в связи с изменениями интенсивности антропогенной нагрузки.

d) Лаборатория гидрологии и климатологии. Занимается оценкой пространственной и временной изменчивости водного баланса, характеристик гидрологического режима водных объектов, изучает закономерности морфологии и пространственных структур речных и озерных бассейнов, а также разработкой моделей этих структур на основе ГИС-технологий, исследует механизмы опасных гидрологических явлений в условиях изменяющегося климата и ландшафтных преобразований и развивает методы моделирования формирования речного стока.

e) Лаборатория моделирования динамики геосистем. Занимается выявлением соотношений антропогенной и природной трансформации разноранговых географических систем Северо-Восточной Азии в условиях изменения климата для определения рисков и возможностей инновационного пространственного социально-экономического развития Тихоокеанской России. Исследования направлены на достижение стратегических ориентиров «Стратегии научно-технологического развития России» в части сохранения природного каркаса контактных геосистем, оптимизации системы использования природных и культурно-исторических ресурсов, минимизации рисков для жизни и здоровья населения.

f) Лаборатория палеографии и геоморфологии. Изучает эволюцию ландшафтов Дальнего Востока и их устойчивость на критических рубежах, также проводит изучение становления современных ландшафтов с анализом скоростей изменения природных компонентов и оценивает роли различных ландшафтообразующих факторов. Занимается анализом специфики развития островных геосистем при климатических изменениях и связанных с ними колебаниях уровня моря и воздействии катастрофических событий разной интенсивности и изучает взаимоотношения древнего человека и природной среды юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене.

g) Лаборатория природопользования приморских регионов. Классифицирует природные и антропогенные процессы трансформации прибрежных регионов по управляемости и районирует береговую зону по типам комплексов и видам природопользования. Определяет ключевые процессы трансформации береговой зоны, влияющие на природопользование, и анализирует зависимости природопользования от типов береговой зоны и процессов их трансформации. Также занимается созданием макетов для мониторинга с использованием дистанционного зондирования. Разрабатывает методы оптимального размещения марикультурных хозяйств на основе гидродинамического моделирования.

h) Лабораторная социальной и медицинской географии. Проводит исследования географической дифференциации здоровья населения и рекреационного потенциала в

регионе, а также изучает географические и геополитические факторы в инерционности, динамике и развитии разноранговых систем расселения населения.

i) Лаборатория территориально-хозяйственных структур. Занимается разработкой стратегии трансформации социально –экономического пространства и территориального развития России для районов Дальнего Востока.

j) Лаборатория трансграничных геосистем. Занимается изучением структуры и динамики трансграничных геосистем Дальнего Востока России с определением пространственно-временных процессов асинхронности и асимметричности ландшафтной дифференциации, трансграничных градиентов природопользования и разработкой планов трансформации территориально-хозяйственных структур на основе принципов устойчивого развития.

k) Лаборатория экологии и охраны животных. Занимается изучением фауны, экологии птиц и млекопитающих на Дальнем Востоке России с применением современных методов (спутниковое слежение, фоторегистраторы и др.) для изучения диких животных. Проводит мониторинг состояния популяций амурского тигра и других хищных млекопитающих, а также разрабатывает рекомендаций по их сохранению. Проводит полимасштабную геоэкологическую оценку степени сохранности крупных целостных территорий природных экосистем («дикой природы») и этнокультурных ландшафтов Российской Федерации и исследует минералого-геохимические средовые факторы в экологии растительноядных животных (рептилии, птицы и млекопитающие).

l) Центр ландшафтно-экологических исследований. Проводит ландшафтно-экологические исследования для изучения современного состояния сухопутных и прибрежноморских ландшафтов районов промышленного и сельскохозяйственного освоения Дальнего Востока России и сопредельных районов Северо-восточной Азии. Занимается созданием электронных тематических карт и баз данных.

m) Северо-восточная научно-экспериментальная станция в поселке Черском. Северо-восточная база в поселке Черском расположена на берегу р. Колымы вблизи районного центра Нижнеколымского улуса – пос. Черского Республика САХА (Якутия) — район Крайнего Севера. Научная база расположена в узле пересечения важнейших географических экотонов: горы-низменность; суша-море; тайга-тундра. На базе проводится круглогодичный мониторинг; собираются данные по структуре и динамике северных геосистем (экосистем); проводятся работы по математическому моделированию процессов взаимодействия между атмосферой, растительностью, животными, почвой и мерзлотой, а также мониторинг деятельности слоя мерзлотных ландшафтов северо-востока Колымской низменности и

оценка влияния различных факторов на изменение мощности и динамику тепломассообменных процессов в нем.

п) Камчатский филиал ТИГ ДВО РАН. Проводит исследования в 5 лабораториях (гидробиологии, экологии растений, орнитологии, экологии высших позвоночных и эколого-экономических исследований) и на биологических стационарах в поселке Эссо и Соболевском районе.

- Международные подразделения. К ним относится региональный центр по мониторингу окружающей среды Северо-Западной Пацифики (UNEP NOWPAP POMRAC).

- Научно-вспомогательные подразделения. Включают в себя научно-экспериментальную базу "Смычка", Центр коллективного пользования «Центр ландшафтной экодиагностики и ГИС технологий» (ЦЛЭДГИС), а также научную базу в поселке Хрустальном, находящуюся в консервации. В структуру также входит отдел научно-технической информации. Данное подразделение выполняет комплекс сезонных и круглогодичных наблюдений за различными компонентами природной среды и проведение ландшафтно-геохимических исследований с применением ГИС-технологий.

- Внутринститутские комиссии. Состоят из 6 различных комиссий, которые специализируются на решении различных задач, связанных с деятельностью внутри института. Например, оценка соответствия сотрудников квалификационным требованиям, необходимым для занятия должностей или экспертиза научных работ, проектов, программ и других материалов, представляемых на рассмотрение института.

- Общественные подразделения. Состоят из профсоюзного комитета и китайского клуба.

- Производственные подразделения. Включают в себя административно-хозяйственную службу (АХС), младший обслуживающий персонал (МОП) и эксплуатационно-техническую службу. Эти подразделения формируют комплексную систему поддержки производственных и административных процессов, обеспечивая эффективное и безопасное функционирование организации в целом.[1]

1.3 Лаборатория геохимии

Лаборатория геохимии ТИГ ДВО РАН была образована одновременно с организацией института. За первые 30 лет существования сотрудниками лаборатории геохимии были получены фундаментальные данные по геохимии гипергенных процессов в условиях влияния горнорудного производства. Кроме того, большой объем работ был выполнен по изучению закономерностей формирования химического состава поверхностных вод. Важной частью работ лаборатории геохимии было исследование трансформации материала речного

стока в устьевых зонах, а также разработка методических и методологических основ биоиндикации и мониторинга загрязнения морских вод тяжелыми металлами.

В период 2000 – 2021 гг. общими проблемами, объединяющими все работы лаборатории, оставались характеристика состояния и функционирования типичных наземных и водных экосистем Дальнего Востока, на основе современных геохимических данных, а также изучение химического загрязнения среды.

Например, работы ведущего научного сотрудника, доктора биологических наук Цыганкова Василий Юрьевича в частности направлены на изучение стойких органических загрязнителей в водных объектах, а также их влияние на экосистему и живые организмы.

Для исследований в этом направлении было выделено множество грантов, таких как:

- Грант Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ «мол_а») № 12-04-32043 «Биотрансформация и биоаккумуляция стойких органических загрязнителей у морских млекопитающих и птиц восточной Субарктики». Руководитель (2012 – 2013)

- Грант Научного фонда ДВФУ №14-02-13000-33/13 «Биотранспорт стойких органических загрязняющих веществ тихоокеанскими лососями». Исполнитель (2013 – 2014)

- Грант Научного фонда ДВФУ №13-06-0024-м_а «Оценка нейрофизиологических процессов центральной нервной системы при воздействии пестицидов и нейротоксичных металлов». Исполнитель (2013–2015)

- Грант Российского научного фонда № 14-50-00034 «Технологии мониторинга и рационального использования морских биологических ресурсов» по направлению «Современные технологии контроля различных типов антропогенного загрязнения водной среды и оценки их влияния на морские биологические ресурсы». Исполнитель (2015 – 2018)

- Грант Российского научного фонда № 18-14-00120 «Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в экосистемах дальневосточных морей России: аккумуляция, биотрансформация, транспорт и экологический риск». Руководитель (2018 – 2022).

- Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FZNS-2021-0011 «Изучение восстановительного потенциала прибрежных экосистем юго-восточной и юго-западной Камчатки в районах массовой гибели гидробионтов после вредоносного цветения воды осенью 2020 г.». Исполнитель (2021)

- Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FZNS-2022-0001 «Исследование природных и антропогенных воздействий на пресноводные и эстуарные экосистемы п-ова Камчатка методами биоиндикации и биотестирования». Исполнитель (2022)

– Грант Российского научного фонда № 22-24-00465 "Микроэлементный состав тихоокеанских лососей северо-западной Пацифики: аккумуляция, биотранспорт и экологические риски". Исполнитель (2022 – 2023).

– Государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FZNS-2023-0011 «Технологии мониторинга устойчивости экосистем внутренних и окраинных морей России в условиях глобального изменения климата и антропогенного воздействия». Руководитель (2023 – 2024). Исполнитель (2025)

– Грант Российского научного фонда № 23-74-10032 «Пищевая безопасность промысловых рыб Охотского моря: стойкие органические загрязнители и токсичные элементы». Руководитель (2023 – 2026).

2 Техника безопасности при работе в химической лаборатории

Химическая лаборатория — это место, где проводятся разнообразные эксперименты и исследования, требующие соблюдения правил безопасности и порядка. В таких условиях каждый участник процесса (преподаватель, студент, сотрудник) должен быть осведомлен о базовых принципах работы, чтобы минимизировать риски и обеспечить успешное выполнение задач. [2]

Наиболее вероятными источниками несчастных случаев являются: неумелое обращение с химическими веществами (отравление, химические ожоги, пожары, взрывы, аллергии), с лабораторными приборами (поражение электрическим током, термические ожоги и травмы), а также со стеклянными приборами и посудой (порезы и т. д.).

Ответственность за хранение реактивов, приборов, оборудования и материалов возлагается на лаборанта. Каждый работающий должен знать, где в лаборатории находятся аптечка и средства для оказания первой медицинской помощи, индивидуальные средства защиты (перчатки, противогаз, фартук), средства пожаротушения (ящик с песком, огнестойкое одеяло, огнетушитель). [3]

Работа в лабораториях сопряжена с опасностями. Все возможные риски должны учитываться на этапе строительства и быть исключены при дальнейшей научно-исследовательской деятельности. Поэтому планирование и организация лабораторий должны осуществляться в строгом соответствии с нормами ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» — национального стандарта, вступившего в силу с 1 сентября 2019 года. Все сотрудники должны быть четко информированы и придерживаться правил безопасности в лаборатории. [4]

При организации работы в лабораториях придерживаются правил техники безопасности и методических рекомендаций ПНД Ф 12.13.1-03, где изложены основные правила безопасной работы в химической лаборатории.

Согласно пункту 6 «Правила безопасной работы с химическими веществами», методических рекомендаций ПНД Ф 12.13.1-03 при работе в химической лаборатории необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». [5]

Пункт 6 также включает:

6.1 Общие положения

6.1.1 При работе с химическими реактивами в лаборатории должно находиться не менее двух сотрудников.

6.1.2 Приступая к работе, сотрудники обязаны осмотреть и привести в порядок свое рабочее место, освободить его от ненужных для работы предметов.

6.1.3 Перед работой необходимо проверить исправность оборудования, рубильников, наличие заземления и пр.

6.1.4 Работа с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводится только в вытяжных шкафах.

6.1.5 Запрещается набирать реактивы в пипетки ртом, для этой цели следует использовать резиновую грушу или другие устройства.

6.1.6 При определении запаха химических веществ следует нюхать осторожно, направляя к себе пары или газы движением руки.

6.1.7 Работы, при которых возможно повышение давления, перегрев стеклянного прибора или его поломка с разбрызгиванием горячих или едких продуктов, также выполняются в вытяжных шкафах. Работающий должен надеть защитные очки (маску), перчатки и фартук.

6.1.8 При работах в вытяжном шкафу створки шкафа следует поднимать на высоту не более 20-30 см так, чтобы в шкафу находились только руки, а наблюдение за ходом процесса вести через стекла шкафа.

6.1.9 При работе с химическими реактивами необходимо включать и выключать вытяжную вентиляцию не менее чем за 30 минут до начала, и после окончания работ.

6.1.10 Смешивание или разбавление химических веществ, сопровождающееся выделением тепла, следует проводить в термостойкой или фарфоровой посуде.

6.1.11 При упаривании в стаканах растворов следует тщательно перемешивать их, так как нижний и верхний слои растворов имеют различную плотность, вследствие чего может произойти выбрасывание жидкости.

6.1.12 Во избежание ожогов, поражений от брызг и выбросов нельзя наклоняться над посудой, в которой кипит какая-либо жидкость.

6.1.13 Нагревание посуды из обычного стекла на открытом огне без асбестированной сетки запрещено.

6.1.14 При нагревании жидкости в пробирке держать ее следует отверстием в сторону от себя и от остальных сотрудников.

6.1.15 Ни при каких обстоятельствах нельзя допускать нагревание жидкостей в колбах или приборах, не сообщающихся с атмосферой.

6.1.16 Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой до тех пор, пока он не охладится до температуры окружающей среды.

6.2 Работа с кислотами и щелочами

6.2.1 Работа с концентрированными кислотами и щелочами проводится только в вытяжном шкафу и с использованием защитных средств (перчаток, очков). При работе с дымящей азотной кислотой с удельной плотностью 1,51-1,52 г/см, а также с олеумом следует надевать также резиновый фартук.

6.2.2 Используемые для работы концентрированные азотная, серная, соляная кислоты должны храниться в вытяжном шкафу в стеклянной посуде емкостью не более 2 дм. В местах хранения кислот недопустимо нахождение легковоспламеняющихся веществ.

Разбавленные растворы кислот (за исключением плавиковой) также хранят в стеклянной посуде, а щелочей - в полиэтиленовой таре.

6.2.3 Работа с плавиковой кислотой требует особой осторожности и проводится обязательно в вытяжном шкафу. Хранить плавиковую кислоту необходимо в полиэтиленовой таре.

6.2.4 Переносить бутылки с кислотами разрешается вдвоем и только в корзинах, промежутки в которых заполнены стружкой или соломой. Более мелкие емкости с концентрированными кислотами и щелочами следует переносить в таре, предохраняющей от ожогов (специальные ящики с ручкой).

6.2.5 Концентрированные кислоты, щелочи и другие едкие жидкости следует переливать при помощи специальных сифонов с грушей или других нагнетательных средств.

6.2.6 Для приготовления растворов серной, азотной и других кислот их необходимо приливать в воду тонкой струей при непрерывном помешивании. Для этого используют термостойкую посуду, так как процесс растворения сопровождается сильным разогреванием.

3 Основы проведения метода газовой хромато-масс-спектрометрии

3.1 Область применения

Метод газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) — это метод, соединивший возможности газовой хроматографии и масс-спектрометрии для идентификации и количественного определения отдельных компонентов в сложных смесях. [7]

Метод газовой хроматографии с масс-селективным детектированием (ГХ-МС) представляет собой высокоточный аналитический подход, используемый для разделения, идентификации и количественного определения химических соединений. Этот метод получил широкое применение в медицине, фармацевтике, экологии и криминалистике благодаря своей чувствительности и способности анализировать сложные смеси.

Одна из основных областей применения ГХ-МС — токсикология.

Экотоксикология — это наука, изучающая токсическое воздействие природных или синтетических загрязнителей на популяции живых организмов, от человека до микроорганизмов, составляющих экосистемы.

Для целостного понимания целей и задач новой дисциплины, были сформулированы три основных принципа экотоксикологии, на которых базируются все исследования в этой области:

- Изучение проблем эмиссии и поступления поллютантов в абиотические компоненты экосистем, их распространение и судьба в окружающей среде.
- Изучение поступления и судьбы поллютантов в биосфере с особым вниманием к проблеме загрязнения биологических цепей (в первую очередь — трофических).
- Изучение качественного и количественного токсического воздействия поллютантов от клеточного до экосистемного уровня с оценкой воздействия на человека.

Таким образом, экотоксикология изучает развитие неблагоприятных эффектов, проявляющихся при действии загрязнителей на самые разнообразные виды живых организмов (от микроорганизмов, до человека), как правило, на уровне популяций или экосистемы в целом, а также судьбу химического вещества в системе биогеоценоза. Этим она отличается от классической токсикологии, которая фокусируется на изучении действия токсичных веществ на отдельные организмы, в основном в экспериментальных условиях.

Экотоксикология использует методологию и достижения многих наук, привлекая их принципы и методы (рисунок 1):

- токсикологии — для установления пороговых значений токсиканта;
- физиологии, иммунологии, биохимии — для понимания механизмов ответной реакции организмов;

- геохимии и гидрохимии (химии окружающей среды) — для изучения судьбы антропогенно-привнесенных веществ и формирования дозы воздействия;
- экологии — для понимания антропогенной изменчивости популяций, и в целом — экосистем.

Водная токсикология получает и обобщает информацию о потенциальной опасности поступающих в водоем токсичных веществ и определяет предельно допустимые концентрации (ПДК) (или критические уровни) отдельных загрязняющих веществ. Основная масса токсикологических исследований выполнена на организменном уровне. Они отражают экспериментальное изучение воздействия токсичных веществ на гидробионты различных систематических групп и является основным звеном в системе обоснования ПДК. Токсикология также широко привлекает физиологические, биохимические, гистологические и другие методы.[24]

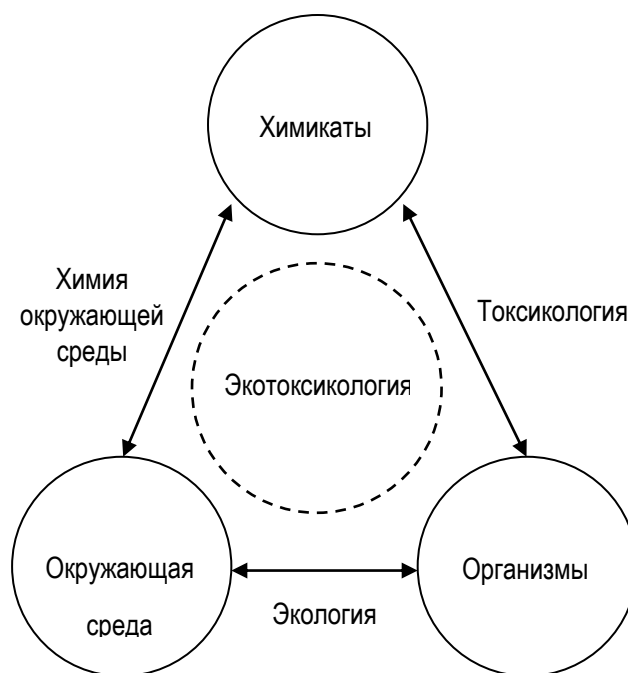


Рисунок 1 – Взаимосвязь экологической токсикологии с другими науками

Составлено автором по [24].

ГХ-МС применяется для анализа стойких органических загрязнителей (СОЗ) — это широко применяемый метод для определения и количественной оценки этих веществ в различных средах, таких как почва, вода, воздух и пищевые продукты. ГХ-МС позволяет разделять и идентифицировать сложные смеси органических соединений, включая СОЗ, благодаря их разным физико-химическим свойствам. [8, 9]

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) — это синтезированные органические соединения, включающие полихлорированные бифенилы (ПХБ), большинство соединений, относящихся к хлорорганическим пестицидам (ХОП), и другие побочные продукты

деятельности человека (например, диоксины и фураны). Множество научных данных подтвердило, что СОЗ относятся к числу наиболее опасных загрязнителей, выбрасываемых в окружающую среду. Это обусловлено их токсичной, липофильной и стойкой природой, а также их способностью к биоаккумуляции и увеличению концентрации в пищевой цепи и их значительным воздействием на виды высших хищников, включая человека. Существует также серьезная глобальная обеспокоенность по поводу переноса этих загрязняющих веществ на большие расстояния в более холодные регионы как в южном, так и в северном полушариях.

Хорошо известно, что липофильные соединения преимущественно накапливаются в липидах рыб и других животных, причем степень накопления выше у рыб с высоким содержанием липидов. [10]

Для борьбы с использованием СОЗ в 2001 году была подписана Стокгольмская конвенция, которая направлена на запрет или ограничение производства и потребления ряда опасных органических соединений. Главной ее целью является охрана здоровья человека от воздействия органических загрязнителей. Следовательно, воздействие СОЗ в последние годы снизилось, однако продолжающееся загрязнение пищевых продуктов и источников воды продолжает способствовать «фоновому», воздействию на население в целом. [15]

В список СОЗ изначально входило 12 веществ, наиболее известными из которых являются:

– Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты (ДДД и ДДЕ) (также известный как 1,1,1-трихлор-2,2-бис[п-хлорфенил]этан, п,п'-ДДТ или 4,4'-ДДТ) — это хлорорганический пестицид, который регулярно обнаруживается в водоемах вблизи фруктовых садов, поскольку он широко использовался для борьбы с вредителями начиная с середины 1940-х годов. В 1958 году Министерство сельского хозяйства США начало программу поэтапного отказа от ДДТ из-за опасений по поводу его стойкости в окружающей среде и токсичности для нецелевых организмов. [11]

– ГХЦГ (α -, β -, γ - и δ -изомеры) — Один из наиболее широко используемых хлорорганических пестицидов, который вызвал серьезное загрязнение окружающей среды во всем мире из-за его бесконтрольного захоронения на свалках. Технический 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан (т-ГХЦГ) представляет собой смесь пяти стереоизомеров ГХЦГ в различных концентрациях, а именно: α -ГХЦГ (60–70%), β -ГХЦГ (5–12%), γ -ГХЦГ (10–12%), δ -ГХЦГ (6–10%) и ϵ -ГХЦГ (2–3%). Из всех изомеров только гамма-изомер ГХЦГ (γ -ГХЦГ), называемый линданом, обладает инсектицидными свойствами (Слейд, 1945) и широко использовался во многих развитых странах. [12]

– полихлорированные бифенилы (ПХБ) — производились в промышленных масштабах с 1920-х годов для использования в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах, в качестве охлаждающих жидкостей в гидравлических системах, в составе смазочных и режущих масел, в пестицидах и антипиренах, а также в качестве пластификаторов в красках, копировальной бумаге, клеях, герметиках и пластмассах. Производство ПХБ достигло пика в 1970-х годах и с тех пор неуклонно снижалось, поскольку многие страны мира запретили их использование или ограничили их производство. [13]

Эти вещества интенсивно накапливаются в почве и донных отложениях, оказывая негативное воздействие. В частности, хлорорганические пестициды (ХОП) проявляют вредное влияние преимущественно при длительном воздействии на биологические объекты в низких концентрациях. На примере водоёмов токсиканты, проникая в клетки планктонных водорослей, провоцируют морфологические и ультраструктурные изменения, вызывают серьёзные нарушения фотосинтетических процессов, сбои в синтезе белка, ДНК и хлорофилла, а также угнетают минеральный обмен водорослей.

Длительное воздействие низких концентраций ДДТ в водной среде пагубно сказывается на зоопланктоне, приводя к полной остановке его размножения, возникновению мутагенных эффектов и в конечном итоге — к гибели организмов. При повышенных концентрациях ХОП у гидробионтов возникают нарушения иммунной системы, снижается активность гипофизарного гонадотропина, наблюдаются аномалии в формировании скелета, а у эмбрионов рыб уменьшается частота пульса. В результате хронический токсикоз может стать причиной массовой гибели рыб. Потомство особей, в печени, гонадах и почках которых накопилось значительное количество пестицидов, отличается пониженной жизнеспособностью и наличием множества функциональных нарушений.

Особую опасность представляют полихлорированные бифенилы (ПХБ) ввиду чрезвычайно высокого коэффициента их накопления в водных организмах. Это связано с тем, что ПХБ практически не подвергаются ферментативному гидролизу в организме гидробионтов. Рыбы способны аккумулировать эти вещества в своих тканях до концентраций, превышающих содержание ПХБ в воде в 40×10^3 раз. У рыб с высоким уровнем ПХБ в организме заметно снижаются иммунологические показатели, в том числе активность лизоцима в плазме крови. [14]

Кроме того, при поедании рыбы и других гидробионтов у человека также накапливаются СОЗ. Некоторые соединения, способны нарушать работу эндокринной системы, обладают канцерогенными свойствами, а также способны вызывать когнитивные нарушения. [15]

3.2 Подготовка проб биологических образцов гидробионтов

Пробоподготовка — это комплекс процедур, производимых над образцом анализа для последующего исследования. Применяют в различных лабораториях, на промышленных химических предприятиях, при проведении научных исследований и экологических испытаний, а также в металлургии и геохимии. [16]

Пробоподготовку обеспечивает система пробоподготовки — совокупность технических устройств (мешалки, дробилки, смесители, центрифуги, регуляторы давления, регуляторы расхода, дозаторы и т.д.), последовательно или параллельно производящих необходимые превращения, а также контрольно-измерительные приборы, измеряющие и контролируемые параметры технологических операций (уровнемеры, манометры, термометры и т.д.). В случае необходимости анализа газообразных проб, отбираемых непосредственно из потока среды (технологического трубопровода, входа/выхода технологического аппарата, непосредственно из технологической колонны), то основной задачей пробоподготовки является контроль и регулирование температуры, давления, расхода пробы, приведение этих параметров к требованиям анализа. [18]

Пробоподготовка чаще всего применяется в следующих областях: микроскопический анализ, хроматография, спектроскопия, масс-спектрометрия, рентгеноструктурный и рентгенофлуоресцентный анализ, химический анализ, минералогические исследования.

Отбор проб — это важная стадия исследований, конечный результат которых не будет точным, если данный процесс прошел с ошибками.

Для различных объектов исследования разработан и стандартизирован определенный набор правил и условий отбора образцов.

Основные наборы критериев — так проба обязана:

- полностью отражать место отбора;
- демонстрировать условия отбора;
- быть изъята и доставлена в место исследования в неизменном виде;
- быть собрана в объеме, достаточном для полноценного анализа. [17]

Составной частью стадии подготовки пробы является разделение и концентрирование ее компонентов (рисунок 2). Эти операции имеют целью предотвратить мешающее действие посторонних веществ и повысить концентрацию определяемого компонента. [16]

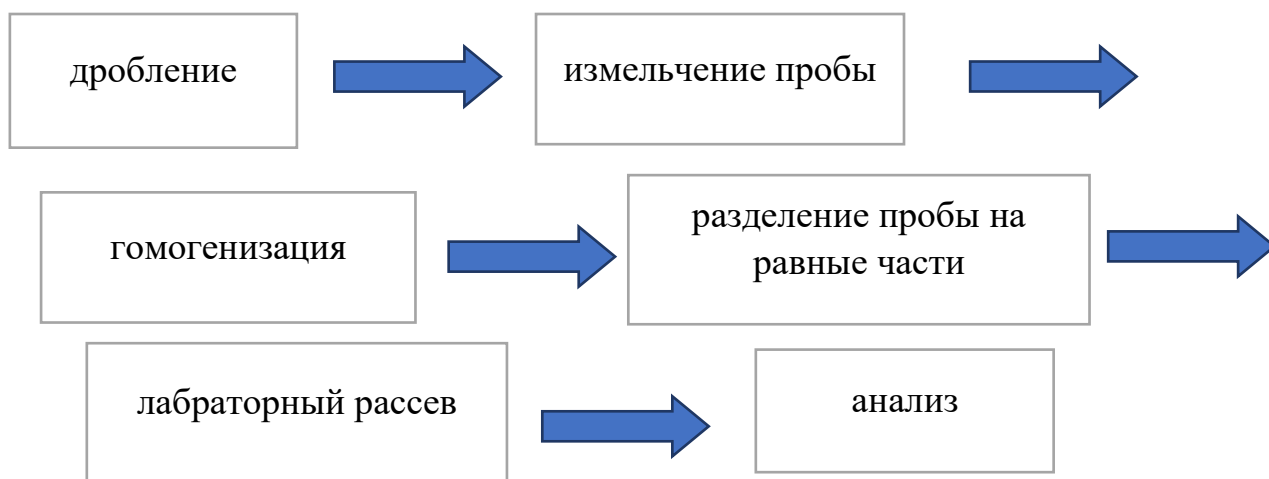


Рисунок 2 – Основные этапы пробообработки

Составлено автором по [17].

Цель пробоподготовки состоит в экстракции липидов ацетоном и гексаном с последующим разрушением жировых компонентов концентрированной серной кислотой.

Замороженные пробы (-20°C) доставлялись в лабораторию. Навеску образца ткани (10 г) гомогенизировали в микроизмельчителе тканей в течение 5 мин в смеси 20 см^3 ацетона и 10 см^3 гексана. После этого сосуд с гомогенатом помещали в центрифугу, центрифугировали в течении 15 мин (3000 об/мин) и переносили жидкую часть в делительную воронку объемом 250 см^3 . К остатку биологического материала в сосуде добавляли смесь из 20 см^3 гексана и 2 см^3 диэтилового эфира. К объединённым экстрактам добавляли 60 см^3 0,9%-ного раствора хлорида натрия и содержимое встряхивали в течение 2-5 мин. Отделяли гексановый слой, водно-ацетоновый экстрагировали еще дважды порциями гексана по 10 см^3 . Гексан отгоняли на ротаторном испарителе и взвешивали навеску получившегося жира. Далее снова заливали гексаном. Гексановый экстракт очищали концентрированной серной кислотой до получения бесцветного слоя серной кислоты. Гексановые слои отмывали от кислоты раствором бикарбоната натрия, затем дистиллированной водой донейтральной реакции по универсальному индикатору. Отмытый экстракт сушили, фильтруя через безводный сернокислый натрий. Очищенный гексановый экстракт упаривали на ротаторном испарителе. Полученный экстракт разделяли неполярными (для ПХБ) и полярными (для ХОП) растворителями на хроматографической колонке сорбентом Florisil®. [19].

3.3 Принцип действия

Любой хромато-масс-спектрометр можно разделить на следующие блоки [21]:

- Хроматограф.
- Ионный источник
- Разделение ионов

- Детектирование ионов
- Обработка полученных данных
- Вакуум

Можно рассмотреть в виде схемы на рисунке 3.

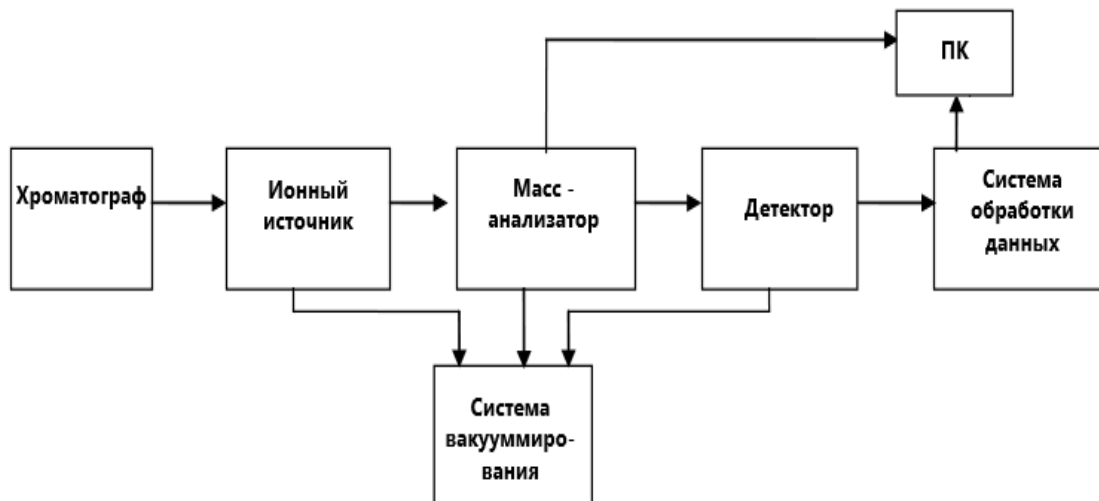


Рисунок 3 – Схема основных узлов хромато-масс-спектрометра

Составлено автором по [18].

Масс-спектрометры, применяемые в ГХ и ВЭЖХ отличаются конструктивно. В первую очередь по принципу ионизации. Наиболее старый и наиболее широко применяемый в современной масс-спектрометрии метод ионизации молекул — это электронный удар или электронная ионизация (ЭИ или EI). Именно этот вариант является наиболее распространенным в работе ГХ/МС.

Суть электронной ионизации: определяемые вещества в газообразном состоянии из хроматографической колонки поступают в камеру источника ионов, где подвергаются бомбардировке электронами, испускаемыми катодом (филаментом). Катод (филамент) — это металлическая спираль (проволока) из тугоплавкого металла. Излучение электронов происходит при нагреве катода до высоких температур за счет пропускания через него электрического тока, внешне можно сравнить с лампой накаливания. За счет термоэлектронной эмиссии нагретая проволока испускает электроны. Два магнита, расположенные выше и ниже источника ионов, образуют магнитное поле. Под действием магнитного поля электроны движутся по спирали, таким образом, увеличивается длина траектории движения и соответственно увеличивается эффективность ионизации нейтральных молекул. Электроны, испускаемые катодом в ионизационную камеру, ускоряются под действием электрического поля между катодом и ионизационной камерой. Катод поддерживается при отрицательном потенциале относительно ионизационной камеры,

величина потенциала регулируется, но обычно равна минус 70 В, что соответствует энергии электронов 70 эВ. От энергии электронов зависит механизм ионизации молекул. Чем выше энергия, тем сильнее разбивается молекула на более мелкие осколки. 70 эВ — это стандарт, именно с этой энергией ионизации снято большинство масс-спектров входящих в стандартные библиотеки. Мы так подробно остановились на электронной ионизации, потому что это основной вариант для ГХ/МС.

Второй возможный, но менее распространенный вариант ионизации — это химическая ионизация (ХИ или CI). При этом способе источник ионов заполняется каким-либо газом (обычно метан или изобутан, очень редко аммиак и другие газы), который ионизуется все тем же электронным ударом, а в результате большой популяции молекул в источнике начинают происходить ионно-молекулярные реакции, ведущие к образованию ионов-реагентов, которые, в свою очередь взаимодействуют с молекулами интересующего нас вещества, ведя к их ионизации. Такая ионизация является «мягкой», то есть образовавшиеся ионы не разваливаются на мелкие фрагменты, а скорее остаются крупными кусками либо чуть меньше, чем исходная молекула, либо даже большее ее за счет присоединения других ионов. Этот метод дает меньше информации о том, как устроена структура молекулы, зато с его помощью легче определить ее молекулярную массу. [22]

Газовый хроматограф состоит из длинной узкой капиллярной колонки с полисилоксановым покрытием на внутренней стенке. Материал покрытия отличается высокой температурой кипения, низкой вязкостью и низкой полярностью и функционирует как неподвижная фаза хроматографа. Аналит впрыскивается в один конец колонны и промывается через колонну с использованием потока инертного газа в качестве подвижной фазы. Температура кипения каждого соединения и его взаимодействие со стационарной фазой определяет скорость движения по колонне. [23]

Проходя через хроматограф, проба разделяется на компоненты, а масс-спектрометр отвечает за их идентификацию и анализ. В зависимости от особенностей исследуемого состава и требований к точности результата, используется одна из двух методик: или высокоточная жидкостная хроматография, или газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием ГХ-МС.

Исследуемый состав вводится в испаритель хроматографа и моментально переводится в газообразную форму, смешивается с инертным газом-носителем и под давлением подается в колонку. Проходя через хроматографическую колонку, проба разделяется на компоненты, которые подаются в МС и пропускаются через спектрометрическую составляющую устройства.

Для получения спектра, молекулы компонентов пробы ионизируются, специальный датчик считывает изменение ионного тока, на основании чего записывается хроматограмма. Программное обеспечение для обработки хроматограмм позволяет сверить полученные пики с зарегистрированными ранее, и тем самым, проводя их точное качественное и количественное определение. (Рисунок 4) Одновременно с этим делается снимок масс-спектра, дающий представление о строении компонентов, в том числе и не идентифицированных ранее. [22]

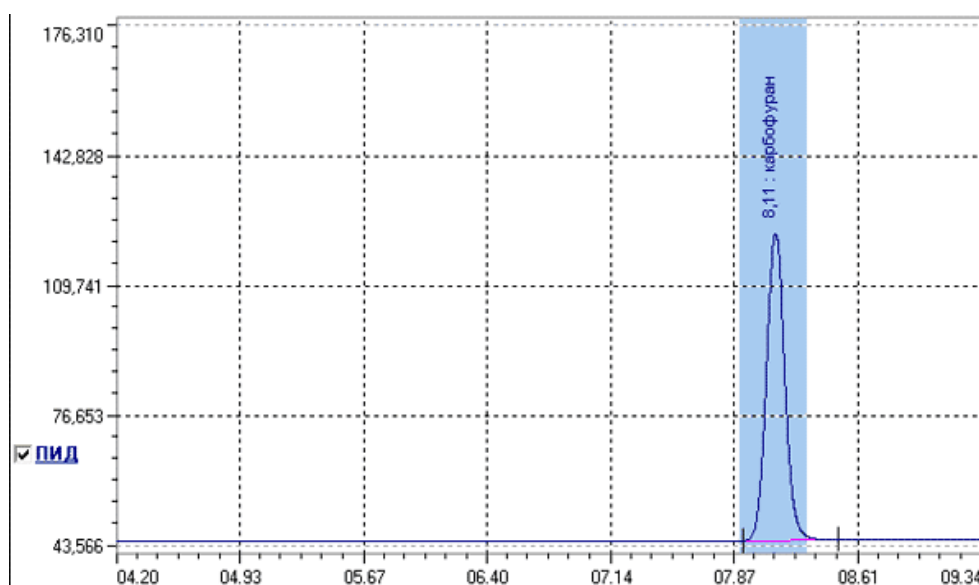


Рисунок 4 – Пример хроматограммы

Составлено автором по [22].

Заключение

Выбор лаборатории геохимии в качестве места прохождения практики обусловлен тем, что:

- Современный мир сталкивается с глобальными экологическими проблемами, вызванными накоплением в экосистеме стойких органических загрязнителей (СОЗ). Эти высокотоксичные соединения, обладающие способностью к биоаккумуляции и трансграничному переносу, представляют критическую угрозу для здоровья человека и стабильности природных систем. В этом контексте геохимия органических соединений становится фундаментом для мониторинга путей миграции СОЗ, оценки долгосрочных экологических рисков.

- Лаборатория обладает высоким уровнем квалификации сотрудников, специализирующихся на анализе микроконцентраций токсикантов. Коллектив реализует приоритетные научные проекты, обладая глубокими компетенциями в идентификации источников выбросов СОЗ и проектировании комплексных программ по экологической реабилитации территорий. В ходе прохождения практики были успешно выполнены все поставленные задачи, что позволило достичь основной цели — получить практические навыки по проведению лабораторных исследований в области экотоксикологии и экологического мониторинга.

- Было изучено профильное направление деятельности предприятия, его структура и основные направления работы, что позволило понять контекст и значимость лабораторных исследований в рамках экологического мониторинга.

- Изучена деятельность лаборатории: организация работы лаборатории, используемое оборудование и методики проведения анализов, что сформировало представление о технологических процессах и стандартах качества.

- Были изучены и освоены основные правила и требования по технике безопасности, что обеспечило безопасное выполнение лабораторных процедур и минимизацию рисков при работе с химическими веществами.

- Освоены навыки подготовки проб для анализа: практически отработаны методы пробоподготовки, что является ключевым этапом для получения достоверных и точных результатов исследований.

Полученные во время прохождения учебной технологической (проектно-технологической) практики опыт и знания будут использованы в дальнейшей научной и профессиональной деятельности в области экологии и природопользования.

Список литературы

- 1 Об институте // Тихоокеанский институт географии ДВО РАН : сайт. – URL: <https://tigdvo.ru/ob-institute/> (дата обращения: 23.12.2025).
- 2 Правила работы в лаборатории // Онлайн школа Skysmart : сайт. – URL: <https://skysmart.ru/articles/chemistry/pravila-raboty-v-laboratorii> (дата обращения: 23.12.2025).
- 3 Техника безопасности работы в лаборатории (PDF) // Томский политехнический университет : сайт. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/a/APA/academics/colloidchemistry/Tab2> (дата обращения: 23.12.2025).
- 4 Правила безопасности в лаборатории // Gluvexlab : сайт. – URL: <https://gluvexlab.com/articles/pravila-bezopasnosti-v-laboratorii/> (дата обращения: 23.12.2025).
- 5 Федеральный закон и нормативные документы по безопасности в лабораториях // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200044235> (дата обращения: 23.12.2025).
- 6 Лаборатория геохимии // Тихоокеанский институт географии ДВО РАН : сайт. – URL: <https://tigdvo.ru/laboratoriya-geoximii/> (дата обращения: 23.12.2025).
- 7 Газовая хромато-масс-спектрометрия // Reatorg.ru : сайт. – URL: https://www.reatorg.ru/equipment/gazovaya_hromato-mass-spektrometriya/ (дата обращения: 23.12.2025).
- 8 Хромато-масс-спектрометрия // JEOL : сайт. – URL: <https://ru.jeol.com/products/science/gcms.php#chapter03> (дата обращения: 23.12.2025). – Текст : электронный.
- 9 Методика газовой хромато-масс-спектрометрии : (PDF) // IAIRAS : сайт. – URL: <https://iairas.ru/mag/2010/full4/Art3.pdf> (дата обращения: 23.12.2025). – Текст : электронный.
- 10 Vane, C. H. Organochlorine insecticides, polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Clyde Estuary, Scotland / C. H. Vane, I. C. Chenery, A. W. Kim // Science of The Total Environment. – 2011. – Vol. 409, iss. 23. – P. 5079–5089. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711010072> (дата обращения: 23.12.2025).
- 11 Chattopadhyay, S. Remediation of DDT and Its Metabolites in Contaminated Sediment / S. Chattopadhyay, S. Chattopadhyay // Current Pollution Reports. – 2015. – Vol. 1. – P. 248–264. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-015-0023-z> (дата обращения: 23.12.2025).
- 12 Eisler, R. Polychlorinated Biphenyl Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review / R. Eisler, A. A. Belisle // Biological Report. – 2018 (reprint). – URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830518312447> (дата обращения: 23.12.2025).

13 The influence of environmental exposure to organochlorine compounds on thyroid function: a systematic review / R. M. Soldin [et al.] // PubMed Central (PMC). – 2011. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3113507/> (дата обращения: 23.12.2025).

14 Хлорорганические пестициды и полихлорбифенилы как источник загрязнения водных экосистем // АзНИИРХ : сайт. – URL: <https://azniirrh.vniro.ru/content/read/archive/otdel-prirodoohrannyih-issledovaniy/hlororganicheskie-pestitsidy-i-polihlorbifenilyi-kak-istochnik-zagryazneniya-vodnyih-ekosistem> (дата обращения: 23.12.2025). – Текст : электронный.

15 Environmental pollutants and the risk of neurological disorders / K. J. G. Singh [et al.] // Reproductive Toxicology. – 2017. – Vol. 68. – P. 1–25. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0890623817300096> (дата обращения: 23.12.2025).

16 Направления пробоподготовки // Ульяновский лабораторный центр : сайт. – URL: https://www.ulabrus.ru/interesnye_staty/napravleniya_probopodgotovki/ (дата обращения: 23.12.2025).

17 Подготовка проб к анализу // Chemanalytica.ru : сайт. – URL: <https://www.chemanalytica.ru/podgotovka-prob-k-analizu> (дата обращения: 23.12.2025).

18 Оборудование для пробоподготовки // Chemistry-expo.ru : сайт. – URL: https://www.chemistry-expo.ru/ru/articles/2016/oborudovanie_probopodgotovki/ (дата обращения: 23.12.2025).

19 Цыганков В. Ю., Донец М. М., К. Н. Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек : монография / В. Ю. Цыганков, М. М. Донец, Н. К. – Владивосток : Изд-во ДВФУ, 2020. – 273 с.

20 Пробоподготовка // RuWiki.ru : сайт. – URL: <https://ru.ruwiki.ru/wiki> (дата обращения: 23.12.2025).

21 Хромато-масс-спектрометрия: принцип действия // Chromatograf.ru : сайт. – URL: <https://chromatograf.ru/2022/10/04/hromato-mass-spektrometry-princip-dejstviya/> (дата обращения: 23.12.2025).

22 Хромато-масс-спектрометрия — аналитический метод // Meta-Chrom.ru : сайт. – URL: <https://www.meta-chrom.ru/company/articles/khromato-mass-spektrometriya/> (дата обращения: 23.12.2025).

23Газовая хроматография-масс-спектрометрия (GC-MS) // JoVE (Journal of Visualized Experiments) : сайт. – URL: <https://www.jove.com/ru/science-education/v/13052/gas-chromatographymass-spectrometry-gcms> (дата обращения: 23.12.2025).

24Морская экотоксикология: учебное пособие/М. М. Донец, В. Ю. Цыганков.– Москва Вологда: «Инфра-Инженерия», 2024.– 121с