МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ХУДЖАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА БОБОДЖОНА ГАФУРОВА»

На правах рукописи



УДК 535.34.375.34. 541.64.543.422.23

УМАРЗОДА НАСИМ НЕЪМАТ

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.3.8 - физика конденсированного состояния

Научные консультанты:
доктор физико-математических наук, профессор
Абдуллозода Сабур Фузайл,
доктор физико-математических наук, доцент
Муроди Халимджон Гафурзода

Душанбе – 2026

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

РФ	–	Радиационный фон
ТМ	–	Тяжёлых (е) металлов (ы)
РН	–	Радионуклиды
ПРС	–	Природных растительных соединений
МВ	–	Межмолекулярные взаимодействия
ИК	–	Инфракрасный
ЭПР	–	Электронный парамагнитный резонанс
РФА	–	Рентгенофлуоресцентный анализа
HYSPLIT	–	Hybrid single-particle lagrangian Integrated trajectory
КК	–	Каперсы колючий (Capparis spinosa L.)
ТО	–	Тростник обыкновенный (Phragmítes austrális*)*
ПГ	–	Полынь горькая (Artemisia absinthium L.)
ПЛ	–	Подорожник ланцетный (Plantogo Lanceolata L.)
ПБ	–	Подорожник большой (Plantago major L.)
КБП	–	Коэффициент биологического поглощения
МНК	–	Метод наименьших квадратов
ИП	–	Интенсивность перехода
ГО	–	Гармала обыкновенного
МТ	–	Могол-Тау
ДБД	–	Далёни Боло
СВЧ	–	Свервысоких частот

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 2
ВВЕДЕНИЕ 7
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР 20
1.1. Общие сведения о физических свойствах природных растительных соединений……..... 20
1.2. Физико и географические особенности Северного Таджикистана. 29
1.3. ИК - спектры природных растительных соединений……..... 35
1.4. Свойства биоматериала по данным электронного парамагнитного резонанса……..... 42
1.5. Молекулярная динамика функциональных групп природных соединений методом спиновых меток…….. 48
1.6. Применение рентгенфлуоресцентного анализа для определения элементного состава почвы и природных растительных соединений… 51
1.7. Гамма-радиометрический анализ и его применение для изотопного анализа почв и растительных материалов……. 57
1.8. Исследование механических свойств биоматериалов…….. 66
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 74
2.1. Объекты исследования и подготовка образцов…….. 74
2.2. Метод инфракрасной спектроскопии…….. 80
2.3. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для обнаружения свободных радикалов……..... 82
2.4. Использование метода спиновых меток для исследования физических свойств природных растительных соединений …….. 86
2.5. Динамические параметры функциональных групп природных соединений…… 91
2.6. Метод рентгенфлуоресцентного анализа пробы почв и природных растительных соединений…….. 92
2.7. Применение метода гамма-радиометрического анализа…….. 96
2.8. Методы определения разрывной прочности и долговечности природных соединений…… 98
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА НА КОЛЕБАНИЯ И МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 107
3.1. Влияние уровня радиационного фона места произрастания на спектральные характеристики природных соединений…….. 107

3.2. Влияние радиационного фона на инфракрасные спектры биомолекул растений……..... 117
3.3. Молекулярное свойство донника в зависимости от природного условия места произрастания…….. 123
3.4. Влияние природного условия на спектральные характеристики подорожника ланцетного……. 134
3.5. Исследование влияния радиационного фона местности на спектральные характеристики растения гулявника…….. 144
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ ДИНАМИКУ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 148
4.1. Исследование содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях……... 148
4.2. Исследование интенсивности перехода и коэффициента поглощения тяжёлых металлов в растениях…….. 155
4.3. Исследование содержания тяжёлых металлов в составе полыни горкой..... 159
4.4. Распределение тяжёлых металлов в почвах и молекулах растений. 162
4.5. Исследование тяжёлых металлов в пробах почв и растительного материала…….. 166
4.6. Применение логистического уравнения Ферхюльста для прогноза количества тяжёлых металлов в почве……... 170
4.7. Влияния внешних факторов на молекулярную динамику хвойных деревьев …… 174
4.8. Влияние пестицидов на физические свойства растительных природных соединений……..... 179
4.9. Влияние радионуклидов на спектральные характеристики функциональных групп каперса колючего…… 183
4.10. Влияние радионуклидов на колебание функциональных групп тростника обыкновенного……..... 186
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ ЭПР-СПЕКТРОСКОПИИ И СПИНОВЫХ МЕТОК 193
5.1. Исследование влияния уровня радиационного фона на накопление парамагнитных центров растений методом ЭПР……. 193
5.2. Изучение спектроскопических свойств хвойных деревьев методом ЭПР…… 204
5.3. Исследование влияния радионуклидов на молекулярную динамику растительных природных соединений……. 208

5.4. Влияние тяжёлых металлов на вращательную подвижность биомолекул тростника обыкновенного…….. 211
5.5. Влияние радионуклидов на динамические параметры вращения спиновой метки в исследуемых материалах…….. 216
5.6. Применение модели Лотки - Вольтера для изучения взаимодействия двух параметров в тростнике обыкновенного……... 220
5.7. Влияние природные условия на вращательную динамику настоя листьев подорожника большого……. 228
5.8. Влияние пестицидов на молекулярную структуру растения подорожника ланцетного……. 236
5.9. Влияние радиационного фона на динамические параметры природных растительных соединений……..... 240
5.10. Применения уравнения Лотки - Вольтера для взаимодействий активных радикалов с гидроксильными группами……..... 242
ГЛАВА 6. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 252
6.1. Влияние радиации на прочность стебля тростника……... 252
6.2. Влияние радионуклидов на механическую прочность стебля тростника……..... 256
6.3. Влияние места произрастания на механические свойства сосны и ели…….. 259
6.4. Влияние внешних факторов на эффективные энергии активации сосны обыкновенного…….. 262
6.5. Влияние радионуклидов на механические свойства каперсы колючего……..... 264
6.6. Корреляция молекулярно-динамических и механических характеристик репейника…… 267
6.7. Влияние раствора медного купороса на механические свойства тростника обыкновенного……..... 272
6.8. Влияния гамма-излучения и концентрации медного купороса на прочность тростника обыкновенного……. 274
6.9. Определение долговечность деревьев по статистическому изгибу. 278
6.10. Тепловое влияние микроволн на процесс сушки древесных материалов…… 282
6.11. Применение микроволн в процессе стерилизации древесины…... 289
6.12. Влияние микроволны на механические свойства биоматериалов. 295
ГЛАВА 7. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ 300
Выводы ……. 308

Рекомендации по практическому использованию результатов……... 311
Список литературы ……. 313
Список научных работ соискателя учёной степени по теме диссертации…….. 350
Приложение…….. 362

Введение

Актуальность темы исследования. Исследование межмолекулярных взаимодействий, механические свойства, температурных распределений в природных растительных соединений (ПРС) и описание уравнений перечисленных явлений (моделирование в поле математических программ) считаются одним из основных частей физики конденсированного состояния. Комплексное изучение физических свойств ПРС под влиянием естественных и искусственных радиационного фона (РФ), количества тяжёлых металлов (ТМ), радионуклидов (РН) и метеорологических параметров как влажность воздуха, температура на поверхности Земли, осадки и др., является актуальным поэтому решения таких проблем считаются одними из важнейших в естественно-научных направлениях, и в часности, в физике. В связи с этим влияние внешних факторов, в частности здесь перечисленных сказываются на физико-механических свойствах, становлении структуры и межмолекулярные взаимодействие функциональных групп ПРС. На основе анализа научных источников комплексное исследование физических и механических свойств ПРС в качестве биоматериала является актуальным и своевременным задачей физики конденсированного состояний.

Существуют различные методы определения физических и механических свойств и строения веществ, среди них современными методами являются: инфракрасная (ИК) спектроскопия, спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), а также рентгенофлуоресцентные, изотопные анализы, механическое испытание и метод спиновых меток. На основе перечисленных методов можно количественно и качественно оценить молекулярную динамику, колебания функциональных групп, вращательную подвижность, межмолекулярное взаимодействие, меж - и внутримолекулярные водородные связи, механические свойства и т. д.

Комплексные исследования такого рода направлений в дальнейшем обеспечат улучшение качества промышленных материалов, которые готовят из веществ растительного происхождения и деревьев; также на основе

исследованного можно вырабатывать обоснованные предложения для улучшения качества пищевых, лекарственных, медицинских и др. продуктов.

Перечисленные внешние факторы также влияют на физические и механические свойства древесины, которые из них изготавливают строительные материалы и различные предметы бытовой техники. Для безопасного использования биоматериалов в различных целях в сфере науки, техники и народного хозяйства необходимо комплексно исследовать влияние внешних факторов на качество ПРС. Очевидно, комплексно-систематическое исследование данной темы может стать научной основой экологического мониторинга окружающей среды. Моделирование этого процесса различными математическими уравнениями даёт возможность контроля качество и прогнозирования изменений в исследуемых объектах.

Степень изученности научной темы. Исследование биополимеров как целлюлозы, так и её производных в области водородной связи с применением ИК-спектроскопии были начаты в середине двадцатого века учёными В.И Степановым, Р.Г. Жбанковым, А.И. Скирганом, А.М. Шишко и другие. С «применением ИК-спектроскопии таджикские учёные Марупов Р.М., Нарзиев Б.Н., Шукуров Т., Шарофова М., Усмонов А., Давлатмамадова С., и др. исследовали полимеры и биополимеры как хлопковые волокна и их составные части. Кроме того, для выявления молекулярной динамики хлопковых волокон и дикорастущих растений методом ЭПР-спектроскопии исследование проводили Лихтейнштейн Г.И., Марупов Р.М., Бободжанов П.Х., Юсупов И.Х., Бахдавлатов А.Д. и др. они внесли огромный вклад в данном направлении. Бесспорно, в радиоэкологический мониторинг хвостохранилищ Северного Таджикистана внесли огромный вклад Мирсаидов У.М., Назаров Х.М., Разыков З.А., Мирсаидзода И. и др. Элементный и изотопный состав почв, аэрозолей и растений, и их распределения по территории Таджикистана исследуются и до сегодняшнего дня учёными Назаровым Б.И., Абдуллозода С.Ф., Фарходом Рахими, Масловым В.А., Кодировой Х.И., Рахматзода М.Н. и др.

Исследования, реализованные Журковым Н.С., Томашевским Э.Е., Слуцкером А.И., Нарзуллаевым Б.Н., Каримовым С.Н., Туйчиевым Ш.Т., Бобоевым Т.Б, Абдуллаевым Х.М., Рашидовым Д., Холмуродовым Х.Т., Табаровым С.Х., Гафуровым Х. и др. были посвящены влиянию различных факторов на механические и тепловые свойства полимеров и биополимеров, а также с добавлением различных наноотрубов. Авторы Туйчиев Ш.Т., Абдуллоев Х.М., Рашидов Д., Табаров С.Х., Шаимов Э.Д. и др. детально исследовали влияние различных факторов УФ, гамма- облучения, температура, фуллерена и графеноксидов на механические свойства полимеров и биополимеров.

Однако, относительно влияния радиационного фона, концентрации ТМ и РН на межмолекулярное взаимодействие, меж - и внутримолекулярные водородные связи, частоту вращения, энергию активации вращения макромолекул, механические и тепловые свойства образцов растительного происхождения систематично-комплексно пока не исследованы.

В данном исследовании систематически-комплексно проанализировано влияние техногенных и антропогенных факторов на межмолекулярные взаимодействия функциональных групп растительных соединений. Кроме того, проведены количественные анализы ТМ и РН, пестицидов степени загрязнённости почвы и растительных материалов и влияние этих элементов на физико-химические и механические свойства образцов, приготовленных из растений и деревьев, произрастающих в Северном Таджикистане. Определены эффективность применения микроволн сверхвысоких частот (СВЧ) для стерилизации, сушки и их влияние на механические свойства образцов из растительного материала.

Связь исследования с программами (проектами) и научной тематикой. Тема диссертационной работы соответствует Перечню приоритетных направлений научных и научно-технических исследований, выполненных в течение 2021-2025 гг. (Согласно Постановлению Правительства Республики Таджикистан №503 от 26.02.2020 г.) и в период до 2030 г. (Постановление Правительства Республики Таджикистан № 114 от 28.02.2025г.),

двадцатилетия изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы) (согласно Постановлению Правительства Республики Таджикистан №427 от 30 июля 2020 года) и реализована в рамках плана научно-технических работ проводимых на кафедре общей физики и твёрдого тела ГОУ «Худжандский университет имени академика Бободжона Гафурова» 2021–2025 гг. по теме «Изучение физико-химических свойств композитных материалов и тяжелых элементов в почве и аэрозоля».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования является комплексное исследование влияния внешних факторов, таких как радиация, ТМ, РН, пестициды, микроволны, медный купорос; и метеорологические параметры (влажность, температура, осадки, и др.) на физические и механические свойства природных растительных соединений физическими методами.

Задачи исследования. Для достижения поставленных целей выполняется следующие задачи:

1. Исследовать влияния радиационного фона, концентрации радионуклидов, тяжёлых металлов на частоту колебаний, интенсивность, оптическая плотность, межмолекулярное взаимодействия, вращательную подвижность и механические свойства функциональных групп ПРС;
2. Изучить влияние среды произрастания и количества ТМ, радионуклидов в составе почвы на вращательную подвижность функциональных групп и механические свойства растительных соединений;
3. Определить влияния времени экспозиции радиации, концентрации медного купороса и экологических условий места произрастания на механические свойства биоматериалов;
4. Выявить концентрации ТМ в составе различных растительных материалов и определение интенсивность перехода (ИП) от почвы в компоненты растений; провести эксперимент по определению радионуклидов в дисперсионной системе

почвы и материалах растительного происхождения, собранных с хвостохранилища Дегмай и в окрестностях горы Могол-Тау, а также определит концентрации парамагнитных центров в составе ПРС под воздействием техногенных и антропогенных факторов;

5. Определить межмолекулярные взаимодействия и эффективную энергию активации под влиянием внешних факторов, и влияние метеорологических параметров на свойства и спектральные характеристики функциональных групп ПРС; изучить зависимости вращательного движения функциональных групп природных соединений от температуры, ТМ и радиационного фона;

6. Исследовать влияние микроволн на процесс сушки и стерилизации ПРС, установить эффективность микроволнового воздействия и найти теоретическую модель распределения температуры с использованием уравнения теплопроводности; математическая обработка результатов исследований с использованием моделей Лотки-Вольтера, Ферхюльста и метода наименьших квадратов.

Объект исследования. Основными объектами исследования являются образцы составных частей растений, деревьев (исходные, обработанные) и дисперсионная система почв Северного Таджикистана.

Предмет исследования. В работе исследуется влияние радиационного фона, концентрации радионуклидов, тяжёлых металлов на физические свойства, межмолекулярные взаимодействия, вращательную подвижность функциональных групп биомолекул составных частей некоторых дикорастущих растений и деревьев, а также влияние перечисленных факторов концентрации медного купороса и микроволны на механические свойства природных соединений и характеристики дисперсионной системы почв, которые собраны на территории Северного Таджикистана в период 2014 – 2026 гг.

Научная новизна исследования.

1. Определены изменения межмолекулярного взаимодействия функциональных групп ПРС под влиянием радиационного фона; концентрация ТМ, РН пестицидов и метеорологические параметры. Определены значения частоты,

оптическая плотность, интегральная интенсивность функциональных групп при влиянии различных уровней радиационного фона, количества ТМ, РН, пестицидов и метеопараметров.

2. Установлены влияния гамма-излучения и количества ТМ, РН на физико-механические свойства ПРС. На основе экспериментальных результатов определены прочность, долговечность составных частей растений и деревьев, произрастающих в Северном Таджикистане под влиянием внешних факторов как радиации, концентрация медного купороса, СВЧ и метеопараметров.

3. Впервые для исследуемых образцов выявлены значения эффективной энергии активации вращательной диффузии и межмолекулярного взаимодействия функциональных групп ПРС при воздействии внешних факторов и показана её корреляция с энергией механического разрушения. Выяснены время корреляции и частоты движения гидроксильных групп ПРС присоединившихся к спиновым меткам по мере роста уровня РФ, количества РН, ТМ состав почвы и метеопараметров.

4. Получены достоверные результаты концентрации свободных радикалов в ПРС под влиянием количества РН и ТМ в составе почвы. Определены параметры молекулярной подвижности функциональных групп ПРС присоединившихся к нитроксильным спиновым меткам в широком диапазоне температур и радиации.

5. Определены концентрация ТМ и интенсивность перехода в составных частях растительного материала с почвы и рассчитаны распределения ТМ в ПРС и пробах почвы.

6. Установлена эффективность метода микроволновой сушки и стерилизации ПРС, обеспечивающего сохранение качества и свойства биоматериала. С использованием математических уравнений Лодки-Вольтера и Ферхюльста моделировано взаимодействие активных радикалов с гидроксильными группами в структуре ПРС и распределения тепла в древесине.

Положения, выносимые на защиту:

1. Установлено влияние радиационного фона, количества ТМ и РН на такие спектральные характеристики, как форма полос, интенсивность, полуширина

полос поглощения, оптическая плотность, относительная интегральная интенсивность функциональных групп ПРС. Определено межмолекулярное взаимодействие гидроксильных групп природных соединений в зависимости от уровня радиации, ТМ, РН и пестицидов.

2. Выявлено время корреляции и вращательной частоты молекулярного движения нитроксильных радикалов, присоединившихся к матрице молекул при различных температурах, уровнях радиации и количества РН методом ЭПР в трёхсантиметровом диапазоне. В результате экспериментальных исследований разработано применение метода спиновых меток, позволяющего получить информацию о структурном строении ПРС и его изменении под действием техногенных факторов.

3. Определена эффективная энергия активации и энтропии вращательной подвижности гидроксильных групп при различных уровнях радиации количества РН и температур. Установлено влияние радиационного фона, концентрации медного купороса, ТМ и РН на механические свойства составных частей растений и деревьев.

4. Экспериментально полученное и МНК позволило обоснованное распределение ТМ в растениях и почвах и установить переход ТМ от пробы почвы на составные части растительного материала.

5. В результате экспериментальных исследований получены данные по динамике загрязнения ПРС и почвы с территории хвостохранилищ радионуклидами, и тяжёлыми металлами, а также моделированы некоторые ТМ для прогнозирования содержания их в почве. Для выявления источников загрязнения смоделирован перенос воздушной массы.

6. Теоретически и экспериментально получены данные по распределению тепла и применению микроволны для стерилизации и сушки пиломатериала. Применена модель Лотки-Вольтера для определения взаимного влияния более двух систем или величин, что позволяет получить достоверные, а также подтверждённые результаты эксперимента и теоретически его обосновать.

Теоретическая и научно-практическая значимость исследования.

1. Определены изменения межмолекулярного взаимодействия, значения частоты, оптическая плотность, интегральная интенсивность функциональных групп ПРС под влиянием радиационного фона, концентрация ТМ, РН, пестицидов и метеорологических параметров имеющих теоретическую ценность для прогнозирования и предсказывания влияния внешних факторов. Определены влияния гамма-излучения, количества ТМ, РН, концентрация медного купороса, СВЧ и метеопараметров места произрастания на физико-механические свойств, что даёт возможность использовать данные в теоретических задачах моделирования.

2. Выявлены механическая прочность, долговечность и распределения температуры на составных частях растений и деревьев, произрастающих в Северном Таджикистане под влиянием внешних факторов, что даёт возможность найти теоретические уравнения для прогноза и времени пользования растительных материалов. Выяснены время корреляции, частота вращения присоединившихся спиновых меток к гидроксильным группам в широком диапазоне температур, радиации; определения эффективной энергии активации открывают теоретическую картину о молекулярной динамике функциональных групп ПРС и дают информацию о структуре и свойствах биоматериалов.

3. Анализ концентрации ТМ, РН, интенсивности перехода и распределения ТМ в составных частях растительного материала и почвы даёт возможность использовать данные для дальнейшего применения ПРС и для теоретического экомониторинга окружающей среды. Применены уравнения Ферхлюста для прогнозирования отдельных элементов и предсказание времени нормализации концентрации элементов в составе почвы.

4. Теоретически определено взаимодействие активных радикалов и функциональных групп, применяя модель Вольтера-Лотки и проведено сравнение по экспериментальным данным. Применение микроволны при стерилизации, сушке биоматериала и теоретически определено распределение

тепла в древесине. Определена эффективности использования микроволн для сушки и стерилизации ПРС и её численный анализ с помощью компьютерных программ.

5. Определения межмолекулярного взаимодействия, положения максимумов полос поглощения, оптической плотности, интегральной интенсивности ПРС дают информацию об изменениях свойств и структуре, что имеет практическое значение для дальнейшего применения ПРС в пищевой промышленности, фармацевтике, народной и официальной медицине. Определения механического свойства деревьев и составных частей растений под влиянием РФ, концентрации ТМ, РН, СВЧ и купороса меди имеют значения для стерилизации, транспортировки, хранения и изготовления строительных материалов и различной бытовой техники.

6. Определена эффективность энергопотребления при стерилизации и сушке древесины, способствующих сохранению качества и свойств биоматериалов. Данные по концентрациям ТМ: Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe_2O_3, MnO, Cr, V и TiO_2, и РН в составных частях растений и почвах Северного Таджикистана являются критерием степени загрязнения территории региона. При экомониторинге окружающей среды следует учитывать степень загрязнённости ПРС и почвы ТМ, а также вклад антропогенных и техногенных источников, расположенных в исследуемом регионе. Моделирование переноса загрязнения воздушными потоками следует использовать при выявлении источников загрязнений.

Степень достоверности результатов диссертации. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением современных спектроскопических методов и методов спиновых меток для исследования количественных и качественных значений молекулярных свойств функциональных групп ПРС и пробы почв. Для определения концентрации ТМ и РН проведены элементный анализ современным приборам «Спектроскан Макс-G» и гамма-радиометрическим приборам «Canberra» с детектора GGX-1020, и механическое испытание на рычажном устройстве. Метеорологические данные получены с сайта «POWER-Прогноз мировых энергетических ресурсов».

Все результаты получены в калиброванных приборах с хорошей воспроизводимостью результатов в широком диапазоне внешних условий и совпадением полученных результатов с экспериментальными данными других авторов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа выполнена по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния и соответствует по следующим пунктам:

п. 1. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, неорганических и органических соединений, диэлектриков, в том числе светящихся веществ, как в твердом, так и в аморфном состояниях в зависимости от химического состава, изотопа, температуры и давление.

п. 2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств неупорядоченных органических и неорганических систем, в том числе классических и квантовых жидкостей, стекол различной природы и дисперсионных систем.

п. 4. Разработка математических моделей и прогнозирование изменения физических свойств конденсированных сред в зависимости от влияния внешних факторов.

п. 8. Экспериментальные и теоретические исследования свойств ядер, ядерных реакций, ядерных взаимодействий с частицами низких, средних и высоких энергий, а также определение ядерных взаимодействий в астрофизических явлениях, изучение физики космических лучей. Радиационная безопасность человека и окружающей среды.

Личный вклад соискателя ученой степени в подготовке диссертации.

Задачи исследования сформулированы с участием научных консультантов и автора диссертации. Автор принимал непосредственное участие в сборе образцов и подготовке объектов к исследованию, измерению и обработке ИК- и ЭПР-спектров. Были осуществлены модификации образцов нитроксыльным

радикала и купороса меди для определения динамических и механических характеристик ПРС. При обсуждении полученных результатов, подготовке материалов к публикации, а также анализе расчётов и обобщении всех результатов, отражённых в разделе «Научная новизна исследования», «Положения, выносимые на защиту», «Выводы и заключение» получены лично автором.

Апробация и внедрения результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы доложены на, Республиканских и Международных конференциях, симпозиумах и семинарах: Международной конференции «Актуальные проблемы современной физики» посвященной 80 – летию памяти Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, доктора физико-математических наук, профессора Б.Н. Нарзиева, 18 апреля 2018 г. Душанбе; Республиканская научно-практическая конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики» посвященной «Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования», 19 февраля 2020 г. Душанбе; Международного научного форума «Наука и инновации-современные концепции», 19 июня 2020 г. Москва; VII Международной конференции «Современные проблемы физики», 9-10 октября 2020 г. Душанбе; Республиканская научно-практическая конференции «Современные проблемы развития природоведческих (естественных) наук: перспективы дальнейшего развития» (с участием СНГ), 4-5 ноября 2021 г, Бохтар; Симпозиум физиков Таджикистана, посвященный 85-летию академика НАНТ – Р. Марупова 25-26 ноября 2021 г. Душанбе; Международная конференция «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» посвященная «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», 27 октября 2022 г., Душанбе; VIII Международной конференции «Современные проблемы физики», 21-22 октября 2022 г. Душанбе; Республиканская научно-практическая конференции «Значение физической науки в развитии современной техники и технологии» 16-

17 марта 2023 г. Худжанд; Республиканской научно-практической конференции «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан 25-26 августа 2023 г. Душанбе; Международной конференции «Современные проблемы физики и химии полимеров», посвященной «75-летию образования Таджикского национального университета» и «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)» 10 октября 2023 г. Душанбе; Международной конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния», Посвященной 75-летию со дня основания Таджикского национального университета, Международному году защиты ледников и 80-летию со дня рождения доктора физико – математических наук, профессора Ш. Туйчиева 24-25 октября 2023 г. Душанбе; III Международная конференция «Тенденции развития физики конденсированных сред» 30-31 октября 2023 г. Фергана; IX Международная научная конференция «Современные проблемы физики» посвященная 60-летию Института 11-12 октября 2024 г. Душанбе; Международной научной конференции «Физические и технические науки в пространстве СНГ: проблемы и перспективы развития» 29-30 ноября 2024 г. Душанбе; Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния», 20-21 мая 2024 г. Худжанд; Международной конференции «Проблемы и перспективы развития физических наук» посвященной 35 – летию Государственной независимости Республики Таджикистан, «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» и 85-летию профессора Абдуллозаде Х, 75-летие профессоров Султонова У., Файзиева И.Д. и 65-летию профессора Тошходжаева Х.А. 11-12 марта 2025 г. Худжанд; Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физики и техники»,10-11 октября 2025 г. Душанбе; Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы фундаментальной и прикладной физики», 24-25 октября 2025 г. Худжанд; Международной научно-

практической конференции «Состояние и перспективы развития современной физики», 14 января 2026 г. Душанбе; Международной научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния», 6 февраля 2026 г. Душанбе; Международной научно-практической конференции «Проблемы развития современной физики и материаловедения», 15-16 мая 2026 г. Худжанд. В научных семинарах кафедры общей физики и твердого тела ГОУ «Худжандского государственного университета имени академика Бободжана Гафурова» и лаборатории молекулярной спектроскопии Физико-технического института имени С.У. Умарова НАНТ, в лекционных и практических занятиях по физические методы исследования, физики твердого тела, а также при выполнении курсовых и дипломных работах студентов и магистерских работах магистрантов.

Публикации по теме диссертации. По результатам проведённых исследований опубликованы 2 монографии, 33 статьи в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан: 32 статьей и тезисов в публикациях представлены на республиканских и международных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав с подразделами, обсуждения полученных результатов заключения и выводы, списка использованной литературы. Диссертационная работа изложена на 367 страницах компьютерного текста, из них 68 таблиц, 109 рисунка и 357 библиографических ссылок.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Общие сведения о физических свойствах природных растительных соединений

Общеизвестно, что образцы растительного происхождения состоят в основном из органического и неорганического соединения. «Изучение органических и неорганических соединений природного происхождения различных растений и деревьев под влиянием внешних факторов является актуальной задачей естественнонаучного направления» [1-22].

Применения физических методов для исследования и решения поставленной задачи является современным подходом. В связи с этим коротко сообщается о известных законах, которые в настоящем работе применены: первое – «ослабления интенсивности прохода света через вещества и применении уравнения Бургера – Ламберта – Берра» [23, с.33], второе – на «взаимодействия магнитного поля с веществами эффект-Зеймана» [24, с.46], третое – на «кинетическую концепцию прочности и долговечности полимеров и биополимеров, согласно уравнению Журкова – Нарзуллаева» [25, с.3120; 26, с. 240], четвёртое – на «законах теплопередачи и формул теплопроводности» [21, с.44] и пятое – на «влиянии микроволны на диэлектрические свойства диэлектрика» [22, с.109; 28, с.135].

Для комплексного исследования физических и механических свойств природных растительных соединений в работе также применена теоретическая модель распределения температуры с использованием разработанных для древесины и растений формул теплопроводности. Для управления процессом взаимодействия активных радикалов и гидроксильных групп применено уравнение Вольтера-Лодки, для прогноза и управления количества ТМ в почвах – логистическое уравнение Ферхлюста для распределения ТМ в почвах и составных частях растений методом наименьших квадратов.

Как известно, «на территории Союза Независимых Государств растут более 20 000 видов высших и низших растений, более 2 500 из которых имеют

лекарственные свойства; в официальной медицине используют более 250 видов растений. В Таджикистане растут более 9000 видов дикорастущих растений, из которых около 246 входят в Красную Книгу Таджикистана» [29, с.5].

Для ПРС в период созревания и формирования компонентов всё время случаются внутренние химические изменения. Среди пигментов зелёного листа, несомненно, важное место принадлежит хлорофиллу. Такие микроэлементы как медь, марганец, железо, бор и др. особо и значительно воздействуют на процесс формирования, в частности, развития и роста растений, поскольку они устойчивы к воздействию метеопараметров и некоторых вредных микроорганизмов [31]. К группе природных полимеров относится целлюлоза, которая присутствует в структуре всех биоматериалов растительного происхождения. В клеточных стенках образцов растительного происхождения имеется особая целлюлоза, которая отвечает за устойчивость [32].

В клеточных стенках природных соединений целюлоза связывает между собой микрофибриламы и образует отдельные макромолекулы, находящиеся между собой в отношениях водородных связей и силами Ван-дер-Ваальса. Хотя сами по себе водородные связи достаточно слабые за счёт того, что в них много микрофибрилл целлюлозы, они «обладают высокой механической прочностью и устойчивостью к действию различных ферментов [33, с.136].

Целлюлозные микрофибриллы, связанные сшивочными гликанами, формируют трёхмерную сеть, погружённую в гелеобразные матрицы из пектинов и обеспечивающую высокую прочность клеточных стенок.

В связи с этим клеточные стенки высших растаний образуются из сложной внеклеточной матрицы, в основном состоящей из биополимеров и образующей отдельные клетки. При этом на основании полученных данных можно сказать, что клеточные стенки высших растений выполняют множество важных функций: они гарантируют механические свойства, такие, как прочность, жёсткость и форма клеточной стенки, вместе с тем определяя рост и морфологию растительного материала, направления роста и, в конечном итоге, морфологию самого растительного материала [34]. Биополимеры и другие, содержащиеся в

составе растительного материала вещества относятся к различным группам химических и биохимических соединений [35].

Известно, что большинство соединений растительного происхождения содержат белок, кумарин, дубильные вещества, различные масла, алкалоиды, гликозиды, золу и другие группы аминокислот. Физико-химические свойства природных соединений растительного происхождений в отдельности существуют в кристаллическом и аморфном виде [36-53].

В настоящей диссертационной работы, исследовано (образцов растений в порошкообразном и естественном виде) влияние внешних факторов на межмолекулярное взаимодействие функциональных групп, количество свободных радикалов, тяжёлых металлов, радионуклидов и механические свойства ПРС. Коротко сообщаем о некоторых свойствах и структурах исследованных растений.

Каперс колючий (Capparis spinosa L.): Каперс колючий (КК) - многолетнее растение со стелющимися стеблями, длина которых достигает 150 см. Листья округлые, обратно яйцевидные или эллиптические с колючими прилистниками. Цветки 5 – 8 см в диаметре, с белыми, бледно-розовыми или желтоватыми лепестками в пазухе листьев. В составе всего растения очень много рутина, кверцетина, витамина С, красителей и др. «Сумма липофильных соединений, состоящих из свободных стиролов, тритерпенолов, углеводородов, фитола, пигментов и не идентифицированных веществ составила 15,1 % массы общих липидов» [36, с.90]. В корнях определены гликозид каппаридин, β – ситостерин и они в основном содержат алкалоиды – стахидрин, гликозилатный спермидин и др. [37].

Амарант: (Amaranthus), Амарант или щирица – однолетнее травянистое растение семейства Амарантовых, листья имеют цельную, ромбовидную или яйцевидную форму, иногда встречаются двухцветные листья – зелёные с фиолетовыми прожилками. Химический состав листьев амаранта достаточно богат витаминами и минеральными веществами, в нём присутствуют аскорбиновая кислота, витамины B1, B2, B5, B6, B9, A, K и PP, а также калий,

кальций, магний, цинк, селен, медь, марганец, железо, фосфор и натрий [38]. В работе исследовано влияние внешних факторов на межмолекулярные взаимодействия, количество свободных радикалов, ТМ и РН.

Тростник обыкновенный (Phragmítes austrális*)*: Согласно литературным данным, тростник обыкновенный (ТО) широко распространён на почвах с близким стоянием грунтовых вод (2,0–2,5 м). Обычно ТО произрастает в болотах, зарастающих озёрах, заливных лугах, по берегам рек и озёр, часто на засолённых почвах и др. Особенно много его в низовьях рек, где он часто образует обширные заросли. В пустынных и полупустынных сообществах может встречаться отдельными группами по пескам, что указывает на близость грунтовых вод. Основные характеристики растений: высота 1 – 4 метра, с длинными и толстыми ползучими корневищами до 2 м. Стебли прямостоячие, с многочисленными узлами. Толщина полого стебля может достигать около двух сантиметров. Прямой стебель после цветения становится почти деревянистым. Листья ТО серовато-зелёные, жёсткие, удлинённые, широкие. Соцветие — крупная метёлка длиной от 8 до 40 см, густая, со множеством отдельных мелких колосков. Колоски имеют длину 0,6 – 1,7 см; они буро-фиолетовые или желтоватые, с длинными волосками. Опыляется тростник при помощи ветра. Цветёт в июле – августе. Растёт по берегам рек, озёр, прудов, на болотах и сырых лугах. Может выносить более засушливые условия, но при этом разрастается значительно слабее. Тростниковые заросли широко применяются в сооружениях биологической очистки сточных вод, они выполняют следующие задачи. Первая – механическая очистка органических и плохо растворимых в воде веществ, вторая – минерализация и окисление загрязнителей которые смешиваются в воде, третья – детоксикация органических загрязнителей, и четвёртая – накопление опасных загрязнителей, в частности, ТМ радионуклидов и пестицидов. В некоторых странах ТО используется в качество концентратора меди и никеля [40, 41]. Тростник имеет очень длительный период декоративности. В работе исследовано влияние различных внешних факторов на физические и механические свойства растений.

Полынь горькая (Artemisia absinthium L.): Полынь горькая (ПГ) – многолетнее травянистое растение и одно из распространённых растений, произрастающих по всей территории Таджикистана и Центральной Азии. Его можно применять как лечебное средство, что и делается с незапамятных времён. Полынь горькая содержит некоторые горькие органические соединения: сесквитерпеновые лактоны - абсинтин, анабсинтин, матриацин, артабсин, арабеин; оксипеленозиды А и В, эфирное масло, дубильные вещества, сапонины, лигнины, яблочную кислоту, витамины С, каротины, фенольные соединения – хлорогенная, квиническая, циннамическая, маллическая кислоты, роитофолин и др. «Установлено, что по числовым показателям (влажность, общая зола, зола, не растворимая в 10 % HCL и содержание экстрактивных веществ) данное сырье соответствует требованиям предъявляемым ГФXI» [41, с.58]. В составе полыни также определены димерические кваианолиды, абсинтины А-Е и соли К, В, Br [42].

Донник лекарственный (Melilotus officinális*)* Донник – двухлетнее растение, произрастающее в Таджикистане, применяется как для лечебных, так и для пищевых назначений. В составе донника имеются различные органических соединения в наземной части донника содержится ароматическое вещество кумарин – в листьях до 0,5%, а в цветках до 0,88%; гликозид мелилотозид, а также дигидрокумарин и мелилотовая кислота, а также около 0,01% эфирного масла, 18% белка. В листьях находится от 198,5 до 389 мг % аскорбиновой кислоты, больше 45 мг % витамина Е, около 9 мг % каротина. Определены также смолы, дубильные вещества, аминокислоты, белок, полисахариды, липиды, хлорофилл, ß-каротин, лютеин, витамин Е, фенольные соединения, некоторое количество сапонинов и алкалоид тригонеллин (0,1-0,5%) [30, 44]. «Показано наличие антирадикальной активности экстрактов донника лекарственного» [44, с.12].

Репейник (Arctium tomentosum Mill.): Многолетнее травянистое растение семейства Астровых с мощной корневой системой и высотой стебля до 1,5 м. Нижние листья могут доходить до 50 см в длину, ближе к верхушке размер

пластин уменьшается. Лопух применяется и официально в современной научной медицине. В работе [45] «проведено химическое изучение фенольных компонентов листьев лопуха и сопоставление их с составом сока листьев лопуха» [45, с.10] Листья растения содержат дубильные и горькие вещества, гликозид аргинин, витамин С, стеарины, ситостерины, смолы, гликозиды кверцетина и кемпферола, эфиры кофейной кислоты: рутин, кемпферол-3-рутинозид, метиловый эфир хлорогеновой кислоты, 1,5-дикофеоилхинная кислота, дубильные и горькие вещества [45, 46].

Кроме того, в подземных частях репейника содержится около 20-30 % инулина; 0,17-0,6 % эфирного масла; дубильные вещества; кумарин и др. В листьях обнаружено до 5-9 мг % каротина, 30-50 мг% витамина С, значительное количество сахара, слизи дубильных веществ, «около 0,03 % эфирного масла, 1,5-2,5 % флавоноидов 8,7-14,6 % органических кислот (винной, лимонной и яблочной)» [29, 30].

Подорожник большой (Plantago major L.): Подорожник большой относится к группе травянистых растений и может вырастать до сорока снтиметров в высоту. У него многочисленные толстые и короткие корневища, однако листья длинночерешковые, тонкие и длинные.

Из центра листовой розетки вырастает одна или несколько цветочных стрелок, заканчивающихся длинным, густым цилиндрическим колосом.

Листья подорожника большого (ПБ) содержат полисахариды, в том числе слизь (до 11 %), иридоидный гликозид аукубин, горькие вещества, каротиноиды, аскорбиновую кислоту, холин. Кроме того, в состав растений входят гликозид аукубин, флавоноиды, витамины, слизь, дубильные вещества и компоненты – микроскопических признаков, таких как простые волоски и механические ткани над жилками, что позволяет определить подлинность и качество сырья. Также в составе растений имеются полисахариды, не менее 12 %. Кроме того, содержание водорастворимых веществ составляет до пяти процентов, а спирторастворымых почти до двадцати процентов; концентрация флавоноидов, рассчитанная в пересчёте на цинарозид, составляет 0,6 процента; содержание

золы – до 20 процентов; золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, – менее 6 процентов, а частиц, проходящих через отверстия, до одного миллиметра «не более 5 %; листьев, изменивших окраску, не более 5 %; цветочных стрелок не более 1 %; органических примесей не более 1 %; минеральных примесей не более 1 %» [29, 47]. «Экспериментальные исследования показали, что употребление экстракта подорожника на фоне высокожировой диеты приводит к достоверному уменьшению индекса массы тела, массы ретроперитонеальной и около маточной жировой ткани, небольшому понижению концентрации глюкозы крови, предупреждает развитие оксидативного напряжения. Такие вещества содержится лишь в лекарственных растениях определенных видов или в близких видах ботанического семейства и придают лекарственным растениям узкую, строго определенную биологическую активность» [47, с.899].

Подорожник ланцентный (Plantogo Lanceolata L.). Многолетнее травянистое растение из семейства Подорожниковые, широко известное и весьма распространённое в разных климатических зонах, характерное своими ланцетными листьями, собранными в прикорневую розетку, и густыми соцветиями-колосьями. В основном встречается в полях, огородах, на лугах. Химический состав растения: различные виды подорожника похожи по химическому составу [29]. Листья подорожника ланцетного (ПЛ) содержат аукубин, каталпол, фенолкарбоновые кислоты и их производные (сиреневую, ванилиновую, феруловую, салициловую, бензойную, коричную, гентизиновую, хлорогеновую, неохлорогеновую) кислоты, флавоноиды (байкалеин, скутелляреин, лютеолин, байкалин, апигенин) и др [29]. «Подорожник известное с древности лекарственное средство. В народной медицине его сок считается одним из самых сильных отхаркивающих средств» [48, с.78].

Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris). Сосна обыкновенная – это одно из вечнозелёных хвойных деревьев рода «сосна», широко распространённое по всей Средней Азии и Европе в частности, в Республики Таджикистан. Это светолюбивое, морозо- и засухоустойчивое дерево, достигает 40 м в высоту, имеет конусообразную крону у молодых деревьев и округлую зонтичную - у

взрослых, а также характерную красно-бурую кору и сизо-зелёную хвою, собранную в пучки по две хвоинки. У молодых растений данного вида крона рыхло-конусовидная, с возрастом она сменяется на шаровидную, либо зонтиковидную, прямым стволом, высотой до 25-40 м. Ствол покрывает буро-красная глубоко трещиноватая кора, а ветки - тонко шелушащаяся, светло-жёлтая, либо бледно-красная. Годовой прирост в высоту около 30-40 см., в ширину около 15 см. Древесина сосны обыкновенной с розоватым или буро-красным ядром и желтовато-белой заболоней, лёгкая, смолистая, прямослойная, прочная. Сосна является мягкой породой с низкой износостойкостью и плохой фиксацией креплений, хотя она легко обрабатывается и шлифуется, а также обладает высокой стойкостью к гниению и биологическим воздействиям. Качество и прочность древесины сильно зависят от условий произрастания: северная сосна плотнее и прочнее благодаря медленному росту. Древесина северной сосны более плотная и прочная благодаря длинному зимнему сезону и плотным годичным кольцам, в отличие от более рыхлой и менее прочной древесины южных и средних широт. Благодаря своему сочетанию прочности, лёгкости и устойчивости к гниению, сосна широко применяется в строительстве для различных конструкций [49-51]. Древесина сосны обладает анизотропными свойствами (неодинаковыми в разных направлениях). Так, например, в тангенциальном направлении древесина подвержена усушке в 1,5-2 раза больше, чем в радиальном. Тангенциальная усушка поздних и ранних зон заболонной древесины составляет 9,2 и 5,5 % соответственно. А усушка поздних и ранних зон заболонной древесины в этом же направлении - 8,5 %. Коэффициенты усушки и разбухания для древесины сосны составляют: по объему - 0,44 и 0,51 %; по радиальному направлению - 0,17 и 0,18 %, по тангенциальному - 0,28 и 0,31 % соответственно. Авторами работ [50] предложено рекомендации «Даны рекомендация по использованию древесных видов в зеленом строительстве с учетом особенностей городского ландшафта и функционального назначения участка озеления. Рекомендуется высаживать группы деревьев для создания масштабных композицией в архитектурном пространстве, высокие деревья – для

озеления центральных городских улиц, скверов и парковых зон» [50, с.327]. «В результате обследования было выявлено более 30 образований типа ВМ. Установлено, что чаще всего они встречаются на деревьях, произрастающих недалеко от автомагистралей и в промышленных районах крупных городов» [51, с.68]. Сосна широко применяется в жилищном и наружном строительстве для возведения домов, крыш, перекрытий, а также для отделки фасадов, террас и установка заборов. Древесина сосны идёт на производство шпал для железных дорог, рудничных стоек, паркета и другого столярного сырья.

Ель – Ёлка обыкновенная (Picea abies): Ель – это вечнозелёное хвойное дерево семейства сосновых, отличающееся пирамидальной или ширококонической кроной, четырёхгранной игловидной хвоей и свисающими цилиндрическими шишками. Дерево живёт от 250 до 300 лет и более, а размножается семенами из шишек. Предпочитает холодные места с влажным воздухом, с осадками в среднем 600 мм в год, только на почвах с хорошим водоснабжением может выдержать меньшее количество осадков. К почвам не предъявляет особенных требований [52]. Предпочитает свежие, песчано-глинистые, со значением pH между 4 и 5. Выносит также все нейтральные и сильнощелочные почвы. Для выращивания лесных культур необходимы свежие, неглинистые почвы, так как на глинистых почвах ель обыкновенная не ветроустойчива. На слабощелочных почвах нужно высаживать ель обыкновенную вместе с другими древесными растениями (для повышения кислотности благодаря образованию перегнившего гумуса). Как известно, ель обладает неплохой устойчивостью к продольным напряжениям и средней прочностью при статическом изгибе (около 60 – 70 МПа). Древесина ели используется в строительстве и производстве, а само дерево популярно в ландшафтном дизайне, благодаря своей декоративности и устойчивости к условиям. Используется для возведения срубов, строительства лестниц, обшивки, изготовления окон и дверей. Автор [53] исследовал и пришёл к выводу «Анатомическое исследование также свидетельствует о том, что

древесина ели красношишечной должна обладать более высокими физико-механическими свойствами, чем древесина ели зеленошишечной» [53, с.69].

В работе, кроме перечисленных растений и деревьев, исследованы физико-химические свойства некоторых растений – гулявника, мяты и деревьев, как кипариса аризонского, (C. Arizonica E. L.), туи восточной (Thyja orientalis L.), можжевельника зеравшанского (Juniperus seravschanica. Kom), можжевельника виргинского (Juniperus virginiana L.), кипариса вечнозелёного (C. Sempervirens L.) и тополя (Populus) произрастающих в Северном Таджикистане.

1.2. Физико и географические особенности Северного Таджикистана

Республика Таджикистан расположена в Центральной Азии между координатами 36°40' – 41°05' северной широты и 67°31' – 75°14' восточной долготы, граничит на западе с Республикой Узбекистан. С севера граничит с Республикой Кыргызстан, на востоке – с Китайской Народной Республикой, на юге – с Исламской Республикой Афганистан. Общая площадь Республики Таджикистан – 143,1 тыс. км², его протяжённость с Востока на Запад – 700 км, с Севера на Юг – 350 километров. На северной границе Республики Таджикистан располагается Ферганская котловина, длиной 300 км и шириной до 170 км [54-57].

Географическое положение Таджикистана во внутренней части материка на большом расстоянии от основного источника влаги – Атлантического океана – определяет две основные особенности его климата: резкую континентальность и засушливость. В то же время сложность орографии, резко расчленённый рельеф, мощные горные хребты, покрытые вечным снегом и льдом, определяют многообразие климатических условий и обуславливают вертикальную поясность климата.

Основные компоненты климатической системы Земли; «Воздушная, жидкая, твердая и оболочка Земли, функционирующие как единое целое, составляют глобальную климатическую систему. Климатическая система Земли

является подсистемой Солнечной системы и в свою очередь характеризуется иерархичностью, много уровенностью и многопараметричностью» [58, с.7].

Известно, что климат Таджикистана субтропический и в то же время континентальный, наблюдаются резкие суточные и сезонные колебания температур, высокая интенсивность солнечной радиации, сухость, низкая облачность, неравномерное распределение осадков по сезонам и по территории.

В настоящее время Республика Таджикистан состоит из Горно-Бадахшанской автономной области, Согдийской и Хатлонской областей и Районов Республиканского Подчинения [56, 57].

В работе исследованы образцы растительного происхождения и пробы почв Северного Таджикистана. Согдийская область граничит с Республикой Узбекистаном и Киргизией. Согдийскую область с северной стороны отграничивают Кураминский хребет высотой около 3,8 км и горы Могол-Тау до 1,6 км; южная часть занята хребтами Туркестанским до 5,5 км, и Зеравшанским до 5,5 – они входят в Гиссарскую горную систему. Согдийская область состоит в основном из равнины Ферганской долины и Голодной степи.

Почвы в этом районе в основном серозёмные, светло-серые, частично солёные и каменистые в горах, в средних горах они тёмно-серые. Климат, как и в других регионах Таджикистана, континентальный, сухой и зависит от высоты над уровнем моря. Лето относительно сухое, а зима не слишком холодная [54-57].

Согдийская область состоит из 22 городов и районов, образцы были отобраны из нескольких городов и районов: Аштский, Бободжангафуровский, Деваштичский, Спитаменский районы и городов Худжанд, Гулистон, Исфара и Истаравшан.

Аштский район – это один из северных районов Таджикистана, расположенный в Ферганской долине; координаты в центре района 40°39′26″ с.ш. и 70°22′53″ в.д. Граничит на севере и северо-западе с Ташкентской областью, на востоке и юге-востоке – с Ферганской областью Республики Узбекистан. По имеющимся данным, климат региона резко континентальный,

средне-годовая температура в середине января колеблется от двух до четырёх градусов холода, иногда доходит до -25 градусов.

Весенний сезон в этом районе начинается относительно рано и продожается недолго. Соответсвенно, весной выпадает больше осадков в виде дождя, но летом теплее и осадков наблюдается мало. Средно-годовая температура июля составляет около +26...+28 градусов, иногда днём воздух прогревается до +40 и выше. По прогнозам метеорологов, летом не исключена сильная пыльная буря, которая может образоваться в горловине Ферганской долины и охватить всю территорию региона. Среднегодовое количество осадков в этом регионе согласно показателям осадкомера может колебаться от 170 мм до 215 мм. Средняя годовая относительная влажность воздуха в Аштском районе колеблется от 55 до 60 % [59-63].

Бободжан Гафуровский район – координаты в центре района 40°12′42″ с.ш. и 69°45′47″ в.д., на западе он граничит с Матчинским и Джаборрасуловским, на востоке – с Аштским и Канибадамским районами. Также район граничит с Республиками Узбекистан и Кыргызстан, на севере – с Ташкентской областью и на юге – с Баткенской областью.

Климат этого района субтропический и сухой, с коротким зимним периодом и фоном нестабильных погодных условий, склонных к резким изменениям. Средняя температура января составляет -2…-5 градусов по Цельсию, снежный покров неустойчив, а в некоторые годы и вовсе отсутствует, однако зимой на склонах может достигать -25 градусов по Цельсию в виде сильных заморозков. Весна наступает сравнительно рано, но за этот короткий период выпадает большое количество осадков. Но лето жаркое и сухое, палящее солнце нагревает воздух до +40 градусов по Цельсию в полдень, а в самый жаркий день температура достигает +52,4 градуса по Цельсию. Весна наступает сравнительно рано, но за этот короткий период выпадает большое количество осадков. Но лето жаркое и сухое, палящее солнце нагревает воздух до +40 градусов по Цельсию в полдень, а в самый жаркий день температура достигает +52,4 градуса по Цельсию.

По гидрометеорологическим данным, среднегодовое количество осадков на территории района составляет от 130 до 200 мм, средняя годовая относительная влажность составляет около 57 %.

Поскольку были изучены различные образцы растений и почвы с территории хвостохранилища радиоактивных отходов Дигмай, представлены некоторые данные с этого полигона. Хвостохранилище расположено в Бободжонгафуровском районе, в 1,5 км от ближайшего села Гозиян и в 10 км от областного центра-города Худжанд, на высоте около 485 м (над уровнем моря). Полигон занимает площадь более 90 гектаров и содержит более 35 миллионов тонн отходов переработки урановых руд и почти 6 миллионов тонн отходов переработки ванадиесодержащих руд, что оказывает влияние на экологическое состояние окружающей среды и ПРС [57, 59-62, 64].

Деваштичский район – расположен на северных склонах Туркестанского хребта, координаты его центра 39°57′32″ с.ш. и 69°08′13″ в.д. Район граничит с Зафарабадским и Спитаменским районами, Шахристанским и Истаравшанским, Айнинским и Матчинским районами, Лейлекским районом Киргизской Республики. Рельеф района широкий и холмистый, постепенно повышающийся с севера на юг от 350 м до 4743 м; центр района, Деваштич расположен на высоте 915 м над уровнем моря. Средняя температура воздуха в июле составляет +34,8 °С, а в горах опускается до +12, +15 °С. В январе температура колеблется от -2 до -4 °С, а в горах от -12 до -15 °С, иногда она доходят до -25. В районе Деваштича годовое количество осадков составляет 200–300 мм, а в горах южной окраины этот показатель составляет около 500–700 мм. Средняя относительная влажность около 55-58% [59-62, 65].

Город Худжанд – координаты центра города 40°17′03″ с.ш., 69°37'09" в.д. город расположен на берегах реки Сыр-Дарья, в 35 километрах от Бекабадского района Ташкентской области. С двух сторон он окружён Туркенстанским и Могол-Тауским горными хребтами.

В городе Худжанд преобладает степной климат с небольшим количеством осадков в течение года. Согласно климатической классификации, климат города

засушливый, полузасушливый, умеренных широт иногда холодными зимами и среднегодовой температурой 16°С.

Зимой средняя температура января составляет -1…-3 °С, а снежный покров неустойчив, наибольшее количество снежных осадков приходится на февраль, максимальная толщина снежного покрова составляет от одного до трёх сантиметров, в другие месяцы снега выпадает мало.

Минимальная температура в некоторые годы доходит до -27 °С. Весна ранная, летом в июле- месяце температура достигает +28 – +36 °С. Средне годовые осадки за год составляет около 170 - 193 мм, а средняя годовая влажность воздуха – около 55 % [56, 59-62, 66].

Город Гулистон – координаты 40°16′01″ с. ш. и 69°49′01″ в. д, высота над уровнем моря в центре составляет 349 м.

В городе находится Кайраккумская ГЭС, она расположена на берегу Таджикского Моря, расстояние от города до областного центра, города Худжанд, около 12 км. Город Гулистон с юго-востока и запада граничит с городом Худжанда и Бободжонгафуровским районом, на севере – с Аштским районом. Климат города континентальный и полузасушливый, средняя температура в январе составляет около -1…-2 °С, а снежный покров неустойчив. Естественно, море влияет на метеорологические параметры, поэтому температура в июле на 2 – 3 градуса ниже чем в Худжанде и Бободжонгафуровском районе. Средние годовое осадки насчитывают около 173 мм, с средняя годовая влажность воздуха – около 56 – 60 % [56, 59-62, 66].

Город Истаравшан – координаты в центре города 39°54′39″ с. ш. и 69°03′23″ в. д., расположен на высоте 940 метров над уровнем моря. Город на севере и западе граничит с Узбекистаном, на востоке - с Деваштичским районом, на юге - с Айнинским районом, на юго-востоке – граница с Киргизией. Климат здесь довольно благоприятный, мягкий, зима многоснежная, лето жаркое и сухое. Зимой в январе средняя температура от 3 °С до −4 °С, и она редко опускается ниже −11 °С. В июле средняя температура +29 °С, иногда опускаются до 21 °С, а самый жаркий день года в Истаравшане обычно находится в

диапазоне 31 °C и редко доходит до 35 °C. Средне годовые осадки в Истаравшане составляют от 352 до 405 мм. А среднегодовая влажность воздуха – около 57 % [59-62, 65].

Город Исфара. Координаты в центре города 40,1402 с. ш. и 70.60015 в. д., расположен на высоте 850 метров над уровнем моря. Как известно Исфару окружают высокие разноцветные горы с разнообразной природой. Географически Исфара входит в систему Туркестанского хребта, которым она окаймлена по юго-западу Ферганского котлована. Климат, как и в других городах и районах Согдийского области континентальный. Температура воздуха зимой в среднем −3 °C в январе, а на высокогорьях опускается до −27 °C, летом в июле около +27°C. По показателям осадкомера, среднегодовое количество осадков составляет около 150-300 мм, а выше 1000 м над уровнем моря, в среднем до 600 мм. Относительная влажность воздуха варьируются от 56 % до 60 % [59-62, 67].

Общеизвестно, что на климатические системы Северного Таджикистана влияют воздушные массы, поступающие из Центральной Азии, которые определяют погоду региона. Как и в других регионах Ферганской долины, количество осадков сильно зависит от активности циклонов и грунтовых вод, выходящих на поверхность. В регионе основную роль в выпадении осадков играют южные циклоны Каспийского моря, Мургабский хребет и верхний Аму-Дарьинский циклон. В основном холодный воздух поступает в регион преимущественно с северо-запада. При этом холодные воздушные массы поступают в Ферганскую долину главным образом, с запада и юго-запада, но они движутся вдоль горных хребтов Северного Таджикистана, обеспечивая относительно высокие количества осадков в его межгорных долинах и на равнинах, что влияет на метеорологические характеристики региона. Таким образом, количество осадков в северных низинах Туркестанского, Кураминского и Зеравшанского горных хребтов колеблется от 400 мм до 800 мм, что очевидно влияет на биоценоз региона. По мере того как воздушные массы проходят через горные районы, они достигают внутренних районов, где влажность

относительно низкая, поэтому в долины и глубокие котловины попадает очень мало осадков [56-62].

В связи с этим в Северном Таджикистане, на высотах 2500 метров, произрастают различные местные дикорастущие растения, адаптированные к климату региона. Проведение исследований его физических свойств с целью поиска экологически чистых, безвредных и имеющих важние лечебные свойства, является актуальным, а результаты понадобятся для развития науки и техники.

Кумулятивно для формирования молекулярной структуры и межмолекулярного взаимодействия функциональных групп природных соединений растительного происхождения вклад вносит метеорологические и климатические параметры.

1.3. ИК - спектры природных растительных соединений

Согласно литературным данным, одни из первых исследований инфракрасных спектров органических соединений, в частности, водородной связи целлюлозы и её производных, были начаты советскими учёными в 50-е годы прошлого века. Они подробно изучили целлюлозу и её производные, выделенные из деревьев, хлопка и различных растений, которые содержали большое количество водородных связей в своей структуре [1, 2, 68-72].

Результаты «сравнительного анализа спектров целлюлозы различной модификации в области валентных колебаний гидроксильных групп были опубликованы в ряде работ» [68, с.301].

Согласно работы [69], водородные связи модификационной целюлозы и её спутников различаются своей особенностью в схеме, которая также подтверждается авторами работ [1]. Они исследовали альфу-целлюлозу, которую выделили существующим методом молочной обработки из различных растений, как хлопок, кукуруза, лён и др. Ими обнаружены полосы поглощения в области тысячи четырёхсоттридцати до девяносто обратного сантиметра.

Авторами работ [70] исследовалны инфракрасные спектры рами и хлопка с помошью поляризованных ИК-излучений. В работе [2] исследовали

волокнообразующие биополимеры, выделенные их хлопка, конопли, кокона и льна, что подтверждается в ранее опубликованных работах. Для формирования микрофибриллы в волокнообразных биополимерах, как целюлоза и её производные, ОН-связь играет заметную роль в свойствах веществ.

Кроме того, инфракрасные спектры ряда эфиров целлюлозы, выделенных из древесины разного возраста, исследованы авторами работ [71, с.624], которыми было «установлено различие спектров нитратов и ацетатов целлюлозы в области частот валентных колебаний гидроксильных групп и обнаружено слабое влияние возраста древесины (от 1 до 100 000 лет), из которой выделялась целлюлоза» [71, с.624].

«Для выяснения природой связи целлюлозы со спутниками в растительных тканях авторами работы были изучены спектры целлюлозы, выделенной методом дейтероварки. Для сопоставления были получены спектры хлопковой целлюлозы, обработанной 12%-ным раствором NaOD, где характерная полоса поглощения групп OD в области 2600-2400 $см^{-1}$ имела чётко выраженную структуру (полосы 2520, 2480 и 2450 $см^{-1}$). По мнению авторов, это обусловлено изотопным обменом гидроксильных групп в трёх возможных положениях. В спектрах целлюлозы, полученной из спелой сосновой древесины методом дейтероварки, не наблюдалось появление подобной структуры полос OD, что было объяснено иным механизмом образования OD-групп» [72, с.19].

Эти изменения происходят за счёт химических связей целлюлозы, в частности, в водородных связях с углеродом в функциональных группах макромолекул целлюлозы.

«В работе представлены результаты исследования диоксанлигининов, выделенных из некоторых травянистых растений методом ИК-Фурье спектроскопии. Показано наличие тесной взаимосвязи между параметрами полос поглощения и содержанием различных структурных единиц и функциональными групп лигнинов» [73, с.61].

Авторами работ [72-76] «исследованы структуры и химического состав хлопкового волокна, выращенной из γ-облучённых семян и свойства целлюлозы,

выделенной из этого хлопка. Было доказано, что по мере увеличения дозы предварительной γ-обработки происходит уменьшение содержания минеральных веществ в волокнах и степени полимеризации. Предстояло выяснить влияние облучения семян на структуру выращенных хлопковых волокон. Для этих целей применён метод ИК-спектроскопии в сочетании с дейтерообменом и обработкой волокон растворами дейтерированной щёлочи» [72, с.20]. Полученные результаты подтверждают, что дейтереобменные волокна имеют более низкую концентрацию ОН-групп, чем контрольные образцы.

Согласно исследований показано, что «такой подход к исследованию надмолекулярной структуры дает возможность определить содержание легкогидролизуемых веществ, неупорядоченной части целлюлозы, премежуточных и упорядоченных частей волокна. Установлено, что все образцы, выращенные из γ-облучённых семян, имеют более высокий коэффициент тепловыделения, чем волокно контрольного образца. Такое изменение коэффициента тепловыделения говорит о более рыхлом состоянии камбиального слоя волокна хлопчатника, выращенного из γ-облучённых семян» [72, с.20]. В работе [77] авторами выяснены изменения количества функциональных групп, в частности водородных, связей в исследованных образцах. Изменение интенсивности полосы валентных колебаний гидроксильных групп, поражённых вилтом, характеризуется меньшей степенью, чем у здоровых образцов.

ИК метод «экспериментально демонстрируются возможности использования ИК-Фурье спектроскопии для исследования ИК-спектров поглощения белков в области частот 1000 - 2000 $см^{-1}$» [78, с.1412]. Кроме этого, в области колебания карбонильной группы экстракта кумарина в спирте установлено наличие двух полос при частотах тысячи шестисот тридцати до тысячи семисот обратного сантиметра. Одна из причин появления дублета карбонильной группы в этой области связана с диэлектрическим свойством раствора и обертоном.

Свойства и структура хлопкового волокна, облучённого лазерным излучением, исследованы в работе [80]. «Показано, что предпосевное лазерное облучение позволяет регулировать степень ориентации участков цепи волокон хлопка, а также их разрывную прочность. Предварительное лазерное облучение влияет на механизм формирования физической структуры целлюлозы на стадии её биосинтеза» [72, с.20].

Авторы [81] отмечают, что методами ИК-спектроскопии изучают внутри- и МВ функциональных групп образование водородных связей и др. «В химии древесины и химии природных соединений с помощью ИК-спектроскопии исследуют структуры углеводов, лигнинов, аминокислот, терпенов, стероидов и многих других веществ» [81, с.4].

Автором работ [82] экспериментальным результатом доказано, что методом ИК - спектроскопии полос поглощения, положению и интенсивности сигналов можно сделать вывод о строении изучаемого вещества. «В этой работе представлены результаты исследований в области применения инфро-красной спектроскопии для определения структуры белковых молекул. Отмечается, что инфро-красная спектроскопия является весьма эффективным методом исследования структуры белков, конформации спирали белковых молекул, а также количественного определения содержания белков в биомолекулах и биосистемах» [82, с.87].

В работе авторы «представляют вне резонансную ИК-наноспектроскопию с малой мощностью и короткими импульсами (ORS-nano IR), которая позволит получать спектры ИК-поглощения на уровне одной молекулы, с высокой пропускной способностью во второй временной шкале и с высоким сигналом» [83]. Эта высокая чувствительность позволяет точно определять вторичную структуру отдельных белковых молекул в более чем миллион раз меньшей массой, чем обычная колебательная спектроскопия. Полученные результаты открывают путь к непосредственному изучению структурных свойств отдельных биомолекул и взаимодействия в широком диапазоне химических и биологических систем.

В работе [84] методом инфракрасной спектроскопии выявлены качества продукции выращенных растений и показатель их качеств.

«На основе этого метода складывается новое направление-аналитическое производство пищевой продукции и кормов для животных, развитие нового направления для анализа кормов. Предложенный метод обеспечивает повышение производительности труда по сравнению со стандартными химическими методами в несколько десятков раз. Отличается простотой работы на приборах и подготовкой проб, чем создаёт предпосылки для решения практических вопросов и ускорения научно-технического прогресса в сельском хозяйстве» [72, с.22].

В работе [85] исследованы спектры модифицированной целлюлозы в области 3000 – 2800 $см^{-1}$. «Впервые методом ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье проведено систематическое изучения бензилированных, карбоксиметилированных ацетилированных целлюлозы, лигнина и древесины осины в зависимости от степени превращения, что позволило построить спектральные модели и детально интерпретировать ИК-спектры продуктов реакций» [85, с.17].

«В работе были изучены особенности использования образцов из разных регионов России при создании общих калибровок на пшеницу. Полученные в ходе работы результаты использовали при создании методики анализа пшеницы при помощи метода БИК-спектроскопии. Описанная в настоящей работе методика успешно аттестована» [86, с176].

В работе [87] приведены результаты ИК-спектроскопического исследования древесины сосны, берёзы и дуба, модифицированной 50% - ным водным раствором «моноэтаноламин (N→B) тригидроксибората». Выявлено, что изменение надмолекулярной структуры модифицированной древесины связано с изменением системы водородных связей. Установлено, что при модифицировании древесины сосны модификатор взаимодействует с первичными гидроксильными группами целлюлозы и карбоксильными группами лигнина; при модифицировании древесины берёзы и дуба

моноэтаноламин (N→B) тригидроксиборат преимущественно взаимодействует с карбоксильными группами лигнина.

В работах [6, 72, 88, 89] исследовали спектральные харакиеристики одуванчика, установлена, что «полоса 1720 $см^{-1}$ в спектре корней одуванчика, собранных вблизи от дороги, связана с поглощением – C=O карбонильных, а вдали от дороги – с COOH-карбоксильными группами» [88, с.611]. Авторами на основании полученных данных сделан вывод о том, что «формирование системы водородных связей в корнях одуванчика зависит от места произрастания растения, положение частоты максимума водородных связей по данным катионообмена различно, что свидетельствует о различной прочности водородных связей» [6, с.338]. Также авторами работ [6, с.338] получены результаты изменения прочности после катионообмена и межмолекулярные водородные связи функциональных групп одуванчика лекарственного.

Согласно работе [88], в интервале при частотах три тысячи восемьсот до двух тысяч четирёхсот и тысячи восьмисот до тысячи в обратных сантиметрах проявляются соотношения перечисленных полос. Ими «определены энергии межмолекулярного взаимодействие карбоксильных групп по сдвигу частоты при взаимодействии с катионами $CuSO_4$» [88, с.611]. Авторами работ [72, 89] исследованы спектроскопические параметры корней одуванчика. «Результаты показывают, что свойства образующихся водородных связей в веществе корней одуванчика зависят от условия произрастания, что проявляется в различном положении максимумов частот колебаний водородных связей в результате катионообмена (КО)» [72, с.24].

Авторами работы [90] методом ИК-спектроскопии и дифференциального термического анализа определены способы координации лигандов, характер связи, окружение центрального атома, термические свойства синтезированного комплексного соединения $[Zn(NO_3)_2 \cdot HCONH_2 \cdot CH_3\ CONH_2] \cdot H_2O$. Ими, согласно результатам, установлено, что формамид и ацетамид в комплексном соединении скоординирован с атомом кислорода карбонильной группы и образует октаэдрический полиэдр с центральным атомом $[Zn(O_6)]$.

В работе [91] исследованы спектроскопические свойства цикория обыкновенного. Установлено, что «химический состав структуры брутто-органических веществ цикория мало содержит карбоксильных групп; физические состояния структурообразующих брутто-органических веществ энергетически неравновесны; по изменению формы, интенсивности и полуширины полосы 1600 $см^{-1}$ можно предположить, что в листьях цикория содержание сахаров, пигментов и других органических веществ больше, чем в корне и стебле» [91, с.454].

Авторами [92] методом Фурье ИК-спектроскопии под влиянием техногенных факторов исследованы устойчивость H. Perforatum. «Однако детальное изучение ИК-спектров, позволило выявить изменения химического состава исследованных растений, обусловленные степенью загрязнения местообитаний» [92, с.71]. Таким образом, наличие уроновых кислот, способных к образованию комплексов, позволяет рассматривать бубенчик как потенциальный источник пектина – основы для производства детоксикационных средств.

Авторами работ [93] показаны однородные структуры культивированного и дикорастущего логохолина, а также идентичность биологически активных веществ Polemonium coeruleum L. синюхи голубой [94].

«С использованием современных физико-химических методов анализа проведено углубленное изучение биологически активных веществ синюхи голубой. Показано, что корневища с корнями и трава синюхи имеют различный состав тритерпеновых сапонинов и флавоноидов. Установлено, что в растительном сырье синюхи присутствуют две группы сапонинов, различающиеся по способности к гемолизу эритроцитов крови. В корневищах с корнями синюхи идентифицированы рутин и ликваритин, в траве –рутин и кварцетин» [94 с.112]. В работе оптимизирована спектрофотометрическая методика для количественного определения суммы тритерпановых сапонинов.

Авторами работы [95, 96] исследовано влияние внешних факторов на свойства одуванчика, отобранного из разных регионов Горно-Бадахшанской

автономной области [95], а также отобранных экземпляров, из одной точки в разные годы [96]; при этим учтена природа роста на формирование молекулярно-динамических структур. В работе [97] «Изучена возможность применения метода ИК-Фурье- спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения для идентификации плодового-ягодного сырья, как отдельно, так и в сложной пищевой системе. Экспериментально установлено, что метод ИК-Фурье-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения позволяет идентифицировать плодово-ягодное сырьё; полученные индивидуальные ИК-спектры и спектральные характеристики (интенсивность полосы поглощения и площадь под спектральной кривой поглощения) являются строго специфичными для каждого вида сырья и обусловлены, по-видимому, морфологическими особенностями строения и химического состава. Изучение возможности применения метода ИК-Фурье спектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в сложных пищевых системах показало, что данный метод позволяет определить наличие в продукте плодово-ягодного сырья» [97, с.20].

1.4. Свойства биоматериала по данным электронного парамагнитного резонанса

Как известно, электронный парамагнитный резонанс - это явление резонансного поглощения энергии электромагнитного поля электронами в атоме, молекуле или ионе которые, обнаруживают себя в определённый магнитный момент. «Парамагнитным резонансом называется явление резонансного поглощения переменного электромагнитного поля системой, включающей в себе частицы (атомы, молекулы, ионы) обладающие магнитным моментом. Это поглощение индуцирует переходы между уровнями, обусловленными различными ориентациями моментов частиц в пространстве. Если поглощения индуцирует переходы между уровнями обусловленными различной пространственной ориентацией магнитного момента электрона, говорят об электронном парамагнитном резонансе (ЭПР). Явление ЭПР, заключается в том, что парамагнитные частицы, помещённые в постоянном

магнитном поле, поглощают микроволновое электромагнитное излучение определённой частоты» [98, с.7]. Метод ЭПР за последние годы широко применяется в исследовании полимеров и биополимеров в областях физики, химии, биологии, фармацевтической химии и медицины.

Этот метод применили для исследования парамагнитных центров или свободных радикалов в полимерах [99-102] и биополимерах, в том числе, дикорастущих растений [103-111].

Согласно работы [100], в экстрактах растений определили антиоксидантную способность, которая образуется при формировании малоактивных радикалов семейства семихинона. По полученным данным было «установлено, что аллеллопатическое воздействие опадов в хвойных лесах осуществляется при участии свободнорадикальных производных фенольных соединений и количество свободных радикалов в исследуемых образцах зависит от степени перекрывания площадей питания деревьев» [101, с.131]. Как сказано выше, изменения фотосинтеза листьев деревьев можно определить, наблюдая за переобразованием сигнала ЭПР-спектров [102].

Методом ЭПР исследованы кора дуба, шелуха репчатого лука и их водные экстракты. Установлено, что их парамагнитные свойства определяются, как минимум, четырьмя видами парамагнитных центров: семихинонными радикалами, ионами Fe^{3+} и двумя типами Mn^{2+}. Обнаружено, что из растительного сырья ионы металлов извлекаются водой без изменения их исходного координационного окружения. Водные экстракты подвержены окислительным процессам: слабым - в высушенном состоянии, интенсивным - при хранении в виде растворов. Показано, что при хранении растворов окислительная реакция катализируется ионами металлов и сопровождается образованием семихинонных радикалов [103-105].

Кроме того, методом электронного парамагнитного резонанса можно выявить количества и идентифицировать парамагнитные центры или частицы в различных агрегатных состояниях биоматериалов. На основе этого метода можно детектировать концентрацию свободных радикалов атомов, молекул,

ионы, дефекты в кристаллах и возбуждения триплетных состояний и др. Кумулятивно используя метод радиоспектроскопии, как ЭПР можно проследить за движением неспаренного электрона, наблюдать за процессом окислительно-восстановительного превращения, выявить антиоксидантную способность биоматериалов, проследить за превращениями парамагнитных атомов и молекул. Имеется две основные формы линии, описываемые согласно следующих уравнений: лоренцовая контур - $y = \frac{a}{(1+bx^2)}$; гауссовая контур - $y = a\, e^{-bx^2}$.

Форма линии ЭПР-спектров в основном зависит от условия поглощения и записи спектров [112, 113]. В нашем случае интерпретация ЭПР-спектров произведена согласно Гауссовым и Лоренцовым линиям.

Следует отметить одну методическую особенность. Для регистрации спектров ЭПР электронных переносчиков, у которых неспаренные электроны локализованы на ионах металлов, приходится проводить измерения спектров ЭПР при достаточно низких температурах. Это связано с тем, что во многих биологических системах у парамагнитных ионов металлов наблюдается очень сильное тепловое взаимодействие неспаренного электрона с окружением. В результате такого взаимодействия линия спектра расширяется и соответственно уменьшается величина сигнала ЭПР. Для наблюдения сигналов ЭПР от этих переносчиков необходимо ослабить спин-решёточное взаимодействие. Это можно сделать, понизив температуру измерения [113]. Понизив температуру образца, Р.Малкин и А.Берден в 1971 году обнаружили в цепи электронного транспорта хлоропластов новый переносчик. Этот белок принадлежит к числу ферредоксинов – электронных переносчиков, в активном центре которых находятся атомы железа, окружённые атомами серы [114]. Авторы [115] обнаружили в пекарских дрожжах новый сигнал ЭПР, который имел дублетный вид со значением g-фактора, равного 2,03. В работе [111,116] показано, что, наблюдая за сигналами ЭПР, можно определить физико-химические и биологические свойства вещества. Кроме того, в работе [108, 111] для установления свойственных изменений выявлено наличие парамагнитных

центров. «Количество свободных радикалов определяли, сравнивая ЭПР-спектры эталона и исследованного образца. В качестве эталона для определения количества парамагнитных центров (свободных радикалов) использовали Mn^{+2} в MgO. Интенсивность сигнала образца сравнивалась с интенсивностью сигнала эталонной навески двухвалентного Mn^{+2} в окиси магния MgO по количеству парамагнитных центров» [108, 111]. Выявлено, что «на основании вышеизложенных можно сделать следующий вывод: количества свободных радикалов в структуре одуванчика зависит от места его произрастания и экологического состояния окружающей среды» [109].

В работе [110,111] приведено «Методом ЭПР-спектроскопии исследовано содержание свободных радикалов в корневищах, стеблях и листьях дикорастущего цикория. По данным спектральных параметров сигнала ЭПР установлено, что количество свободных радикалов, содержащихся в биохимическом составе различных органов цикорий, зависит от места произрастания данного растения и экологического состояния окружающей среды» [110, с.300].

«Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно заключить, что: накопление свободных радикалов, содержащихся в биохимическом составе цикорий, зависит от места произрастания, экологического состояния окружающей среды и составных частей цикория; изменение содержания инулина в составе биохимических соединений цикория возможно связано с накоплением свободных радикалов в процессе биосинтеза» [110, с.303]. Наряду с биологическими парамагнитными центрами естественного происхождения, к которым относятся рассмотренные электронные переносчики хлоропластов и NO радикалы, в биологических системах могут возникать парамагнитные центры, вызванные радиационными повреждениями биомолекул. ЭПР-спектры дают уникальную возможность изучения поведения парамагнитных частиц в биополимерных системах. Методом ЭПР исследованы образцы целлюлозы, подвергнутые радиационному и термическому воздействию. «Установлена идентичность природы парамагнитных центров с g-

фактором 2,0025, образующихся при имплантации и термообработке, что позволило сделать вывод об образовании углеродных областей sp^2-гибридизации, характеризующихся делокализацией π-электронов в обоих случаях. Обнаруженный сигнал ЭПР с формой линии Дайсона для пиролизованных полимеров в условиях вакуумирования, а также анизотропное поведение параметров спектров ЭПР имплантированной целлюлозы при воздействии жидкого кислорода свидетельствуют о наличии высокочастотной проводимости образцов, которая обусловлена либо образованием графитоподобной микрофазы, либо началом формирования фулереноподобных структур» [101, с.134].

Согласно работе установлено, что «развитие флуоресцентных методов является перспективным для прогнозирования состояния и продуктивности планктонных сообществ в естественных водоемах, а их использование внесет существенный вклад в экологический мониторинг» [102, с.13].

В работе «Проведен анализ количества парамагнитных центров в талломах индикаторных видов лишайников (толерантных и чувствительных видов). Установлено зависимость содержания парамагнитных центров в талломах лишайников от интенсивности антропогенного воздействия на места произрастания изученных видов и их таксономической принадлежности. Обсуждены возможные механизмы устойчивости толерантных видов лишайников к атмосферному загрязнению» [103, с.329].

Кроме того, в работе [105] отмечается, что «Для оценки фотосинтетического активности растений использовали инструментальные методы диагностики фотосинтетического аппарата: измерение кинетики окисления центров P_{700} методом электронного парамагнитного резонанса, измерения спектров флуоресценции, термолюминесценции и медленной индукции флуоресценции хлорофилла в листьях растений» [105, с.313]

В работах [117-119] установлено, что методами ИК- и ЭПР-спектроскопии можно определить свободные радикалы и радикальные ионы в твёрдых системах [117], свободные радикалы типа HFC=N в твёрдых аргонах [118] и в пищевых

продуктах [119]. Согласно метода ЭПР-радиоспектроскопии, можно определить парамагнитные центры в «радиационно-обработанных пищевых продуктах, содержащих целлюлозу, путём анализа спектра исследуемых образцов. Анализу подвергались такие пищевые продукты, как земляника, фисташка и молотый красный перец. Спектры ЭПР пищевых продуктов, содержащих целлюлозу, имеют специфический сигнал даже в необлучённых образцах. Спектры облучённых образцов обычно имеют значительно более высокую интенсивность этого сигнала и дополнительную пару линий слева (при более низком магнитном поле) и справа (при более высоком магнитном поле) от центрального сигнала. Эта пара линий обусловлена радикалами целлюлозы, появившимися под воздействием ионизирующего излучения» [120, с.8].

На основе литературных данных [98-120] метод ЭПР позволяет идентифицировать химическую природу радикалов, исследовать кинетику процесса превращений и гибели радикалов, механизм рекомбинации радикалов, а также определить суммарную суперпозицию свободных радикалов в составе макромолекулы вещества. Исследования структуры радикалов по спектрам ЭПР показали, что разрушение химических соединений происходит с образованием радикалов практически независимо от вида воздействия на систему: от термического, фотохимического, ионизирующего до высокочастотного разряда и механической деструкции. Однако, при исследовании свободных радикалов в биоматериалах, в частности, ПРС возникают трудности при расшифровке спектров ЭПР, вызванные за счёт анизотропии сверхтонкого взаимодействия и g-фактора, что проявляется в уширении линии и уменьшении интенсивности спектра. Кроме того, трудно разделить сигналы, принадлежащие радикалам разной химической природы с близкими значениями магнитно-резонансных параметров. Поэтому для определения конформации и молекулярно-динамических свойств макромолекул при физико-химических воздействиях, применяют метод спиновых меток.

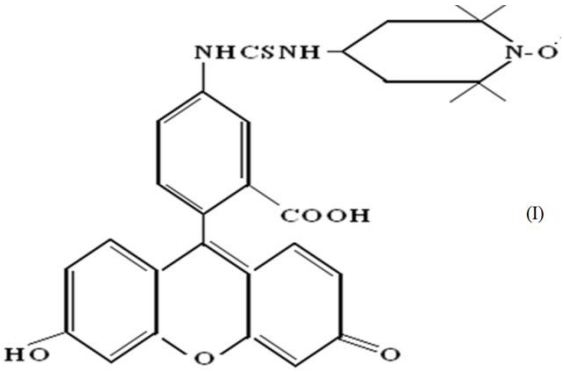
1.5. Молекулярная динамика функциональных групп природных соединений методом спиновых меток

Общеизвестно, что спиновые метки, присоединившиеся к молекуле, дают ЭПР-сигналы, которые сообщают об изменениях молекулярной подвижности, окружающей среды нитроксильного радикала, что широко применяется в различных областях естественнонаучных направлений. Основоположниками данного метода являются американский физико-химик Х. Мак-Коннела и советские учёные Бучаченко А.Л., Лихтейнштейн Г.И. и многие др. [5, 110, 111, 121-132]. ЭПР-спектры спин-меченых образцов биоматериала имеют триплетное состояние и дают информацию изнутри молекулы об эффективном взаимодействии неспаренного электрона с ядром азота.

Авторы [5, 111, 123-128] считают, что для исследование сверхтонкой структуры полимеров и биополимеров используют различные физико-химические методы. «Однако, многие методы не дают более подробной информации о динамической структуре молекул, изменении конформационных переходов, содержании различных дефектов и микропустот. Для получения информации о динамической структуре молекул широкое применение нашёл метод спиновых меток на основе стабильных нитроксильных радикалов. Спиновые метки играют роль молекулярных датчиков и дают уникальную информацию о различных динамических изменениях исследуемой системы» [111, 123-128].

Как известно в реализации физических превращений в биоматериалах, а также и в лекарственных растениях важную роль играют конформационные и молекулярно-динамические свойства макромолекул веществ, их свободных и связанных сегментов и функциональных групп. Метод спиновых меток дополняет другие физические методы: спектроскопические, механические, диэлектрической релаксации и другие; данный метод позволяет получить уникальную информацию, которую невозможно получить другими методами [5]. Метод основан на использовании парамагнитных стабильных нитроксильних радикалов (НР), которые ковалентно связаны с макромолекулой

или введены в исследуемую матрицу в небольших количествах. Они представляют собой молекулы, содержащие парамагнитный фрагмент. Формула нитроксильного радикала



(I)

В спектре НР проявляются электронно-ядерное сверхтонкое и спин-орбитальное взаимодействия, которые моделируются вращательной подвижностью НР, определяемой молекулярной динамикой микроокружения [124-127]. Вклад в ширину линии спектров ЭПР даст информацию о трансляционной подвижности, а по вкладу диполь-дипольного взаимодействия оказывается возможным оценивать или получать информацию о локальных концентрациях и распределении парамагнитных центров, то есть свободных радикалов. На основе этого, по спектрам ЭПР нитроксильных меток и зондов можно получить информацию об их вращательных и трансляционных движениях и, следовательно, о структуре и молекулярной динамике веществ, а также о характере распределения НР в полимерах и биополимерах [126]. В работах [129-143] методом спиновых меток исследовались волокна хлопчатника различного генетического происхождения», шёлка и шерсти при влиянии различных физических факторов [129, 130] и молекулярной структуры холестерина [131]. «Проведены оценки времени корреляции вращательной диффузии радикала, частотой «вращения» радикала» [130, 132]. Отмечены гетерогенность микроокружения спиновых меток и анизотропный характер их вращения в волокнах хлопчатника и шёлка [130, 132]. «Методом спиновой метки исследовано влияние различных органических жизненно важных кислот на стабильность и молекулярную подвижность нитроксильной спиновой метки, введённой в структуру холестерина. Установлено, что при комнатной

температуре влияние органических кислот, кроме аскорбиновой, приводит к заторможенности движений спиновой метки со временем корреляции $\tau_c < 10^{-8}$с» [131, с.57].

В работах [139-143] проводились первоначальные исследования молекулярных структурно-динамических свойств некоторых растений методом спин-метки. Авторы [110, 111, 139-143] считают, что «изменение ЭПР спектроскопических параметров и появление сверхтонкой структуры в спектрах лекарственных растений, одинаковых по генам происхождения, в зависимости от места произрастания связаны влиянием почвенно-климатических условий» [110, 111, 134, 135]. В ряде работ [134, 135] установили, что модификация хлопковой целлюлозы спиновой меткой протекает по её гидроксильным группам. «Так как по происхождению основы химической структуры хлопковое волокно и лекарственные растения очень близки, то можно утверждать, что радикал (I) ковалентно взаимодействует с гидроксильной группой» [111, 134, 135], структуры, преимущественно с гидроксильной группой целлюлозной основы растений [142, 143]. «Установлено, что при комнатной температур в спектрах ЭПР наблюдается заторможенность вращательной подвижности спиновой метки со временем корреляции $\nu_c \leq 10^7$ c^{-1}, что свидетельствует об изменении системы меж- и внутримолекулярных водородных связей в области присоединения метки. Изменение параметров спектров ЭПР и вращательной подвижности спиновых меток при комнатной температуре зависит от экологических условий места произрастания растений» [142, с.41]. В работе [144] авторы с помощью метода спин-метки наблюдали за характером быстрых движений боковых остатков в монокристаллах. Из проведенных расчётов следует, что белковое окружение стерически ограничивает область возможных угловых переориентаций репортёрской NO-группы нитроксила в составе спин-метки, что, в свою очередь, влияет на форму спектра ЭПР. Обнаружено, что теоретические и экспериментальные спектры совпадают.

В работе [145] «установлено, что образование прочного белкового комплекса между Бн (барназой) и спин-меченным Бс (барстаром)

сопровождается существенным ограничением подвижности спин-меток, о чём свидетельствует наличие заметных изменений в регистрируемых спектрах ЭПР. Отмечено, что значение параметра «упорядоченность» как оценка быстрой переориентаци спин-метки относительно молекулы белка резко увеличивается, приближаясь, к единице» [145, с.1220]. Найдено, что значение параметра «упорядоченность» как оценка быстрой переориентации спин-метки относительно молекулы белка резко увеличивается, при этом время корреляции спин-меченого барстара и его комплекса с барназой в растворе в обоих случаях точно соответствует молекулярным массам.

В работе «исследован структурный смысл основных характеристик спектра ЭПР (времени корреляции вращения спинового зонда τ и расстояния между внешними экстремумами ΔH) для поликарбоната. В рамках фрактального анализа показано, что только параметр τ можно рассматривать как структурную характеристику полимера» [146, с.75]. Установлено, что с помощью параметра времени корреляции можно изучать структурную характеристику полимера. Авторами работ [147] установлено, что в водной среде нитроксильный радикал участвует в движении только одного типа - быстрого и изотропного вращения; в липидной среде он характеризуется двумя типами движения, быстро и анизотропно переориентировывается относительно плоскости мембраны и медленного изотропного движения липидного домена. В связи с этим, используя спиновые-метки, очевидно, можно характеризовать структурные изменения и свойств полимеров, биополимеров и биоматериалов под влиянием внешних факторов.

1.6. Применение рентгенофлуоресцентного анализа для определения элементного состава почвы и природных растительных соединений

Известно, что поведение ТМ в экосистеме представляет собой сложный процесс, в связи этим комплексное изучения круговорот в биоценозе является актуальным. В настоящем времени мало применяются комплексная и универсальная методики анализа, позволяющие осуществлять контроль

содержания тяжёлых металлов в различных природных объектах; поэтому определения микроэлементов в почвах, растениях и других природных растительных соединениях является актуальной задачей естественнонаучных направлений. Тяжёлые металлы (ТМ) обладают высокой биологической активностью, способны аккумулироваться в природных объектах и представляют наиболее токсичную группу химических микроэлементов. Мышьяк, свинец, медь, цинк и др. возглавляют ряд ТМ по степени опасности, а также вследствие высоких темпов их техногенного накопления в биообъектах. Одним из основных аккумуляторов, отличительной характеристикой высокой биологической активности, токсичности, мутагенности и канцерогенности ТМ является почва и растения, которые служат источниками дальнейшего поступления накопленных элементов в биосферу [148, 149].

В работах [148-152] определено, что загрязнение тяжёлым металлом объектов окружающей среды, как почва, вода и растения происходит, главным образом, вокруг промышленных предприятий, автомобильных трасс, электростанций и в регионах с интенсивным сельским хозяйством.

Согласно работы [153, 154, 163], в растениях и травах, хвое вечнозелёных деревьев и эпифитных лишайниках, отобранных с яблоневых деревьев около работавшей на угле электростанции, определили значительные количества отдельных элементов.

«Поведение тяжёлых металлов в любой экосистеме представляет собой очень сложный процесс, поэтому изучение их миграции должно быть комплексным» [163, с.3].

При создании стандартного образца для мониторинга окружающей среды применялись лишайники из загрязнённой местности, что позволило рентгенофлуоресцентным методом определить микроэлементов в лишайниках [155]. Определили поглощающую способность ТМ различных элементов от ряда деревьев.

Тяжёлые металлы занимают особое место в загрязнении окружающей среды. Проблема выбора эффективного метода определения ТМ в пробах почв и

природных растительных соединениях является одним из важнейших и актуальных физико-химических направлений. Методом РФА решались как научные задачи, так и частные; определялись ТМ в пробах почв и составных частях растений [156-158].

Некоторые растения используются для очистки от различных микроэлементов состава почвы. Кумулятивно одним из перспективных и экологически безопасных способов реабилитации загрязнённой почвы является фиторемедиация, которая подразумевает использование для очистки загрязнённого грунта специальных растений-фиторемедиантов [13, 159, 160, 161]. В работе [163] «Создано методическая обеспечение на базе рентгенофлуорецентного анализа для комплексного изучения загрязнения мышьяком объектов окружающей среды, которое проследить миграцию металлов в экосистеме источник “загрязнения-почвы-растения-животные-человек”» [163, с.4]

В работе [13] применено для этой цели в условиях Таджикистана растение-фиторемедиант топинамбур. «В целом, установлено принципиальная возможность использования топинамбура в качестве фиторемедианта для реабилитации почв, загрязненных ТМ. Даны рекомендации по применению данного типа фиторемедиантапри загрязнении почвы различными видами ТМ» [13, с.110]. «В работе представлен обзор литературных данных по изучению возможности применения метода фиторемедиации для восстановления и очищения почв, загрязнённых тяжёлыми металлами, а также процессов транслокации тяжёлых металлов из загрязнённой почвы в растения» [160, с.4].

В составе редиса определили некоторые ТМ как Ca, Mn, K, Zn, Fe, Rb, Pb культивированного на почвах, концентраций элементов в почве и может служить как биоиндикатор загрязнённых почв [163. с.4].

Для контроля качества и свойства продуктов в работе [162] методом РФА исследовано пять видов чая, во всех образцах обнаружены некоторые элементы как Fe, Ni и Cu. Однако в 60% образцов обнаружены Ti, что, очевидно, негативно влияет на здоровье человека.

В работе [163] применён метод РФА для массовой доли Na, Mg, Al, Si, P, S, CI, K, Ca, Mn, Fe, Sr и Zn в различных частях и видах растений для оценки состояния экосистемы Южного Прибайкалья и окрестностей Байкальского национального парка; данный результат не перевешает погрешность измерений.

Авторам работ [164] по экспериментальным результатам «Выявлены наиболее загрязнение ТМ в Северном Таджикистане. Обнаружено повышенное содержание Zn, Pb, As, Cr и Sr в пробах аэрозоля по сравнению с почвами, дана оценка их содержания в составе АА с различной степенью антропогенной нагрузки» [164, с.10]. В работе [165] «отмечено, что почвы города загрязнены тяжёлыми металлами, среды которых приоритетными являются *Pb Cd* и *Zn,* концентрации которых превышают предельно допустимые нормы 3.8, 2.5 и 1.2 раза и в 7.4, 830 и 2.4 раза фоновые концентрации. Доля подвижных форм тяжелых металлов относительно валовых значительно выше на загрязненных территориях» [165, с.139].

Согласно работы [166], определено, что в листьях олеандра, произрастающего в местах с высокими транспортными потоками, обнаружены Ti, V, Fe, Zn, Co, Cu, Mn и Ni. Установили повышенные нормы перечисленных элементов, однако РЬ не превышают уровня ПДК. В работе раскрыта влияние Cd, Ni. Pb, V на свойства и структуру огурцов и Ni, РЬ, V – на транспорт органических кислот [167, 168], что непосредственно отражается на жизнедеятельности растений.

В работе «Приведены данные об основных свойствах и особенностях лугово-оазисных почв Западной Ферганы, охарактеризован их микроэлементный состав. Содержание микроэлементов сравнено со средними их содержаниями в литосфере и почве, оценено с точки зрения их накопления и рассеяния. Изложены данные о содержании микроэлементов железа, марганца, цинка, хрома, никеля, кобальта и молибдена в растениях маша, фасоли и арахиса, из семьи бобовых, произрастающих на лугово-оазисных почвах. Отмечены различия в накоплении микроэлементов в стеблях и зёрнах растений» [169, с.45]. Установлено, что концентрация Fe, Mn, Cr и Co в стеблях маша, фасоли и

арахиса, произрастающих на лугово-оазисных почвах, накапливается больше, чем в зёрнах, когда Zn и Mo содержится в зёрнах больше, чем в стеблях. Содержание никеля в стеблях и в зёрнах маша и фасоли имеет близкие значения, а в зёрнах арахиса в два раза меньше, чем в его стебле.

Автор работы «На солонцовых и засоленных почвах с высоким содержанием подвижного бора у растений разных семейств более высокий уровень содержания элемента, превышающий в 1,2-3,0 раза его концентрации на черноземных почвах. Рассчитаны величины коэффициентов биологического поглощения (КБП) микроэлементов, оценена степень и вовлечения в биогенную миграцию» [170, с.65]. Приведены данные о содержании микроэлементов марганца, цинка, меди, кобальта, железа, бора в растениях, произрастающих в условиях чернозёмных и солонцовых почв лесостепных и степных ландшафтов. Определена наиболее высокая степень биологического поглощения растениями молибдена, цинка, меди и бора.

Авторами работ «Установлено, что среднее содержание микроэлементов в естественной растительности в сухой зоне каштановых почв составляет (в мг/кг) Cu – 6; Mo – 0,7; Mn – 60; Zn – 25; Co – 0,3; B – 5,0. Оно немного меньше, чем в зоне черноземов умеренно засушливой колочной степи. По содержанию в естественной растительности в обеих зонах микроэлементы можно расположить в ряд: Mn, Zn>Cu, B>Mo, Co. По величинам КБП в естественной растительности микроэлементы выстраиваются в ряд: Zn, Mo>Cu, B>Mn,Co. Среднее величины содержание микроэлементов в культурных растениях соизмеримы с величинами содержания их в естественной растительности соответствующих зон» [171, с.35]. В работе [172] выявлены закономерности распределения радионуклидов и ТМ в биологической цепи «почва – вода – растения» в Оренбургской области. «В статье представлены результаты миграции техногенных, природных радионуклидов и тяжелых металлов в системе «почва–вода–растения». В результате исследования выяснены основные особенности миграции наиболее важных в радиологическом отношении нуклидов и поллютантов в природных биогеоценозах. Растений аккумулируя из почвы радиоактивные вещества и

токсичные металлы, накапливают корневой системой. Уровень накопления искусственных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в Октябрьском районе Оренбургской области находится в пределах ПДК, при этом уровень природных радиоактивных изотопов ^{40}K и ^{232}Th в почве выше в 1,03 и 1,31 раза относительно предельно-допустимой концентрации. Тяжёлые металлы по интенсивности их поглощения травянистой растительностью распределились в возрастающей последовательности: Cd > Cr > Pb > Co > Mn» [172, с.5].

В работе [164] приведены отношения среднего содержания ТМ в почвах Дигмайского хвостохранилища «Во всех пробах из зоны ДРХ содержание Pb, As и Zn превышало ПДК. Например, среднее содержание Pb составило 685 ppm (32 ppm), что в 21 раз превышает ПДК. Среднее значение Pb в 29 раз превысило фоновый уровень. Среднее содержание мышьяка в пробах почв (93,5 ppm) существенно превышает ПДК (2 ppm), т.е. в 46 раз выше уровня ПДК мышьяка и в 19 раз выше фонового уровня. Зафиксировано также превышение ПДК по среднему содержанию цинка – 5117 ppm, (100 ppm) - в 51 раз выше ПДК элемента и в 65 раз больше его фонового значения» [164, с. 79]. Содержание Zn в пробах почв Истиклола превышает ПДК в 1,5 раза; содержание мышьяка превысило ПДК в 4 раза.

«По результатам сравнительного анализа элементного состава аэрозоля и почв выявлена их межгодовая изменчивость, свидетельствующая о том, что особенности временных вариаций носят региональный характер и в основном определяется динамикой изменения содержания ТМ при смене воздушных масс. Содержание в почве элементов первого (мышьяк, свинец, цинк) и второго классов опасности (медь, никель, кобальт, хром) значительно превышает ПДК во многих районах» [174, с.78]. Очевидно, эти элементы непосредственно влияют на экосистему, и в частности, на формирование молекулярной структуры природных соединений.

1.7. Гамма - радиометрический анализ и его применение для изотопного анализа почв и растительных материалов

Известно, что радиация и радиоактивность в настоящем времени играют важную роль в развитии цивилизации. Однако, всё отчётливее проявляются негативные стороны свойств радиоактивных элементов: «выяснилось, что воздействие радиационного излучения на биологические объекты и биосферу может иметь трагические последствия» [175, с.7]. Накопление большого количества радионуклидов в окружающей нас среде приведёт к негативным последствиям. Как определено радиоактивные вещества отличаются долгим периодом полураспада, что позволяет им десятки и даже сотни лет подвергать всё живое опасности и приводить к необратимым последствиям, поэтому необходимо проводить своевременный мониторинг радиационного загрязнения окружающей среды и предотвращать выбросы радиации в окружающую природную среду [175]. В работе [176], представлен обзор о концентрации торий в растениях, деревьях и пищевых продуктах. «Концентрации ^{232}Th в растениях изменяются в широких пределах от 0.5×10^{-4} до 22 Бк/кг для почв с нормальным фоном и от 0.058 до 80 Бк/кг для районов с высокими концентрациями тория в почве. Накопление тория в растениях зависит от особенностей растительности. Более высокие концентрации активности ^{232}Th наблюдаются во мхах и лишайниках, а более низкие во фруктах и овощах. Корневое поглощение изотопов тория растениями невелико, поэтому в регионах с умеренным и сухим климатом преобладающий вклад в загрязнение растений торием могут вносить частицы пыли, содержащие торий. Особенно значим этот путь загрязнения в антропогенно-нарушенных ландшафтах, в которых содержание тория в нижних слоях атмосферы может быть существенным. В ряде исследований показано, что зависимость поступления тория в растения от его содержания в почве отклоняется от линейной зависимости. Это ограничивает использование коэффициентов перехода для прогнозирования поступления этого радионуклида в растения и определяет необходимость продолжения исследований механизмов его накопления в растительности» [176, с.434].

В окружающей природной среде насчитывается более 300 видов радионуклидов, как естественных, так и искусственных, при работе радиоактивных реакторов образуется более 80 видов РН. Отсюда «радиоактивный фон нашей планеты складывается из четырёх основных компонентов: – излучения, обусловленного космическими источниками; – излучения от рассеянных в окружающей среде первичных радионуклидов; – излучения от естественных радионуклидов, поступающих в окружающую среду от производств, не предназначенных непосредственно для их получения; – излучения от искусственных радионуклидов, образованных при ядерных взрывах и вследствие поступления отходов от ядерного топливного цикла и других предприятий, использующих искусственные радионуклиды» [177, 178].

Как указано, большинство встречающихся в природе первичных РН относится к продуктам распада таких элементов, как уран, торий и актиний, которые являются родоначальниками трёх радиоактивных семейств.

«Одним из физических факторов загрязнения окружающей среды является радиация. В последние десятилетия прошлого столетия на планете произошло повышение естественного радиационного фона» [177, с.161].

Как известно, эти РН оставляют свой заметный вклад в дозу внешнего и внутреннего облучения, которое непосредственно влияет на экосистему, в частности, на почву и формирование молекулярной структуры растений.

Одним из основных источников поступления радионуклидов в наземные пищевые цепи является почва. В результате выпадений РН поступают на земную поверхность, аккумулируются в почве, включаются в биогеохимические циклы и становятся новыми компонентами почвы. Почвы образованы на продуктах выветривания горных пород, их микроэлементный состав в значительной мере зависит от содержания элементов в почвообразующих и коренных породах [177–179]. Состав почвы в значительной мере зависит от содержания элементов в почвообразующих и коренных породах. Почва, наряду с природными водами, является основным источником микроэлементов для различных растений и деревьев. В работе «Исследовали влияние внешнего пролонгированного

действия ионизирующей радиации низкой мощности в суммарных дозах 0,28; 0,56 и 0,85 Гр на содержание сыворочных иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов у крыс. Длительность облучения составила 30, 60 и 90 суток. Показано зависимость гуморального звена иммунитета от длительности пребывания животных под облучением» [178, с.161]. «В связи глобальным загрязнением окружающей среды особую актуальность приобретает изучение состояния животных в экологически неблагоприятных зонах. В определённых районах концентрация поллютантов в почве, воде, воздушном бассейне, кормах значительно превышает допустимые уровни. Но даже при воздействии малых доз токсикантов изменяется характер течения многих заболеваний, нарушаются обменные процессы, искажаются иммунные реакции организма» [179, с.100].

«Результаты наших исследований свидетельствуют, что плотность загрязнения почв по ^{137}Cs варьируется от 0,2 до 49,7 Бк/кг почвы. Максимальные показатели отмечаются на каштановых почвах: КУ №75 (49,7 Бк/кг) и 208 (42,9 Бк/кг); минимальные – на аллювиально-луговых –КУ №201 (9,6 Бк/кг). Изучения вертикального распределения радионуклида в почвенных профилях показало, что наибольшее его количество сосредоточено в верхнем гумусовом горизонте на глубине около 0–5 (10) см, и не отмечается ярко выраженных горизонтов аккумуляции» [180, с.97]. Согласно этому, «механический состав почвы играет большую роль в накоплении радионуклидов. С увеличением илистых частиц в почвах снижается их содержание в растениях, степень корреляции очень тесная, около r = 0,9» [181, с.56]. Для оценки радиационной обстановки необходимо использовать данные о содержании радиоактивных веществ в почвах и растениях, прогноз о радиации может быть сделан на их основе [182, с.20]. В связи этим, «В статье рассмотрены современные решения ключевых проблем атомной энергетики, бросающих вызовов атомному праву, в числе которых извлечение «уроков» из ядерных инцидентов и обеспечения физической защиты АЭС во время военных действий, продление срока эксплуатации АЗС, вывод из эксплуатации ядерных объектов и проблема обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. Отмечено, что они служат

наглядной иллюстрацией реактивного характера развития атомного права и требуют современных подходов к правовому регулированию как на международном, так и на национальном уровнях» [183, с.74].

В работе [184-186] на сцинтилляционном гамма-спектрометре определили содержания ^{137}Cs, ^{40} К, ^{232}Th, ^{226} Ra в почвах и растениях. Результат мониторинга показал, что в Тульской области сохраняется напряжённая радиологическая обстановка, связанная с повышенными уровнями аккумуляции ^{137} Cs в почвах. Таким образом, «переход радионуклида из почв в потребляемую часть растительной продукции имеет относительно незначительные параметры, при которых вклад ^{137}Cs в формирование общей дозы гамма-излучения не превышает 5-14%. Эти данные согласуются с оценками, проведёнными на основе анализа обширной базы данных проекта МАГАТЭ, в которых определяется экологическая безопасность получения урожая зерновых и многолетних трав на радиоактивно загрязнённых землях суглинистого состава при плотности поверхностного загрязнения почв 1000-2000 кБк/м^2 и 3000-900 кБк/м^2 соответственно» [184, с.37]. В связи этим правильный подбор культур сельскохозяйственного севооборота, агротехнических и агрохимических мероприятий, а также контроль содержания ^{137}Cs в почвах и растениях способны обеспечить приемлемое в радиоэкологическом отношении качество растениеводческой продукции.

Согласно работы [187], почва является наиболее значимый источником ионизирующих излучений, создающим дозовую нагрузку на все объекты, расположенные на поверхности земли, в том числе и на атмосферный воздух, то есть почва служит основным хранителем долгоживущих радионуклидов естественного и техногенного происхождения.

«Неравномерность распределения урана по территории Томского района обусловлена, главным образом, распределением геологических структур, содержащих монациты. В северно-восточном направлении Копыловские монацитовые пески четко локализованы на карте. Та же причина обуславливает и локализацию повышенного содержания урана в районе поймы реки Томи, в 10

– 15 км вверх по течению относительно города, а также в районе станции Межениновка, расположенной на юго-востоке наблюдаемой зоны. Прослеживается атмосферный перенос радионуклидов с мелкофракционными золошлаковыми выбросами из труб котельных, ТЭЦ, ГРЭС и выпадение радионуклидов на поверхность почвы по среднегодовой розе ветров в северо-восточном направлении относительно города Томска. Виден перенос урана и по прибрежным территориям вдоль русла Томи в очень незначительных количествах, порядка (5 – 20) мКu/км^2» [188, с.43].

Анализ результатов с использованием метода Монте Карло показал, что плотность ионизации приземной атмосферы излучением почвенных радионуклидов не является постоянной величиной, она сильно зависит от высоты, а также таких факторов, как плотность, пористость, влажность грунта и соотношение удельных активностей радионуклидов ^{235}U, ^{232}Th, ^{226}Ra ^{40}K и ^{137}Cs в приповерхностном слое грунта. Согласно оценкам [187-189], «основной вклад в дозу, а, следовательно, и в ионизацию приземного воздуха, вносят почвенные РН приповерхностного слоя, толщиной около 5 см» [187-189],

«В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на формирование доз внутреннего облучения населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях. Авария на Чернобыльской АЭС заставила в корне изменить взгляды на проблемы радиационной безопасности населения. Она привела к увеличению числа людей, вовлеченных в сферу воздействия радиационных факторов на организм человека и условия его жизни» [190, с.251]. Леса прочно удерживают выпавшие РН, препятствуют выносу их за пределы территорий. Также наблюдается превышение степени загрязнённости в грибах из Столбцовского и Несвижского лесов Минской области, Ивьевского и Новопрудского − Гродненской, в Брестской области Лунинецкого района, в Могилёвской области – в Шкловском районе [190, 191].

Естественный РФ может значительно отличаться в разных районах планеты. «Показано, что поступление ^{90}Sr в растения, в первую очередь, определяется уровнем загрязнения почв. Для ^{137}Cs во всем градиенте загрязнения

сохраняются достоверные различия накопительной способности между представителями высших растений с одной стороны, мхами и лишайниками – с другой. Радионуклиды, пространственное распределение, накопление, растения, таксономические группы, Восточно-Уральский радиоактивный след» [192, с.77].

Информация о дозе радиационного фона окружающей среды за счёт гамма-излучении в южной части Тюменской области приведены в работе [193]. «В рамках исследования были рассмотрены результаты измерения гамма-фона на контрольных участках административных районов юга Тюменской области. Данные мониторинговых исследований указывали, что естественный гамма-фон на территории изучаемых районов находился в пределах нормы. Анализ активности техногенных радионуклидов стронция-90 и цезия-137 в почвах юга Тюменской области показал, что концентрация элементов находилась на разном уровне. На исследуемых территориях отмечается насыщение серых лесных почв и черноземов в большей степени цезием-137, чем стронцием-90. Содержание цезия-137 в верхнем почвенном горизонте на всех контрольных участках варьировало в диапазоне от 3,4 до 18,1 Бк/кг, значения стронция-90 находились в пределах от 0,8 до 3,4 Бк/кг» [193, с.37]. Авторами работ [194] исследовано содержание радионуклидов в почвах различных районах республик Марий Эл и Татарстан на протяжении долгих лет. «Таким образом, результаты работы показали, что содержание радионуклидов в гумусово-супесчаных почвах заповедника «Большая Кокшага», Национального парка «Марий Чодра» и ООПТ «Корабельная роща» можно классифицировать как низкое по сравнению с городами Йошкар-Ола и Нижнекамск. При этом содержание естественных радионуклидов (^{40}K, ^{226}Ra, ^{232}Th) в почвах показало, что максимальное их количество обнаружено на территории города Нижнекамска, а минимальное – в государственном природном заповеднике “Большая Кокшага”. Содержание техногенного ^{90}Sr было выше на территории города Нижнекамска, а максимальное значение ^{137}Cs было обнаружено в почвах ООПТ “Марий Чодра”» [194, с.73].

Авторами [195] намечается, что основным источником загрязнений являются РН ^{137}Cs и ^{90}Sr, которые по-разному сортируются почвой. «Таким образом, применительно к полученным результатам можно сказать, что плотность загрязнения почвы техногенными радионуклидами превышает фоновые значения на существенной части территории исследованных районов. Эти обстоятельства позволяют нам говорить о необходимости более тщательного анализа данных территорий с более подробной сетью мониторинга» [195, с.121]. Согласно ГОСТ-у, миграция радионуклидов зависит от метеорологических условий и следует заметить, что миграция стронция-90 протекает очень медленно, а его основная часть находится в слое около 0-5 см [196]. В работе [197] показано, что при круговороте радионуклидов в природно-растительных комплексах наибольшей удельной радиоактивностью обладают мхи, лишайники и грибы затем идут травянистые растения, кустарники и подрост, а наименьший показатель приходится на древесный ярус фитоценоза. При значениях больше единицы коэффициента перемещения, если радиоэлементов накапливается больше в хвое, чем в корнях, тогда имеется аэрогенный путь поступления радионуклидов.

В работе [198] представлены экспериментальные результаты, авторы определили ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и сельхозпродуктах. «Установлено, что максимальная средняя годовая доза облучения населения от цезия-137 и стронция-90 на территории исследуемых населённых пунктах составляет 0,037 мЗв, что более чем в 27 раз меньше установленной нормы от техногенных источников, указанной «Нормах радиационной безопасности» (НРБ-99/2009)» [199, с.8].

Задача идентификации техногенного загрязнения почвы природными радионуклидами методом гамма-спектрометрии позволяет получить примерный возраст загрязнения почвы техногенным ураном. Авторами определено, что длительность накопления уранового ряда в почве составляла не менее 25 лет [200].

Содержание радионуклидов в почве на исследуемой территории долины р. Васюган [201] говорит о том, что удельная активность естественных радионуклидов ^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K находится на уровне среднемирового значения. Тогда ^{137}Cs на отдельных участках немного превышает фоновые значения для таёжной зоны. В работе [202] приведены экспериментальные результаты распределения радионуклидов ^{232}Th, ^{226}Ra, ^{137}Cs, и ^{40}K в экосистеме заповедника «Большая Кокшага». Выявлено, что уровень загрязнения почвы ^{37}Cs составляет около 0,8 – 1,0 кБк/м^2, и около 60 – 70 % радионуклидов находятся в верхнем 5 – 10 см слое. Максимальный уровень накоплений техногенных радионуклидов отмечен в плодовых телах грибов, он составляет до 1700 Бк/кг. Авторами определено содержание естественных радионуклидов радия, тория и калия в рассмотренных экосистемах, они в аллювиальной глинистой почве в 3 – 6 раз выше. Значимое содержание ^{137}Cs (30 – 60 Бк/кг) отмечено в растительности и, следовательно, в подстилке около 60 – 70 Бк/кг.

Таджикские учёные внесли большой вклад в изучение влияния радиационного фона и радионуклидов на биосферу и живые организмы. Наши учённые провели исследования для обнаружения РН в составе почв и некоторых растений в различных регионах республики, а также в хвостохранилищах [11, 203-209].

«Концентрация радиоактивных семейств Th - 232 и U - 238 определяет концентрацию дочерних радионуклидов в почва. Это связано с тем, что Th - 232, U - 238, Ra-226 являются родоначальником радиоактивных семейств. Проведённые гамма – спектрометрические съемки в почвах, региона бывшего СССР, по содержанию урана и тория, показали, что размах вариационных данных очень большой. Такие работы были проведены по территории Таджикистана» [208, с.21].

Как известно, в Северном Таджикистане поиски урановых руд проходили с 1925 до 1975 года, в результате было открыто несколько ураносодержащих месторождений. «Одним из первых урановых месторождений считается Табошар, нынешний город Истиклол. Начиная с сороковых годов прошлого

столетия, из месторождения Адрасмана была начата добыча урана. В связи с этим для хранения урановых отходов промышленности появились несколько хвостохранилищ в Табошаре, Адрасмане, Чкаловске, Бободжангафуровском районе, Дегмае и других точках тогдашней Ленинабадской области, в целом, около 10 хвостохранилищ» [203-205, 208].

Развитие уранодобывающей промышленности Северного Таджикистана привело к накоплению большого количества отходов, общий объём всех хвостохранилищ составляет около 55 млн. тонн, и занимаемая площадь составляет более 200 гектаров [203, 206].

В советские времена гидрометаллургический завод давал около 20 % от общего объёма урана, получаемого в Советском Союзе. В работах [203-210] показно, что общая площадь территория Дегмайского хвостохранилища насчитывает около 90 га, здесь накопилось около 20 млн. тонн отходов.

В работе [206] «приведены результаты радиационного мониторинга хвостохранилища «Дегмай» и прилегающий к нему территории. Показано, что хвостохранилища в определенной степени загрязняет окружающую среду, поэтому его реабилитация очень важна для улучшения экологического состояния региона» [206, с.78].

Также в работах [207-209] исследовано содержание уранового и ториевого рядов в хвостохранилищах Согдийской области.

Авторами работ [210-213] исследованы динамика распределения ТМ и радиоактивных изотопов в образцах почвы и пылевого аэрозоля, а также изотопный состав почв Таджикистана.

Одними из основных источников поступления изотопов в почву являются атмосферные осадки и бросовые отходы [208, 210-213].

«Основной средой для тяжёлых элементов считается почва, кроме этого они могут выпадать из атмосферы в водную среду, а из почвы усваивается растениями, деревьями и другими биообъектами. При этом, даже в малых концентрациях, имеют высокую токсичность и влияют на биологические процессы» [208, 210, 212].

Авторы работ [207 - 209] провели исследование в этом направлении «Анализ результатов исследования показывает, что из-за недостаточного покрытия хвостохранилищ наблюдается разрушение отдельных частей поверхности и вынос радиоактивного материала за счет деятельности грызунов. Кроме того, дренажные воды, вытекающие из-под хвостохранилищ из шахты и карьера загрязнены радионуклидами и содержат уран, марганец, натрий, свинец и железо, что способствует негативному воздействию на окружающую среду региона в целом» [208, с.22].

В работе атором [208] «Обнаружено высокое содержание радиоактивных изотопов уранового и ториевого рядов в почвах северного Таджикистана, что свидетельствует о влиянии открытых отходов хвостохранилищ и накопившемся фоновом воздействии от промышленных предприятий данного региона» [208, с.128].

Согласно вышеприведённых литературных данных, комплексно-систематических исследований по определению влияния концентрации РН, ТМ и РФ на спектральные параметры, как ИК-спектроскопия, ЭПР-спектроскопия, метод спиновых меток и механические свойства ПРС, проведено очень мало.

В работе ставилась задача исследовать влияние перечисленных факторов на колебание молекул, вращательную подвижность, динамические параметры и механические свойства природных соединений растительного происхождения, определить концентрацию РН в дисперсионных системах почв, а также компонентах растений и деревьев.

1.8. Исследование механических свойств биоматериалов

Согласно литературным данным, механические свойства различных полимеров комплексно исследованы. В работах [17-22, 214-217] исследованы влияние радиационного облучения и условия облучения на механическое свойство полистирола, поликапролактама (ПКЛ), поливинилового спирта (ПВС), полиэтилентерефталата (ПЭТФ), а также таких биополимеров как натуральный шёлк, кератиновые волокна. В работе [17] установлено, что «при действии

облучения в присутствии воздуха наблюдается ослабление связей в аморфно-кристаллическом полимере именно в области аморфной структуры, так как в этой области кислород, проникая, встречает меньшее сопротивление и более благоприятную для окисления среду» [17, с.50]. «При совместном действии комплекса реальных факторов (в горно-климатических атмосферных условиях Таджикистана) разрушение полимеров зависит от условий старения: высоты над уровнем моря, степени инсоляции, метеорологической обстановки и т. д.» [217, с.258]. В научной литературе [218] приведены результаты исследования механических свойств волокон и плёнок, аморфных и кристаллических полимеров как триацетатное, гетероцепное, полиамидное, лавсановое, полиолефиновое, полипропиленовое волокна; в работах особенное внимание уделяется структурным превращениям, происходящим в процессе разращения полимерных волокон. Этот фактор – одно из принципиальных значений при определении механических свойств волокнообразующих полимеров.

«Показатели прочности полимеров используются для характеристики эксплуатационных свойств изделий из полимеров. Поскольку полимеры применяют, как правило, в кристаллическом, стеклообразном и высокоэластическом состояниях, то наибольший интерес представляет прочность полимера именно в этих состояниях. Термины «аморфная фаза» и «кристаллическая фаза» примительно к полимерам теряют смысл, так как аморфная часть, например, в местах сгибов пачек не отделена поверхностью раздела фаз от кристаллической части» [218, с.10].

В работе [216] исследованы механическое испытание по долговечности и ползучести кожуры различных сортов яблок и корреляция с молекулярной и надмолекулярной структурами биоматериала. «Из сопоставления результатов механических испытаний по долговечности и ползучести биополимеров выявляются механизмы деформирования и разрушения таких систем, обусловленные их молекулярной и надмолекулярной структурой» [216, с.28]. Механические свойства хлопкового волокна исследованы многими авторами [219-221]; сюда входят как деформационные и прочностные свойства; при этом

выявлены закономерности их изменения при различных факторах, как УФ облучения, температура и др. Установлено, что «механические свойства ХВ зависит не только от степени его созреваемости, но и от структуры самого волокна, особенно надмолекулярная структура ХВ играет существенную роль при определении их деформационных и прочностных свойств» [221, с.2509].

В работах [222-224] исследованы влияния механического напряжения и УФ облучения на кинетику фотохимического превращения полистирола, влияние температуры на долговечность полиэтилентерефталата в условиях облучения, а также влияние наноуглеродных частиц на механическое свойство полимерных композитов. Выявлены корреляция между молекулярными и надмолекулярными структурами и механические свойства исследованных полимеров.

«Методами вискозиметрии и спектроскопии изучено влияние растягивающей нагрузки в развитии фотопроцессов, протекающих в полистироле. Установлено неоднотипное (ускоряющее, тормозящее или отсутствие действие) влияние напряженного состояния на развитие фотодеструктивных процессов в полистироле. Выявлено, что такое различие, проявленное в действиях растягивающей нагрузки, связано с особенностями протекания фотохимических реакций в полистироле в зависимости от температуры и длины волны, действующей УФ-света» [222, с.10].

В работе [223] «Исследовано влияние температуры на долговечность полиэтилентерефталата (ПЭТФ) в условиях облучения УФ-светом разной длиной волны. Установлено, что уменьшение α_j и A_j от Т при действии света с λ_2=365нм вызывается возрастанием вклада радиально-окислительных процессов, в то же время при воздействии УФ-света с λ_1=254нм влияние фактора можно пренебречь» [223, с.52].

«В данной статье исследовано влияние наноуглеродных частиц на структуру и механические свойства полимерных нанокомпозитов. Показано, что внедрение наночастиц в полимеры в зависимости от их концентрации сопровождается различным изменением механических свойств, которые

обусловлены изменениями физического состояния аморфных областей. Однако, при этом параметры структурных элементов остаются постоянными» [224, с.111].

В работе [225] исследованы биологические особенности и механические свойства древесины в географических культурах. Дана оценка наследуемости механических свойств древесины сосны. Определили, что на механические свойства влияет предыстория, наследуемость и место произрастания деревьев. «Термическая обработка образцов осуществлялась в пароконвекционной камере, в среде насыщенного водяного пара при атмосферном давлении, максимальных температурах 180, 200 и 220 ºС и длительности обработки при пиковых значениях до 3 ч. Определены потери массы и изменение плотности в абсолютно сухом состоянии, стандартная влажность древесины, модуль упругости и предел прочности при статическом изгибе. Установлено, что повышение потери массы характерно для всех пород, при этом наибольшие значения параметра отмечены для древесины дуба, липы и осины (в среднем на 17,8; 13,4 и 16,5% соответственно)) при максимальной температуре 220 ºС» [225, с.85].

Авторам [226] исследованы основные физико-механические свойства древесины сосны, подвергнутой термической обработке при температуре 185°С и времени выдержки в 24 часа. «Результаты исследований позволяют рассматривать возможность использования термически модифицированных бревен, а также бруса для создания малых архитектурных форм, садовой и парковой мебели. Однако следует учитывать снижение некоторых прочностных характеристик при проектировании изделий, подвергающихся повышенным нагрузкам» [226, с.101].

В работе [227] приведены физических и механических свойств термо-обработанной древесины берёзы (Betula Pendula), осины (Tilia europaea), сосны (Pínus sylvestris), дуба (Quercus Robur), и липы (Populus tremula). Устоновлено, что при термообработке выше 220 градусов механические показатели по сравнению с исходными образцами изменяется: берёза – 31,5; дуба – 38,9; сосны – 9,5; липы – 4,6; у осины снижение опустилось до 11,5 %. Однако при

термообработке до 180 и 200 градусов предстаёт иная картина, то есть механическая прочность повышается в среднем от 10 до 20 %.

Авторами работ [228] исследованы механические свойства при статическом изгибе перпендикулярного волокне, что она снижается. Предел прочности при статическом изгибе натуральной древесины берёзы в 2,33 раза больше, чем у термомодифицированной древесины берёзы, обработанной при температуре 185°С. Предел прочности при скалывании вдоль волокон (в радиальной плоскости) натуральной древесины в 2,21 раза больше, чем у термомодифицированной при t = 185 °С.

В работе [229] для физико-механических свойств применили малые чистые образцы уменьшенных размеров. Для определения прочности при статическом изгибе использование образцов с уменьшенными размерами позволяет при кондиционировании пользоваться эксикаторами, что обеспечивает герметичность системы и стабильность поддерживаемой среды. Выявлено, что чем меньше размеры образцов, тем чувствительнее прочность к влажности древесины. Кроме того, в работе [230] исследовано влияние влажности древесины на показатели её прочности. «Проведены исследования изменения предела прочности при статическом изгибе уменьшенных в масштабе образцов от их влажности. Итогом исследования стала обоснованная и экспериментально доказанная математическая модель, описывающая изменение предела прочности при статическом изгибе под действием влажности уменьшенных образцов древесины сосны. В полученной модели учитываются размеры образцов. Установлено, что чем меньше размеры образцов, чем чувствительнее значение предела прочности при статическом изгибе к влажности древесины» [230, с.208]

Как отмечено, на механическое свойство биоматериалов влияют внешние факторы. Согласно работы [231-235] и других работ, прочность зависит от температуры и времени нагрузок. Данные о механических свойствах и прочностных характеристиках составных частей растений, в частности, листьев и стеблей, произрастающих под воздействием техногенных факторов вовсе отсутствуют. В связи с этим нами были проведены исследования по изучению

механических свойств компонентов растений и деревьев с целью изучения природы прочности и разрушения биоматериалов. Прочность и долговечность составных частей ПРС позволяет получит дополнительную информацию об изменении структуре и свойствах биоматериалов, что систематически исследовано в настоящей работе.

Заключение первой главы и постановка вопроса

Анализ литературы, посвящённой влиянию экологических факторов на структурообразование, биохимические и фармакологические свойства ПРС, показывает, что физико-химические методы широко применяются для качественного и количественного анализа природных соединений, в том числе лекарственных, пищевых, кормовых растений и различных деревьев. В цитированных работах показано, что использование современных спектроскопических методов позволяет детально анализировать биохимические и структурные изменения растительных соединений под действием техногенных и антропогенных факторов. В ряде работ спектроскопическими методами и методами спиновых меток исследовано влияние экологических условий места произрастания, количества радионуклидов, тяжёлых металлов на состав почвы и метеорологических параметров на молекулярные свойства и структуру растений. Установлено, что экологические условия непременно влияют на структуру, биохимический состав и свойства растений и деревьев.

Судя по изученной литературе, исследованию вопросов роли техногенных факторов на рост и развитие растений, а также изменений биохимического состава посвящено много работ. Однако, вопросы влияния внешних и техногенных факторов (РФ, количества ТМ, РН, пестицидов и др.) на структуру, состав и свойства ПРС комплексно не исследованы. Тем более, комплексно-систематически не исследованы влияние радиационного фона, время экспозиции облучения, количество тяжёлых металлов, радионуклидов в составе почв и составных частях растительного материала на формирование функциональных групп, межмолекулярное взаимодействие, системы меж- и внутримолекулярной

водородной связи, а также механические свойства растительных образцов, произрастающих в условиях Северного Таджикистана.

Как уже сказано, в результате длительной работы обогатительных комбинатов по добыче радиоактивных материалов в Северном Таджикистане накопилось огромное количество отходов, которые не рекультивированы до сих пор. Отходы урановой промышленности в виде «хвостохранилищ» находятся в ряде ареалов Согдийской области и представляют угрозы для экосистемы Согда в целом. В связи с этим важным и актуальным является исследование влияния уровня и времени действия радиации при межмолекулярных взаимодействиях физических и механических свойств биоматериалов. В ряде работ [203-209, 236] приведены результаты мониторинга радиационного фона в населённых пунктах Согдийской области и в окрестностях хвостохранилищ радиоактивных отходов. Однако количественных данных относительно влияния радиации на межмолекулярные взаимодействия, количества свободных радикалов, количественных и качественных данных о функциональных группах и межмолекулярных и внутримолекулярных взаимодействиях водородных связей не приводится. Кроме того, влияние перечисленных факторов на физико-механические свойства образцов растительного материала, произрастающего в Северном Таджикистане, мало исследованы.

В связи с этим, в диссертационной работе ставится задача комплексно–систематически исследовать влияние техногенных и антропогенных факторов на изменения структуры и свойства ряда растений и деревьев, произрастающих в условиях Северного Таджикистана. Для получения количественных данных о влиянии внешних факторов, таких как уровень радиационного фона, количества свободных радикалов, концентрация радионуклидов, тяжёлых металлов, пестицидов на структуры и свойства выбранных растений и деревьев, будут использованы спектроскопические и методы спиновых меток. Кроме того, в работе применены физико-механические и ЭПР-методы. Намечено исследовать влияние различных уровней радиации, количества ТМ, РН и пестицидов на формирование надмолекулярных структур природных соединений, оценить

межмолекулярные взаимодействия, разработать модификации биоматериалов спиновыми метками и на основе подвижности макромолекулы определить влияние уровня радиационного фона и других факторов на структуру и механические свойства ПРС. Намечено сопоставить физико-химические и физико-механические параметры образцов биоматериала и оценить эффективную энергию активации и энтропии при различных уровнях радиации, количества радионуклидов и температур.

Спектроскопические, механические методы и спиновых меток, рентгенофлуорецентный и изотопный анализ позволяют получить количественные данные о межмолекулярном взаимодействии, конформации макромолекул, молекулярной динамики и механических свойствах ПРС.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты исследования и подготовка образцов

Объектами исследования в настоящей работы являются некоторые дикорастущие растения: каперс колючий (*Capparis spinosa L.*), амарант (*Amaranthus*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis)*, полынь горькая (*Artemisia absinthium L.*), донник лекарственный (*Melilotus officinalis L.*), репейник (*Arctium tomentosum Mill.*), подорожник большой (*Plantago major L.*), подорожник ланцетный (*Plantogo lanceolata. L.*), гармала обыкновенная (*Peganum*) и хвойные деревья, как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель обыкновенная **(***Picea abies***)**, кипарис аризонский, (*C. Arizonica E. L.*), можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana L.*), можжевельник зеравшанский (*Juniperus seravschanica Kom.*), тую восточного (*Thyja orientalis L.*), кипарис вечнозелёный (*C. Sempervirens L.*) и тополя (Populus); пробы почв с мест произрастания сформировавшиеся под влиянием различных техногенных и метеорологических факторов в разных местах Северного Таджикистана.

Образцы растений, деревьев и пробы почв отобраны одновременно во время цветения: каперс колючий и репейник – в июне-августе, донник – в мае-июле, подорожник большой и подорожник ланцетный в – июле, тростник – в мае-июне, полынь горькая – в мае-июле, стебли и хвоя деревьев – в апреле-июне. Для очистки образцов от экстрактивных веществ их промывали обычной и дистиллированной водой, сушили в естественных условиях в тени, хранили в стеклянных банках и бумажных пакетах в сухом помещении.

Образцы каперса колючего, тростника обыкновенного, репейника и донника лекарственного собраны на хвостохранилище «Дегмай» (Бободжонгафуровский район) с различных уровней радиационного фона. Так как данное хранилище существует многие годы, состав почв вокруг и в окрестностях стабилизировался. Расстояние между отобранными образцами составляет около 50±1 м. – координаты места сбора растений и пробы почвы

приведены в таблице 2.1. Кроме того, образцы исследованных растений, деревьев и почв собирали на территории городов Худжанд, Гулистон, Истаравшан, Исфара: районов – Аштский, Бободжангафуровский, Канибадамский, Спитаменский, Деващтичский, Шахристанский. Некоторые физическо-географические характеристики места произрастания образцов приведены в главе 1 раздел 1.2.

Таблица 2.1 - Координаты места сбора образцов растений, деревьев и почв

№	Вид образцов и почвы	Место сбора	Координаты
1	2	3	4
1.	Каперсы колючий	Бабаджан Гафуров (Унджи)	40º 16' 16.2"с.ш. 69º 42' 0.45"в.д.
2.	Почва	Бабаджан Гафуров (Унджи)	40º 16' 16.2" с.ш. 69º 42' 0.45" в.д.
3.	Каперсы колючий	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
4.	Почва	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
5.	Каперсы колючий	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 27" с.ш. 69º 37' 46" в.д.
6.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 27" с.ш. 69º 37' 46" в.д.
7.	Каперсы колючий	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 30" с.ш. 69º 38' 02" в.д.
8.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 30" с.ш. 69º 38' 02" в.д.
9.	Каперсы колючий	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 09" в.д.
10.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 09" в.д.
11.	Каперсы колючий	Истаравшан	39º 51' 30" с.ш. 69º 00' 20" в.д.
12.	Почва	Истаравшан	39º 51' 30" с.ш. 69º 00' 20" в.д.
13.	Амарант	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
14.	Почва	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
15.	Амарант	Бободжон Гафуров	40º 16' 16.2" с.ш. 69º 42' 0.45" в.д.
16.	Почва	Бободжон Гафуров	40º 16' 16.2" с.ш. 69º 42' 0.45" в.д.

Продолжение таблицы 2.1.

17.	Тростник обыкновенный	Худжанд	40º 16' 18" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
18.	Почва	Худжанд	40º 16' 18" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
19.	Тростник обыкновенный	Худжанд (Моглдтау)	40º 18 52" с.ш. 69 º 35' 37" в.д.
20.	Почва	Худжанд (Моглдтау)	40º 18 52 с.ш. 69 º 35' 37" в.д.
21.	Тростник обыкновенный	Худжанд (Сир-Дарья)	40º 17' 33" с.ш. 69º 36' 16" в.д.
22.	Почва	Худжанд (Сир-Дарья)	40º 17 33 с.ш. 69º 36' 16" в.д.
23.	Тростник обыкновенный	Бободжон Гафуров (село Унджи)	40º 16' 16" с.ш. 69º 42' 0,4" в.д.
24.	Почва	Бободжон Гафуров (село Унджи)	0º 16' 16" с.ш. 69º 42' 0,4" в.д.
25.	Тростник обыкновенный	Девештич	39^0 44' 09" с.ш. 68^0 59' 27" в.д.
26.	Почва	Девештич	39^0 44' 09" с.ш. 68^0 59' 27" в.д.
27.	Тростник обыкновенный	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 27" с.ш. 69º 37' 46" в.д.
28.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 27" с.ш. 69º 37' 46" в.д.
29.	Тростник обыкновенный	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 09" в.д.
30.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 09" в.д.
31.	Тростник обыкновенный	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 21" в.д.
32.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 35" с.ш. 69º 38' 21" в.д.
33.	Полынь горькая	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 35.1" с.ш. 69º 38' 9.58" в.д.
34.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 35.1" с.ш. 69º 38' 9.58" в.д.
35.	Полынь горькая	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 12' 35.16" с.ш. 69º 38' 21.3" в.д.
36.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 12' 35.16" с.ш. 69º 38' 21.3" в.д.
37.	Полынь горькая	Бабаджангафуровский район	40º 16' 16.2" с.ш. 69º 42' 0.45" в.д.
38.	Почва	Бабаджангафуровский район	40º 16' 16.2" с.ш. 69º 42' 0.45" в.д.
39.	Полынь горькая	Аштский район	40º 36' 30" с.ш. 70º 13' 20" в.д.
40.	Почва	Аштский район	40º 36' 30" с.ш. 70º 13' 20" в.д.

Продолжение таблицы 2.1.

41.	Полынь горькая	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
42.	Почва	Худжанд	40º 16' 17.8" с.ш. 69º 35' 36" в.д.
43.	Полынь горькая	Истаравшан	39º 51' 30" с.ш. 69º 00' 20" в.д.
44.	Почва	Истаравшан	39º 51' 30" с.ш. 69º 00' 20" в.д.
45.	Полынь горькая	Около Хвостохранилища Дегмай 1	40° 12' 34" с.ш. 69° 37' 21" в.д.
46.	Почва	Около Хвостохранилища Дегмай 1	40° 12' 34" с.ш. 69° 37' 21"м
47.	Полынь горькая	Хвостохранилища Дегмай2	40°12' 46" с.ш. 69° 37' 11" в.д.
48.	Почва	Хвостохранилища Дегмай2	40°12' 46" с.ш. 69° 37' 11" в.д.
49.	Полынь горькая	Хвостохранилища Дегмай 3	40°12' 52" с.ш. 69° 37' 03" в.д.
50.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 3	40°12' 52" с.ш. 69° 37' 03" в.д.
51.	Репейник	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 35" с.ш. 69º38' 9" в.д.
52.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 1	40º 13' 35" с.ш. 69º38' 9" в.д.
53.	Репейник	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 32" с.ш. 69º 38' 2" в.д.
54.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 32" с.ш. 69º 38' 2" в.д.
55.	Репейник	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 28" с.ш. 69º 37' 50" в.д.
56.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 28" с.ш. 69º 37' 50" в.д.
57.	Донник	Около хвостохранилища Дегмай	40º 14' 46" с.ш. 69º 39' 11"м
58.	Почва	Около хвостохранилища Дегмай	40º 14' 46" с.ш. 69º 39' 11" в.д.
59.	Донник	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 36" с.ш. 69º38' 9" в.д.
60.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 2	40º 13' 36" с.ш. 69º38' 9" в.д.
61.	Донник	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 32" с.ш. 69º 38' 2" в.д.
62.	Почва	Хвостохранилища Дегмай 3	40º 13' 32" с.ш. 69º 38' 2" в.д.
63.	Донник	Гулистон	40º 17' 10" с.ш. 69º 50' 2" в.д.

Продолжение таблицы 2.1.

64.	Почва	Гулистон	40° 17' 10" с.ш. 69° 50' 2" в.д.
65.	Донник	Худжанд	40° 16' 55" с.ш. 69° 37' 17" в.д.
66.	Почва	Худжанд	40° 16' 55" с.ш. 69° 37' 17" в.д.
67.	Донник	Хвостохранилища Дигмай	40° 33' 38" с.ш. 69° 39' 18" в.д.
68.	Почва	Хвостохранилища Дигмай	40° 33' 38" с.ш. 69° 39' 18" в.д.
69.	Подорожник ланцетного	Худжанд	40° 17' 21" с.ш. 69° 38' 24" в.д.
70.	Подорожник ланцетного	Бободжон Гафуров	40° 16' 9" с.ш. 69° 42' 1" в.д.
71.	Подорожник ланцетного	Исфара	40° 10' 1" с.ш. 70° 36' 44" в.д.
72.	Подорожник ланцетного	Спитамен	40° 10' 5" с.ш. 69° 43' 22" в.д.
73.	Подорожник большой	Бободжон Гафуровского района	40° 16' 9" с.ш. 69° 42' 1" в.д.
74.	Подорожник большой	Худжанд (авторемзавод)	40° 16' 55" с.ш. 69° 38' 24" в.д.
75.	Гулявника	Около хвостохранилища Дегмай	40° 14' 46" с.ш. 69° 39' 11" в.д.
76.	Гулявника	Хвостохранилища Дегмай 2	40° 13' 36" с.ш. 69°38' 9" в.д.
77.	Гулявника	Хвостохранилища Дегмай 3	40° 13' 32" с.ш. 69° 38' 2" в.д.
78.	Пробы почв	Худжанд	40°17'.15" с.ш. 69° 35,51' 58" в.д.
79.	Пробы почв	Истаравшана	39° 51' 28" с.ш. 69° 11' 58" в.д.
80.	Пробы почв	Бабаджангафуровского района	40° 16' 16.2" с.ш. 69° 42' 0.45' в.д.
81.	Гармала обыкновенная	Худжанд	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.
82.	Почва	Худжанд	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.
83.	Гармала обыкновенная	Аштский район	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.
84.	Почва	Аштский район	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.
85.	Гармала обыкновенная	Хвостохранилище Дегмай	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.
86.	Почва	Хвостохранилище Дегмай	40° 12' 35.16" с.ш. 69° 38' 21.3" в.д.

Продолжение таблицы 2.1.

87.	Кипарис аризонский	Худжанд ботанический сад	40º 17' 53" с.ш. 69º 38' 23" в.д.
88.	Почва	Худжанд ботанический сад	40º 17' 53" с.ш. 69º 38' 23" в.д.
89.	Можжевельник виргинский	Худжанд ботанический сад	40º 17' 55" с.ш. 69º 38' 28" в.д.
90.	Почва	Худжанд ботанический сад	40º 17' 55" с.ш. 69º 38' 28" в.д.
91.	Можжевельник зеравшанский	Худжанд ботанический сад	40º 17' 48" с.ш. 69º 38' 27" в.д.
92.	Почва	Худжанд ботанический сад	40º 17' 48" с.ш. 69º 38' 27" в.д.
93.	Туя восточная	Худжанд ботанический сад	40º 17' 53" с.ш. 69º 38' 23" в.д.
94.	Почва	Худжанд ботанический сад	40º 17' 53" с.ш. 69º 38' 23" в.д.
95.	Кипарис вечнозелёный	Худжанд ботанический сад	40º 17' 49" с.ш. 69º 38' 34" в.д.
96.	Тополь	Худжанд ботанический сад	40º 17' 49" с.ш. 69º 38' 30" в.д.
97.	Почва	Худжанд ботанический сад	40º 17' 49" с.ш. 69º 38' 34" в.д.
98.	Сосна обыкновенная	Худжанд (около авторемзавод)	40º 17' 28" с.ш. 69º 37' 55" в.д.
99.	Сосна обыкновенная	Худжанд (около парка Хурамшахр)	40º 18' 18" с.ш. 69º 37' 01" в.д.
100.	Сосна обыкновенная	Шахристанский район	39º 47' 42" с.ш. 68º 47' 47" в.д.
101.	Ель обыкновенная	Худжанд (около авторемзавод)	40º 16' 55" с.ш. 69º 38' 24" в.д.
102.	Ель обыкновенная	Худжанд (около парка Хурамшахр)	40º 18' 25" с.ш. 69º 36' 57" в.д.
103.	Тополь	Худжанд (около парка Хурамшахр)	40º 18' 24" с.ш. 69º 36' 52" в.д.
104.	Ель обыкновенная	Шахристанский район	39º 47' 54" с.ш. 68º 47' 38" в.д.

Авторы работ [29-53] исследовали некоторые аспекты биологических и химических свойств растений и деревьев. В работах [236, 237] были исследованы влияния радиационного фона, РН, ТМ и метеорологических параметров на межмолекулярное взаимодействие и механические свойства, то есть изменения физико-химических свойств функциональных групп природных соединений под воздействием внешних факторов. В том числе изучены колебание функциональных групп, МВ водородных связей биоматериала, вращательная

диффузия макромолекулы, время корреляции и частоты вращения [237-240], прочность, долговечность и др. В связи этим в данной работе образцы из составных частей растений, деревьев и пробы почв исследовались как конденсированная среда в качестве физического объекта.

2.2. Метод инфракрасной спектроскопии

Как известно, спектроскопия – это наука о взаимодействии электромагнитного излучения с веществом, дающая информацию о самом веществе, молекулах, составляющих вещество, о его свойстве, строении и межмолекулярном взаимодействии. В спектральных методах анализа используется способность атомов и молекул поглощать и испускать электромагнитное излучение [241].

Инфракрасная (ИК) спектроскопия является одним из разделов спектроскопии, который включает в себя получение и изучение ИК - спектров. ИК-спектроскопия занимается, главным образом, изучением молекулярных спектров испускания, поглощения и отражения, так как в ИК - области расположено большинство колебательных и вращательных спектров молекул. По спектрам вещество может быть идентифицировано, если его спектр известен. Поглощение веществом ИК - излучения специфично, то есть ИК-спектр является однозначной характеристикой вещества. Большинство колебательных переходов в молекулах органических и природных соединений реализуется в диапазоне длин волн от 2,5 до 25 мкм или волновых чисел от 4000 до 400 $см^{-1}$. Именно в этом диапазоне волновых чисел осуществляют регистрацию фундаментальных ИК - спектров этих ПРС [241, 242].

Спектры записывались в ИК - спектрометре «SPECORD-75 IR» и TJ 270-30A Infrared Spectrometer TJ, Фурье ИК - спектрометре IRAffinity-1.

Как сказано выше [72, 208, 241-243], «ИК спектрометр SPECORD-75IR относится к спектральным приборам средней дисперсии, который в определённой мере искажает истинное распределение энергии в спектре» [72, 241, 242]. Согласно этому, «для достижения хорошего экспериментального

результата запись спектра проводилась с минимальной скоростью, при узких щелях и при высокой чувствительности усилительно-регистрирующей системы. Разрешающая способность спектрометра при этих условиях – около 1-3 $см^{-1}$. В нашем случае спектральная ширина щели монохроматора составляла около 2-4 $см^{-1}$ и учитывалась автоматически в зависимости от ширины полос поглощения» [208, 243, 244].

В оптической системе спектрофотометра модели IRAffinity-1 используется интерферометр Майкельсона. Этот спектрометр автоматически вычисляет максимумы полос поглощения образцов и площадь отдельных частей спектра, которые облегчают интерпретацию спектров [244, 245].

Для снятия спектров образцов их перемешивают с растворителями $CHCI_4$ и CCI_4, или же измельчённый образец помещается в среду парафинового масла «nujol». При использовании этих методов нужно учитывать наличие полос растворителей и «nujol» в области валентных и деформационных колебаний метильно-метиленовых и карбоксильных групп, что затрудняет анализ спектра на этих участках [75, 76].

Другим методом является метод запрессовки исследуемого образца в твёрдой иммерсионной среде KBr [75, 76, 237, 238], и размельчают в агатовой ступке до получения однородного состояния и придерживает при температуре 40-50 °С в течение 4-5 часов в термокамере.

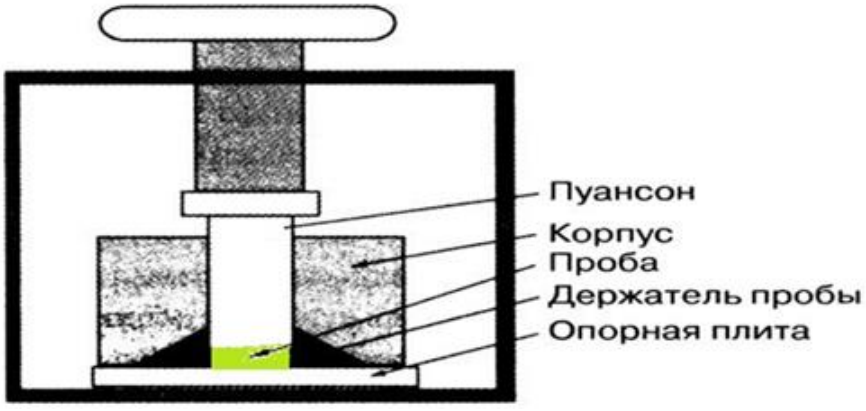


Рисунок 2.1 - Пресс-форма для прессования образца с KBr

Также исследуемый образец измельчают на агатовой ступке или вибромельнице и сушат при температуре 50-60 °С в течение 3-5 часов. От 6 до

10 мг пробы тщательно перемешиваются с 600 мг порошка KBr, потом прессуются в условиях вакуума в специальных пресс формах (рисунка 2.1).

При прессовании соблюдаются следующие условия: до подачи нагрузки производится откачка воздуха из пресс-формы в течение 2-3 мин., а давление 36-7 т/см^2 следует держать неизменным в течение 5-6 мин. Прежде чем снять давление, необходимо предварительно отсоединить пресс-форму от вакуумного насоса, а затем постепенно снимать нагрузку, чтобы избежать помутнения образца. Кроме того, желательно до начала использования пресс-формы порошок KBr прогреть в сушильном шкафу при температуре около 40 ^{o}C. Это предотвратит конденсацию влаги воздуха на их поверхности [75, 242].

2.3. Применение метода электронного парамагнитного резонанса для обнаружения свободных радикалов

Метод ЭПР применяется для определения концентрации парамагнитных атомов и молекул, которые имеют неспаренный электрон, и широко применяющийся для изучения свойств и структуры полимеров, биополимеров и биомолекул в природных растительных соединениях [113, 114, 124-127].

Согласно теории и экспериментальных выводов [113, 124-127, 246], «если в исследуемой системе имеются неспаренные электроны, то магнитные моменты некоторых электронов ориентируются по полю других против своего поля. Ориентированные электроны имеют магнитные моменты и соответственно свободную энергию» [124-127, 246], которая определяется следующей формулой:

$$\Delta E = g\beta H \qquad (2.1),$$

«где β – постоянная, называемая магнетоном Бора, и равная 9.27·10^{-24} Дж/Тл, а g–константа; у каждой системы имеется собственный g-фактор, для свободного электрона, он равен 2.0023» [124, 246]. «Согласно выражению (2.1), величина ΔE зависит от напряжённости внешнего магнитного поля. При величине H=3000 Гс, ΔE=4·10^{-5} эВ или 1кал/моль, что при комнатной температуре существенно меньше средней энергии теплового движения молекул» [126, 246].

«Величина ΔE может быть выражена и другим способом, а именно

$$\Delta E = h\nu \qquad (2.2),$$

где hν – величина электромагнитной энергии кванта, перерасходуемого для перехода электрона из одного энергетического состояния в другое» [246]. Из этих формул можно вывести следующее уравнение:

$$h\nu = g\beta H \qquad (2.3).$$

Согласно уравнениям (2.3), происходит резонансное условие, при этом частота и напряжённость взаимодействуют друг с другом и получается спектр поглощения.

$$\nu = \frac{g\beta H}{h} \qquad (2.4).$$

Согласно формуле (2.4), отношение (N_1) и (N_1) описывается распределением Больцмана:

$$\frac{N_2}{N_1} = exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) \qquad (2.5),$$

Из уравнения (2.4) следует, что при изменении частоты электромагнитного излучения ν при постоянстве напряжённости магнитного поля H, или при изменении H при постоянстве ν, получаются синглетные спектры (рисунок 2.2) [246].

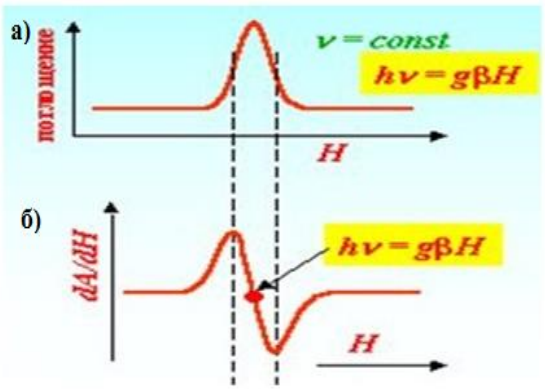


Рисунок 2.2 - Способы получения ЭПР-спектров поглощения (а) и первой производная (б)

Как сказано выше [98-100, 246], «на рисунке 2.2 приведены соотношения между двумя видами спектров, где показана одиночная линия, не имеющая тонкой структуры – (а), и соответствующая ей первая производная – (б)» [246].

Согласно этому [98-100, 246], «спектрометр ЭПР устроен таким образом, что напряжённость магнитного поля меняется вместе с горизонтальной осью, а потому можно установить любую величину напряжённости магнитного поля и проводить регистрацию спектра с этой точки. Ось поля прокалибрована в эрстедах или в А/м, а g-фактор считается безразмерной величиной, которая определяется из ЭПР-спектра» [98, 100, 246].

В работе применили радиоспектрометр РЭ-1306, [247] принципиальная блок-схема которого представлена на рисунке 2.3.

Согласно научных работ [98-100, 111, 246] «ЭПР-спектрометр работает на частоте около ν 9000 МГц, соответствующей длине волны в 3,2 см, а магнитная индукция равна 0,3 Тл. Электромагнитное излучение сверхвысокой частоты (СВЧ) от источника (1) по волноводам (2) поступает в объёмный резонатор (3), содержащий исследуемый образец и помещённый между полюсами электромагнита (4). В условиях резонанса СВЧ-излучение поглощается спиновой системой. Модулированное поглощением СВЧ-излучение по волноводу (2) поступает на детектор (6). После детектирования сигнал усиливается на усилителе (5) и подаётся на регистрирующее устройство (7)» [111, 246].

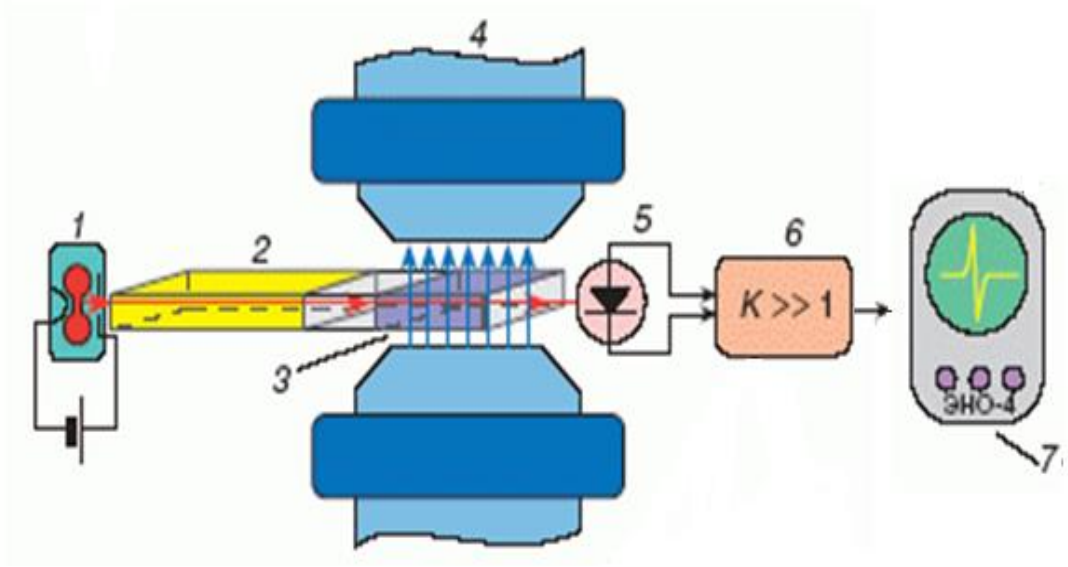


Рисунок 2.3 - Схема спектрометра электронного парамагнитного резонанса.1–источник микроволны, 2–волноводы, 3–объемный резонатор, 4–электромагнит, 5–усилитель, 6–детектор СВЧ излучения, 7–устройство для регистрации

Согласно этому [98-100, 111, 246], «в этих условиях регистрируется и интегральная линия поглощения ЭПР. Высокочастотную (ВЧ)-модуляция (обычно 100 кГц) и специальное фазочувствительное детектирование преобразуют сигнал ЭПР в первой производной кривой поглощения, в виде которой и происходит регистрация спектров ЭПР в большинстве серийных спектрометров» [111, 246].

Часть работы посвящена определению свободных радикалов или парамагнитных центров, метод обработки и подготовки образцов которых обусловлен в работах [117] согласно ГОСТ-стандарту [120].

Для подготовки образца его тщательно промывают обычной, затем дистиллированной водой, и эту процедуру повторяют два-три раза. Потом «выкладывают образцы на фильтровальную бумагу, чтобы удалить воду, затем сушат их в сублимационной сушилке или вакуумном сушильном шкафу 2 часа при температуре (40±5) ^{o}C» [120, с.3]. Сухой образец измельчают до порошкообразного состояния и приготовленный образец помещают на молибденовые ампулы диаметром 3 мм. Предварительно «ампулы промывают в дистиллированной воде и высушивают в сушильном шкафу при температуре от 90 ^{o}C до 100 ^{o}C в течение 2 – х часов, вынимая их из сушильного шкафа, выдерживают 1 час при комнатной температуре» [120, с.3]. Согласно методики ЭПР-спектроскопии, образцы регистрируют три раза при соблюдении условия записи.

Как другие исследователи в этом области [109-111, 239, 240, 246], «условие записи в нашем случае следующее: затухание СВЧ-мощности – 5 дб, амплитуда развёртки магнитного поля - 200 Э, скорость развёртки магнитного поля – 40 Э/мин, амплитуда ВЧ-модуляции - 0,3 Э, постоянное время - 0,3 с и частота ВЧ-модуляции - 100 Гц. Интенсивность сигнала образца сравнивалась с интенсивностью сигнала эталонной навески двухвалентного Mn^{+2} в окиси магния MgO по количеству парамагнитных центров» [120, с.4; 246, с.46].

2.4. Использование метода спиновых меток для исследования физических свойств природных растительных соединений

Метод спиновых меток является одним из физико-химических методов, основанных на анализе изменений интенсивности и ширины линий ЭПР-сигналов. Когда мы введём в матрицу молекулы нитроксильный радикал, он вызывает колебательно-поступательное и вращательное движения части молекулы или всей молекулы в целом [111, 124-128, 246].

Как сказано выше, «необходимо заметить, что метод ЭПР является не только удобным, но часто единственным способом познания протекания внутриклеточных процессов полимеров и биополимеров, в том числе природных растительных соединений» [111,246]. Кумулятивно спин-меченые функциональные группи ПРС дают информацию изнутри молекулы. Согласно, работы [111-115, 246], «применения метода ЭПР для изучения биополимеров и растений заключается в использовании искусственных и некоторых природных парамагнитных соединений. Эти соединения вводят в исследуемую систему в качестве молекулярных зондов (спиновых меток). Наблюдая за сигналами парамагнитных спиновых меток, можно проследить за структурными перестройками биополимеров, макромолекулярных комплексов, молекулярной подвижности различных физико-химических и биологических систем, а также других надмолекулярных структур клетки образцов растительного происхождения» [246, 124-128,].

Согласно этому, на основе стабильных нитроксильных радикалов (НР), метод спиновых меток нашло широкое применения [111, 124-128, 246]. «Во многих свободных радикалах неспаренный электрон находится на орбите, охватывающей несколько атомов. Если хотя бы один из атомов имеет ядерный магнитный момент, то при взаимодействии между ядерным и электронным спинами энергетический уровень неспаренного электрона дополнительно расщепляется, и в спектре ЭПР возникает сверхтонкая структура (СТС). Электроноядерное взаимодействие, которое вызывает расщепление одного

электронного уровня на несколько подуровней, называется сверхтонким взаимодействием, а соответствующее расщепление спектральных линий– сверхтонким расщеплением» [124-126, 246].

Согласно спектров электронного парамагнитного резонанса спин-меченых молекул можно определить время корреляции их вращательного движения в диапазоне от микросекунд до пикосекунд. Как сказано в работах [10, 111, 124-128, 246] «при этом оказывается возможным обнаруживать и характеризовать случаи, когда вращение зонда является анизотропным, т. е. когда частоты вращения вокруг различных осей различаются. В зависимости от природы связи метки с исходной молекулой, геометрии окружения и других причин парамагнитная группа может быть жёстко закреплена (СТС будет анизотропной), движение этой группы может быть заторможенным или свободным. Очевидно, характер движения отчётливо проявляется в форме спектра и служит важным источником информации об исходном состоянии молекуле. Кроме того, различным фрагментам одной молекулы могут быть прикреплены сразу две метки. Это даёт возможность определить расстояние между фрагментами, их взаимную ориентацию и её изменения в различных условиях. Этот метод широко используется для изучения природы и поведения парамагнитных центров в твёрдой фазе» [124-128, 246].

С применением метода ЭПР-спектроскопии с использованием метода спиновых меток можно выявить радиационно-химические, а также фотохимические, биофизические и др. процессы, в образцах растительного происхождения.

В связи этим, «Важная информация может быть получена в результате анализа формы линии. Эта информация не ограничивается случаями, приведёнными выше при описании методов спинового зонда и спиновой метки. Так, например, по эффектам диполь-дипольного уширения и обменного сужения можно судить о том, является ли пространственное распределение парамагнитных центров статистически однородным или они сгруппированы в более плотные «сгустки» в определённых областях образца. Решение этих

вопросов, а также оценка среднего расстояния между парамагнитными центрами важны для понимания кинетических особенностей радиационных и фотохимических процессов в твёрдой фазе, явлений адсорбции» [246, 111]. Применения метода спиноовых меток для исследования молекулярной структуры биоматериалов даёт более точную информацию о влиянии внешних факторов на СТС и свойств ПРС.

Согласно работ [5, 10, 111, 129, 130, 240, 246], метод ЭПР-спектроскопии даёт возможность анализировать форму и вид ЭПР-спектра, исходя из влияния локального окружения на подвижность введённого НР рисунок 2.4. а.

При повышении вязкости (например, в глицерине) вращение радикала замедляется и линии ЭПР уширяются (рисунок 2.4 б.).

Анализируя эти уширения, можно вычислить частоту вращения радикала или обратной величины времени корреляции τ и периодов вращения. Они связаны с коэффициентом вращательной диффузии $D_{вр}$ соотношением

$$\tau = \frac{1}{Dвр} \qquad (2.6)$$

Величина τ связана с микровязкостью исследуемой системы соотношением Стокса-Эйнштейна.

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{3кТ}, \qquad (2.7)$$

где η–вязкость растворителя, а–эффективный гидродинамический радиус спин-меченной макромолекулы, k–постоянная Больцмана, Т–температура.

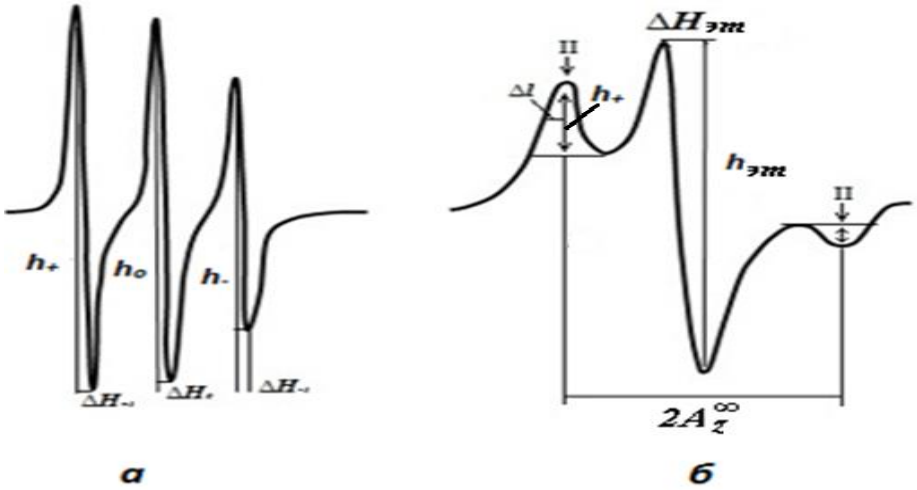


Рисунок 2.4 - Спектры свободного нитроксильного радикала: *а* - в спиртовом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М/л; *б* - эталон 50%-го водно-глицеринового раствора при 77 К

Отсюда спиновые метки, присоединённые к макромолекуле вещества, играют роль датчика информации о молекулярной структуре и динамике в полимерах и биополимерах [124-127].

Как указано в работах [111, 124-127, 246, 247] количество НР, «присоединившихся к образцу, определяли путем сравнения спектра ЭПР меченого образца со спектром эталонного водно-глицеринового раствора при температуре 77 К, используя формулу

$$R_{обр} = R_{эт} \frac{h_{обр}}{h_{эт}} \frac{(\Delta H_{обр})^2}{(\Delta H_{эт})^2}, \qquad (2.8)$$

где $R_{эт}$, $R_{обр}$ – концентрации спин-меток в эталоне и образце соответственно; $h_{эт}$, $h_{обр}$ –амплитуда центрального компонента спектра ЭПР-эталона и образца соответственно; $\Delta H_{обр}$, $\Delta H_{эт}$–ширина центральной компоненты спектра ЭПР эталона и образца соответственно» [111, 124-127].

Время корреляции вращения радикалов в интервале $5 \cdot 10^{-11} < \tau < 1 \cdot 10^{-9}$ с (быстрые вращения) можно определить из соотношения (2.9) [99].

$$\tau = 6.65 \Delta H_{+} (\sqrt{I_{+}/I_{-}} - 1)\ 10^{-10}\ \text{с}, \qquad (2.9)$$

где ΔH_{+} – ширина компоненты спектра в низком поле в Гауссах; I_{+}, I_{-} – интенсивности компоненты спектра в низких и высоких полях соответственно. Также в области быстрых вращений время корреляции можно определить по следующим формулам (2.10-2.12) [125-127]:

$$\nu_{(+1)} = \frac{1}{\tau_{c(+1)}} = \frac{2 \cdot 10^8}{\left(\sqrt{\frac{h_0}{h_{+1}}} - 1\right) \Delta H_0} c^{-1}, \qquad (2.10)$$

$$\nu_{(-1)} = \frac{1}{\tau_{c(-1)}} = \frac{3{,}6 \cdot 10^9}{\left(\sqrt{\frac{h_0}{h_{-1}}} - 1\right) \Delta H_0} c^{-1}, \qquad (2.11)$$

$$\nu_{(\pm)} = \frac{1}{\tau_{c(\pm)}} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{10}}{\left(\sqrt{\frac{h_{+1}}{h_{-1}}} - 1\right) \Delta H_{+1}} c^{-1}, \qquad (2.12)$$

где ΔH_0 и ΔH_{+1} – «ширина центральной и низкопольной компоненты спектра ЭПР в гауссах соответственно; h_0, h_{+1}, h_{-1} – амплитуды центральной, низкопольной и высокопольной компоненты спектра с моментом M = 0, +1 и –1 соответственно; ν = 1/τ – величина условно называемая «частотой вращения» радикала; τ_c – время корреляции вращательной диффузии радикала» [247, с.36].

В области медленных движений ($1\cdot10^{-9} \leq \tau \leq 1\cdot10^{-7}$с) времена корреляции определяются несколькими способами;

а). С использованием параметра χ:

$$\chi = \frac{H(\tau) - H(\tau \to 0)}{H(\tau \to \infty) - H(\tau \to 0)} \qquad (2.13)$$

В этой формуле $H_+(\tau)$ – значение напряжённости поля, соответствующее максимуму компоненты спектра в слабом или низком поле; $H_+(\tau \to 0)$ и $H_+(\tau \to \infty)$– значения напряжённости поля, соответствующие максимумам этой же компоненты в условиях предельно быстрого и предельно медленного вращения НР [127].

б). Также время корреляции определяли согласно формуле (2.14):

$$\tau_c = 8\cdot10^{-10}\left(1 - \frac{2A_{zz}}{2A_{zz}^{\infty}}\right)^{-1,16} c, \qquad (2.14)$$

«где $2A_{zz}$ –расстояние между внешними экстремумами спектра ЭПР образца в заданной температуре опыта; $2A_{zz}^{\infty}$ –расстояние между внешними экстремумами спектра ЭПР 50%-го водно-глицеринового раствора при температуре 77 К» (рисунок 2.3) [111, 125, 247].

Эффективную энергию и энтропию определяются согласно формулы Аррениуса [125-127, 248, 249]:

$$\nu = \frac{\kappa T}{h} \exp \frac{\Delta S_{эфф}^{\pm}}{R} \exp - \frac{\Delta H_{эфф}^{\pm}}{RT} \qquad (2.15)$$

Для приготовление образцов использовали методы работ [10, 111, 129-130, 246-249], при этом «исследуемые образцы химически модифицировали по гидроксильным группам спиновой метки (I) следующим образом: навески

образца по 30 мг помещали в 0.9 мл раствора в фосфатный буфер (pH=9-10) с добавлением 0.1 мл этанолового раствора спиновой метки (I) с концентрацией (10^{-2} моль/л), после чего концентрация радикала (I) в инкубационной среде достигала $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Смесь выдерживали в течение пяти суток при комнатной температуре, затем нагревали два часа при 333-343 К. Модифицированные образцы отмывали от непрореагировавшего радикала в следующей последовательности: вода-этанол, вода до получения неизменного сигнала ЭПР. После многократного промывания образцы сушили при комнатной температуре. ЭПР-спектры записывались при условии, приведённом в параграфе 2.3. Согласно этому, по форме спектра регистрируемого сигнала можно определит время корреляции вращательных движений радикала в диапазоне $5 \cdot 10^{-11}$-10^{-7}с и другие динамические параметры» [111, 120, 246, 248].

2.5. Динамические параметры функциональных групп природных соединений

Изучению влияния структуры микроокружения на вращательную подвижность спин-меченных полимерах и биополимерах, посвящено много работ [124-127, 143, 248, 249]. «Для количественного описания результатов подвижность спин-меток пользуются следующими параметрами: (τ_c) - временем корреляции вращательной диффузии; ($\nu = 1/\tau$) - частотой вращения радикала; ($E_{эфф}$) - эффективной энергией активации и ($S_{эфф}$) - энтропией активации, определяемой уравнением температурной зависимости (2.15)» [143, 249].

В ряде работ [248, 249] температурная зависимость частоты вращения радикала даётся в виде

$$\nu = \nu_0 e^{-\frac{E_{эфф}}{RT}}, \qquad (2.16)$$

где ν–частота вращения радикала, ν_0–частота вращательных колебаний радикала вокруг положения равновесия, $E_{эфф}$–эффективная энергия активации вращения радикала, R–молярная газовая постоянная, Т–температура (К).

Уравнение (2.16) можно написать в следующем виде:

$$\nu = \nu_0 10^{lge \cdot (-\frac{E_{эфф}}{RT})}.$$

Логарифмируя обе стороны этого уравнения, получаем

$$\lg \nu = \lg \nu_0 - \left(\frac{Eэфф}{R} \cdot \lg e \right) \cdot \left(\frac{1}{T} \right). \qquad (2.17)$$

Очевидно, что это уравнение правильно описывает экспериментальную зависимость логарифма частоты вращения радикала от температуры.

На основе выражения (2.17) можно найти систему уравнений (2.18) для определения эффективной энергии активации и логарифм частоты вращения радикала:

$$\left.\begin{aligned} \lg \nu_1 &= \lg \nu_0 - \left(\frac{Eэфф}{R} \cdot \lg e \right) \cdot \left(\frac{1}{T} \right)_1 \\ \lg \nu_2 &= \lg \nu_0 - \left(\frac{Eэфф}{R} \cdot \lg e \right) \cdot \left(\frac{1}{T} \right)_2 \end{aligned}\right\}, \qquad (2.18)$$

где $\lg\nu_1$, $\lg\nu_2$ и $(1/T)_1$, $(1/T)_2$- соответственно два произвольных значения логарифма частоты вращения радикала и обратной температуры.

Пользуясь этой системой линейных уравнений, мы оценивали значения энергии активации вращения НР ($E_{эфф}$), частоты вращательных колебаний радикала вокруг положения равновесия (ν_0) для молекул репейника в зависимости от поглощённой дозы радиации.

Таким образом, имеются реальные предпосылки для количественной оценки эффективной энергии активации и локальной подвижности молекул растений методом спиновых меток.

2.6. Метод рентгенфлуоресцентного анализа природных растительных соединений и почв

Как известно, метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) – это неразрушающий метод элементного анализа, основанный на взаимодействии рентгеновского излучения с веществом, в результате чего атомы начинают испускать вторичное, то есть флуоресцентное рентгеновское излучение. Анализируя энергию и интенсивность этого вторичного излучения, можно определить, какие элементы присутствуют в образце и в каком количестве.

Согласно [164, 250-252], применение метода РФА стало повсеместным для определения степени загрязнения атмосферы и почвы мхов, лишайников и различных видов ПРС.

«Для элементного анализа дисперсных систем достаточно часто используют метод РФА. Однако чувствительность его обычно ниже чем у других спектральных методов. Подготовка образцов почвы к анализу почти одинакова для всех методов» [164, с.29]. Из-за простоты измерения РФА широко используется в физике, биофизике, экологии, геологии и других естественнонаучных направлениях «Поведения тяжелых металлов в почве зависит от состава соединений в почве, физико-химических свойств почвы, метеорологических и климатических характеристик почвы. В связи этим миграция ТМ в почвах происходит по разным механизмам: диффузия в растворе, конвективный перенос или двойной диффузионный слой. Среди них конвективный перенос играет доминирующую роль» [164, с.29].

Изменения содержания Br, Ca, Cи, K, Mn, Pb, Rb, Sr, Zn в 10 и более раз приписываются видовым вариациям и влиянию условий в месте произрастания [163]. «Создании методические обеспечения на базе РФА, которое включает следующие рентгенофлуоресцентные методики: методику экспрессного определения As в отходах переработки руд и почвах; экспрессную недеструктивную методику определения As в растениях; деструктивную методику определения As в растениях; методику определения Sr, As, Ni иFe в гумусовых кислотах почвы» [163, с.6].

Исследование окаменелой древесины проведено с помощью синхротронного РФА [253-255]. В области экомониторинга загрязнённости дисперсионной системы почвы и растительных материалов можно применять результаты РФА.

Поэтому прямой метод РФА пробы почв и растительного материала очень удобен и экономичен для прогноза и контроля загрязнения почв и ПРС от техногенных факторов. Методом РФА решаются различные задачи в сфере

контроля загрязнения почв и ПРС а также экологического мониторинга окружающей среды [256-259].

«Предложена теоретическая зависимость отношения интенсивностей рентгенофлуоресцентных линий химических элементов от отношения их содержаний в пробе. Рассмотрено влияние разных экспериментальных факторов на параметры полученной модели. Описан способ количественного рентгенофлуоресцентного анализа многоэлементных объектов без использования образцов сравнения с помощью, предложенной «градуировочной» зависимости. Адекватность и аналитические преимущества развитого подхода продемонстрированы при определении элементного состава образца металлического сплава сложной формы» [258, с.10].

«Кроме того, фундаментальные физические параметры взаимодействия рентгеновского излучения, фото- и оже-электронов с атомами наиболее легких элементов известны с недостаточной точностью, что существенно осложняет возможность их корректного определения способом фундаментальных параметров. Использование отношения интенсивностей РФ-линий в качестве градуировочной характеристики может в значительной степени нивелировать влияние перечисленных выше факторов на результаты количественного рентгенофлуоресцентного анализа и повысить правильность» [258, с.13].

Подготовка образцов почвы к анализу подробно обсуждаются в работах [260-266].

«Все образцы должны устанавливаться в спектрометр только в специальных обоймах и кюветах, входящих в комплект прибора. Запрещается использовать обоймы и кюветы, не соответствующие штатным по типу и габаритным размером, а также помещать в пробозагрузочное устройство образцы без кювет и обойм. Проба насыпается в кювету порошковую до краев, прессуется и накрывается лавсановой пленкой, которую прижимают прижимным кольцом к кювете. Далее, используя переходник, кювету устанавливают в обойму» [265, с.10].

В работе [267] «рассматриваются способы анализа растительных материалов при недостаточном количестве стандартных образцов. Предлагаются способы добавок и внешнего стандарта для анализа растительных материалов рентгенофлуоресцентным методом. Оценивается погрешность внесения добавки в виде комплексного раствора ионов металлов. Предлагается способ линеаризации градуировочного уравнения для способа внешнего стандарта» [267, с.82].

Как сказано выше [163, 164], в работах отмечено, что «глобальная антропогенная трансформация природных экосистем сопровождается негативными воздействиями. Освоение минеральных ресурсов стало одним из ведущих факторов развития Цетральной-Азиатского региона, при этом предприятия горного и промышленного профиля значительно влияют на экологическую обстановку. Большая группа загрязняющих веществ относится к ТМ значительно распространены в объектах ОС» [164, с.17].

В зависимости от вреда, наносимого живым организмам, тяжёлые металлы разделяются на три основные группы: вредные металлы – первый класс опасности, к ним относятся - натрий, кальций, кобальт, цинк, никель, калий, манган, селен, молибден, а также все радиоактивные металлы.; второй класс опасности – алюминий, медь, титан, серебро, кадмий, ртуть, германий, мышьяк и другие; третий класс – металлы которые мало влияют на микроорганизмы; сюда относятся – ванадий, барий, марганец, стронций и вольфрам [164].

Поэтому для ПРС статистически гомогенным является тонко измельчённый до 10-74 мкм или до 100 мкм и тщательно перемешанный порошок [268-270].

Погрешность результатов любого относительного метода, в том числе и РФА, среди прочих факторов определяется «количеством стандартных образцов состава, используемых для градуировки методик, их адекватностью анализируемым материалам, качеством аттестационных характеристик, а также их согласованностью и совместимостью [163].

Элементный состав растений исследовали методом РФА, что даёт возможность одновременного определения в образце макро- и микроэлементов, обладает высокой воспроизводимостью измерений, экспрессностью. Одним из основных преимуществ метода является недеструктивная пробоподготовка – отсутствие стадии разрушения исследуемого материала химическими реактивами или действием высокой температуры. Вследствие этого, время, затрачиваемое на приготовление образцов, и величины погрешностей в РФА много меньше, чем в других аналитических методах. В связи с этим для определения ТМ в составе пробы почвы и ПРС в работе применён метод РФА.

2.7. Применение метода гамма - радиометрического анализа

Известно, что одним из основных аккумуляторов загрязнения окружающей среды РН или изотопов считается дисперсионная система почвы. При этом РН присоединившихся к воде или растениям, долго в них не содержится, однако, почва сохраняет его годами, иногда до времени полураспада РН или изотопов.

Метод гамма - спектрометрии с применением полупроводниковых детекторов является основным при определении естественных и искусственных гамма-излучающих радионуклидов, и изотопов в различных объектах, как образцов растительного происхождения и пробы почвы. В диссертационных работах исследовалась концентрация радиоактивных изотопов и радионуклидов в образцах, собранных Северного Таджикистана. Экспериментальные работы проводились согласно работам [208-210, 273, 274]. В работе исследовалось количества РН в образцах растений и почв Северного Таджикистана. «Гамма – радиметрический метод, проводился с помощью детектора GGX-1020, относительной эффективностью в 10%, произведённого фирмой «Канберра», США. Детектор обладает хорошим энергетическим разрешением» [208, с.36].

Определение концентрации изотопов ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{228}Ac, ^{234}Th, ^{226}Ra, ^{212}Pb, ^{210}Pb и ^{137}Cs в образцах растительного происхождения и пробы почв даёт возможность установить влияние радионуклидов на молекулярную динамику,

межмолекулярное взаимодействие и механические свойства природных соединений [208, 273].

Во время отбора пробы почв и растительных материалов одновременно определялись геоточки места сбора, далее, согласно методики, в спектрометре «Спектроскан Макс-G» проводили рентгенофлуоресцентный анализ образцов. Образцы очищали от сопутствующих веществ, измельчали диаметр до одного миллиметра и хранили в стеклянной посуде при комнатной температуре.

Согласно экспериментальных работ «измерения проводились в свинцовом четырёхугольном сосуде, толщина стенок которого составляла 5 см, внутренняя сторона была облицована слоем кадмия (2 мм). Перед каждым сеансом измерения внутренняя поверхность сосуда дезактивировалась. При измерении пробу помещали в кюветку (сосуд Маринелли), которую, в свою очередь, помещали в свинцовый домик. Время измерения образцов выбрано до предела 6 часов, а время измерения фона 24 часам» [208, с.36].

Гамма-радиометрический прибор «Canberra» с детектором GGX-2010 имеет необходимые возможности для определения изотопов уранового ряда по пяти, а ториевого ряда – по семи гамма-линиям. Точность удельной активности прибора для определения ториевого ряда – до 65 процентов для остальных изотопов – до 88 процентов. При этом предел обнаружения изотопов или РН – около 0,1 ppm, что обеспечивает надёжную информацию о содержании различных изотопов или радионуклидов в системе почв и образцов растительного происхождения [208-210, 274].

Как известно «гамма спектрометр состоит из детектора (ОЧГ), цифрового анализатора спектра DSA-1000, состоящего из усилителя и формирователя сигнала, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), блоков низкого и высокого напряжения и ПК-Genie-2000» [208, с.37]. Использованный метод применяется для выяснения содержания естественных и искусственных РН и изотопов в пробах почвы, ПРС и др.

2.8. Методы определения разрывной прочности и долговечности природных соединений

Биоматериалы относятся к категории частично ориентированных структур, обладающих анизотропными свойствами. Данная особенность обусловливает существенно более высокую степень их деформируемости по сравнению с кристаллическими структурами и металлическими системами. Исследование подобных объектов требует применения специализированного оборудования и методических подходов, адаптированных к специфике их механического поведения.

Первоначальные экспериментальные методики оценки механической прочности базировались на режиме одноосного статического нагружения. Однако данный подход при работе с высокодеформируемыми материалами приводит к существенным изменениям геометрии поперечного сечения испытуемых образцов, что влечет за собой значительную вариативность получаемых значений разрывных характеристик и их отклонение от действительных параметров прочности.

Традиционная методика определения разрывной прочности основывается на экспериментах при простейшей схеме напряженного состояния – одноосном растяжении. В процессе такого испытания наблюдается корреляция между увеличением длины образца, уменьшением его поперечного сечения и возрастанием приложенной нагрузки. Указанные обстоятельства обусловливают расхождение экспериментальных данных с истинными значениями исследуемых характеристик. Несмотря на это, на основе подобных результатов был сформулирован ряд заключений относительно прочностных и деформационных свойств материалов. При этом критерием разрушения принимается величина нагрузки, соответствующая моменту наступления разрыва образца.

В практике экспериментальных исследований наибольшее распространение получила методология определения разрывной прочности с использованием разрывных машин, обеспечивающих постоянную скорость деформирования посредством задания фиксированной скорости перемещения

подвижного захвата при неподвижности второго. В рамках данной методики прочность при разрыве идентифицируется как максимальное напряжение, которое способен воспринимать образец в ходе растяжения до момента его разрушения.

В соответствии с кинетической теорией прочности разрушение интерпретируется как динамический процесс, протекающий во времени и связанный с накоплением структурных дефектов. Характеризация данного временного процесса посредством какого-либо критического напряжения представляется некорректной, поскольку до момента разрушения материал сохраняет целостность в течение различных временных интервалов. Деформирование материала сопровождается прогрессирующим накоплением повреждений, что позволяет описывать процесс разрушения через скорость накопления дефектов либо через временной интервал от начала нагружения до полного распада структуры. Временной промежуток от момента приложения нагрузки до разделения тела на фрагменты определяется как долговечность, обозначаемая символом τ и измеряемая в секундах. Экспериментальное определение долговечности осуществляется при нагружении образцов с применением специализированного испытательного оборудования, устройство и функционирование которого детально рассматривается далее.

Получение достоверных прочностных характеристик исследуемых материалов требует учета таких факторов, как значительные деформации и выраженные изменения поперечного сечения образцов.

Для реализации данной задачи применяются поплавковые и рычажные механизмы, обеспечивающие постоянство действующего напряжения на протяжении всего эксперимента. При увеличении удлинения образца происходит соответствующее уменьшение эффективной длины плеча рычага, что приводит к пропорциональному снижению нагрузки на испытуемый образец [231, 232, 276, 277].

В исследованиях полимерных и кристаллических систем находит применение оборудование, компенсирующее взаимосвязь между изменением

длины рычага и величиной нагрузки на образце. На рисунке 2.5. изображен схематический протип данного прибора.

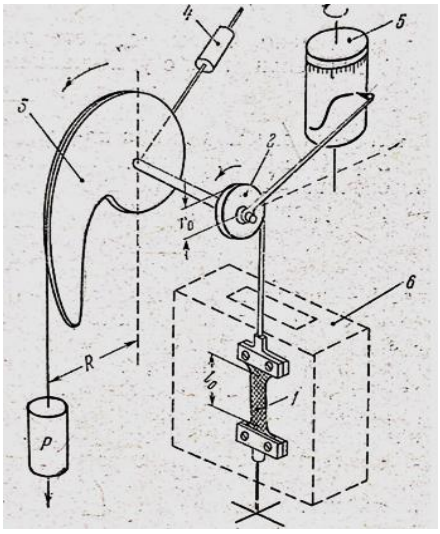


Рисунок 2.5 - Схема устройства для измерения просности и долговечности

Описываемое испытательное оборудование обеспечивает возможность проведения механических испытаний металлических, кристаллических и полимерных систем, характеризующихся широким диапазоном значений долговечности – от минимальных до максимальных. Регистрация незначительных деформационных изменений реализуется посредством дополнительных электрических измерительных устройств.

Испытуемый образец фиксируется в зажимных механизмах прибора и через гибкую передаточную систему соединяется с блоком 2. Блок 2 с постоянным радиусом r_0 имеет неподвижное исполнение и установлен на общем валу совместно с фигурным рычагом 3 посредством жесткого соединения. Геометрический параметр радиуса блока 2 остается неизменным в течение всего цикла испытания. Расстояние от оси вращения вала до точки приложения силы R (рисунок 2.5) претерпевает изменения, обусловленные профилированием фигурного рычага и деформационными процессами в испытываемом образца 1.

Сила, действующая на образец, определяется согласно формуле:

$$F = P \frac{R}{r_0} \qquad (2.19),$$

где R – расстояние между осью вала и точкой приложения силы по профилю фигурного рычага, r_0- радиус блока 2, P – внешняя приложенная сила, F – истинная сила, действующая на образец. Напряжение на образеце определяется по формуле:

$$\sigma=\frac{F}{S} \qquad (2.20)$$

Согласно формуле F= P $\frac{R}{r_0}$ истинная сила, действующая на образец F будет в $\frac{R}{r_0}$ раз больше чем приложенная сила P. Так как R в зависимости от степени деформации изменяется, уменьшаются истинная сила, действующая на образец.

Однако в результате деформации образца уменьшаются и поперечные сечения исследуемого образца. Наблюдаемые изменения поперечное сечения образца определяется по формуле:

$$S=S_0 \frac{1}{1+\varepsilon} \qquad (2.21)$$

В формуле S-текущее значение поперечного сечения после учета деформации образца, S_0 – начальное сечение образца до деформирования, ε – относительное удлинения образца.

С учетом изменения силы и поперечного сечения образца истинное значения напряжения на образце определяется по формуле:

$$\sigma=\frac{F}{S}=\frac{F}{S_0}(1+\varepsilon) \qquad (2.22)$$

Не стоит забывать, что F значение силы на образце с учетом $\frac{R}{r_0}$.

Для произведения расчета профиля рычага нам необходимо учесть изменения величины силы по мере удлинения образца:

$$F(\varepsilon) = \frac{F_0}{1+\varepsilon} \qquad (2.23)$$

Из отношение $\frac{R}{R_0} = \frac{1}{1+\varepsilon}$. при выполнении этого условия σ на образце остается постоянной σ=const. В формуле R_0 - начальная длина плеча, когда прибор находится на стопоре.

В работе [231, 232, 275] произведен расчет профиля рычага с учетом изменения $\frac{R}{R_0} = \frac{1}{1+\varepsilon}$ в полярных координатах:

$$\rho = \frac{R_0}{1+\varepsilon}\sqrt{1+\left(\frac{r_0}{\ell_0(1+\varepsilon)}\right)^2} \qquad (2.24)$$

где ℓ_0 – длина однородной части образца, начальная длина.

Экспериментатор должен выбрать прибор, удовлетворяющий параметры образцов. Если $\varepsilon \ll 1$ то радиус r_0 следует взять равный длине образца ℓ_0. Если деформации велики $\varepsilon \approx 2 \div 10$ в случае с сильно деформируемым материалом то параметр $\frac{r_0}{\ell_0}$ должен быть больше $2 \div 3$. Если прибор поворачивается на 270^0 это свидетельствует о том, что данным прибором возможно обхватить полный оборот, т.е. минимальное расстояние от точки приложения силы до оси вала. Для обеспечения необходимой точности отношение $\frac{R_0}{r_0}$ должно быть в переделах от 5 до 10. После изготовления прибора его необходимо тщательно сбалансировать при помощи дополнительного блока, соосно соединенного с фигурным рычагом. При этом верхний зажим и образец, должны быть прикреплены к фигурному рычагу. На дополнительный блок соединяют грузики противовесы до такого состояния, когда фигурный рычаг и вся система не приобретет равновесного состояния в результате вращения вокруг вала до 270^0. Для обеспечения необходимой точности измерения размеры фигурного рычага берем достаточно большими, как было отмечено в ходе изложения.

Таблица 2.2 - Результаты экспериментальных расчётов

№ п/п	Р, Г.	P^1,Г.	У	/Δу/	ε%
1.	20	137	6,85	0, 0016	0,107%
2.	25	171,575	6, 863	0,019	
3.	30	205,2	6, 84	0, 0084	
4.	35	239,47	6, 842	0,0064	
5.	40	273,88	6, 847	0, 0014	
Ср. арифметическое значение=			6,8484	0,00736	

$$\bar{y} = \frac{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}{n} = \frac{6,85+6,863+6,84+6,842+6,847}{5} = 6,8484.$$

$$\varepsilon = \frac{\overline{/\Delta y/}}{\bar{y}} = \frac{0,00736}{6,8484} = 0,00107.\ \varepsilon = 0,107\%$$

Дополнительные усилия, кратность усиления внешней нагрузки на испытуемый образец определяется по отношении $\frac{R}{r_0}$, где R- расстояние от оси вала до точки касательно действующая внешней силы по профилю фигурного рычага, r_0- радиус соосно соединенного блока с фигурным рычагом. Если расстояние между касательно действующей силой на фигурный рычаг и валом равно 140 мм и радиус соосно соединенного блока на вал 22 мм то сила действующая на образец F=$\frac{140}{22}$=6,869 в 6,869 раз будут больше чем сила приложенная на профиль фигурного рычага.

Для проверки экспериментального усиления разрывной машины, необходимо после получения равновесия прибора на крючок нити профильного рычага подвесить некоторый грузик. Затем в место образца поставим разновески различной величины до получения равновесия между гирями. Разделив массу грузика подвешенного в месте образца на массу грузика, подвешенного на конце профильного рычага определим коэффициент усиления прибора. В таблице приведены результаты измерения.

Таким образом, выяснилось, что среднее значение усиления прибора равно 6,8484 или 6,85. Полученный результат означает, что если на конце профильного рычага подвешен груз массой 20 грамм, то на образце величина нагрузки в 6,85 раз будет больше чем на конце профильного рычага, т.е. она будет равна 137 г или $137 \cdot 10^{-3}$ кг.

Для определения напряжения на образце величину этой силы необходимо разделить на поперечное сечение образца. Напряжение на образце определяется по формуле $\sigma = \frac{F}{S}$. Единица измерения напряжения $\frac{\text{КГ}}{\text{мм}^2}$ или $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ = Па. 1кг = 9,81 Н поэтому 1 $\frac{\text{КГ}}{\text{мм}^2}$ = 9,81 $\frac{\text{Н}}{10^{-6}\text{м}^2}$ =$10 \cdot 10^6$ Па =10 МПа.

Данное испытательное оборудование позволяет исследовать долговечность материалов в условиях поддержания постоянной нагрузки на образец. Помимо определения долговечности, прибор обеспечивает возможность регистрации деформационных процессов и построения кривых ползучести исследуемых материалов на барабанном регистраторе 5. Для фиксации кривой ползучести

требуется обеспечение вращения барабана, которое осуществляется посредством часового механизма, интегрированного в конструкцию барабана, либо через дополнительный редукторный узел. Барабанный регистратор и редукторная система применяются для получения записи деформации и кривой ползучести в масштабированном виде. Регистрация осуществляется с использованием указательной стрелки, зафиксированной на валу фигурного рычага и оснащенной пишущим элементом на концевой части. Проведение экспериментов по ползучести с применением установки, в которой образец подвергается разрушению, обеспечивает наглядную интерпретацию процесса в контексте кинетической теории. Долговечность может рассматриваться в качестве фундаментальной характеристики механического разрушения [230-232].

Для оценки прочностных характеристик материалов в рамках кинетической концепции необходимо располагать информацией о зависимости долговечности образцов от условий разрушения, в первую очередь от величины приложенного напряжения σ и температуры испытания T [276-278].

Получение комплексных экспериментальных данных о зависимости долговечности τ от напряжения и температуры создает возможность достоверной характеризации прочностных свойств изучаемых материалов, а также позволяет формулировать заключения относительно механизмов разрушения хрупких, пластичных и твердых тел. Экспериментальные результаты, отражающие зависимость долговечности материалов τ от напряжения σ и температуры T, а также анализ данных этих исследований формируют феноменологический базис кинетической концепции разрушения твердотельных систем различной природы [276-278]. Непосредственные экспериментальные данные были получены с использованием разрывной машины. Обеспечение неизменности нагрузки на исследуемом образце в процессе проведения эксперимента позволило получить результаты, соответствующие истинным значениям прочностных характеристик материалов. Для характеризации прочностных свойств материалов в контексте кинетической

концепции необходимо обладать сведениями о зависимости долговечности образцов от условий разрушения, главным образом от величины действующего напряжения σ и температуры испытания Т. Полученный массив экспериментальных данных о зависимости долговечности τ от напряжения и температуры характеризует прочностные свойства исследуемых материалов и предоставляет основу для формулирования выводов о природе разрушения хрупких, пластичных и твердых тел.

Заключение по второй главе

Таким образом, на основании анализа литературных источников относительно использования современных методов исследования, как ИК- ЭПР-спектроскопия и метод спиновых меток, рентгенофлуоресцентный и изотопный анализ, а также механических испытаний, можно заключить, что эти методы достаточно широко применяются для изучения физико-химических и механических вопросов структуры и свойства полимеров и биоматериалов, в том числе, ПРС. Результаты применения методов ИК и ЭПР- спектроскопии и спиновых меток, механические испытания с целью исследования структуры и свойств ПРС отражены в ряде работ [238-240, 278, 279]. Однако, в этом направлении неизученными остаются ещё много вопросов. Так, судя по литературе, систематически не исследованными остаются вопросы влияния техногенных (антропогенных) факторов на структурные особенности функциональных групп ПРС, влияние указанных факторов, как РФ, концентрация ТМ, РН, метеорологические параметры на межмолекулярное взаимодействие, эффективную энергию активации, механические свойства и др. Неизученными остаются влияния внешних факторов на конформацию макромолекул, молекулярную динамику, время корреляции подвижности спин-меченых молекул, частоту вращения, оптическую плотность, интегральную интенсивность. Кроме того, совершенно не исследована и не сопоставлена связь между физико-механическими свойствами ПРС со структурными параметрами растений, которые росли в неблагоприятных экологических условиях.

Изменится ли активационная энергия и энтропия вращательной подвижности макромолекулы под действием техногенных факторов, пока неясно, поскольку этот случай также систематически не исследовался. Комплексно не исследовано переход ТМ и РН из почв в составные части растений и их влияние на меж- и внутримолекулярные водородные связи и физико-механические свойства ПРС. В связи с этим нам представлялось интересным и важным комплексно-систематически исследовать указанные вопросы относительно влияния внешних и техногенных факторов на структуру и свойства ПРС методами спектроскопии, спиновых меток и механическим методом.

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ФОНА НА КОЛЕБАНИЯ И МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1. Влияние уровня радиационного фона места произрастания на спектральные характеристики природных соединений

Сведения, получаемые при анализе инфракрасных спектров, позволяют делать важные примечания о строении и структуре природных соединений и межмолекулярных взаимодействий функциональных групп. В связи с этим можно полагать, что современные исследования с помощью физико-химических методов показали, что структура и свойства природных соединений являются многоаргументной функцией, которая зависит от параметров внешних, антропогенных и техногенных факторов. Спектроскопические методы исследования ПРС являются наиболее результативными и современными в исследовании структуры и свойств как полимеров, так и других материалов. С помощью спектроскопических методов можно получить количественные и качественные данные относительно влияния внешних, метеорологических и техногенных факторов на структуру и свойства растительных соединений. В настоящей главе приводятся результаты экспериментов относительно влияния внешних факторов на структуру и свойства исследованных растений. Эксперименты проводились методом ИК - спектроскопии. Проводится сравнительный анализ ИК - спектров образцов растений, собранных из ареалов с разными метеоусловиями, мест произрастания и разноуровневых технофакторов.

Изучение ИК - спектров органических соединений позволяет приобретать количественную информацию о составе, строении, взаимодействии структурных единиц функциональных групп составляющих веществ, как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии. Колебательные спектры дают возможность получить сведения о состоянии молекул, сорбированных на поверхности вещества или находящихся в объёме. «Известно, что любая молекула или

индивидуальное вещество имеют собственный колебательный спектр, отличающийся от спектров других веществ индивидуальных рядов полос поглощения, определённой интенсивности и частоты, по которым на основании этих параметров можно идентифицировать» [263], состав и состояние веществ по их спектрам.

В настоящем параграфе изучалось влияние РФ окружающей среды на характеристические частоты молекул корневища и листья дикорастущего репейника (Arctium tomentosum Mill.). Образцы для исследования были отобраны в хвостохранилище «Дегмай» в зонах с разными уровнями радиации. Радиационные характеристики местности приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Физические характеристики места произрастания

Место произрастания	Координаты места сбора растений	РФ мкР/час
точка *A*	40° 13' 35" с.ш. 69°38' 9" в.д.	62-69
точка *B*	40° 13' 32" с.ш. 69° 38' 2" в.д.	258-279
точка *C*	40° 13' 28" с.ш. 69° 37' 50" в.д.	817-862

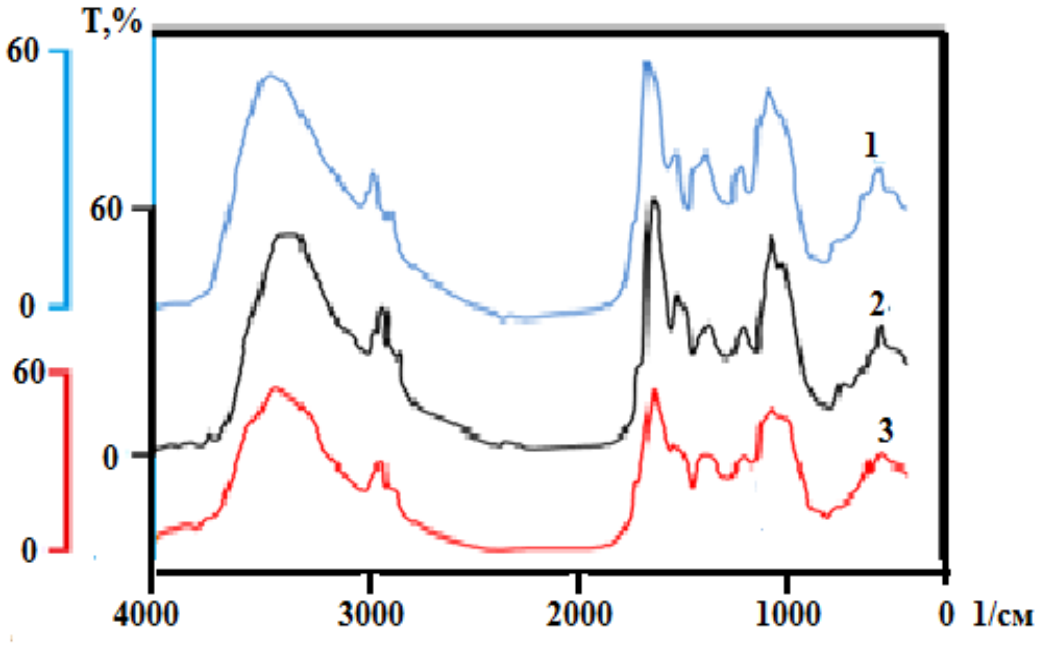


Рисунок 3.1 – ИК - спектры листьев репейника, собранного с хвостохранилища «Дигмай»: точка А-1, В-2, С- 3.

Согласно работы [72, 237, 238, 263], «запись спектров проводилась на ИК-Фурье спектрометре IRAffinity-1 фирмы «SHIMADZU» (Япония). Образцы для исследования готовились с использованием методики таблетирования в KBr, в соотношении 8:600 мг (см. параграф 2.2)» [72, 237, 238].

«На рисунке 3.1 приведены примеры ИК - спектров образцов листьев репейника в области частот 4000 – 400 $см^{-1}$, собранных в точках (*A, B, C)*. Можно видеть, что (кривые 1-3) в спектре листьев репейника в области частот валентных колебаний гидроксильных групп наблюдаются широкие полосы поглощения» [263], с частотой максимума ($\nu_{макс.}$) при 3440, 3410 и 3362 $см^{-1}$, соответствующих меж - и внутримолекулярным связям ОН-групп, которые различаются по интенсивности.

Небольшие смещения в спектрах листьев от 30 $см^{-1}$ до 77 $см^{-1}$ свидетельствуют об изменении межмолекулярного взаимодействие функциональных групп. Согласно [29, 30, 45], в составе листьев репейника содержится около 10**%** каротина, около 15**%** органических кислот, витамин С, сахар, слизи, дубильные вещества и другие органические соединения, которые при поглощении радиационного фона повреждаются и приводят к изменению количества функциональных групп в составе растения**.**

Самую высокую интенсивность имеют образцы, собранные в точке (*A*) – более 75%, самую низкую интенсивность имеют образцы из точки (*C*–) около 50%. Интегральная интенсивность пропорциональна количеству функциональных групп и при изменении мощности радиационного фона она монотонно уменьшается.

В области длин волн 3,333-3,574 мкм обнаруживаются полосы поглощения, соответствующие длинам волн инфракрасной спектроскопии при 3,425-3,422 мкм, что относится к валентному колебанию в метильных и метиленовых группах; положения $\nu_{макс.}$ приведены в таблице 3.2 в обратных сантиметрах.

Как видно из рисунка 3.1 и таблицы 3.2, положение максимума полос поглощения в этой области изменяется.

Таблица 3.2 - Характерные полосы спектров поглощения листьев и корневища репейника

№	СЧ	точка А	точка В	точка С	Отнесение полос согласно [279 - 281]
1.	Л	3440	3363	3410	Валентные колебания ОН (межмол. водородные связи)
2.	К	3416	3395	3392	
3.	Л	2922	2920	2920	Антисимметричные валентные колебания CH_2
4.	К	2928	2926	2925	
5.	Л	2850	2850	2850	Симметричные валентные колебания CH_2
6.	К	2854	2854	2854	
7.	Л	1734	1734	1730	Валентные колебания C = O
8.	К	1740	1745	1745	
9.	Л	1643	1635	1633	
10.	К	1610	1635	1640	
11.	Л	1510	1544	1577	Валентные колебания C = O, амид (O – C – N), C = N
12.	К	1530	1541	1540	
13.	Л	-	-	-	
14.	К	1506	1503	1503	
15.	Л	-	1466	1430	Деформационные CH_2, N – H, валентные SO_2
16.	К	1460	1450	1440	
17.	Л	1384	1420	1333	Деформационные колебания ОН
18.	К	1386	1384	1365	
19.	Л	-	-	-	
20.	К	1340	1338	1340	
21.	Л	-	-	-	Веерные колебания CH_2
22.	К	1319	1319	1300	
23.	Л	1238	1240	1240	Деформационные колебания CH, N – H
24.	К	1260	1240	1240	
25.	Л	1105	1111	1111	Валентные колебания C – O – C
26.	К	сл.1140	сл.1150	1151	
27.	Л	1060	1060	1058	Валентные колебания CO
28.	К	1100	1097	1100	
29.	Л	970	-	966	Антисимметричные внефазные валентные колебания , деформационные колебания C – H
30.	К	-	-	-	
31.	Л	-	-	905	
32.	К	-	-	-	
33.	Л	830	796	778	Деформационные колебания C – H
34.	К	780	760	780	
35.	Л	669	696	669	Внеплоскостные деформационные колебания O – H
36.	К	667	667	667	

Примечание*:* СЧ - составные части растений; Л – листьев растений; К – корневища растений

Это свидетельствует об изменении количества метильных и метиленовых групп в структуре репейника.

Во всех образцах в области 400-1800 $см^{-1}$ появляется полоса поглощения в области частоты тысячи семисот тридцати пятой обратного сантиметра. В области тысячи шестисот тридцати максимальная полоса поглощения смещается в низкочастотную область до пятнадцати обратных сантиметров.

В спектре из точки *A* появляется полоса поглощения при частотах от тысячи ста пяти до шестисот обратного сантиметра, однако в точке *B* максимум полосы поглощения появляется при тысяче пятисот сорока четырёх обратного сантиметра. В этом случае следы полос на высокочастотном крыле полосы в области 1105 $см^{-1}$ сглаживаются.

Показатели максимальных полосы поглощения согласно литературных данных [280, 281], приведены в таблице 3.2.

Интенсивность всех полос в спектре образцов точки *C* по сравнению с образцами точки *A* снижается, только слабый пик при 596 $см^{-1}$ и чёткий вид при 669 $см^{-1}$.

В ИК-спектре, в области частот от четырех тысяч до трёх тысяч обратного сантиметра появляется ряд полос, соответствующих валентным колебаниям гидроксильных групп; отнесения полос приведены в таблице 3.2. (рисунок 3.2, крив.1-3).

Можно видеть, что изменение уровня радиации места произрастания приводит к смещению максимума полос поглощения в низкочастотную сторону спектра, изменению интенсивности и формы спектра.

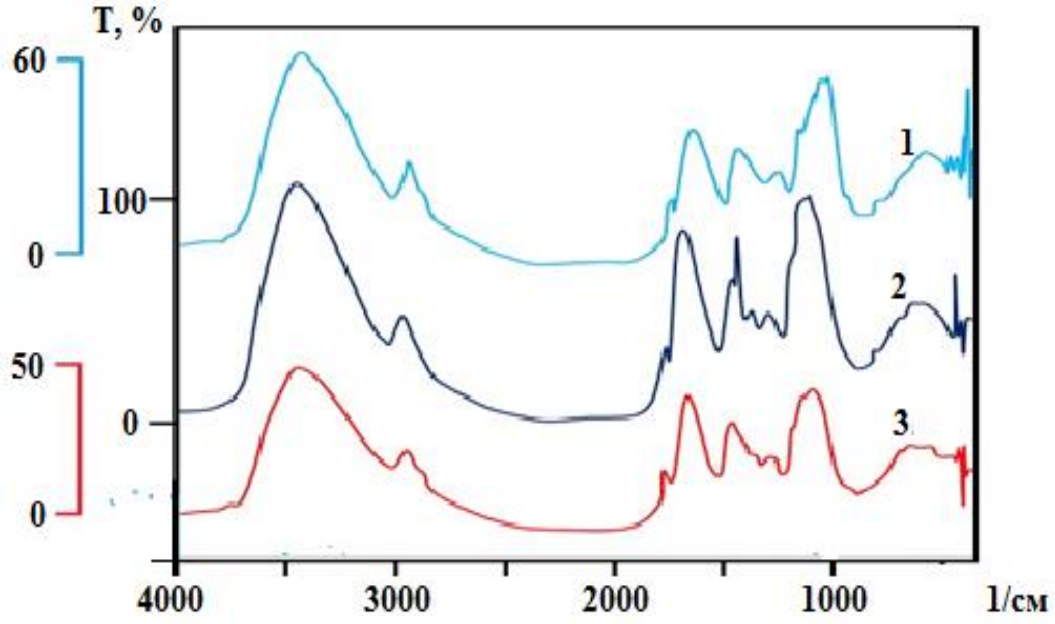


Рисунок 3.2 – ИК - спектры корневища репейника, собранного с хвостохранилища Дигмай*:* точка А-1, В-2, С-3

Необходимо отметить, что в зависимости от уровня радиационного фона места произрастания растения в спектрах наблюдаются существенные (почти в два раза) изменения интенсивности полос поглощения ОН-групп. Низкая интенсивность указанных полос наблюдается в образцах, отобранных из точки *С*. Анализ экспериментальных данных по инфракрасным спектрам поглощения показывает, что РФ места сбора негативно влияет на положения максимумов поглощения и интенсивности гидроксильных групп корневища растений.

Согласно работы [72] «Во всех ИК-спектрах поглощения листьев одуванчика в области частот 3800-2500 $см^{-1}$ проявляется широкая интенсивная полоса валентных колебаний группы *О – Н*, связанных водородной связью, на низкочастотном крыле видна слабая полоса, обусловленная поглощением СН–групп, CH_3–метильных и CH_2–метиленовых групп» [72, с.33].

Данные о положения $\nu_{макс.}$ приведены в таблице 3.2. В спектре образцов (*А*), наблюдается смещение максимума полосы поглощения при частоте 1530 $см^{-1}$ в сторону высоких частот на 11 $см^{-1}$.

Таблица 3.3. - Спектральные характеристики листьев и корневища репейника

Место сбора растений, (хвостохранилище Дигмай)		ν, $см^{-1}$	$\nu_{1/2}$, $см^{-1}$	D	Интегральная интенсивность, относительная единица
Листья	точка *А*	3340	700	1,60	4015
	точка *В*	3363	660	1,52	3869
	точка *С*	3410	570	1,36	2665
Корень	точка *А*	3415	520	1.15	2920
	точка *В*	3398	485	1.07	2824
	точка *С*	3392	460	0.98	2468

В инфракрасных спектрах поглощения из точек *В, С* наблюдаются смещения в области тысячи шестисот до тысячи двухсот обратного сантиметра и уменьшения интенсивности функциональных групп. Однако, в области 1419

см$^{-1}$ образцов, отобранных из точки (*A*) расщепляются на дублет, а полоса 1384 см$^{-1}$ становится более острой (*B*).

Из вышеизложенного [72, 237, 238, 263], «Изменения положений максимума ИК полос поглощения, то есть, их смещения в области валентных и деформационных колебаний функциональных групп, включённых в меж- и внутримолекулярные водородные связи, свидетельствуют о различной прочности этих водородных связей. Сравнительный анализ ИК - спектров листьев и корневища репейника, собранного из местностей с различными уровнями радиационного фона, позволяет утверждать, что жизнедеятельность растений связана с аккумуляцией внешней энергии и радиационного фона места произрастания» [72, 237, 238].

По результатам, приведённым в таблице 3.3, можно определить зависимость спектральных параметров от мощности радиационного фона места произрастания растений.

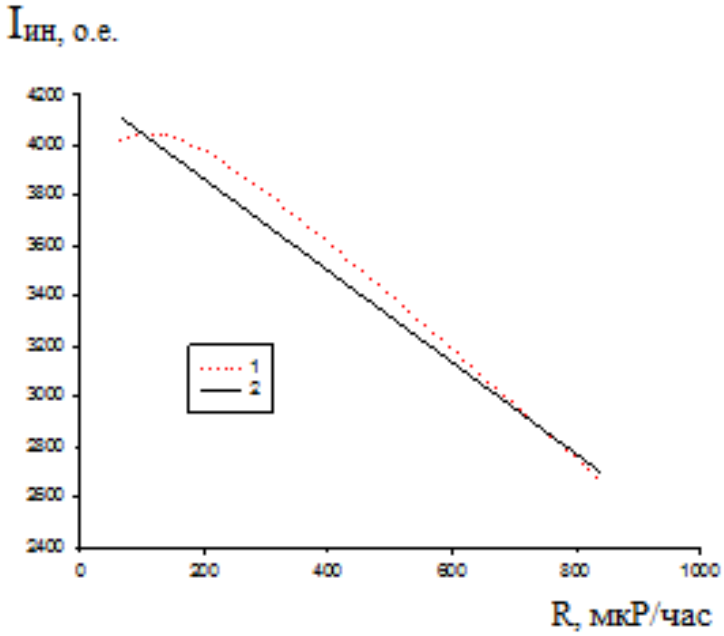


Рисунок 3.3 - Зависимость интегральной интенсивности от мощности радиационного фона листьев репейника; 1. – экспериментальная, 2 –теоретическая

Как видно из рисунка 3.3, согласно экспериментальных данных, для листьев репейника по мере роста уровня радиационного фона интегральная интенсивность гидроксильных групп почти линейно уменьшается (кривой 1).

Теоретическая сплошная линия (линия 2) также линейно уменьшается, из этого линии, согласно программы Sigmaplot, создана формула зависимости интегральной интенсивности от радиационного фона:

$$\mathcal{J}_{\text{ин.}} = \mathcal{J}_0 + aR \qquad \text{I}_{\text{ин}} \qquad (3.1),$$

где $\mathcal{J}_{\text{ин.}}$ – относительная интегральная интенсивнось гидроксильных групп, $\mathcal{J}_0$ – интегральная интенсивность при R – равным нулю, a – коэффициент, R – мощность радиационного фона. Программа рассчитана из графика, где $\mathcal{J}_0$= 4228.68, a= -1.8234, коэффициент регрессии равен $r^2 = 0{,}998$. Согласно (3.1), при дозе около R=2319 мкР/час интегральная интенсивность гидроксильных групп приближается к нулю, в этом моменте, очевидно, физико-химическое свойство листьев растений кардинально изменяется.

На рисунке 3.4 приведена зависимость полуширины полос поглощения от дозы радиационного фона, по рисунку экспериментальная и теоретическая линия совпадают и по мере роста уровня радиационного фона линейно уменьшаются.

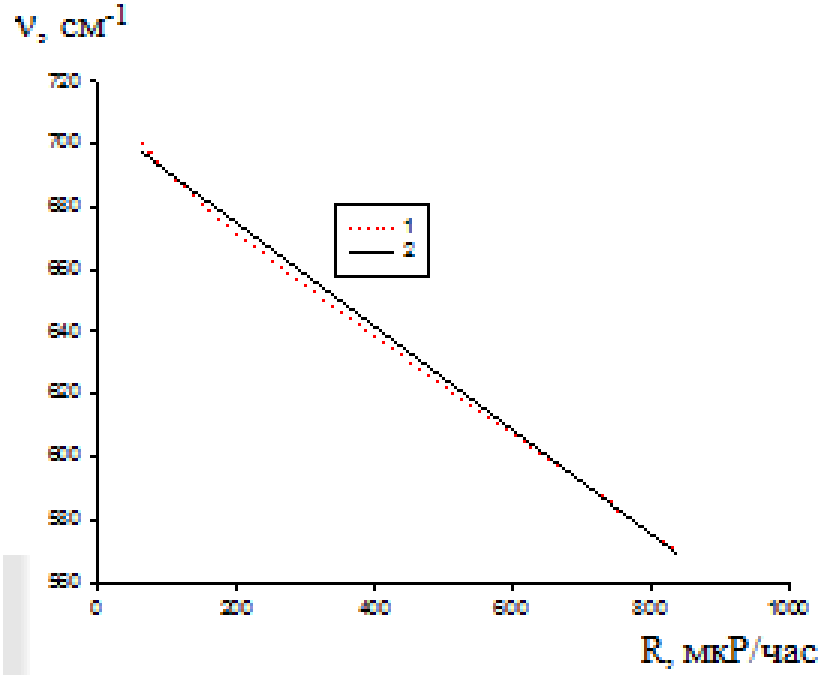


Рисунок 3.4 - Зависимость полуширины полос поглощения от радиационного фона места произрастания растений; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

С помощью программы Sigmaplot для этих зависимости рассчитана теоретическая формула, коэффициент регрессии которой равен $r^2 = 0{,}9998$.

$$\nu_{1/2} = \nu_0 + aR \qquad (3.2),$$

где $\nu_{1/2}$ – полуширина полос поглощения гидроксильных групп; ν_0 – полуширина полос поглощения, когда РФ приближается к нулю; a – коэффициент, R – мощность радиационного фона. Согласно графику ν_0=708.07, a = -0,266. Из уравнения (3.2) $\nu_{1/2}$=0, когда R= 2664.29 мкР/час.

Уравнение (3.2) дополняет уравнению (3.1), очевидно, когда $R \geq$ 2664.29 мкР/час, структура листьев растений полностью разрушается. Уравнения (3.1) и (3.2) можно применять для прогноза и предсказания влияния радиации на количество гидроксильных групп ПРС в листьях растений.

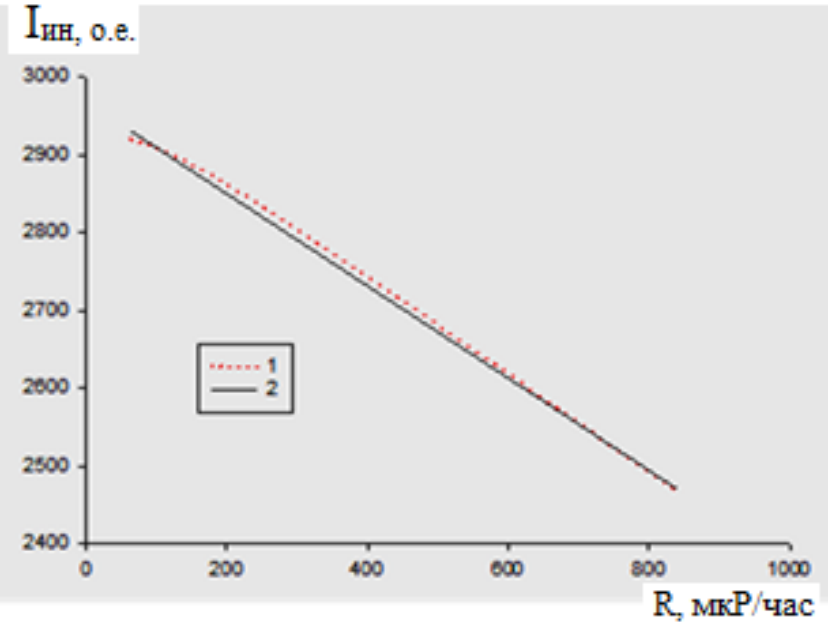


Рисунок 3.5 - Зависимость относительной интегральной интенсивности корневища растений от уровня радиационного фона; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

На рисунке 3.5 приведены зависимость относительной интегральной интенсивности от мощности радиационного фона; отмечено, что с ростом радиации интегральная интенсивность уменьшается. Согласно литературным данным, значение интегральной интенсивности пропорционально количеству функциональных групп, содержащихся в структуре растений; поэтому можно полагать, что по мере увеличения уровня радиации уменьшается количество тех или иных функциональных групп.

Относительная интегральная интенсивность гидроксильных групп корневища репейника также подчиняется уравнения (3.1), однако постоянные

изменяются; $\mathcal{I}_0$= 2968,83, a= - 0,593. Для корневища репейника при дозе около R=4838 мкР/час интегральная интенсивность гидроксильных групп приближается к нулю.

На рисунке 3.6 приведено влияние радиации на полуширины полос поглощения корневища растений, видно, что по мере роста радиации этот параметр нелинейно уменьшается.

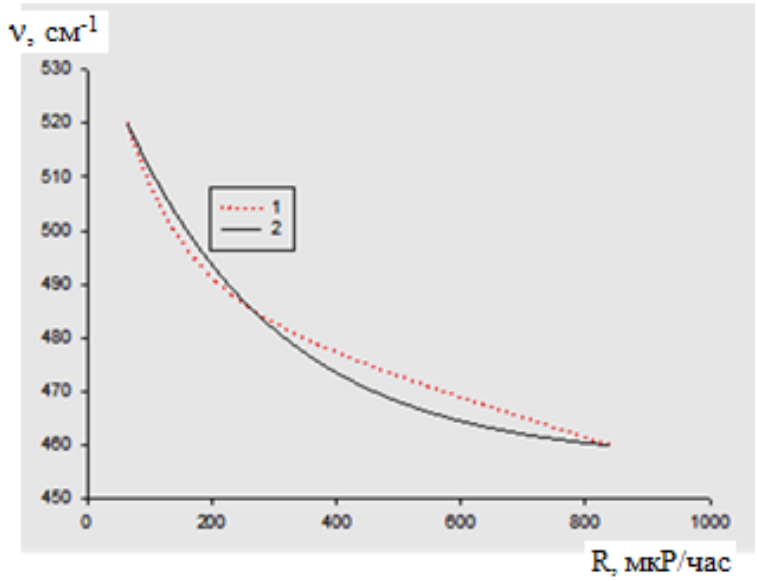


Рисунок 3.6 - Зависимость полуширины полос поглощения от уровня радиации корневища репейника; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

При помощи программы Sigmaplot рассчитаны уравнения, которые определяют эти зависимости;

$$\nu_{1/2} = ae^{-bR} + ce^{-dR} \qquad (3.3)$$

где a=81.31, b=4.03 10^{-3}, c=457,43, d=5,25 10^{-7} коэффициенты.

Таким образом, вышеприведённые результаты свидетельствуют о том, что формирование системы меж- и внутримолекулярных водородных связей и молекулярно-динамической структуры природных соединений репейника зависит от уровня радиационного фона места произрастания растений. РФ однозначно влияет на структуры и свойства растений, что отражается на спектральных характеристиках ПРС. При ИК - спектроскопическом анализа установлено, что максимумы полос поглощения и значение интенсивности уменьшаются. В связи этим на физико-химические свойства гидроксильных

групп ПРС, наблюдается: уменьшение интегральной интенсивности для листьев до полутора раз, тогда как для корневища это значение до одного раза; значение максимальных полос поглощения и форм полос также изменяется; полуширина полос поглощения для листьев уменьшается до двадцати процентов, а для корневища до двенадцати процентов.

3.2. Влияния радиационного фона на инфракрасные спектры биомолекул растений

Из предыдущего параграфа известно, что РФ влияет на спектральные параметры ПРС. В этом параграфе исследовано влияние радиационного фона места произрастания на спектральные характеристики донника лекарственного. Как известно, донник – одно из растений, которое широко применяется в народные медицины Таджикистана и других народов [29, 30, 45]. Изучение спектральных характеристик растений позволяет получать информацию об особенностях структурообразования и, следовательно, о физико-химических процессах, которые протекают в процессе развития и роста растений.

Образцы были собраны из разных пунктов хвостохранилища «Дигмай». Пункт *A* – средняя мощность радиационного фона составляет около 22 мкР/час, пункт *B* – 72 мкР/час, пункт *C* – 258 мкР/час. Следует отметить, что согласно нормативам ВОЗ, предельно-допустимая доза радиации (ПДД) для населения составляет около 52 мкР/час при этом также отмечается, что не более 20 мкР/час – это максимально безопасный уровень облучения человеческого организма даже этот показатель можно назвать условной. Эксперименты проводились на образцах, приготовленных из корневища и стебля донника. В начале анализируем ИК - спектры корневища донника.

На рисунке 3.7 приведены ИК - спектры образцов корневища донника, собранные из разных пунктов хвостохранилища, отличающиеся по уровню радиационного фона. Изменению можно видеть (крив.1) при частотах 3400-3250 $см^{-1}$.

В области CH, CH_2 наблюдаются полосы поглощения при частотах 2900 и 2850 обратного сантиметра. В спектре из пункта *B* (рисунок 3.7, кривой 2) в области гидроксильных групп появляются максимальные полосы при частотах 3350, 3400 обратного сантиметра, которые принадлежат валентным колебаниям водородной связи.

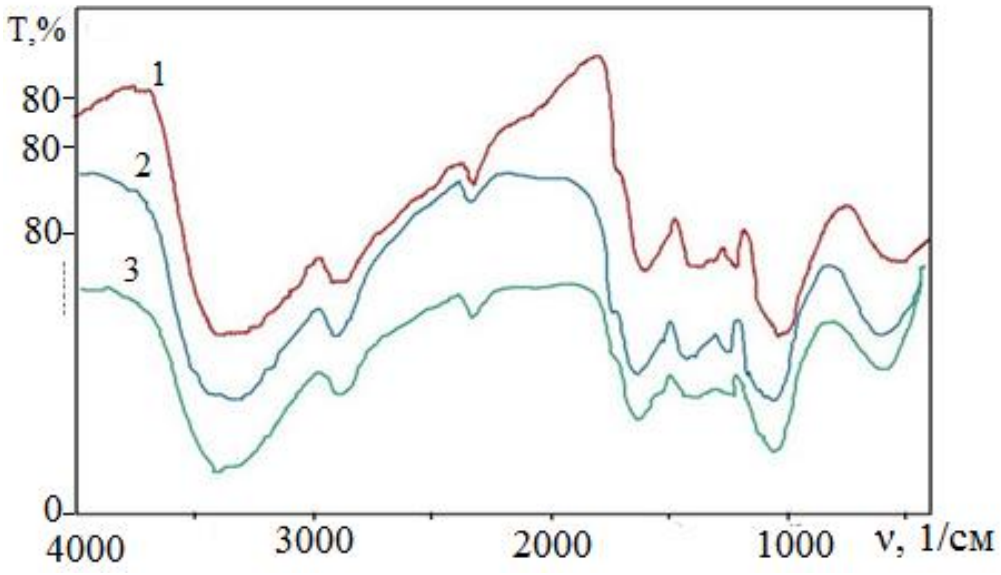


Рисунок 3.7 – Инфракрасный спектр корней донника лекарственного, произрастающего в хвостохранилища Дигмай*:* 1–пункт А, 2 – пункт В, 3 – пункт С

Также в области валентных колебаний метильных групп наблюдаются поглощения полос (2900 $см^{-1}$). В области поглощения валентных колебаний гидроксильных метильно-метиленовых групп, в зависимости от радиационного фона местности, происходит существенное изменение, а именно изменение интенсивности, смещение максимумов полос от 10 $см^{-1}$ до 30 $см^{-1}$, изменение полуширины полос и относительной интегральной интенсивности.

В области частот 1800-1200 $см^{-1}$ в образцах корня из пункта *A* появляются ряд полос рисунок 3.7 (крив.1), ряд полос. В спектрах образцов корня из пункта *B* в этой области наблюдаются поглощения полос при частотах от 1235 $см^{-1}$ до 1620 $см^{-1}$, однако из пункта *C* появляются характерные полосы в интервале 1240 - 1630 $см^{-1}$. Отнесение этих полос соответствует данным приведенным в таблице 3.2. Все эти полосы, в зависимости от радиационного фона местности, смещены относительно друг друга от 20 до 40 $см^{-1}$, а также интегральная интенсивность

уменьшается соответственно от пункта *A* к пункту *C* от 5457 до 2873 в относительных единицах.

На рисунке 3.8 (крив.1) приведены ИК-спектры поглощения стебля донника из пункта *A*. Согласно этому [263, 279, 280], «из рисунка видно, что в области валентных колебаний гидроксильных групп появляются полосы поглощения при частотах 3370, 3300 $см^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям сильных межмолекулярных и внутримолекулярных связей NH и OH-групп» [263].

Максимумы полос наблюдаются в области 2880, 3295 и 3405 $см^{-1}$, они очевидно, относятся к метильно-метиленовым и гидроксильным группам ароматических соединений в структуре ПРС.

В области трёх тысяч до двух тысяч восьмисот обратного сантиметра появляется более узкая полоса со снижением интенсивности с максимумом 2891 $см^{-1}$.

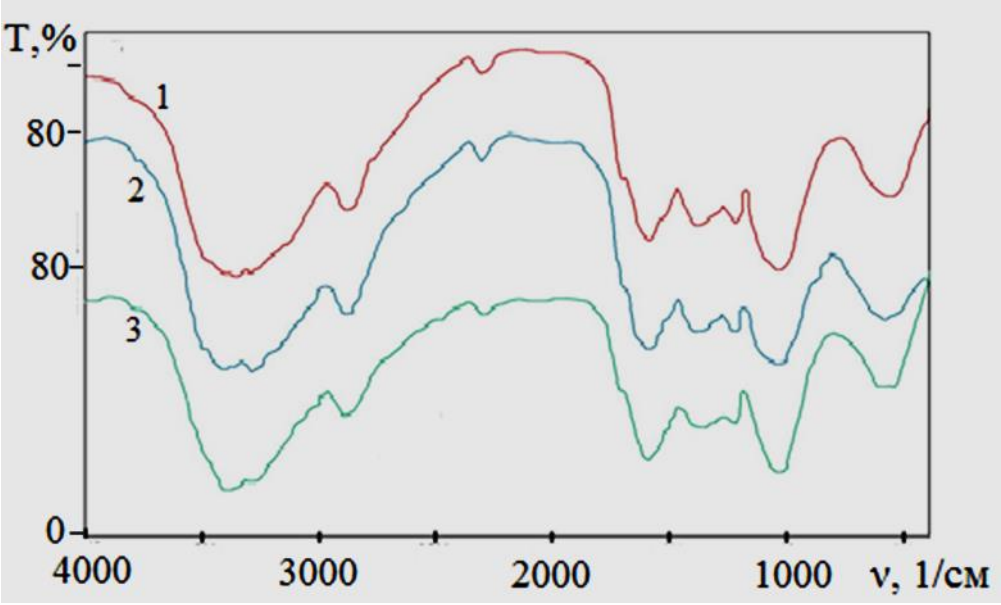


Рисунок. **3**.**8** - ИК-спектры стеблей донника, произрастающего в разных пунктах Дигмая*:* 1 – пункт А, 2 – пункт В, 3 – пункт С

В спектрах образцов стебля донника из пункта *C* (крив. 3) наблюдаются полосы при частотах 3400 и 2900 $см^{-1}$.

«В области частот 1800-1200 $см^{-1}$ в образцах стебля донника из пункта *A* появляются ряд полос, соответствующих валентным и деформационным колебаниям C=O, C=C, C-O-C, C-O-H, CH и OH групп при частотах [263].

ИК-спектры стебля донника с точки *B* идентичны спектрам корневища растений, и в нём также наблюдаются полосы поглощения в области 1500-1230 $см^{-1}$, однако из точки *C* полоса при 1400 $см^{-1}$ заметно уменьшается, однако, наблюдаются максимумы полос при частотах 1226, 1370, 1611 $см^{-1}$. Из рисунка 3.8 и таблицы 3.4 видно, что разность волновых чисел максимумов поглощения в этой области изменяется от 35 до 20 обратного сантиметра, а также наблюдаются изменения интенсивности и полуширины полос, а также относительная интегральная интенсивность.

Для оценки влияния радиационного фона различных доз на спектральные характеристики были вычислены спектральные параметры (см. таблице 3.4.).

Анализ результатов, приведённых в таблице 3.4, показывает, что влияние возрастания уровня радиации в местах произрастания растений для некоторых спектральных параметров, таких как полоса поглощения в максимуме, коэффициент поглощения изменяется.

Таблица 3.4 - Оптические характеристики стебля и корня донника при различных уровнях радиационного фона

Стебель				
Место произрастания	$\nu, см^{-1}м$	$К_{max}$	$\nu_{1/2}, см^{-1}$	Интегральная интенсивность
Пункт *A,* 22 мкР/час	3370	2,91	680	4880
Пункт *B,* 72 мкР/час	3405	3,51	665	4661
Пункт *C,* 258 мкР/час	3400	2,02	620	3496
Корень				
Пункт *A,* 22 мкР/час	3990	2,33	780	5457
Пункт *B,* 72 мкР/час	3400	2,45	650	4050
Пункт *C,* 258 мкР/час	3420	1,71	570	2873

Однако, значение относительной интегральной интенсивности и полуширины полос поглощения гидроксильных групп по мере возрастания радиационного фона места монотонно уменьшается.

Из рисунка 3.9 можно видеть, что по мере увеличения уровня радиации значение относительной интегральной интенсивности для стеблей линейно уменьшается. Теоретической линии для образцов из стеблей донника также подчиняется уравнение (3.1), однако постоянные коэффициенты изменяются; $\mathcal{I}_0$= 5046.51, a= - 5,97 коэффициент регрессии равен $r^2 = 0{,}997$. Для стеблей донника при дозе около R=845 мкР/час интегральная интенсивность равняется нулю.

Как видно из рисунка 3.10, на стебель донника РФ пагубно влияет и по мере роста уровня радиации полуширина полос поглощения линейно уменьшается. Это отношение теоретически можно вычислить с помощью уравнения (3.2), однако коэффициенты для стебля донника соответственно ν_0= 684.04, a = -0.451. При R= 1516.62 мкР/час, согласно уравнению (3.2) $\nu_{1/2}$=0. Из полученных результатов можно полагать, что при дозе больше 1500 мкР/час структура растений полностью разрушиться.

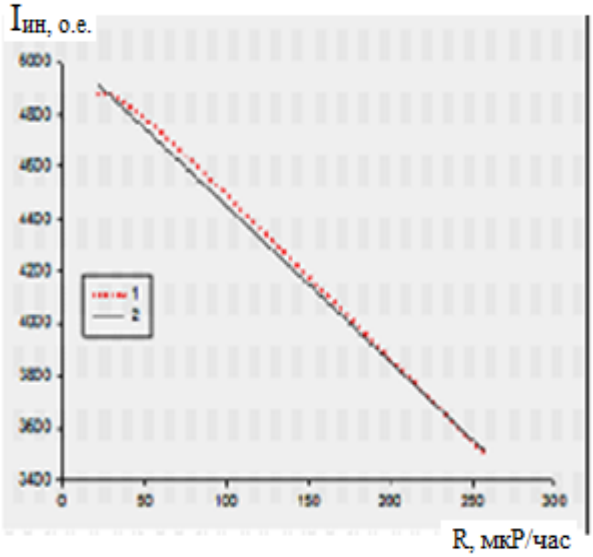


Рисунок 3.9 - Зависимость интегральной интенсивности стебля донника от мощности радиационного фона; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

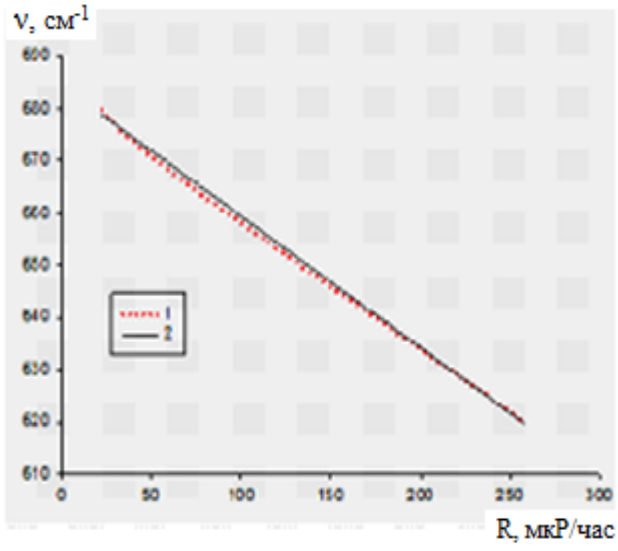


Рисунок 3.10 - График влияния радиационного фона на полуширины полос поглощения стебля донника, 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

На рисунке 3.11 приведена зависимость относительной интегральной интенсивности от радиационного фона, из графика по мере роста уровня радиации интегральная интенсивность нелинейно уменьшается. Согласно теоретическим кривым (кривая 2), отношения этих параметров определяются следующим уравнением:

$$\mathcal{J}_{\text{ин.}} = ae^{-bR} + ce^{-dR} \qquad (3.4),$$

где a=3096.90, b=2.04 10^{-2}, c=3545.73, d=8.37 10^{-4} – коэффициенты для образца из корневища донника. Зависимость между интегральной интенсивностью и радиационной мощностью приобретает экспоненциальный характер.

Из рисунка 3.12. видно, что полуширина полос поглощения образцов из корневища донника по мере роста уровня радиационного фона экспоненциально уменьшается и, согласно теоретической линии, определяется уравнением (3.3). Однако коэффициенты для корневища донника соответственно; a=322.19, b=1.89 10^{-2}, c=567.56, d=6.79 10^{-11}.

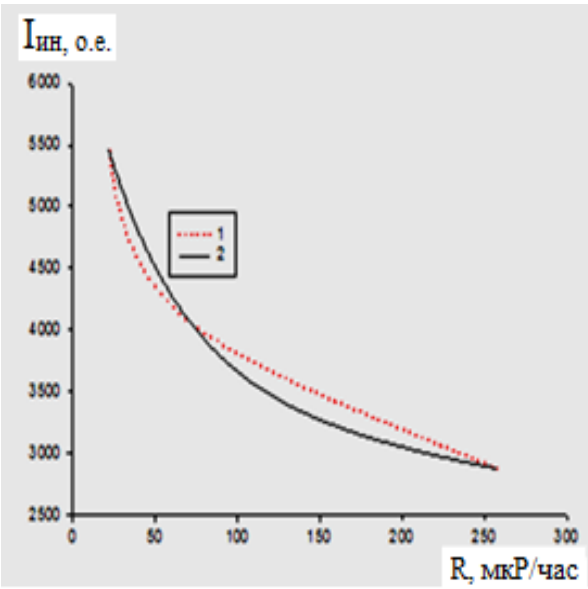


Рисунок 3.11 - Зависимость интегральной интенсивности корневища донника от радиационного фона; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

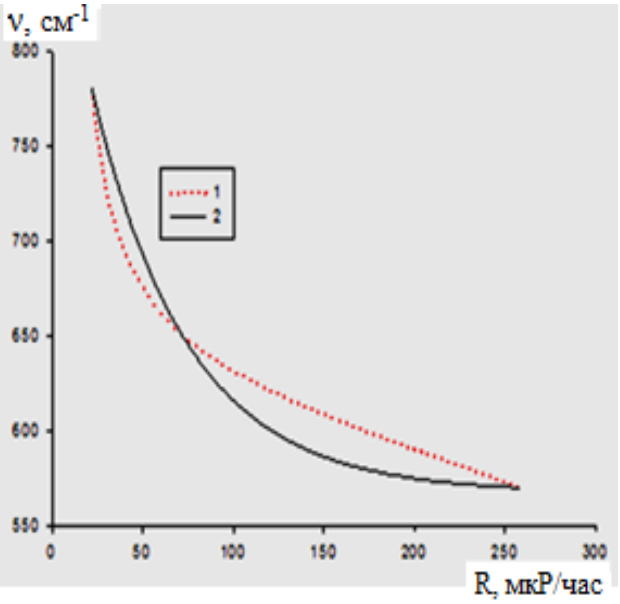


Рисунок. 3.12 - Зависимость полуширины полос поглощения от радиационного фона; 1 – экспериментальная, 2 – теоретическая

Из экспериментальных результатов и теоретических расчётов таких спектральных характеристик, как полуширина полос поглощения и относительная интегральная интенсивность по мере роста радиационного фона монотонно уменьшаются. Кумулятивно это свидетельствует о том, что количество гидроксильных групп в структуре и свойствах растений уменьшается. Кроме того, изменение в спектре растений наблюдается в области метильных, метиленовых и карбоксильных групп.

«Это, очевидно, связано с изменением структурных свойств в составе корня и стебля растений под влиянием радиационного фона. Из вышеизложенного следует, что смешения максимумов и интенсивности полос поглощения» [72], полуширина полос поглощения, максимальный коэффициент поглощения и интегральная интенсивность зависят от влияния радиационного фона места произрастания. Об этом свидетельствуют смещение максимума полос поглощения от 10 до 40 $см^{-1}$, уменьшения полуширины полос поглощения и относительная интегральная интенсивность гидроксильных групп образцов, которые произрастали в пунктах с различным радиационным фоном местности. Обнаружено, что при увеличении радиационного фона места произрастания уменьшается количество гидроксильных групп. Очевидно, РФ влияет на процесс формирования структуры и свойств ПРС.

3.3. Молекулярное свойство донника в зависимости от природного условия места произрастания

В этом параграфе исследовалось влияние экологических условий, как РФ, так и метеорологические параметры, на спектроскопические параметры листьев донника лекарственного (в дальнейшем донник) в процессе формирования молекулярной структуры ПРС. Данные о высоте над уровнем моря и РФ места произрастания приведены в таблице 3.5.

Как известно, для формирования структур составных частей растения и его физико-химических свойств важную роль играют листья, так как в них под

действием солнечной радиации происходит фотосинтез жизненно важных органических веществ из неорганических соединений [29, 45].

Таблица 3.5 - Физические характеристики места произрастания

Место произрастания	Высота над уровнем моря	РФ мкР/час
Гулистон (40. 286226 с.ш.; 69.833810 в.д.)	400	10-12
Худжанд (40.281891с.ш.; 69.621401в.д.)	380	25-28
Хвостохранилища Дигмай (40.560662с.ш.; 69.655041 в.д.)	450	280-300

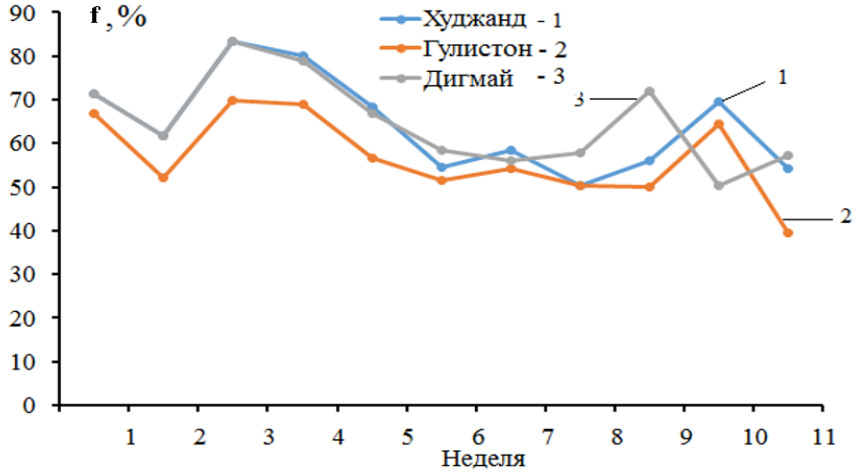


Рисунок 3.13 - Относительная влажность воздуха в период эксперимента (01.04 – 15.07. 2014 г.)

Среднонедельная влажность воздуха во время формирования молекулярной структуры приведена на рисунке 3.13. Согласно рисунку, в период эксперимента относительная влажность воздуха нелинейно – от 85% до 40 % – уменьшается. Очевидно, этот факт влияет на формирование молекулярной структуры и физико-химических свойств биомолекул ПРС.

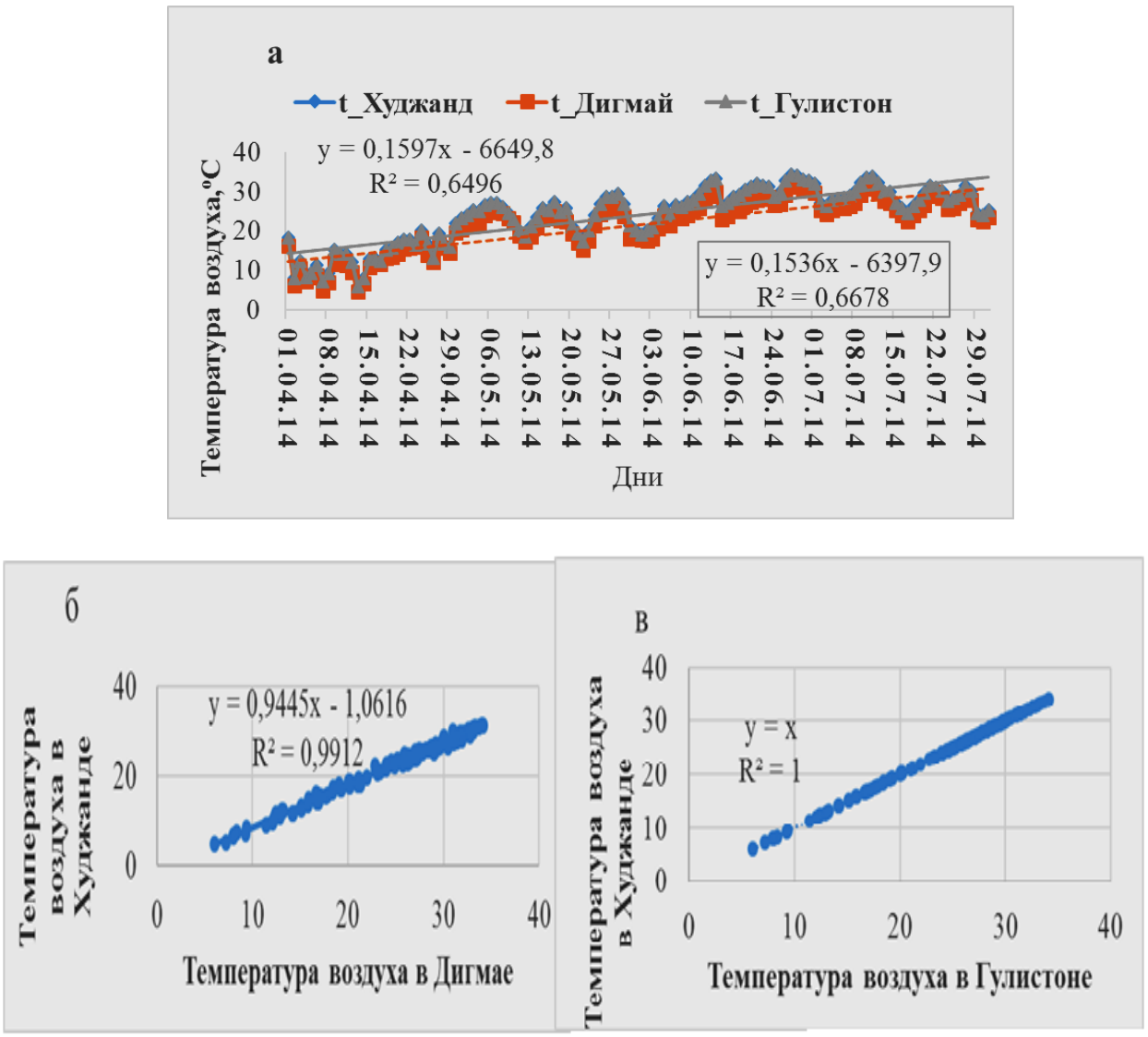


Рисунок 3.14 - Вариации температуры воздуха на уровне 2м от поверхности Земли (а), корреляции температуры между точками произрастания донника (б, в)

На рисунках 3.14 и 3.15 приведены данные по разность температур на поверхности Земли и на высоте 2 метров от поверхности Земли в среде места произрастаний.

Анализ экспериментальных результатов температуры воздуха показывает, что среднесуточная температура для городов Худжанда и Гулистона почти идентична, однако она отличается от хвостохранилища Дегмай (рисунки 3.14 а-в). С учётом результата далее можно рассматривать сравнение показателей температуры города Худжанда и хвостохранилища Дегмай.

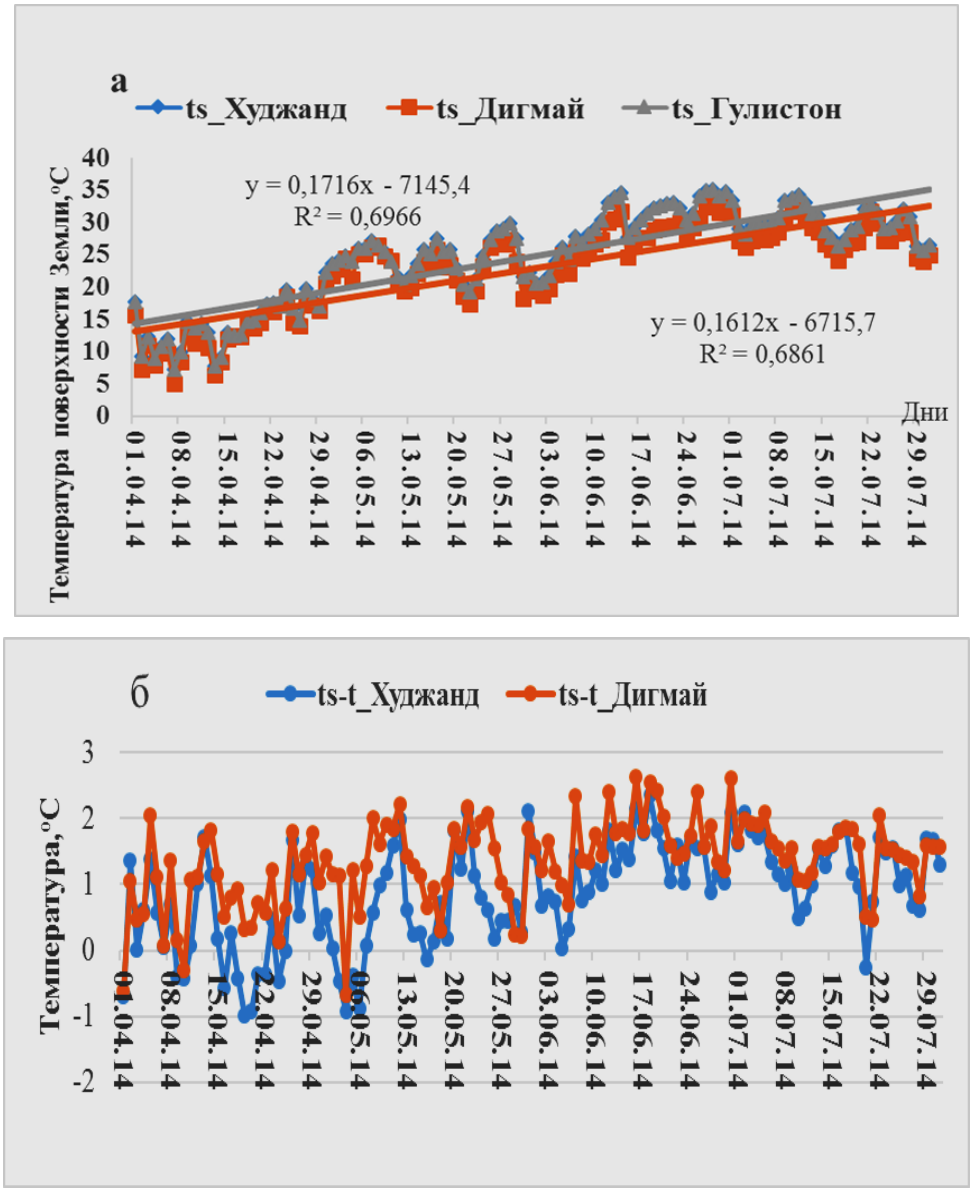


Рисунок 3.15 - Среднесуточная температура поверхности Земли(а) и разность температур почвы и атмосферы (б) в период 01.04.2014 – 31.07.2014

Очевидно, разности значения температуры и относительной влажности воздуха становятся одними из основных факторов для структурных формирований биомолекул ПРС.

В ходе исследований с первого апреля до тридцать первого июля 2014 года установлено, что разность температуры между почвой и воздухом на поверхности Земли отличается в интервале – 1 ÷ + 2,6 °С, что влияет на рост растений. Как известно, при большой разности температур между воздухом поверхности Земли и поверхности почвы наблюдается интенсивный прирост

различных частей растений и быстрее формируются молекулярные свойства и структура в ПРС.

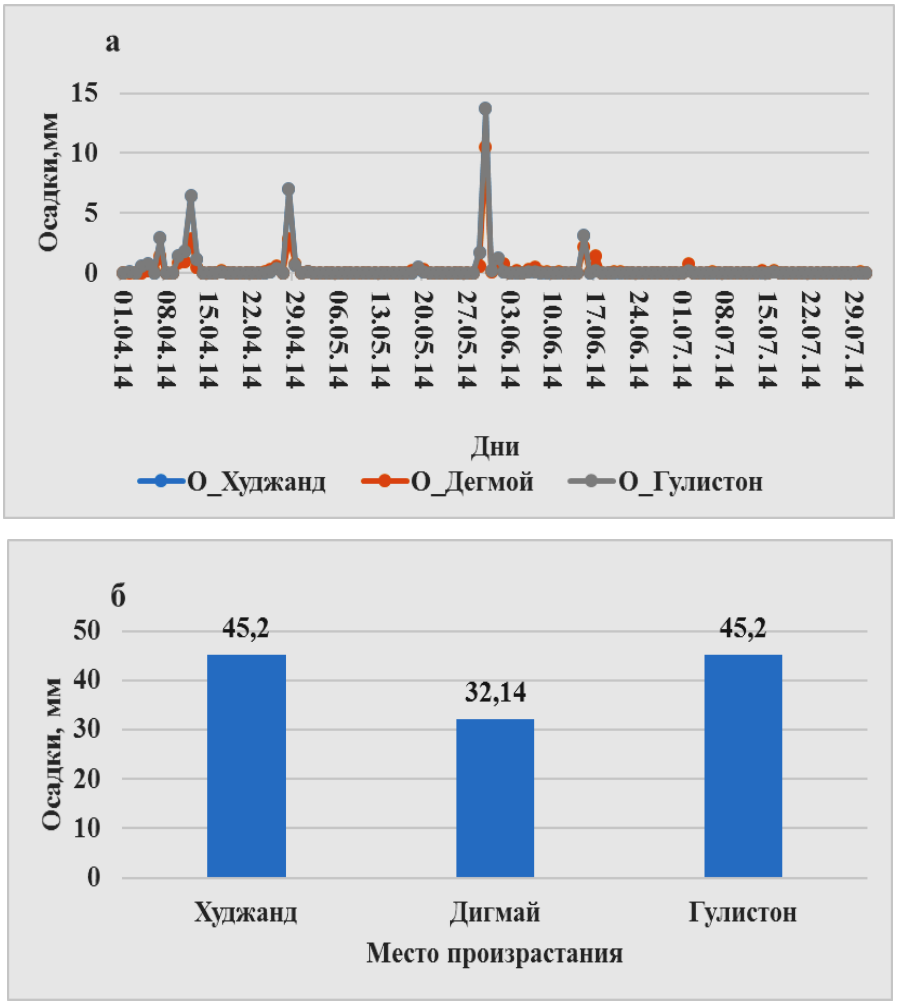


Рисунок 3.16 - Среднесуточное значение осадков (а), сумма осадков (б) за период 01.04.2014 – 31.07.2014

На рисунке 3.16. показано среднесуточное значение осадков (а), сумма осадков (б) за период прироста ПРС 01.04.2014 – 31.07.2014 г. Согласно результатам, осадки зарегистрированы 07.04.2014г., 12.04.2014г., 28.04.2014., 30.04.2014г., и 15.07.2014 г. (рисунок 3.16.а).

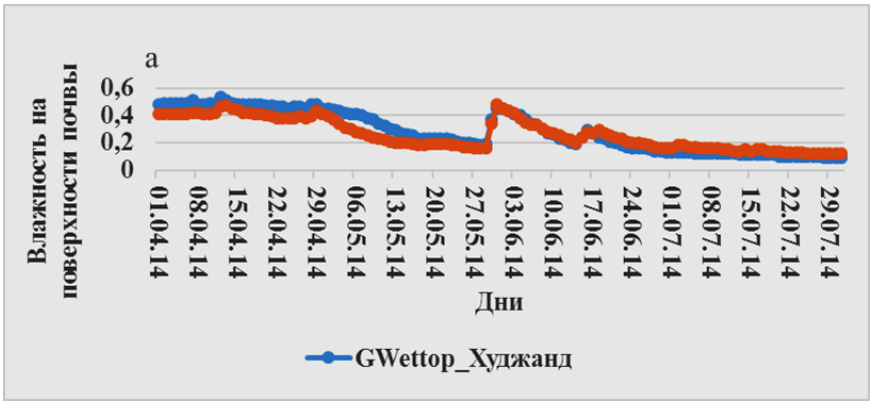
Следовательно, из рисунка 3.16 б, можно наблюдать осадки в городах Гулистона и Худжанда почти одинаковы и равен - 45.2 мм, а для территории хвостохранилища Дегмай приблизительно 32 мм, что на 30% меньше.

Таблица 3.6 - Характеристика температуры для мест произрастания растения

Место сбора / Параметры	Температура воздуха			Температура поверхности Земли		
	Худжанд	Дигмай	Гулистон	Худжанд	Дигмай	Гулистон
Среднее	23,9	21,5	23,8	24,8	22,9	24,7
Максимальные	34,1	31,1	34,0	35,2	32,9	35,1
Минимальные	6,0	4,7	5.9	7,2	5,1	7,1

В таблице 3.6 приведены температурные характеристики места сбора растений; видно, что температура воздуха на поверхности Земли в Худжанде и Гулистоне почти одинакова, однако в Дегмае эти значения уменьшаются. Естественно, эти различия влияют на формирование молекулярной структуры ПРС.

На рисунке 3.17 предложены вариации влажности корневой системе на поверхности почвы, а также и профиль влажности в период эксперимента с первого апреля до тридцать первого июля 2014 года. Максимум значений влажности зафиксирован в 31.05.2014 г. (рисунок 3.17 а); оно, очевидно, связано с уровнем осадков (рисунок 3.16 а). Влажность почвы для корневых систем весной нестабильна, очевидно, она связана с осадками, при переходе к лету становится стабильной; очевидно, этот параметр отличается в Худжанде и Дегмае (рисунок 3.16 б).



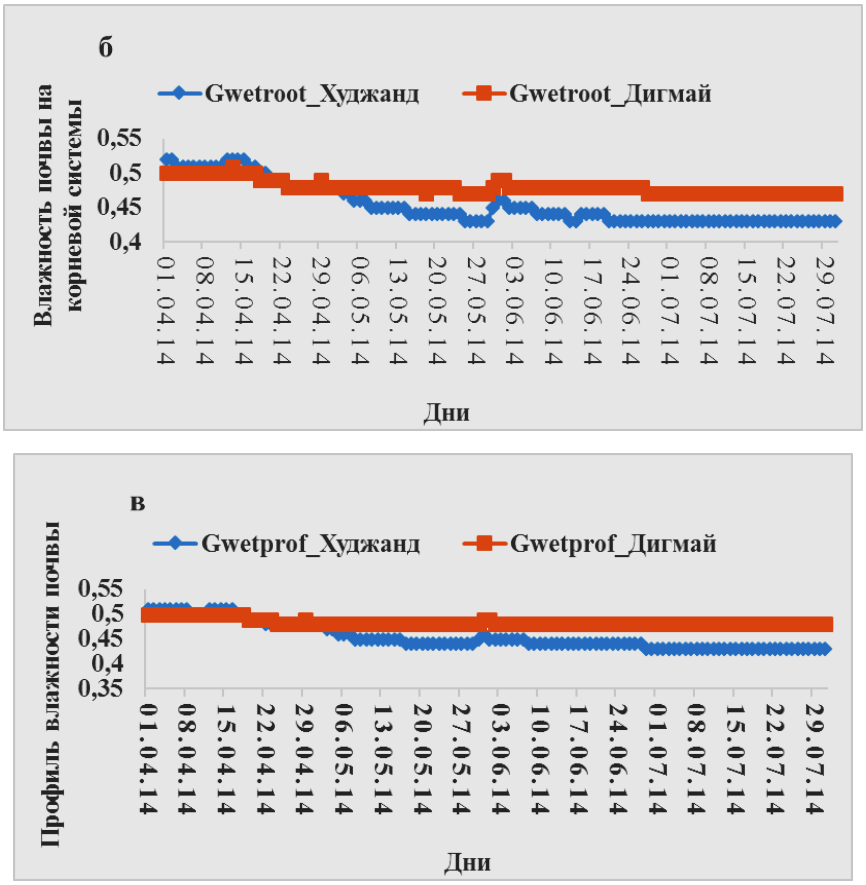


Рисунок 3.17 - Вариация влажности на поверхности почвы (а), влажности на корневой системе (б) и профиль влажности почвы(в) в период 01.04.2014 –31.07.2014 г

Параметр профиля влажности почвы (рисунок 3.17 в) в Худжанде имеет меньшее значения, а для Дегмая он стабилен. Возможно, это связано с несколько более высоким расположением хвотохранилища Дегмай, чем у городов Худжанда и Гулистона.

В связи с тем, что кроме перечисленных параметров, возможно, другие метеорологические параметры влияют на физико-химические свойства и межмолекулярные взаимодействия функциональных групп ПРС и выявления вклада внешних факторов на метрологические параметры; проведён расчёт обратной траектории переноса воздушных масс с 15 до 22 июня 2014 года.

Чтобы определить перемещения воздушных масс, использован метод обратных траекторий, согласно модели HYSPLIT. Время движения воздушных масс составляло около 168 часов.

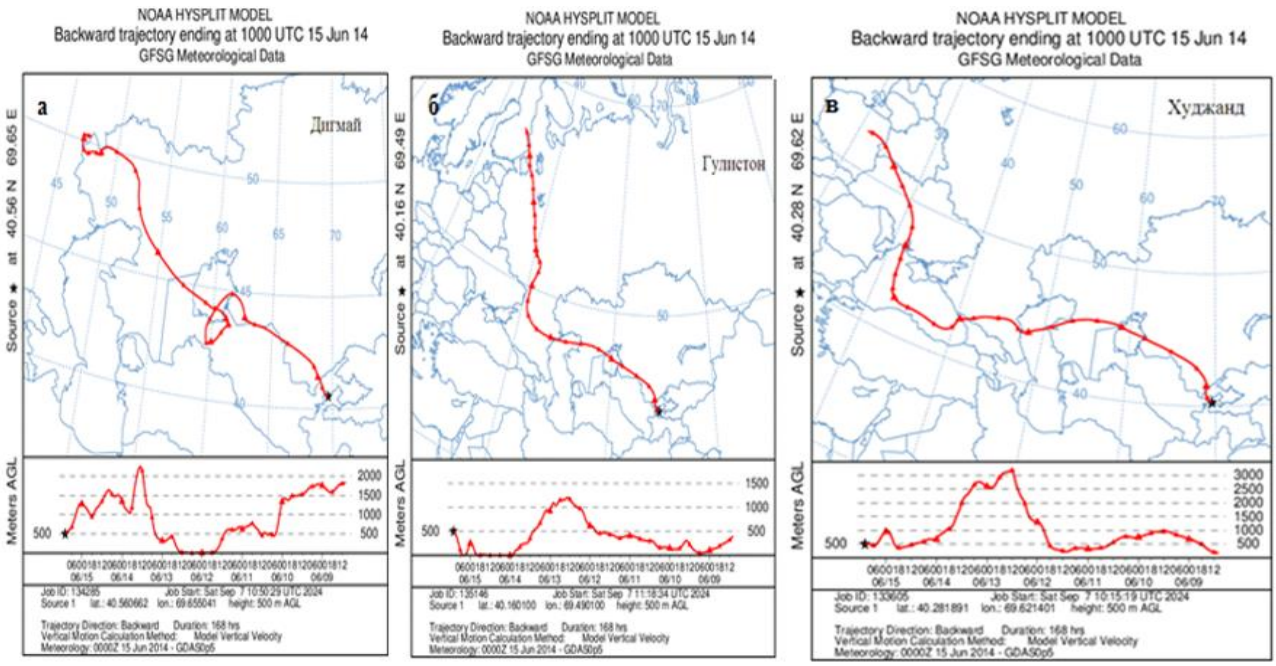


Рисунок 3.18. - Расчёт обратной траектории воздушных масс по модели HYSPLIT на 15 июня 2014 г. за 7 суток: а - Дегмай; б - Гулистан; в - Худжанд

Расчёт обратной траектории воздушных масс [287] на 15 июня 2014 г. (рисунка 3.18) указывает на предпочтительные источники на высоте 500 м – для пункта, **а** – Уральск (Казахстан), пункта **б** – Финляндия и пункта **в** – Пултус (Польша), это свидетельствует о возможном дальнем переносе загрязнения с перечисленных территорий.

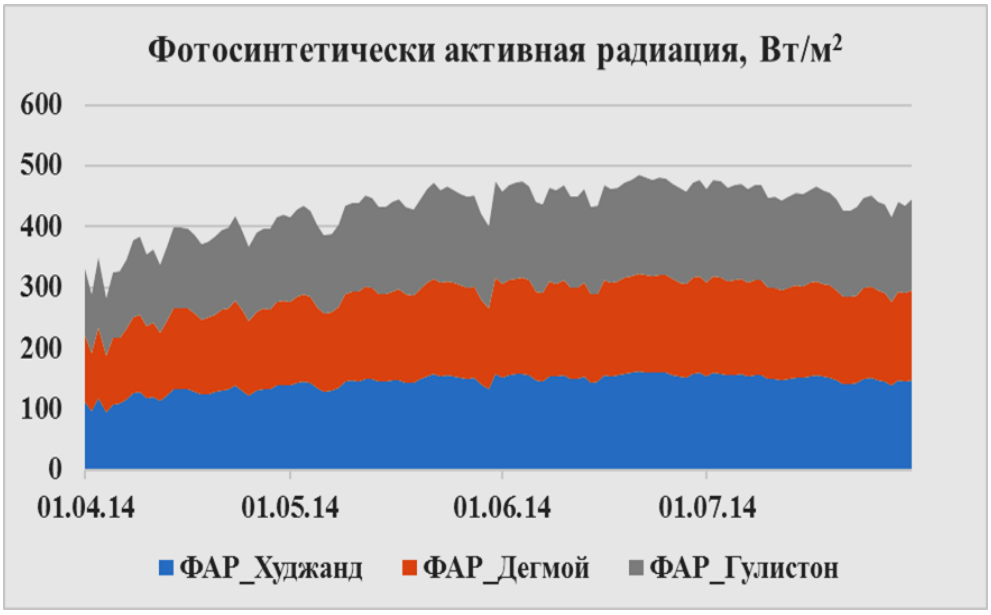


Рисунок 3.19 - Накопление фотосинтетически активной радиации в период изучения

Как уже известно, ПРС, взаимодействуя с окружающей средой, под действием солнечного излучения вызывает фотосинтез [282]. Фотосинтетическая активная радиация, или сокращённо ФАР **(**PAR**) -** часть доходящей до растений для фотосинтеза имеет интервал длины волн от 400 до 700 нм. Очевидно, фотоны с более короткой длиной волны и более высокой частоты имеют высокие значения энергии, но часть этих волн поглощается озоновым слоем. Однако у квантов с большими длинами имеется малый значения энергии, и под их влиянием происходит фотосинтез [283].

Как видно из рисунка 3.20, на ИК-спектры образцов из листьев растений влияют метеорологические параметры. Поэтому происходят изменения интенсивности, максимальные положения полос поглощения и другие спектральные характеристики.

Видно, что в интервале частот 3800 – 3000 $см^{-1}$ проявляется широкая полоса с максимальной частотой около 3245 $см^{-1}$, что характерно для образца из города Худжанда. Однако эта полоса поглощения более интенсивна для образцов из хвостохранилища Дегмай, которое расщепляется на три маленьких пика в 3390, 3285 и 3200 $см^{-1}$.

В этой области наиболее высокую интенсивность имеют образцы из Гулистона с максимальной полосой поглощения в 3250 $см^{-1}$.

Как показано на рисунке 3.20, спектры в области 2970-2830 $см^{-1}$ отмечены валентными колебаниями метильных и метиленовых групп отличающих друг от друга.

Кроме того, по положению максимумов полосы поглощения для этой области образцов из городов Худжанда и Гулистона различны. Однако для образцов из хвотохранилища Дегмай максимумы полос при частоте 2895 $см^{-1}$ более интенсивны, чем в других местах произрастания.

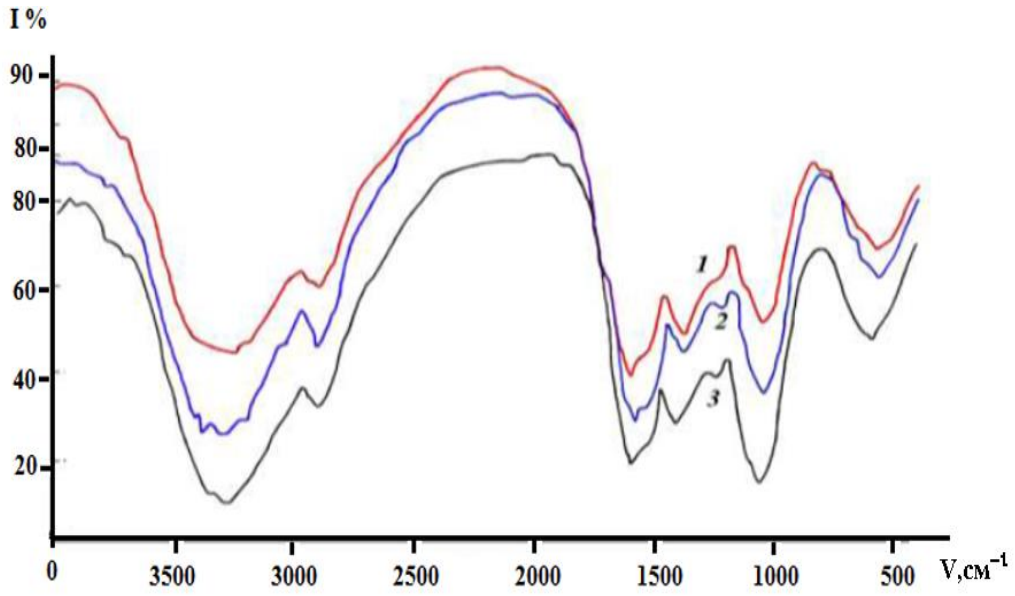


Рисунок 3.20 - ИК-спектры листьев донника, собранных из: 1–Худжанд, 2– «Дегмай» и 3–Гулистона

Априори сравнительный анализ ИК-спектров, приведённые в работах [208, 237, 238, 263] в «области частот 1800-400 $см^{-1}$ указывает на различие физико-химических свойств и формирования молекулярной структуры ПРС. Около частот 1600 и 1595 $см^{-1}$ проявляется полоса поглощения для образцов из городов Худжанда и Гулистона, а для образцов из Дегмая она смещается в низкочастотную область около 1510 см $^{-1}$» [208, 237, 263].

Таблица 3.7 - Динамика изменения и соотношение интенсивностей полос поглощения листьев донника

	Место сбора	1	2	3	4	$\nu_{max.1}$	$\nu_{max.2}$
1	Худжанд	65	15	12	16	3220	1620
2	Гулистон	72	20	5	27	3420	1600
3	«Дигмай»	85	27	4	34	3250	1584

Примечание: 1. – максимум интенсивности полос гидроксильных групп и отношение интенсивность полос поглощение в процентах: 2 – 3200/2900, 3 – 1600/1050 и 4 – 1050/600, $\nu_{макс.1}$ – максимальная полос поглощения в области гидроксильных групп; максимальная полос поглощения карбонильных групп.

Также изменения наблюдаются во всех спектрах образцов из городов Гулистона, Худжанда и хвостохранилища Дегмай от 520 до 1390 обратного сантиметра.

Анализ ИК - спектров показывает на различие формы спектров для образцов из разных мест произрастания, а характер полос поглощения образцов из Гулистона указывает на различие физико-химических свойств, межмолекулярное взаимодействие и формирование отдельных функциональных групп ПРС. Эту разницу в особенности полос поглощения можно увидеть в области водородных связей, метильных и метиленовых групп и карбоксильных групп, проявляющихся в высокочастотной области спектра.

Согласно таблицы 3.7, соотношение интенсивности полос, сдвиг максимума полос поглощения и др. перечисленных функциональных групп в процессе структурообразования ПРС при воздействиях внешних факторов неравнозначно.

Из таблицы 3.8 видно, что значения спектральных параметров перечисленных функциональных групп различаются. Видно, что изменяются значения полуширины полос поглощения, положения максимумов поглощения, максимальный коэффициент поглощения и интегральная интенсивность которая, очевидно, происходит за счёт влияния метеорологических параметров.

Таблица 3.8 - Оптические характеристики листьев донника в зависимости от природных условия

№	Место произрастания	ν, $см^{-1}$	K_{max}	$\Delta\nu_{1/2}$, $см^{-1}$	Интегральная интенсивность, от. ед.
1	Худжанд	3260	2,9	615	1841
2	Гулистон	3350	4,2	620	2010
3	«Дигмай»	3340	4,1	610	1713

Примечание*:* ν - частота полос поглощения, K_{max}- коэффициент поглощения, $\Delta\,\boldsymbol{\nu}\,\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}$ – полуширина полос поглощения

Можно заключить, что такие факторы как влажность и температура воздуха, влажность почвы на поверхности, влажность на корневой системе,

профиль влажности почвы, мощность РФ влияют на физико-химические свойства, формирования молекулярной структуры, а также на меж- и внутримолекулярные водородные связи ПРС. Установленные изменения свидетельствуют о различном накоплении низкомолекулярных и высокомолекулярных компонентов биоматериала. РФ и метеорологические характеристики окружающей среды влияют на спектральные характеристики как валентные и деформационные колебания функциональных групп ПРС.

3.4. Влияние природного условия на спектральные характеристики подорожника ланцетного

Как отмечалось, исследование влияния таких экологических условий, как температура воздуха, влажность, давление, скорость ветра и другие факторы метеопараметров на межмолекулярные взаимодействия, а в последствии на поведение и положение функциональных групп является задачей современной физики конденсированных состояний.

В этом параграфе исследовано влияние метеорологических параметров на спектральных параметрах листьев подорожника ланцетного (*Plantogo Lanceolata. L.*) (ПЛ).

С помощью спутниковые данных, метеопараметры определены за период с 1 марта по 20 июля 2020 г., то есть в период произрастания и цветения ПЛ, который произрастает в различных ареалах Северного Таджикистана. Метеорологические параметры места произрастания были получены с энергетического сайта power. larc. nasa. gob /data с 01.03.2020 до 20.07.2020. Характеристика места сбора растений, как высота над уровнем моря, естественный РФ и координаты приведены в таблице 3.9.

Согласно предельно допустимой концентрации (ПДК) норма уровня радиации для населения составляет около 53 мкР/час; из таблицы 3.9 видно, что место сбора растений не превышает ПДК. Кумулятивно-радиационный фон мало сказывается на спектральных характеристиках ПРС.

Таблица 3.9 - Физические характеристики места произрастания образцов подорожника ланцетного

№	Место произрастания	Высота над уровнем моря, м	РФ, мкР/час
1.	Худжанд (40,2891с.ш.; 69,6400в.д.)	340	18-22
2.	Бободжон Гафуров (40,2692с.ш.; 69,7004в.д.)	365	25-30
3.	Исфара (40,16696 с.ш.;70, 612224 в.д.)	863	10-15
4.	Спитамен (40,167927 с.ш.; 69, 72270 в.д.)	410	12-17

Для уточнения влияния метеорологических условий на спектральные параметры определены средние значения температуры и влажности воздуха, фотосинтетическая активность солнечной радиации, влажность почвы и осадки в период произрастания растений до цветения от 01.03. 2020 до 15.07.2020 года.

Кроме того, для выяснения вклада микрочастиц состава атмосферы, влияющих на метеорологические характеристики, определена обратная траектория переноса воздушных масс; очевидно, эти микрочастицы влияют на метеорологические параметры и в последствии вносят свой вклад в формирование молекулярной структуры и спектроскопические характеристики природных соединений.

Из рисунка 3.21 видно, что значения средненедельной относительной влажности воздуха в период эксперимента уменьшаются от 75% до 20 %. Как указано на рисунке, сначала до десятой недели влжность колеблется в пределе 55 % до 75 %, потом она нелинейно уменьшается, что, очевидно, связано с повышением температуры в период эксперимента.

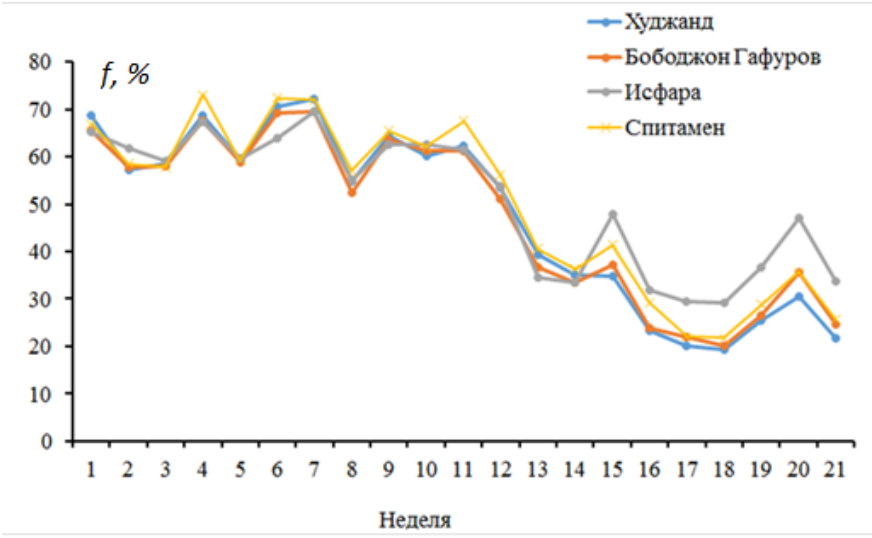


Рисунок 3.21 - Относительная влажность воздуха в период эксперимента (01.03 – 15.07. 2020 г.)

На рисунке 3.22 приведены ежедневные средние значения температуры воздуха на поверхности Земли для городов Худжанда, Исфары, а также для Бободжонгафуровского, Спитаменского районов.

Согласно рисунку 3.22, среднесуточная температура во время произрастания повышается от 5 до 35 ^{0}C, однако температура для Бободжонгафуровского района и города Худжанда выше на семь градусов, чем в Исфаре и примерно натри градуса выше, чем в Спитаменском районе.

Изменения среднесуточной температуры воздуха наблюдаются и в 2-х метрах от поверхности Земли, что приведено на рисунке 3.23; очевидно, в этом пространстве тоже монотонно повышаются среднедневные значения.

В период эксперимента изменения разности температуры между почвой и поверхностью Земли варьрируются в интервале – 2,5 ÷ + 2,8 ^{0}C. Как показано в [284], когда разность температуры между почвой и температуры атмосферы заметно повышается, то прирост растений становится интенсивнее.

Отсюда следует, что на роста и развитие растений, кроме температуры среды, влияет ещё и разность температуры.

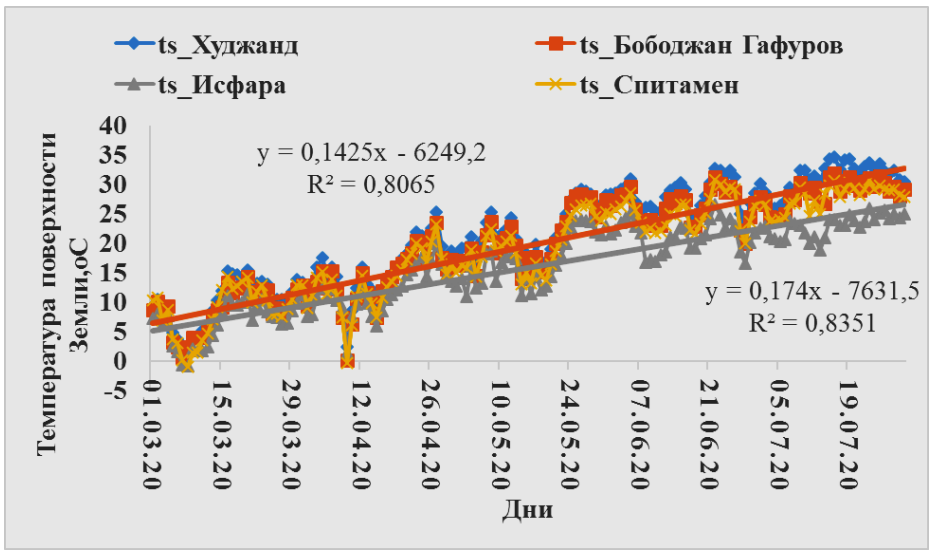
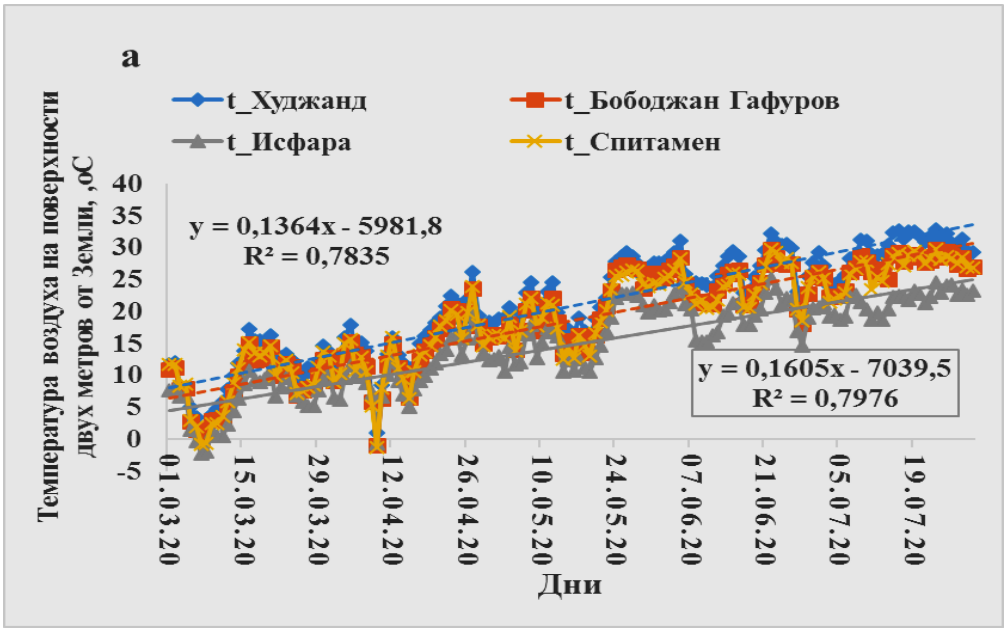


Рисунок 3.22.- Температура воздуха на поверхности Земли



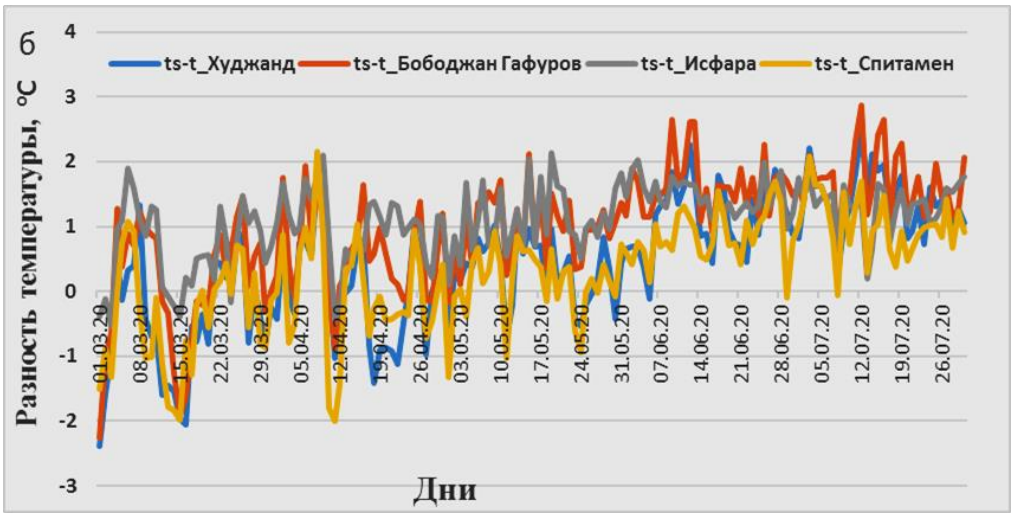


Рисунок 3.23 - Среднесуточная температура поверхности Земли **(**а**)**, и разность температур почвы и атмосферы **(**б**)** в период 01.03.2020 – 31.07.2020

Кроме этого, месячная сумма температур воздуха служит критерием обеспечения теплом в вегетационный период. Колебания суммы месячной температуры иногда достигают пределов от 300 до 500 ° С, что влияет на сроки развития растительных материалов.

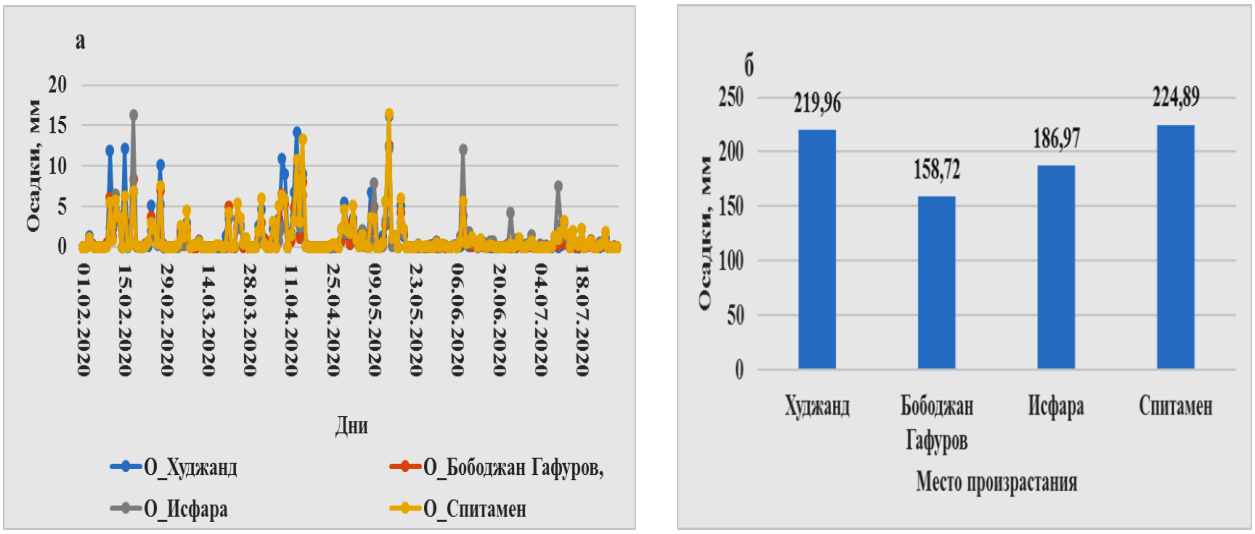


Рисунок 3.24 - Среднесуточное значение осадков **(**а**)**, сумма осадков**(**б**)** за период 01**.**02**.**2020 – 31**.**07**.**2020 г

На рисунке 3.24 сообщается о среднесуточном осадке (а) и сумме осадков (б) за период прироста растений, можно видеть, что осадки были зафиксированы в 12–15.02.2020 г.; 28.02.2020 г.; 7.03.2020.; 21, 24, 25.03.2020 г. и 31.03.2020; 1, 7–9, 11–15.04.2020 г.; 28–30.04 2020 г.; 2,3.05.2020 г.; 8, 9.05.2020 г.; 13, 14.05.2020 г.; 18, 19.05.2020 г.; 8.06.2020 г., 28.06.2020 г., 10.07.
2020 г.

На рисунке 3.24 б приведены сумма осадков из исследованных мест произрастания, которая для Бободжонгафуровского района около – 158,70 мм; для города Исфары – 186, 98 мм; для города Худжанда – 219,97 мм; для Спитаменского района – 224,90 мм. Как известно, осадки играют важную роль для прироста растений, потому что все исследованные растения собраны с территории неорошаемых земель. Максимальные значения влажности почвы, которые связаны с осадками рисунка 3.24 а, получены в 12.04.2020 г.

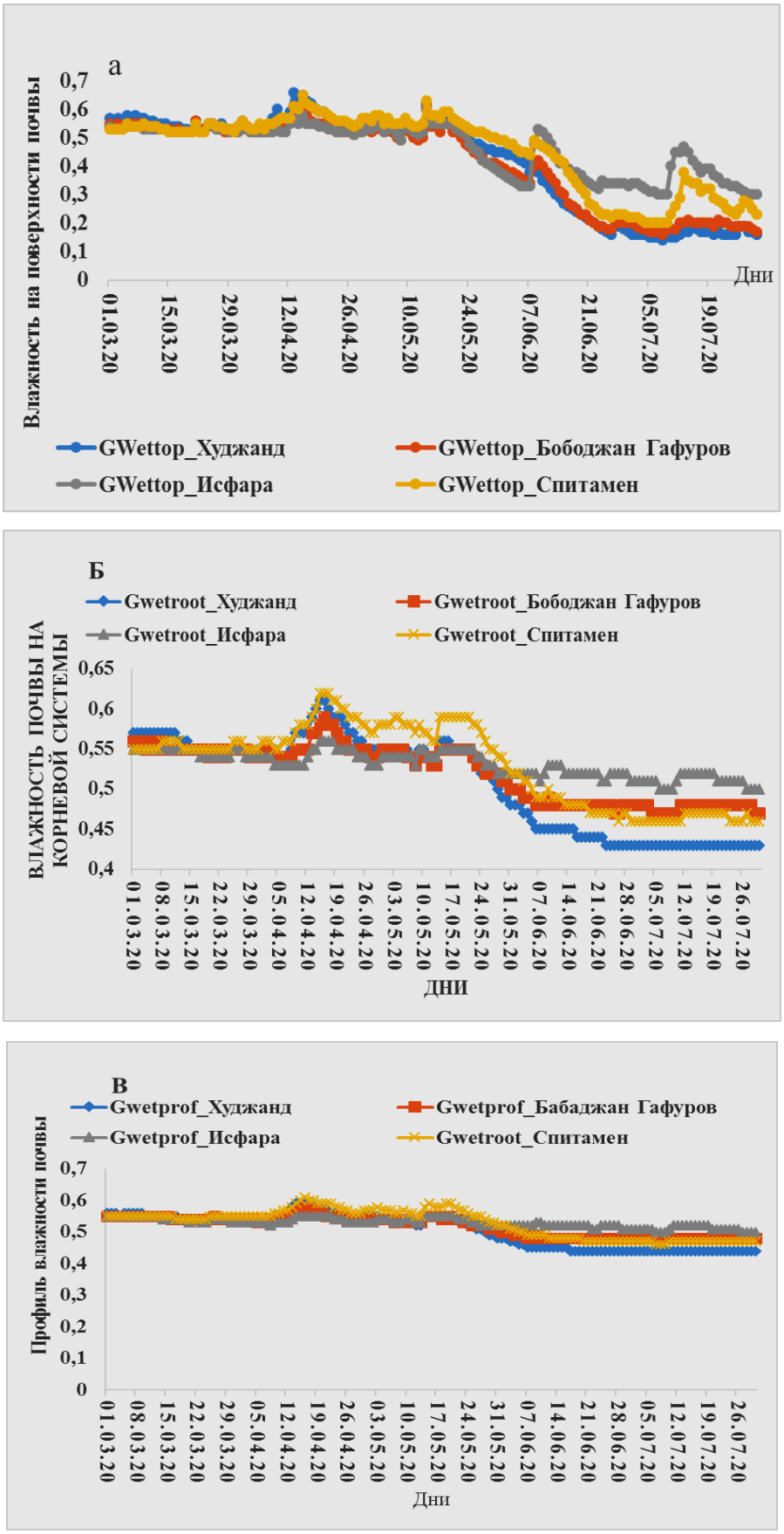


Рисунок 3.25 - Вариация влажности на поверхности почвы (а), влажности на корневой системе (б) и профиль влажности почвы(в) в период 01.03.2020 – 31.07.2020 г

Из рисунка 3.25 видно, что профиль влажности, влажности корневой системы и вариация влажности в период эксперимента изменяются. Эксперимент проводился с первого апреля по тридцать первому июлю 2020 года. Согласно рисункам 3.25, влажность почвы для корневых систем различается в период прироста растений, этот показатель имеет максимальное значение в летнее время для Исфары и Спитамена.

Весной он становится нестабильным соответственно будучи связанным с осадками (рисунка 3.25 б). Однако профиль влажности почвы более стабилен, самое большое значение зафиксировано в городе Исфара, а наименьшее значение в городе Худжанде (рисунка 3.25 в).

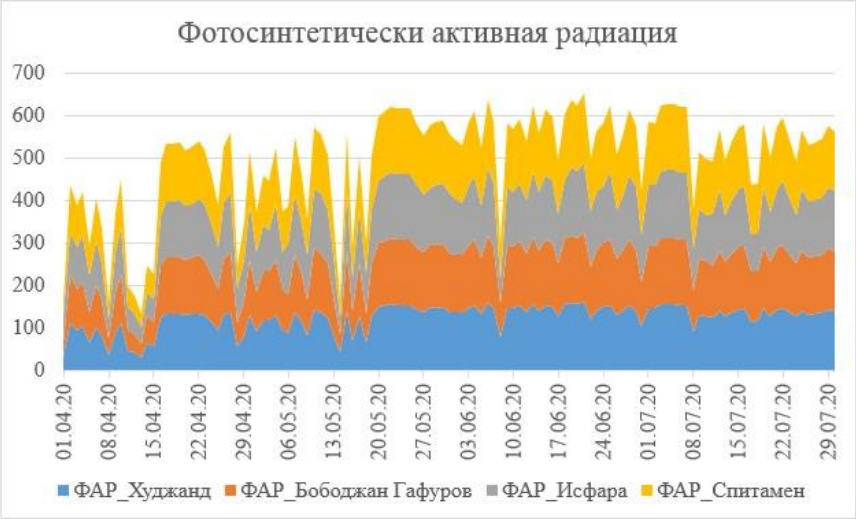


Рисунок 3.26. - Накопление фотосинтетически активной радиации в период изучения

Согласно научной литературы [285], для формирования молекулярной структуры ПРС листья играют основную роль, когда они взаимодействуют с солнечным излучением, поскольку в окружающей среде производится процесс фотосинтез. На рисунке 3.36 приведены данные ФАР, в период исследования она составило около 40 % от всего солнечного излучения. Во время фотосинтеза растения в основном поглощают длиноволновые кванты [286].

Как уже сказано, воздушные массы, которые в основном состоят из микрочастиц, влияют на метеорологические данные. В работе были применено модели HYSPLIT для расчёта воздушных масс [287].

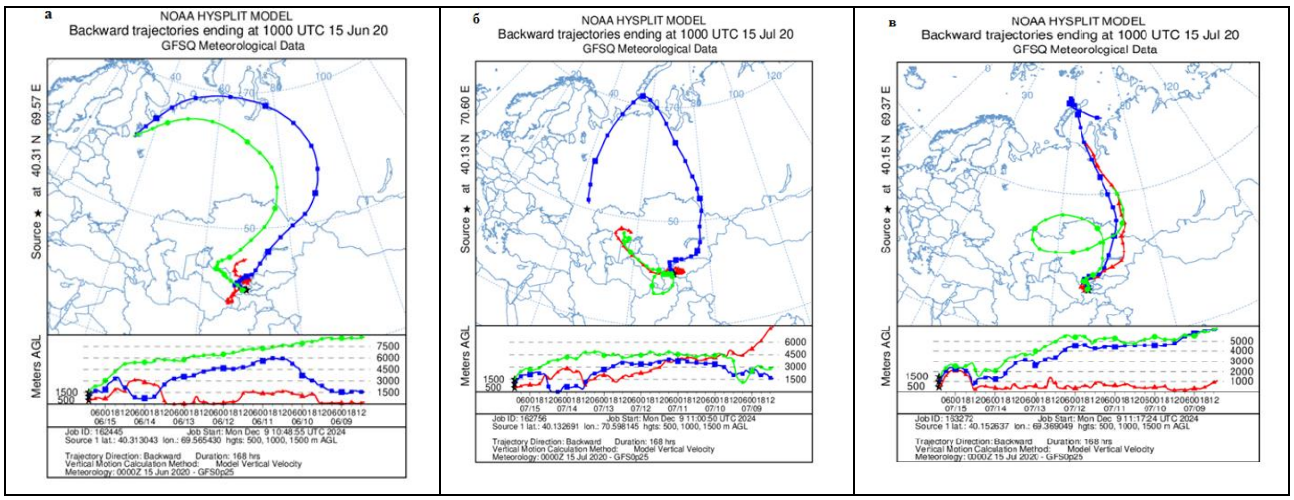


Рисунок 3.27 - Расчёт обратной траектории воздушных масс по модели HYSPLIT на 15 июля 2020 г. за 7 суток**:** а – город Худжанд и Бободжон Гафуровский район; б – город Исфара; в – Спитаменский район

Расчёт указывает на источники для г. Худжанда и Бободжангафуровского района на высоте 500 м – Жамбылский район, на 1000 м и 1500 м – Ленинградская область; для Спитаменского района на высоте 500 м – остров Литке, 1000 м – остров Сибирехова Красноярского края и на высоте 1500 м – город Нижневартовск; для города Исфары на высоте 500 м и 1500 м – Актюбинская область, на высоте 1000 м – Волгоградская область.

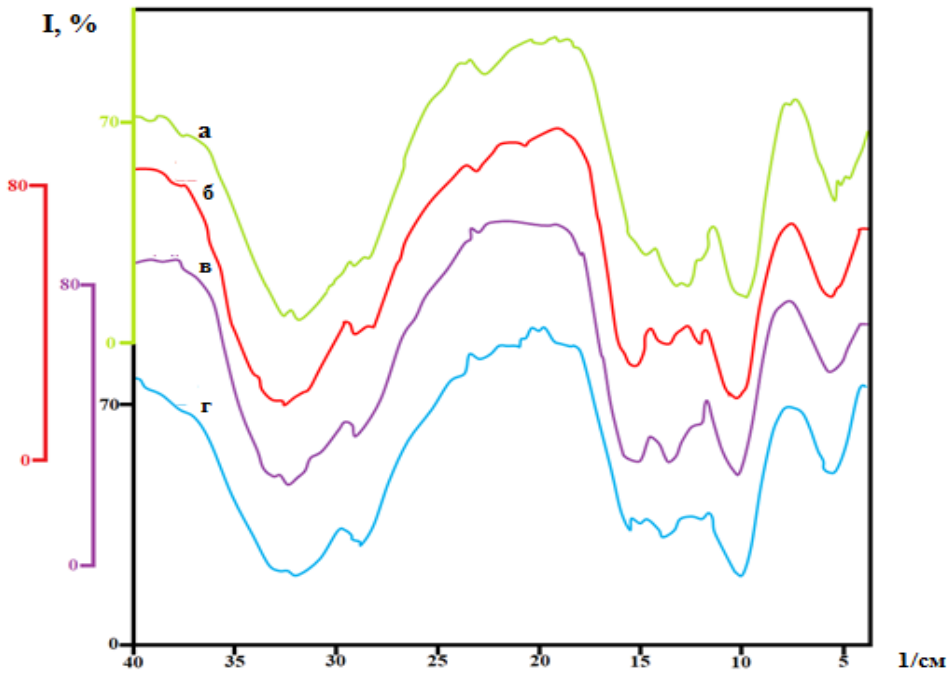


Рисунок 3.28 - Инфракрасные спектры листьев подорожника ланцетного**:** а**.** г**.** Худжанд; б**.** Бободжангафуровский район; в**.** г**.** Исфара; г**.** Спитаменский район

На рисунке 3.28 приведены ИК-спектры образцов из листьев ПЛ города Худжанда – а); Бободжонгафуровского района – б); города Исфары – в); Спитаменского района – г). Образцы приготовлены методом запрессовки исследуемого образца в твёрдой иммерсионной среде согласно методике, глава 2.

Как видно из рисунков 3.28, в области гидроксильных групп и водородных связей ароматических соединений в структуре растений появляется ряд полос поглощения: для образцов из Худжанда – 3342, 3300 $см^{-1}$; для образцов из Бободжонгафуровского района – 3340, 3282 $см^{-1}$; для образцов из Исфары – 3280, 3204 $см^{-1}$; для образцов из Спитаменского района – 3322, 3245 $см^{-1}$. Изменения волновых чисел максимумов полос, очевидно, связаны с экологическим состоянием окружающей среды, в которой произрастают исследуемые растения.

Согласно таблице 3.10 в ИК-спектрах листьев подорожника в интервале волновых чисел 3000-2800 и 1800-400 $см^{-1}$ появляются несколько полос с различными значениями.

Таблица 3.10 - Характерные и средние значения полосы поглощения листьев подорожника ланцетного

№	Город Худжанд	Бободжон Гафуровский район	Город Исфара	Спитаменс-кий район	Среднеез начение	Отнесение полос
1.	3300	3340	**3360**	3280	3320	Валентные колебания ОН
	3240	3280	**3260**	3200	3245	
2.	2950	2930	2915	2925	2930	Антисимметричные валентные колебания CH_2
3.	2870	2840	2810 сл.	2880	2850	Симметричные валентные колебания CH_2
4.	1530	1550	1550	1570	1550	Валентные колебания C = O, амид (O – C – N),
5.	1390	1410	1420 сл.	1420	1410	Деформационные CH_2, N – H
6.	1330	1390	1370	1360	1362,5	Деформационные колебания ОН
7.	1040	1070	1060	1080	1062,5	Валентные колебания CO

Выявлено, что среднее значение максимумов полос поглощения изменяются в диапазоне от 2,5 до 60 $см^{-1}$; очевидно это влияет на физические свойства ПРС.

Согласно таблицы 3.11 спектральные характеристики листьев ПЛ в области гидроксильных и метильно-метиленовых групп изменяется; очевидно, это связано с изменением метеорологических параметров места сбора растительных масс.

Таблица 3.11 - Спектральные характеристики листьев подорожника ланцетного в области гидроксильных и метильно-метиленовых групп

№	Место произрастания	$\nu_{макс.}$ $см^{-1}$	$\Delta\nu_{1/2}$, $см^{-1}$	D	$K_{макс.}$, л/г см	Интегральная интенсивность, от.ед
В области гидроксильных групп						
1.	Худжанд	3220	670	0.77	4.81	1428
2.	Бободжан Гафуров	3280	690	0.73	4.56	1569
3.	Исфара	3260	650	0.62	3.87	1078
4.	Спитамен	3200	730	0.65	4.03	1361
В области метильно-метиленовых групп						
1.	Худжанд	2950	580	0.48	3.00	683
2.	Бободжан Гафуров	2930	510	0.39	2.44	628
3.	Исфара	2915	440	0.40	2.50	580
4.	Спитамен	2930	460	0.49	3.06	704

Согласно вышеприведённым результатам максимумов волновых чисел, полуширина полос, максимальный коэффициент поглощения, оптическая плотность и относительная интегральная интенсивность для исследованных растений изменяются; очевидно, это связано с изменением метеопараметров и экологическими условиями места сбора растительных материалов.

Таким образом, метеорологические параметры влияют на физические свойства подорожника. При этом изменяется межмолекулярное взаимодействие функциональных групп, о чём свидетельствует изменение значения положения максимумов, полуширина полос, максимальный коэффициент полос поглощения, оптическая плотность и интегральная интенсивность в зависимости от экологического состояния окружающе среды.

3.5. Исследование влияния радиационного фона местности на спектральные характеристики растения гулявника

Как отмечено, РФ влияет на спектральные характеристики и физико-химические свойства ПРС. Для дополнения экспериментальных результатов в настоящем разделе исследованы спектроскопические характеристики корня лекарственного растения гулявника **(**Sisymbrium officinale Scop**.)** с различным радиационным фоном местопроизрастаний. Образцы для исследования собраны во время цветения с хвостохранилища Дегмай. Характеристики РФ места произрастания образцов приведены в таблице 3.14, расстояния между участками сбора около 100 м.

Таблица 3.12 - Характеристики места сбора растений

Место произрастания	Радиоактивный фон мкР/час
Дегмай точка *A*	18-22
Дегмай точка *B*	260-280
Дегмай точка *C*	820-860

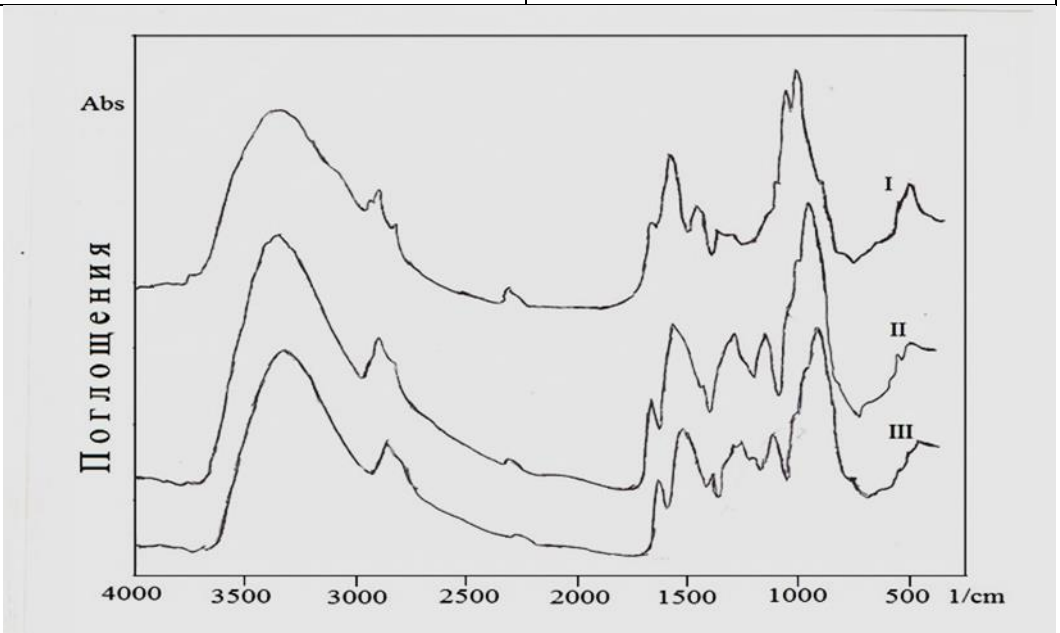


Рисунок 3.29 - ИК-спектры корня гулявника I-Дегмай точка A, II- Дегмай точка B, III-Дегмай точка C

На рисунке 3.29 приведены ИК - спектры поглощения корня гулявника с тремя точками хвостохранилища Дегмай. В таблице 3.13 приводятся ИК-данные о максимумах волновых чисел и интенсивности гулявника в интервале 500-4000 обратного сантиметра.

Согласно таблицы, в интервале волновых чисел от 4000 до 2800 для всех исследованных растений появляется ряд полос, которые различаются от 10 до 30 обратного сантиметра. Кроме того, в области волновых чисел от 1800 до 1000 также наблюдаются изменения полос от 10 до 90 обратного сантиметра. Отсюда следует, что, в зависимости от места сбора, максимальные полосы поглощения волновых чисел 4000-2800 $см^{-1}$ смещаются в низкочастотную область от двадцати одного до тридцати двух обратных сантиметра, это говорит об уменьшении межмолекулярного взаимодействия функциональных групп ПРС. Кроме того, интенсивность в этих областях спектра изменяется от 64.3 до 77.2 %. Эти изменения происходят в области 1800-500$см^{-1}$ во всех образцах, где наблюдаются полосы поглощения с точки *A* при частотах 1735, 1639, 1550, 1455, 1232 1145, 1099, 962 $см^{-1}$ а в точках *B* и *C* проявляются следы при 1550, 1455 $см^{-1}$ и появляется ряд полос при частотах 1417, 1400, 1375, 1338, 1319 $см^{-1}$, соответствующих валентным и деформационным колебаниям -C=C-C=N, C-O-H, CH и OH групп.

Таблица 3.13 - Положения частоты максимумов полос поглощения и интенсивности корней гулявника

Дегмай точка *A*		Дегмай точка *B*		Дегмай точка *C*	
ν_A, $см^{-1}$	Интенсив-ность	ν_B, $см^{-1}$	Интенсивность	ν_C, $см^{-1}$	Интенсив-ность
3381	0,643	3360	0,772	3349	0,685
3331	0,642	3311	0,744	3334	0,675
2958	0,399	-	-	-	-
2922	0,432	2924	0,493	2929	0,399
2850	0,333	2858	0,421	2859	0,333
1745	0,335	1739	0,325	1734	0,287
1639	0,503	1621	0,521	1610	0,413
1550	0,375	-	-	-	-
-	-	1400	0,495	1417	0,391
-	-	1375	0,502	1375	0,401
-	-	1338	0,428	1319	0,337
1232	0,35	1240	0,5	1244	0,41
1145	0,688	1100	0,675	1109	0,621
1099	0,744	1049	0,851	1047	0,755
962	0,33	923	0,368	897	0,273

Очевидно, уменьшения функциональных групп в точках *B* и *C* связаны с ослаблением межмолекулярных и внутримолекулярных водородных связей под воздействием РФ.

Можно сделать вывод, что по мере возрастания РФ происходит смещение максимумов полос поглощения в низкочастотную область спектра и изменение их интенсивности, которое свидетельствует об изменении длины связей функциональных групп. Эти изменения, очевидно, являются следствием изменения сил межмолекулярных взаимодействий ПРС [288].

Заключение по третьей главе

Как следует из вышеприведённых экспериментальных результатов, изменение ИК - спектров образцов из различных частей растений в результате воздействия антропогенных и техногенных факторов, а также метеорологических параметров в процессе роста и развития растений происходит неравнозначно по всей исследуемой области спектра поглощений.

Установлено, что для образцов из листьев и корней репейника и донника по мере роста уровня радиационного фона уменьшаются интенсивность полос поглощения и относительная интегральная интенсивность, а также уменьшается значение полуширины полос поглощения и изменяется МВ функциональных групп в природных соединениях растительного происхождения. Результаты анализа экспериментов показывают, что для образцов из донника по мере увеличения техногенных нагрузок относительная интегральная интенсивность и полуширина полос поглощения уменьшаются. Кроме того, метеорологические параметры влияют на свойства и спектральные параметры образцов из донника. Изменение спектральных характеристик происходит также для образцов ПЛ, произрастающих в разных экологических условиях. Изменяются интенсивности полуширины полос поглощения и относительная интегральная интенсивность, эти изменения непосредственно влияют на межмолекулярное взаимодействие функциональных групп атомов природных соединений. Наблюдается, что у стеблей по мере роста уровня радиации происходит увеличение интенсивности,

для листьев рост дозы радиационного фона приводит к уменьшению интенсивности полос поглощения гидроксильных групп, т.е. происходят изменения в межмолекулярных взаимодействиях.

Согласно результатам, изменения в спектральных параметрах и положения максимумов полос в области водородной связи, метильных, карбонылних и других групп в образцах ПРС свидетельствуют об участии этих параметров в формировании и структурообразовании растительных материалов. Найденные экспериментальные результаты дают возможность обнаружить влияние радиационного фона, метеорологических параметров на физико-химические свойства и межмолекулярные взаимодействия функциональных групп образцов растительного происхождения.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОЛЕКУЛЯРНУЮ ДИНАМИКУ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

4.1. Исследование содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях

Как было указано ранее, инфракрасная спектроскопия представляет собой один из фундаментальных классических методов абсорбционной молекулярной спектроскопии, который наряду с электронной спектроскопией в видимом и ультрафиолетовом диапазонах обеспечивает возможность исследования свойств и структурной организации органических и неорганических молекул, в том числе растительных систем, древесных тканей, биологических и медицинских объектов.

Общепризнанным является факт присутствия тяжёлых металлов (ТМ) в составе растительных материалов, дисперсионной системы почвы, составных частей деревьев, воды и живых организмов, которые непосредственно участвуют в формировании своей, и как так структуры ПРС. Тяжёлые металлы в значительной мере участвуют в биофизических, биохимических и физико-химических процессах, происходящих в составе растительных материалов; очевидно, их концентрация зависит от местонахождения этих элементов в системе почве, воды, аэрозолях и др. В составе почвы и других компонентов, зависящих от них, могут накапливаться искусственные и природные РН, которые также вносят свой вклад в рост, развитие и формирование молекулярной структуры ПРС. Очевидно, содержание этих элементов в биоценозе больше ПДК, что пагубно влияет на экосистему окружающей среды. Миграционная способность изотопов в окружающей среде, их способность поступать в почвенную влагу и участвовать в процессах биогеохимической миграции в существенной степени обусловлены содержанием и формами нахождения радионуклидов (РН) в почвах.

Исследование физического поведения радионуклидов или изотопов в составе дисперсионной системы почвы и образцов растительного происхождения показано, что они влияют на миграцию этих элементов в

окружающей среде и, очевидно, наносят вред всей экологической системе. В работе исследованы некоторые дикорастущие растения, хвойные деревья и пробы почвы от места сбора растительных компонентов, которые участвуют в круговороте различных РН и ТМ.

Для комплексного изучения влияния внешних факторов на колебательно-вращательную динамику природных растительных систем (ПРС) в настоящей главе представлены результаты исследований: содержания ТМ в составе растений и почвенных образцов, миграции ТМ в структурные компоненты растений, влияния ТМ и радионуклидов почвенных образцов на спектральные характеристики и межмолекулярные взаимодействия, влияния РН в составе воды на молекулярные спектры, влияния пестицидов на спектральные характеристики и др.

Следует отметить, что ТМ занимают одну из ключевых позиций среди загрязнителей биосферы. Как известно, загрязнение территории тяжелыми металлами имеет локальный характер. Преимущественно максимальное загрязнение почвенного покрова наблюдается в непосредственной близости от крупных автомагистралей, территорий размещения тепловых и атомных электростанций, хвостохранилищ и других промышленных объектов. Определение коэффициента биологического поглощения позволяет исследовать систему «почва-растение» для установления зависимости аккумуляции ТМ в период вегетации различными морфологическими частями растений от их содержания в почвенном субстрате. Также осуществлялся поиск подходящих растений для реабилитации почв, загрязненных различными ТМ.

Относительное количество ТМ в структурных частях растений и почвенных образцах в зависимости от места произрастания анализировали с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра марки Спектроскан Макс-G согласно методике, представленной в главе 2.

Образцы растений каперсов колючих (КК) (лат. Capparis spinosa L.) и полыни горькой (ПГ) (лат. Artemisia absinthium L.), а также почвенные образцы были отобраны одновременно из двух локаций хвостохранилища Дегмай: точка

1 – координаты СШ 40° 13' 35.1", ВД 69° 38' 9.58" и точка 2 – координаты СШ 40° 12' 35.16", ВД 69° 38' 21.3".

Таблица 4.1 - Содержание тяжёлых металлов в почвах и составных частей каперса колючего и полынь горького, мг/кг воздушно-сухой массы

Вид растений	Стронций	Свинец	Мишьяк	Цинк	Медь	Никель	Кобальт	Оксид железы, %	Оксид марганца, %	Хром	Ванадий	Оксид титана, %
1-КК листья	95.58	0.77	19.25	352.4	51.41	7.07	5.23	1.12	522.1	72.25	10.70	0.325
1-КК стебель	94.79	13.08	7.67	375.2	49.23	6.16	15.2	1.14	226.0	77.03	17.19	0.325
1-КК корень	94.98	5.86	17.40	393,4	47.92	10.8	18.1	1.21	228.5	80.45	12.42	0.328
1-ПГ листья	95.00	3.75	22.81	374.8	47.06	16.3	13.6	1.57	175.9	86.25	21.68	0.334
1-ПГ стебель	95.49	0.34	17.96	330.2	46.70	16.8	19.8	1.58	144.2	86.65	15.25	0.331
1-ПГ корень	94.85	5.67	17.30	243.7	47.29	18.3	16.7	1.74	152.2	105.1		0.334
1-почва	85.41	12.29	27.65	15.96	58.14	1.94	17.8	1.82	86.8	64.42		0.326
2-КК листья	115.2	1.11	179.1	103.1	38.28	18.0	54.9	1.22	318.9	100.2		0.327
2-КК стебель	108.4	4.05	68.39	117.5	38.34	12.5	55.6	1.19	145.0	99.03	35.57	0.328
2-КК корень	109.6	30.39	65.31	192.5	36.74	13.4	58.3	1.31	151.4	101.6	40.15	0.332
2-ПГ листья	96.79	3.48	18.63	165.4	47.80	8.28	22.3	1.31	254.5	83.56	32.98	0.336
2-ПГ стебель	97.54	1.97	28.94	132.4	46.75	14.3	22.7	1.45	229.3	90.69	43.72	0.347
2-ПГ корень	99.36	2.92	52.21	129.7	45.41	16.2	25.8	1.50	285.0	91.37	50.16	0.349
2-почва	85.85	12.63	50.21	20.31	58.79	3.23	18.3	1.46	87.69	64.06	18.04	0.336

Примечание*:* 1-КК – каперсы колючий из точки – 1; 2-КК – каперсы колючий из точки – 2; 1-ПГ – полынь горький из точки – 1; 2-ПГ – полынь горький из точки – 2; 1-почва – отбор пробы почвы из точки – 1; 2-почва – отбор пробы почвы из точки – 2.

Для определения биологических и физико-химических процессов в системе «почва-растение» был рассчитан коэффициент биологического поглощения ($К_i^{бп}$) согласно формуле [13, 172, 289], коэффициент биологического поглощения (КБП):

$$К_i^{бп} = \frac{C_i^p}{C_i^{почв}} \quad (4.1)$$

где C_i^p – содержание i-го тяжелого металла в растении, мг/кг; $C_i^{\text{почв}}$–содержание i-го тяжелого металла в почве, мг/кг.

Если $K_i^{бп}$>1 можно судить о высоком накоплении элементов, если $K_i^{бп}$< 1 наблюдается низкий уровень накопления тяжёлых металлов.

В таблице 4.1 приведено, концентрация ТМ в почвах и составных частей КК и ПГ. Из таблицы видно, что количества некоторых микроэлементов Sr, Zn, Ni, MnO, Cr в составных частях растений больше чем пробы почв. Это, очевидно, связано с неблагополучных состояний окружающей среды место произрастания растений.

На рисунке 4.1 приведены значение КБП ТМ и его оксидов составными частями растений из точки 1. Для этой точки согласно таблицы и рисунке 4.1, значение КБП стронций, оксид мангана и хрома больше единицы. Кроме того, для стебля КК - свинец, для стебля и корня ПГ - кобальт и для листьев и корневища ПГ - ванадий больше единицы, возможно, это связано о высоком накоплении этих микроэлементов составными частями исследованных растений.

На рисунке 4.2. приведены КБП из точки 2, можно видеть, что для всех частей растений стронций, оксид мангана, кобальт, хром и ванадий больше единицы.

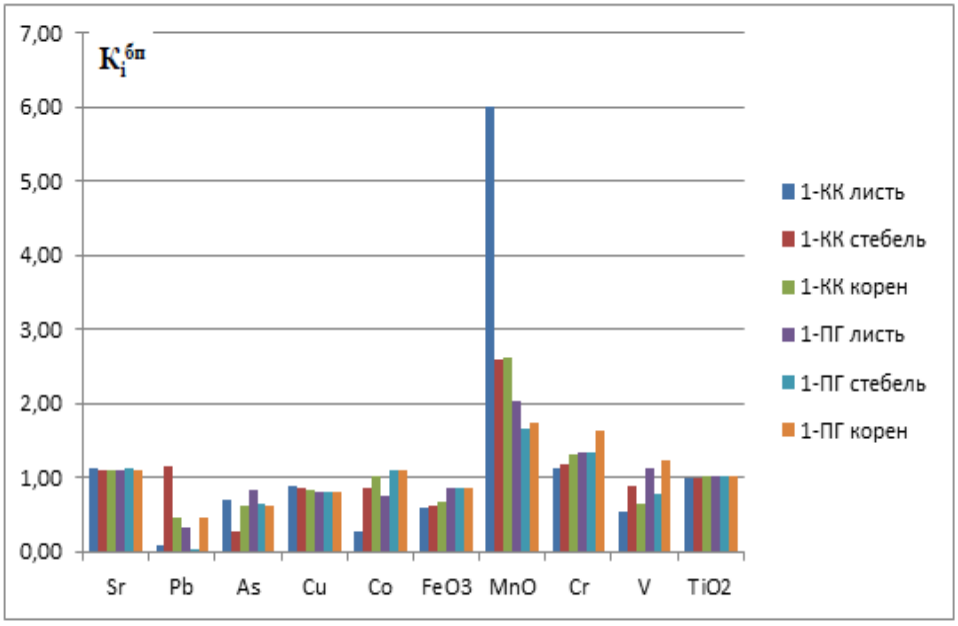


Рисунок 4.1 - Коэффициент биологического поглощения тяжёлых металлов различными частями каперсы колючего и полына горького из точки 1

Свинцу корня КК, и мышьяка все составные части КК и корня ПГ больше накапливают при этом $К_i^{бп}$>1 которое отражает высокое накопление перечисленных микроэлементов.

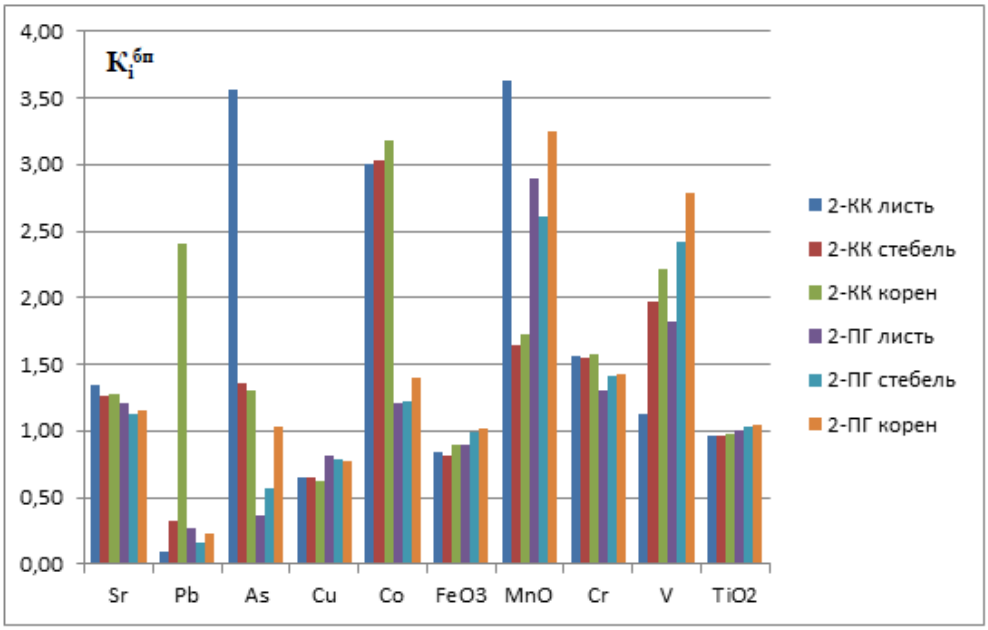


Рисунок 4.2 - Коэффициент биологического поглощения тяжёлых металлов, различными частями каперсы колючего и полына горького из точки *2*

На рисунке 4.3 представлены значения коэффициента биологического поглощения (КБП) никеля и цинка различными морфологическими частями крапивы коноплевидной (КК) и полыни горькой (ПГ). Из графических данных следует, что указанные элементы демонстрируют несколько более высокую степень аккумуляции в структурных компонентах исследованных растений.

Для обеспечения ростовых процессов и полноценного развития растений, помимо органических соединений, необходимо кумулятивное поступление микроэлементов. В данном контексте никель активно абсорбируется структурными частями растений и проявляет интенсивное взаимодействие с другими металлами как в почвенной среде, так и в растительных тканях. Цинк, в отличие от других элементов, в частности никеля, выполняет существенную роль в поддержании целостности мембранных структур, гормональной регуляции и других физиологических функциях растительных организмов. Наблюдается

взаимодействие между никелем и цинком, при котором каждый из этих металлов в результате конкурентных отношений способен ингибировать поглощение другого корневой системой [290, 291].

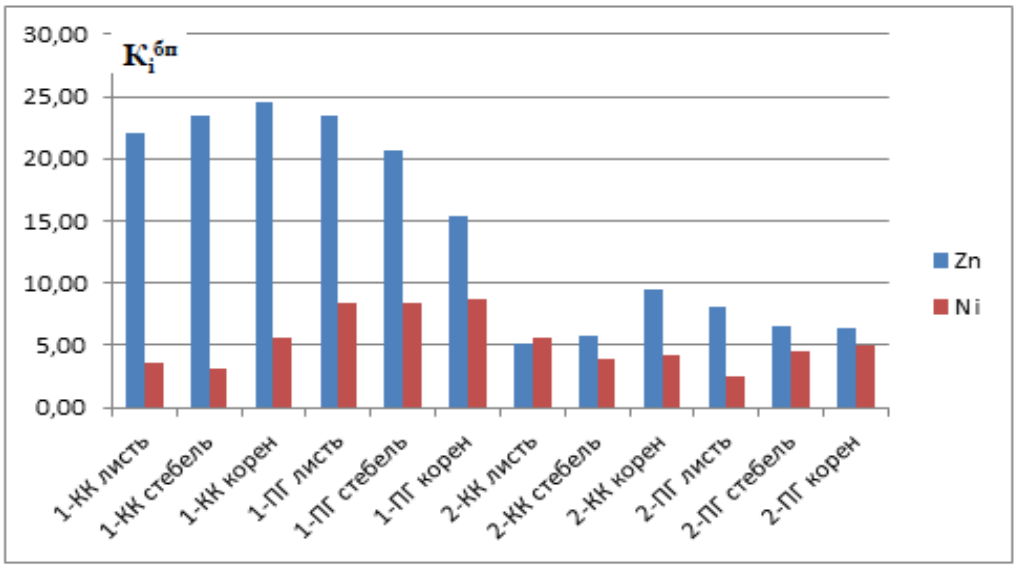


Рисунок 4.3 - Коэффициент биологического поглощения никеля и цинка различными частями каперсы колючего и полына горького

Для детального исследование влияние экологических условий место произрастания на транслокации ТМ по растениям вычислены коэффициент интенсивности перехода тяжёлых металлов почва – корень – стебель – листья согласно [292, 293].

Для определения интенсивность перехода (ИП) ($I_{\text{почва}-\text{корень}}$) микроэлемента из почвы в корень растений применили следующую формулу:

$$I_{\text{почва}-\text{корень}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{корень}}}{C(\text{Э})_{\text{почва}}} \qquad (4.2)$$

где: $C(\text{Э})_{\text{корень}}$ и $C(\text{Э})_{\text{почва}}$ – концентрации микроэлемента в корне растений и пробы почв место произрастания.

Переход микроэлемента из корня в стебель определили согласно формулы:

$$I_{\text{корень}-\text{стебель}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{стебель}}}{C(\text{Э})_{\text{корень}}} \qquad (4.3)$$

где: $I_{\text{корень}-\text{стебель}}$ – ИП микроэлементов из корня в стебель растений; $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$ и $C(\text{Э})_{\text{корень}}$ – концентрации химического элемента в стебле и корне исследуемых растений.

Также ИП ($I_{\text{стебель–листья}}$) тяжёлых металлов из стебля в листья растений рассчитали согласно, следующей формулы:

$$I_{\text{стебель–листья}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{листья}}}{C(\text{Э})_{\text{стебель}}} \qquad (4.4)$$

где: $C(\text{Э})_{\text{листья}}$ и $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$ – концентрации микроэлементов в листьях и стеблях растений.

Таблица 4.2 - Интенсивность переноса тяжёлых металлов от почвы к корню, от корня к стеблю и от стебля к листьям

Вид раст.	1-КК			2-КК			1-ПГ			2-ПГ		
ТМ	Поч. – кор.	Кор. – стеб.	Стеб. – листь.	Поч. – кор.	Кор. – стеб.	Стеб. – листь.	Поч. – кор.	Кор. – стеб.	Стеб. – листь.	Поч. – кор.	Кор. – стеб.	Стеб. – листь.
Sr	1,11	0,99	1,04	**1,27**	0,98	1,06	1,11	1,01	0,99	1,15	0,98	0,99
Pb	0,47	**2,23**	0,06	**2,40**	0,13	0,27	0,46	0,06	**11,0**	0,23	0,67	**1,76**
As	0,63	0,44	**2,51**	**1,30**	**1,04**	**2,62**	0,62	0,99	1,27	1,05	0,55	0,64
Zn	**24,6**	0,95	0,94	**9,47**	0,61	0,87	**15,3**	**1,35**	1,13	**6,38**	**1,02**	1,25
Cu	0,82	1,03	1,01	0,62	1,04	0,84	0,81	0,98	1,01	0,77	1,02	1,02
Ni	5,56	0,57	1,14	**4,14**	0,93	**1,44**	9,43	0,91	0,97	**5,01**	0,88	0,58
Co	1,02	0,84	0,34	**3,18**	0,95	0,98	0,93	1,18	0,68	**1,41**	0,88	0,98
Fe_2O_3,	0,66	0,94	0,98	0,89	0,91	1,03	0,95	0,91	0,99	1,03	0,96	0,90
MnO	**2,64**	0,98	**2,31**	**1,72**	0,96	**2,19**	**1,75**	0,94	**1,22**	**3,25**	0,80	1,11
Cr	**1,24**	0,96	0,94	**1,58**	0,97	1,01	**1,63**	0,82	0,99	1,42	0,99	0,92
V	0,64	**1,38**	0,62	**2,22**	0,88	0,57	**1,24**	0,64	**1,42**	**2,78**	0,87	0,75
TiO_2	1,01	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	1,05	0,99	1,01	1,04	0,99	0,96

В таблице 4.2 приведены экспериментальные результаты ИП тяжёлых металлов из почв к корням и других составных частей КК и ПГ. Согласно таблице 4.2 для всех исследованных образцов переход некоторых ТМ как, Sr, Zn, Ni, MnO, Cr и Co из почвы на корень растений больше единицы. Это, возможно, связано с дефицитом этих микроэлементов в составе почв или о неблагополучном экологическом состоянии окружающей среды.

ИП ТМ из корневища на стебле для КК из точки – 1, Pb, Cu и V, а из точки – 2 As и Cu больше единицы. Для ПГ из точки – 1 ИП ТМ как Sr, Zn и Co, а для точки – 2, Zn и Cu больше единицы.

Наблюдается активное перехода микроэлементов Sr, As, Ni и MnO из стебля на листья КК из всех точек. А для ПГ это переход более интенсивным и больше единицы является: Pb, As, Zn, Cu, MnO и V из точки – 1; Pb, Zn, Cu и MnO из точки – 2. Высокое содержания тяжёлых металлов в листьях растений,

очевидно, связано с поглощением этих элементов из состава атмосферы, которое является одним из фактора неблагополучной состояний экологической среды и пробы почв.

Анализ полученных результатов показывает, что составные часты КК и ПГ по-разному поглощают неорганических элементов.

Выявленное КБП ТМ и ИП микроэлементов из почвы в составные части растений в условиях техногенной нагрузки показывают, что эти растений можно использовать в качестве растения-фиторемедианта для реабилитации почв, загрязненных ТМ как стронций, цинк, никель, хром, мангана, кобальта и ванадия.

В зависимости от вида растений и составными частями значение КБП увеличивается для Sr, Co, Cr, Mn, V от 0,1 до 6 раза, а для Zn, Ni от 2 до 24 раза. Также ИП перечисленных ТМ из почвы на корневища больше единицы. ИП Pb, Cu и V из корневища на стебле для КК из точки – 1, As и Cu из точки – 2 больше единицы. Для ПГ ИП Sr, Zn и Co из точки – 1, Zn и Cu из точки – 2 соответственно больше единицы. Переход микроэлементов Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni и MnO из стебля на листьях для исследованных растений заметно увеличивается это, очевидно, связано с неблагополучных состояний окружающей среды.

4.2. Исследование интенсивности перехода и коэффициента поглощения тяжёлых металлов в растениях

В настоящей параграфе исследовано количество ТМ в системе почва-растение по концентрации некоторых ТМ. Определено КБП в системе «почва-растение» и рассчитан коэффициент интенсивности переноса ТМ в системе почва – корень – стебель – лист. Концентрация ТМ определена согласно методики изложенной в главе 2.

Образцы растения амарант или “амарант сизоватый” и пробы почвы были отобраны из разных мест; в основном, пункт 1 город Худжанд около автомобильной дороги (координаты С 40^0 16' 17.8" В69^0 35' 36") и пункт 2 Бободжангафуровский район (координаты С 40^0 16' 16.2" В 69^0 42' 0.45"

В таблицах 4.3 и 4.4 приведены данные о концентрации ТМ в составных частях амаранта сизоватого и пробы в почв местах произрастания растений.

Таблица 4.3 - Количество ТМ в почве и частях растений (мг/кг сухой воздушной массы) на двух исследовательских площадках

Вид и часть растений	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni
1-АС, листья	104,4	4,36	3,64	88,7	50,1	3,37
1-АС, стебель	104,4	12,3	2,16	79,8	50,5	1,88
1-АС, корень	108,8	-	8,25	100,1	48,4	3,48
1-почв	108,1	19,1	12,7	154,2	49,2	20,2
2-АС, листья	101,2	-	3,44	67,1	50,02	2,9
2-АС, стебель	121,5	10,1	6,75	51,1	50,01	2,74
2-АС, корень	103,8	2,21	4,18	52,3	49,14	8,36
2- почв	106,4	15,4	13,8	121,3	49,9	26,7

Из таблиц 4.3 и 4.4 видно, что количество некоторых микроэлементов как сторнций 1-АС стебель и Cu, Cr, V в составе частяей растений выше, чем в почве. Согласно формулы (4.1) определены КБП в составе почв-растений. КБП для стронция 2-АС равен1.14; медь 1-АС и 2-АС больше единицы; хром для обоих мест сбора выше единицы; ванадий для 2-АС больше 2 и для 1-АС больше 3, другие микроэлементи ниже единицы и равны ему.

Таблица 4.4 - Количество ТМ и оксидов металлов в почве и частях растений (мг/кг сухой воздушной массы) в двух точках исследования

Вид и часть растений	Co	Fe_2O_3, %	MnO	Cr	V	TiO_2
1-АС, листья	-	1,84	86,1	63,3	16,7	0,32
1-АС, стебель	-	1,77	84,6	62,2	23,3	0,32
1-АС, корень	-	2,01	85,8	62,7	21,5	0,32
1-почв	2,34	2,48	86,2	62,5	6,79	0,35
2-АС, листья	-	1,68	87,2	65,7	18,4	0,32
2-АС, стебель	-	2,47	86,9	64,9	19,2	0,32
2-АС, корень	-	1,83	86,8	65,9	20,9	0,32
2- почв	1,56	2,53	89,6	63,5	10,2	0,34

Кроме того, почти все элементы, которые больше содержится в почве (г. Худжанд), больше накапливаются в составных частях исследованных растений; в почве Бободжангафуровского района этих элементов кумулятивно мало содержится в растениях.

Для подтверждения этого факта мы определили коэффициент интенсивности переноса ТМ в системе почва – корень – стебель – листья. Согласно формулы (4.2), (4.3) и (4.4), определили значение перехода ТМ из состава почвы к корню, из состава корня к стеблю, из состава стебля к листу, значения которого приведено в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Интенсивность переноса ТМ из почвы в растения

ТМ	Амарант					
	Пункт 1			Пункт 2		
	П – К	К – С	С – Л	П – К	К – С	С – Л
Sr	0,9	0,95	1	0,97	**1,17**	0,83
Pb	-	-	0,35	0,01	**4,52**	-
As	0,6	0,2	**1,6**	0,38	**1,61**	0,2
Zn	0,6	0,7	**1,11**	0,43	0,97	**1,3**
Cu	0,9	**1,04**	0,99	0,08	0,9	1
Ni	0,1	0,5	**1,87**	0,4	0,32	**1,07**
Co	-	-	-	-	-	-
Fe_2O_3	0,7	0,8	1,03	0,73	**1,49**	0,7
MnO	0,9	0,9	1	0,9	1	1,003
Cr	0,98	0,99	1,01	**1,12**	0,97	1,01
V	**3,1**	**1,08**	0,71	**2,04**	0,91	0,95
TiO_2	0,9	1	1	0,94	1	0,99

Из таблицы 4.5 видно, что ИП отличается от места произрастания и свидетельствует о влиянии окружающей среды на формирование молекулярной структуры растений.

Кроме того, определено влияния ТМ на ИК-спектры амаранта. Запись спектров проводились на ИК–спектрометре TJ 270-30A Infrared Spectrometer TJ и обработано на программе Microsoft Excel.

Согласно рисунку 4.4, волновые числа максимумов полос в области 500- снижения интенсивности и смещения максимумов от 3420 $см^{-1}$ для образцов из Худжанда к 3385 $см^{-1}$ для образцов из Бободжангафуровского района, которые принадлежат водородной связи. При этом очевидно изменяется межмолекулярное взаимодействие в гидроксильных и др. группах в составе ПРС.

Согласно рисунки более высокую интенсивность имеют образцы, собранные из пункта 2. При частоте 3000 – 2800 $см^{-1}$ наблюдается слабая полоса

поглощения при 2890 и 2920 $см^{-1}$ соответствующих валентным колебаниям метильных и метиленовых групп.

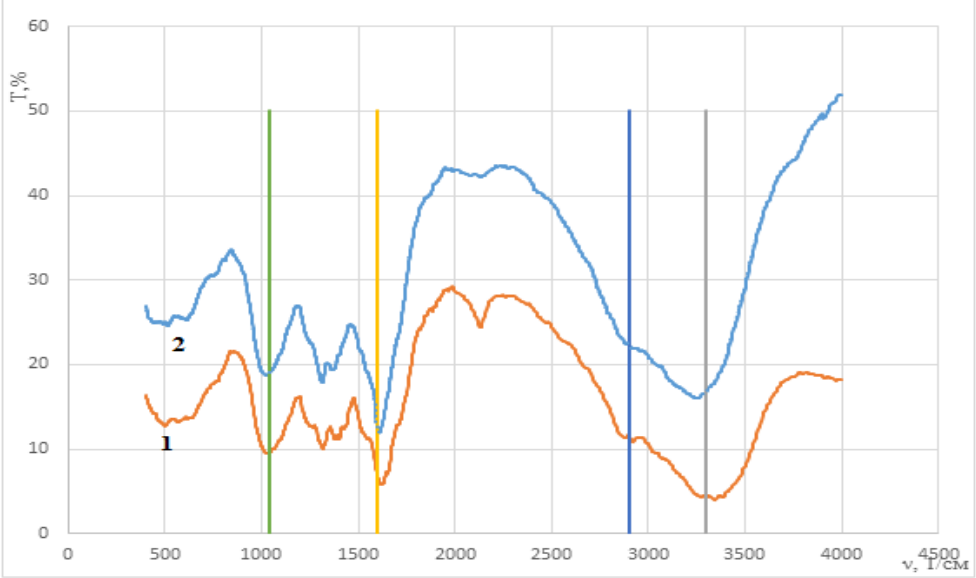


Рисунок 4.4 - ИК спектры амаранта
1- пункт г. Худжанд, 2 -пункт Бободжонгафуровского района

В области частот 1800 – 400 $см^{-1}$ проявляются ряд полос поглощения, характерные валентным и деформационным колебаниям С – О – Н, СН, ОН и С = О, С = С, С = N – групп. Очевидно количества ТМ и экологические условия влияет на спектральные параметры.

Например, для растений из первого пункта переход ванадия из почвы к корню растения происходит более 3-х раз, из корня к стебелю – медь и ванадий больше единицы, но из стебля к листу переход цинка, мышьяка, никеля, оксида железа и хрома – больше единицы. Возможно, эти элементы переносятся из других мест воздушной массой.

Для растения из второго пункта ванадия переходит из почвы в корни в два раза, а хром в 1,12 раза больше. Стронций переносится от корня к стеблю в количестве в 1,7 раза, мышьяк в 1,6 раза, свинец в 4,7 раза и оксид железа около 1,5 раз больше. Из стебля к листьям цинк, никель, оксид мангана и хром переносятся больше единицы, это говорит о неблагополучном состоянии окружающей среды первого пункта, где произрастают растения.

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что разные части растений поглощают ТМ по-разному. Также установлено, что практически все ТМ, зафиксированные аппаратурой, присутствуют в различных частях исследуемых растений. Накопления ТМ зависят от типа почв и экологических условий места произрастания. ТМ влияют на физико-химические свойства и спектральные характеристики о чём свидетельствуют; изменения интенсивности, форм и положения максимумов полос поглощения. Эти результаты можно использовать для экомоноторинга окружающей среды.

4.3. Исследование содержания тяжёлых металлов в составе полыни горькой

В настоящем параграфе исследованы взаимосвязи содержания ТМ в пробах почвы и полыни горькой (ПГ) методом РФА и на основе метода наименьших квадратов создана модель по распределени ТМ в растениях и дисперсионной системе почв.

Степень точности полученных результатов и скорость получения конечных результатов естественно повышаются, когда мониторинг проводится в режиме реального времени с мощными компьютерами, обладающими хорошим математическим обеспечением. Применения математической модели позволяют более надёжно организовать мониторинг и контроль загрязнения почвы и растительных материалов.

Образцы полыни горькой собраны из некоторых районов Северного Таджикистана. Характеристики мест произрастания растений приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Место сбора полыни горькой и почв

Место сбора растений и пробы почв	Дата сбора	Координаты места произрастания
1. Бабаджангафуровский район	23.06.2021	С 40^0 16' 16.2" В 69^0 42' 0.45"
2. Хвостохранилища Дегмай	20.06.2021	С 40^0 13' 35.1" В 69^0 38' 9.58"
3. Аштский район	25.06.2021	С 40^0 36' 30" В 70^0 13' 20"

Отбор и подготовку проб для анализа проводили в соответствии с нормативными документами [290, 301], согласно глава 2. Значение концентрации ТМ образцов из Аштского, Бободжангафуровского района и хвостохранилища Дегмай приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Содержание тяжёлых металлов в растений и пробе почвы (мг/кг)

Места сбора	Бободжангафуровский район		Хвостохранилища Дегмай		Аштский район	
С, мг/кг	$С_{п,}$ почва	$С_{р,}$ растений	$С_{п,}$ почва	$С_{р,}$ растений	$С_{п,}$ почва	$С_{р,}$ растений
Стронций	91,30	96,70	85,40	95,50	91,10	94,90
Свинец	6,060	1,370	12,30	3,30	6,470	35,00
Мишьяк	50,20	58,90	27,60	19,40	57,60	20,10
Цинк	32,50	156,40	16,00	316,2	49,40	104,00
Медь	56,00	46,80	58,10	47,00	55,70	47,50
Никель	8,130	13,10	1,900	17,10	6,220	21,80
Кобальт	11,10	23,10	17,80	16,70	16,40	26,20
Оксид железы	1,70	1,50	1,80	1,60	2,30	1,40
Оксид марганца	91,00	250,10	86,80	157,40	90,20	209,70
Хром	64,90	89,80	64,40	92,70	64,50	80,00
Ванадий	16,80	29,70	19,20	20,30	16,80	9,80
Оксид титана	0,340	0,330	0,326	0,330	0,350	0,327

Согласно таблицы ПГ в зависимости от места произрастания поглощают ТМ по-разному. Из результатов можно видет, что растениям больше всего поглощается стронций, никель, хром, цинк и оксид мангана.

«Это свидетельствует об избирательности поглощении отдельных тяжёлых металлов этим растением. Анализ также показывает, что мышьяк, кобальт и ванадий больше содержатся в ПГ, чем в пробах почв Бабаджан-Гафуровского района. Свинец и кобальт больше содержатся в ПГ Аштского района. Для остальных элементов наблюдается слабый захват» [16 А, с.81].

Однако, элементов как Sr, Zn, Ni, Cr, V и MnO больше накапливается ПГ чем дисперсионная система почв.

Используя МНК, можно аппроксимировать полученные данные линейной зависимостью y=ax+b и сравнивать их с экспериментальными данными.

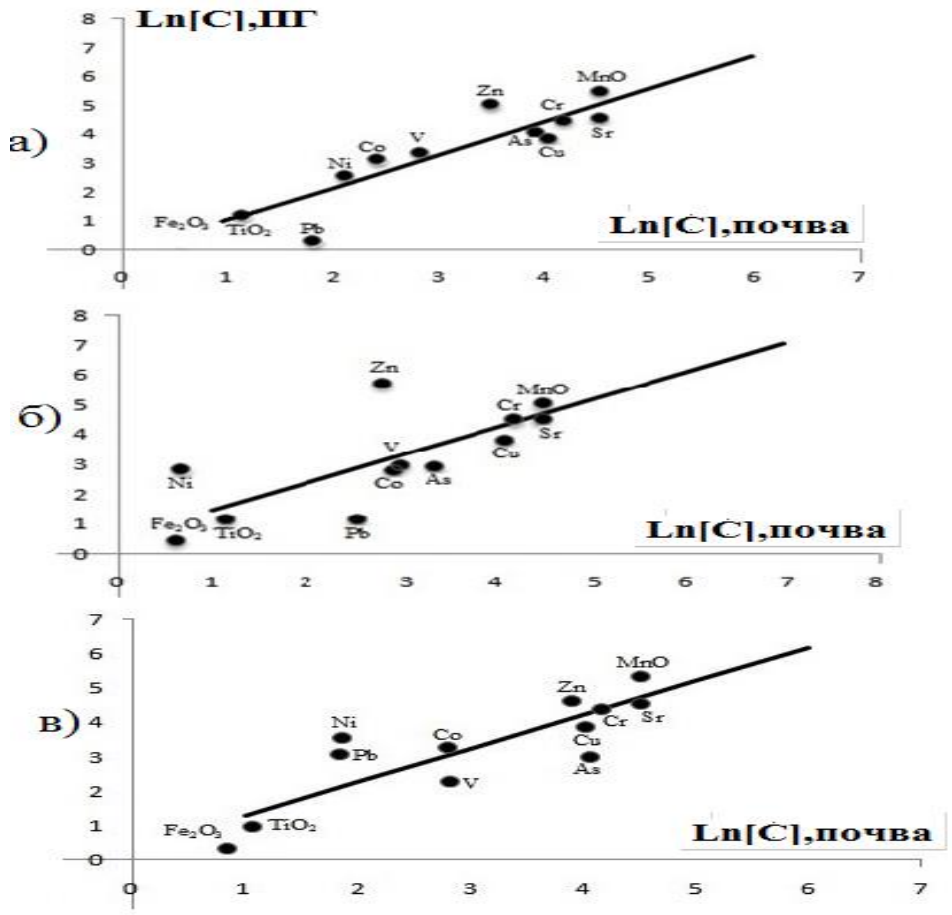


Рисунок 4.5 – Распределения тяжёлых металлов в почве и полыни горькой:
а. Бободжангафуровского района; **б**. хвостохранилища Дегмай; **в.** Аштского района

В данном случае задача заключается в нахождении коэффициентов линейной зависимости, при которых функция двух переменных, a и b принимает наименьшее значение;

$$\mathrm{f}(a,\mathrm{b}) = \sum_{i=1}^{n}(y_i - (ax_i + b))^2 \qquad (4.5)$$

С помощью этой функции и данных, приведённых в таблице построим точки и линию в одной диаграмме (рисунок 4.5).

Значения $К_б$ >1 показывают степень захвата или поглощения ТМ растениями. Как видно из рисунка 4.2 для Zn, Ni, MnO и Cr во всех районах больше единицы, причем для цинка величина $К_б$ достигает максимальное значения 19,8 в хвостохранилища Дегмая и 4,81 для Бободжан-Гафуровском районе. Для никеля этот показатель также достигает довольно высокого значения

8,8 в хвостохранилища Дегмай. Выявлено, что ПРС в хвостохранилища Дегмай больше накапливается цинка, никеля, кобальта.

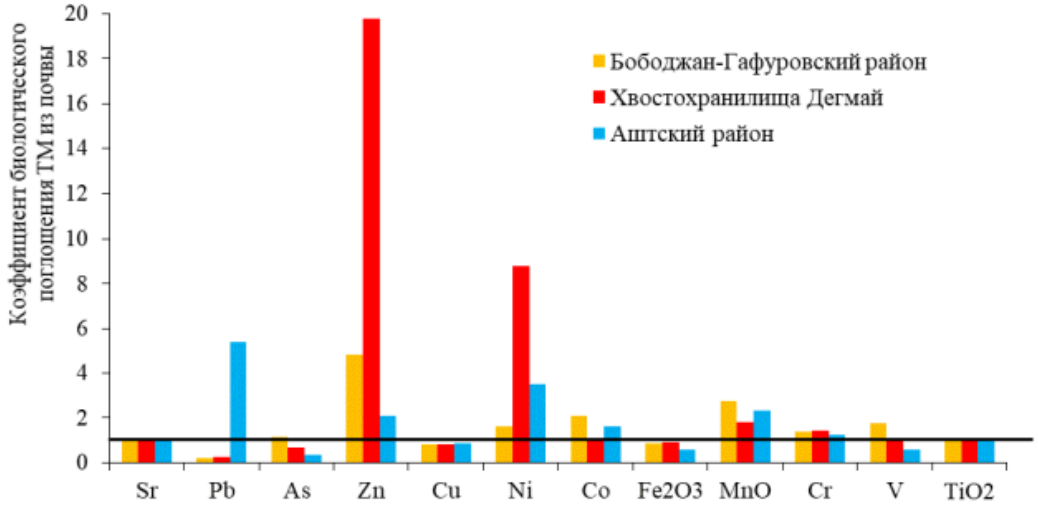


Рисунок 4.6 - Коэффициент биологического поглощения тяжёлых металлов из почв полыни горькой для исследованных районов

Отсюда полученные данные показывают, что почва хвостохранилища Дегмая значительно загрязнена цинком и никелом, а почва Аштского района – свинцом, при этом ПГ можно рекомендовать для реабилитации почв в этих районах.

Таким образом, выявлено, что степень поглощения ТМ полынью горькой зависит от мест ее произрастания и природы ТМ; такие элементы как Zn, MnO, Ni, и Co содержаться преимущественно в ПГ, а Pb, As, Cu – больше в почве; ПГ можно рекомендовать для очистки почв от цинка и никеля во всех трех районах, а свинца только Аштском районе.

4.4. Распределение тяжёлых металлов в почвах и природных растительных соединения

Для выяснения распределения ТМ было исследовано влияние экологические условия места произрастания на содержание некоторых микроэлементов растений, а также определены ТМ.

Образцы приготовлены из составных частей гармала обыкновенного (ГО) (лат. Peganum Harmala) отобранные из Северного Таджикистана. Образцы и одновременно пробы почв отобрали одновременно из города Худжанда,

Аштского района и хвостохранилища Дегмай. Координата место произрастания растений, г. Худжанд – $40^0$12' 35.16"с.ш., 69^0 38' 21.3"в.д., Аштский район – $40^0$12' 35.16"с.ш., 69^0 38' 21.3"в.д. и хвостохранилище Дегмай – $40^0$12' 35.16"с.ш., 69^0 38' 21.3"в.д.

В таблице 4.8 приведена концентрация ТМ в почвах и составных частях ГО. Из таблицы видно, что в составных частях растений из г. Худжанда и Аштского района количества некоторых микроэлементов как Sr, Zn, Ni, Cr больше содержится чем в почве. В то же время наблюдается чрезмерное поглощение свинца растениями, произрастающих в Аштском районе.

Таблица 4.8 - Содержание тяжёлых металлов в почвах и составных частях гармалы обыкновенной, мг/кг воздушно-сухой массы

ТМ	Худжанд				Ашт				Дегмай			
	Л*	С	К	П	Л*	С	К	П	Л*	С	К	П
Sr	100,6	103,6	99,9	90,1	98,2	97,8	97,3	90,9	113	119	113	85,8
Pb	-	-	-	20,4	435	447	482	64,6	-	-	-	12,6
As	18,70	28,12	24,87	31,3	-	-		51,2	150	233	220	50,7
Zn	72,2	102,7	109,0	67,3	52,7	54,3	79,6	40,7	152	192	199	20,3
Cu	45,2	45,6	47,6	51,9	48,1	48,7	48,3	55,6	40,1	38,6	39,7	58,7
Ni	12,6	7,11	25,7	16,1	5,8	5,6	24,3	5,97	7,57	8,98	20,1	3,23
Co	31,8	30,3	23,2	12,1	-	-	-	-	45,5	48,9	51,2	18,3
Fe_2O_3	1,35	1,17	1,52	2,3	1,3	1,14	1,63	2,41	1,28	1,18	1,59	1,46
MnO	175,7	137,7	226,1	580	220	233	269	90.1	302	192	229	87,6
Cr	89,8	85,25	97,5	84,5	74,1	72,8	77,8	65,4	95,8	92,9	103	64,1
V	40,5	9,72	42,2	67,6	16,3	14,1	19,6	15,8	23,5	27,2	46,4	18,0
TiO_2	0,340	0,328	0,351	0,43	0,33	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,35	0,34

*Примечание: Л – листья; С – стебли; К – корень; П – почва.

А в растениях из хвостохранилища Дегмая, кроме меди и оксида железа, других микроэлементов содержится больше, чем в пробе почв. Этот факт, очевидно, связан с неблагополучным состоянием окружающей среды места произрастания растений.

Для образцов из города Худжанда элементы стронций, цинк, кобальт и хром больше содержится в составные части растений больше чем в почве. В образцах растений из Аштского района элементы стронций, свинец, цинк, оксид мангана,

хром ванадий во всех составных частях содержится больше чем в пробы почв, а никель содержится больше в корнях, чем в почвах. Для образцов из хвостохранилища Дегмая кроме свинца, меди, оксид железы и титана другие обнаруженные ТМ больше содержится в составных частях растений. Попав в растение ТМперемещаются по всему организму и могут накапливаться в листьях, стеблях, плодах и семенах. Более того, они могут вкючаться в состав биомолекул сложных органических соединений, как белки, нуклеиновых кислоты (ДНК, РНК) липиды, углеводы.

Накопленные ТМ в биомолекулах растений имеет целый ряд негативных последствий, которые распространяется далеко за пределы самого растения.

Например для растений:

1). Нарущается роста и развития.

2). Снижается устойчивости к развития.

3). Изменение биохимического состава.

4). Репродуктивные нарушения (снижется качество семян и их всхожеств).

Для точного выяснения этого факта согласно формуле (4.1) определён КБП различными частями ГО.

По данным мировой литературы, если по $К_i^{бп}$>1, то можно судить о высоком накоплении ТМ, при $К_i^{бп}$< 1 наблюдается низкий уровень накопления ТМ [13, 289].

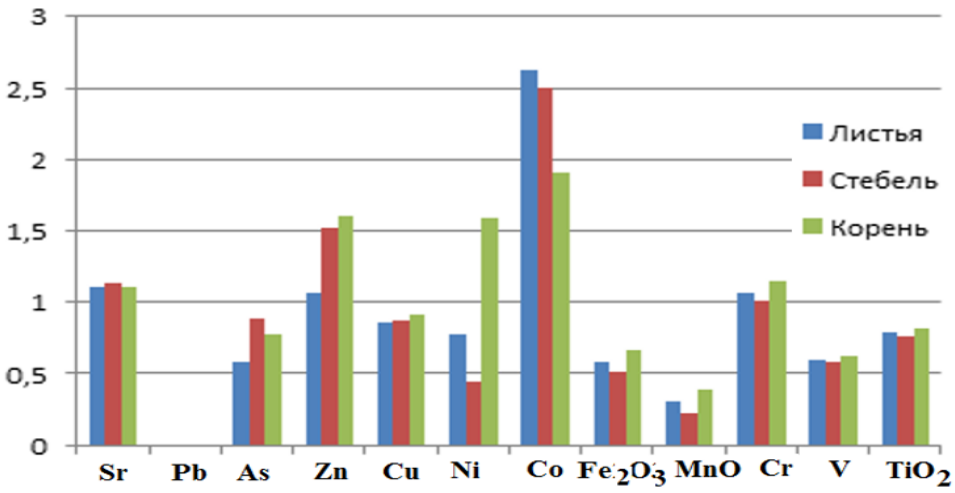


Рисунок 4.7 - Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов гармала обыкновенного из Худжанда

На рисунке 4.7 приведён КБП ТМ и его оксидов составных частей ГО из г. Худжанда. Из рисунка 4.7 видно, что для всех составных частей растений, произрастающих в г. Худжанде, КБП стронция, цинка, кобальта, хрома и никеля ГО больше единицы. А для других микроэлементов $К_i^{бп}$< 1. Свинца в составе растений не обнаружено.

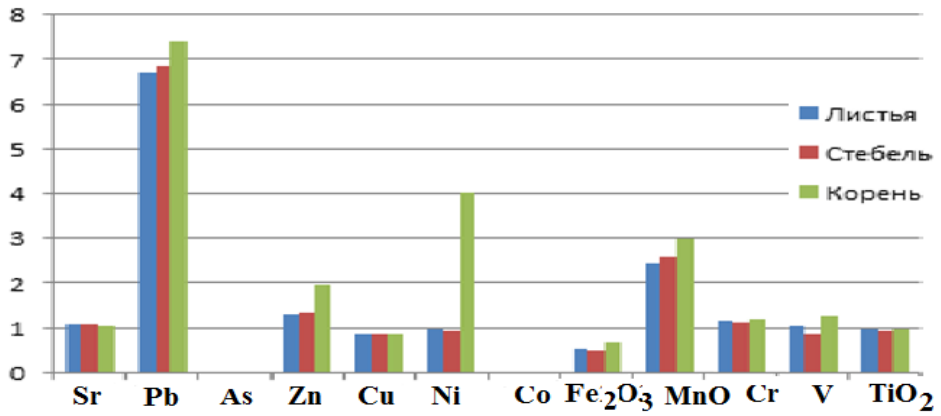


Рисунок 4.8 - Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями гармала обыкновенного из Аштского района

На рисунке 4.8 приведены КБП, ГО из Аштского района. Из графика можно видеть, что для всех частей ГО, произрастающих в Аштском районе $К_i^{бп}$ для стронция, свинца, цинка, оксида марганца, а также никеля в биомолекул растений больше единицы.

Тяжёлые металлы, как мышьяк и кобальт, в растениях из Аштского района не обнаружены.

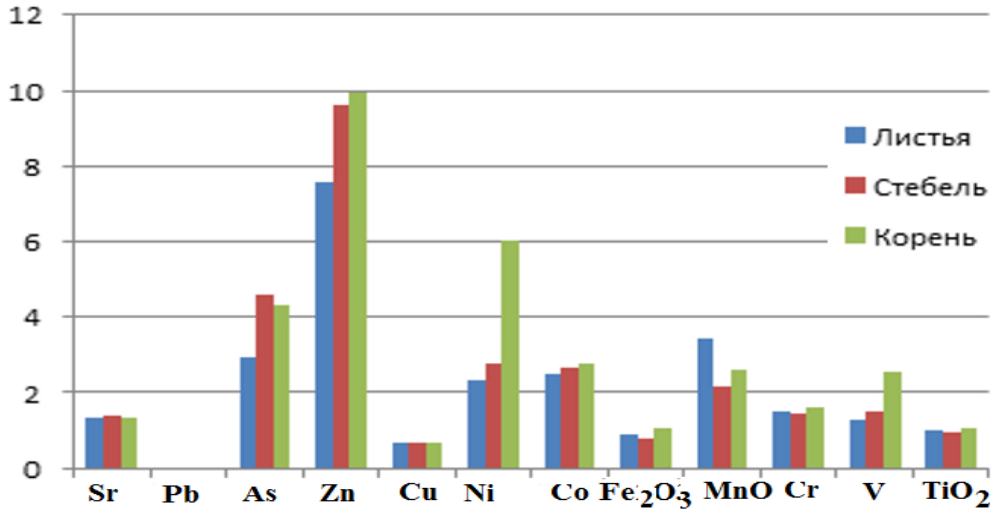


Рисунок 4.9 - Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями гармала обыкновенного из хвостохранилища Дегмай

На рисунке 4.9 приведены КБП ТМ и оксидов металлов различными частями ГО из хвостохранилища Дегмай. В растениях, которые произрастают на хвостохранилище Дегмай, КБП всех исследованных элементов, кроме оксида железа, оксид титана и меди больше > 1. Согласно графике, составные части ГО демонстрируют сильный захват таких элементов, как сронций, цинк, никель, мышьяк, хром, ванадий и оксид марганца. Очевидно, это связано со свойственными характеристиками ГО.

Высокое содержание этих элементов растений, очевидно связано с поглощением этих элементов из окружающей среды и состава атмосферы которая является фактором неблагополучного состояния экосистемы.

Анализ полученных данных показывает, что составные часты ГО по-разному поглощают ТМ. Определено, что ТМ, как стронций, цинк, кобальт, хром больше содержатся во всех составных частях ГО. По результатам экспериментальных данных, в зависимости от составных частей ГО для растений, произрастающих в неблагополучных экологических условиях КБП увеличивается. В связи с этим ГО можно использовать в качестве отчистки почв от некоторых тяжёлых металлов как Sr, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr и V.

4.5. Исследование тяжёлых металлов в пробах почв и растительного материала

Для подтверждения полученных результатов были исследовани образцы ПГ из других мест произрастания. Образцы ПРС и пробы почв отобрали одновременно из городов Худжанд, Истаравшан и хвостохранилища Дегмай из второго пункта.

Как известно, исследование ИП ТМ и математическая обработка результатов методом МНК дают возможность анализировать экспериментальные данные, прогнозировать и предсказывать, как дальше пойдёт действие и таким образом предотвратить биоматериалы от всех видов внешних факторов и сохранит их.

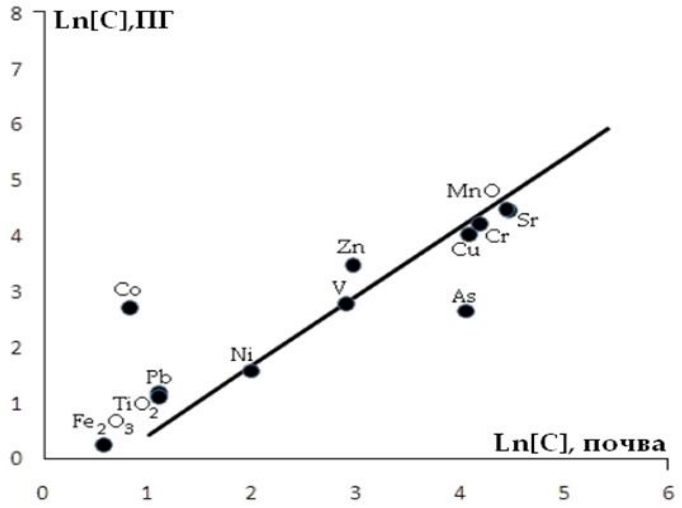


Рисунок 4.10 - Содержание элементов полыни горькой и пробы почве из г. Истаравшана

В таблице 4.9 приведено содержание ТМ в образцах из растений ПГ и пробы почв из Истаравшана. Согласно таблице 4.9. и рисунку 4.10, в образцах растений из Истаравшана некоторые элементы, как свинец, кобальт, цинк, оксид титана и оксид железа, больше содержатся в растениях, чем в почве.

Таблица 4.9 - Содержание тяжёлых металлов в растениях и пробы почв из г. Истаравшана

№	С, мг/кг	$C_{п,}$ почва	$C_{р,}$ растений	X=ln C, почва	Y=ln C, Растений	X^2	$Y_n \cdot X_n$
1.	Sr	85,61	88,12	4,45	4,48	19,8	19,93
2.	Pb	2,99	3,35	1,10	1,21	1,20	1,32
3.	As	56,72	14,39	4,04	2,67	16,31	10,77
4.	Zn	19,22	32,67	2,96	3,49	8,74	10,31
5.	Cu	58,59	57,20	4,07	4,05	16,57	16,47
6.	Ni	7,23	4,90	1,98	1,59	3,91	3,14
7.	Co	2,26	15,32	0,82	2,73	0,66	2,23
8.	Fe_2O_3,%	1,76	1,31	0,56	0,27	0,32	0,15
9.	MnO	83,61	89,65	4,43	4,5	19,59	19,90
10.	Cr	64,34	68,96	4,16	4,23	17,34	17,63
11.	V	17,89	16,31	2,88	2,79	8,32	8,05
12.	TiO_2,%	0,34	0,33	-1,09	-1,12	1,18	1,22
				30,35	30,87	113,94	111,12

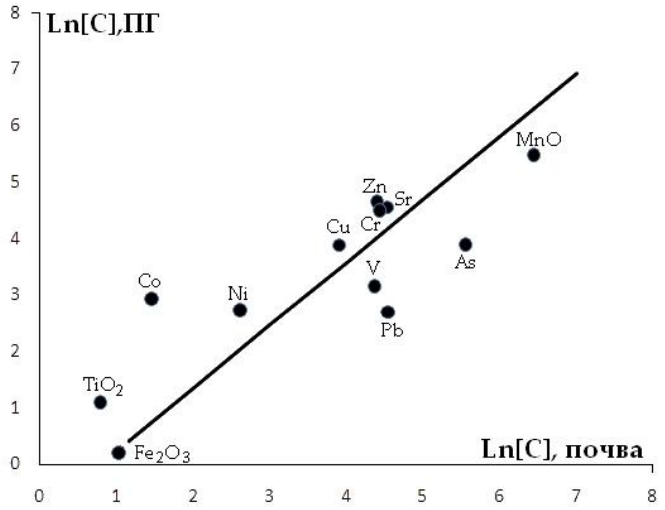


Рисунок 4.11 - Содержание элементов в растениях и пробах почв из Худжанда

Арсений, медь, хром и стронций больше преобладают в пробах почв, чем в растениях, однако никель и ванадий в пробах почв и растениях содержатся в одинаковом количестве.

Таблица 4.10 - Содержание тяжёлых металлов в растениях и пробах почв из Худжанда

№	C, мг/кг	$C_{п,}$ почва	$C_{р,}$ Растений	X=ln C, почва	Y=ln C, растений	X^2	$Y_n \cdot X_n$
1	Sr	93,06	94,98	4,53	4,55	20,55	20,64
2	Pb	93,12	14,77	4,53	2,69	20,56	12,21
3	As	258,72	48,86	5,56	3,89	30,87	21,61
4	Zn	81,16	104,87	4,40	4,65	19,33	20,45
5	Cu	49,68	48,44	3,91	3,88	15,25	15,15
6	Ni	13,51	15,28	2,60	2,73	6,78	7,10
7	Co	4,26	18,80	1,45	2,93	2,10	4,25
8	Fe_2O_3,%	2,78	1,22	1,02	0,20	1,05	0,21
9	MnO	630,67	238,43	6,45	5,47	41,56	35,29
10	Cr	83,87	89,49	4,43	4,49	19,62	19,91
11	V	78,81	23,28	4,37	3,15	19,07	13,75
12	TiO_2,%	0,46	0,33	-0,78	-1,10	0,61	0,86
				42,46	37,55	197,34	171,43

В таблице 4.10 приведена обработка результатов пробы почв и растений, произрастающих в городе Худжанде.

В таблице 4.11 приведены содержания ТМ в растениях и почв из хвостохранилища Дегмай, пункт второй.

Таблица 4.11 - Содержание тяжёлых металлов в растениях и пробах почв из хвостохранилища Дегмай

№	С, мг/кг	$С_{п,}$ почва	$С_{р,}$ Растений	X=ln C, почва	Y=ln C, Растений	X^2	$Y_n \cdot X_n$
1	Sr	85,86	99,37	4,45	4,60	19,83	20,48
2	Pb	12,64	20,98	2,54	3,04	6,44	7,72
3	As	50,76	52,22	3,93	3,96	15,42	15,53
4	Zn	20,30	129,71	3,01	4,87	9,06	14,65
5	Cu	58,79	45,41	4,07	3,82	16,60	15,55
6	Ni	3,24	16,26	1,18	2,79	1,38	3,28
7	Co	18,37	25,78	2,91	3,25	8,47	9,46
8	Fe_2O_3,%	1,46	1,51	0,38	0,41	0,14	0,16
9	MnO	87,69	285,03	4,47	5,65	20,02	25,29
10	Cr	64,06	91,37	4,16	4,51	17,30	18,78
11	V	18,04	50,16	2,89	3,92	8,37	11,33
12	TiO_2,%	0,34	0,35	-1,09	-1,05	1,19	1,15
13				32,90	39,76	124,22	143,36

Как показывает результат из таблицы 4.10 и рисунка 4.11, в образцах из города Худжанда кобальт, никель, медь, хром, цинк, стронций и оксид титана больше накапливались в растениях.

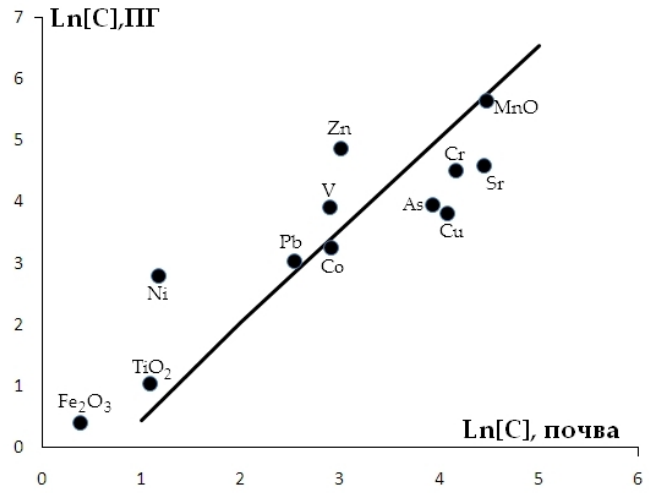


Рисунок 4.12 - Содержания элементов в растениях и пробах почве из хвостохранилища Дегмай

Такие элементы, как свинец, ванадий, мышьяк и оксид мангана наблюдаются больше в пробах почв, только количества оксида железа для растений и почвы одинаковы.

Согласно таблицы 4.11 и рисунка 4.12, для образцов растений из хвостохранилища Дегмай никель, ванадий, цинк и оксид титана и оксид железа больше накапливается в растениях, чем в пробах почв. Мышьяк, хром, медь и стронций больше содержатся в почве. Остальные элементы по количеству почти одинаковы в растениях и пробах почв.

Таким образом, математическая обработка экспериментальных результатов методом МНК даёт возможность определить распределения микроэлементов в растениях и пробах почв. Мониторинг такого рода можно применять для защиты и охраны природы, а также определить ПРС для фиторемедианта и реабилитации почв от некоторых загрязнённых ТМ. Установлено, что, в зависимости от экологических условий места произрастания ПГ больше накапливает цинка, оксиде титана и железа, кроме того это зависит от типа почвы. Однако в зависимости от типа почв ПГ свинца, кобальта, никеля, меди, хрома и ванадия поглощается больше.

4.6. Применение логистического уравнения Ферхюльста для прогноза количества тяжёлых металлов в почве

Известно, что ТМ занимают одно их первых мест среди всех загрязнителей биосферы. Загрязнение территорий тяжелыми металлами носит локальный характер. В основном максимальное загрязнение почв наблюдается вблизи крупных автомагистралей, на территориях и вблизи тепловых электростанций, хвостохранилищ и других источников тяжёлых металлов. В зависимости от степени загрязнения окружающей среды техногенные экотоксиканты могут приводить к экологическому напряжению среды, в результате чего очевидно нарушается цикл производства экологически безопасной продукции [162-164].

В этом параграфе представлены результаты моделирования динамики изменения концентрации ТМ как цинка, свинца и мышьяка в пробах почв некоторых районах Согдийской области с использованием уравнения Ферхюльста [297-299].

Согласно мировой литературы в современной науке математическое моделирование физических процессов играет важную роль. Математические модели – это язык, на котором формулируются наши представления о физических, биофизических и других явлениях в природе. Математическая модель должна иметь аналитическое решение, чтобы стать полезной для изучения реального физического явления [297, 298].

В изолированной системе при длительном периоде наблюдения П.Р. Ферхюльст [299] вывел уравнение, описывающее рост популяции. Ферхюльстом представлено следующее уравнение по динамике численности популяции:

$$\frac{dx}{dt} = rx - mx^2 \quad (4.6),$$

где r – удалённая скорость роста численности, x – численность популяций, m – число встреч членов популяции, при котором они могут конкурировать за какой либо ресурс.

Решением логистического уравнения П.Р. Ферхюльста [297, 298] является:

$$x(t) = \frac{x_0 K e^{rt}}{K - x_0 + x_0 e^{rt}} \quad (4.7).$$

В уравнении (4,7) параметр K носит название «ёмкости концентрации», выражается в единицах численности (или концентрации) и носит системный характер. В нашем случае x – концентрация одного из видов тяжёлых металлов, $x_0 = x(t = 0)$ – концентрация этого металла без влияния внешних факторов (начальная концентрация), K – скорость роста концентрации ТМ, или предполагаемая предельно допустимая концентрация ТМ в почве.

С помощью уравнения (4,7) и в поле программы Mathcad можно выполнить расчёт и строит график функции при различных концентрациях ТМ [300].

Концентрацию ТМ определили методом РФА, согласно методу, описываемого в описанному во второй главе.

В таблице 4.12 приведены концентрации первое степени опасности ТМ как цинка, мышьяка и свинца за период с 2019 до 2022 гг. в городах и районах Северного Таджикистана.

Пробы почв собирали согласно метода «конверта». Координаты места сбора почв из городов Худжанда (40°17,46'.15" с.ш.; 69° 35,51'58" в.д.; высота 354 м над ур. м.), Истаравшана (39° 51' 28" с.ш; 69° 11' 58" в.д.; высота около 1000 м над ур. м.) и Бабаджангафуровского района (40° 16' 16.2" с.ш.; 69° 42' 0.45" в.д.; высота 337 м над ур. м.).

Таблица 4.12 - Место и время сбора образцов почв

№	Время отбора	С, мг/кг	Истаравшан	Худжанд	Бабаджангафуровский Район
1	**2019**	Pb	23.67	31.90	6.100
2		As	2.360	3.400	5.420
3		Zn	208.9	118.4	89.30
1	**2020**	Pb	4.040	31.60	7.610
2		As	2.250	3.050	3.630
3		Zn	189.2	110.6	86.60
1	**2022**	Pb	2.800	32.00	10.50
2		As	2.050	1.900	1.830
3		Zn	146.0	109,3	32.54

Примечание: С – концентрация тяжёлых металлов

Из таблицы видно, что концентрация тяжёлых металлов по годам изменяется. Очевидно, это связано с антропогенными или техногенными факторами воздействий.

На рисунке 4.13 приведены зависимости концентрации тяжёлых металлов (цинк) в различных пробах почв, взятых в разные годы. График такой функции называется логическим, а рост и уменьшение количества ТМ соответствуют логистическим уравнениям. В связи с этим, предположим, что максимальный рост достигается, когда количество ТМ равно примерно К/2.

По литературным данным [301], предельно допустимая концентрация (ПДК) цинка в почвах равна 100 мг/кг; в связи этим предполагаем, что К/2=100 мг/кг. Цинк относится к ТМ повышенной токсичности при высоком содержании в почвах. Из графика видно, что количество цинка в Истаравшане и Худжанде выше нормы и с течением времени оно монотонно уменьшается.

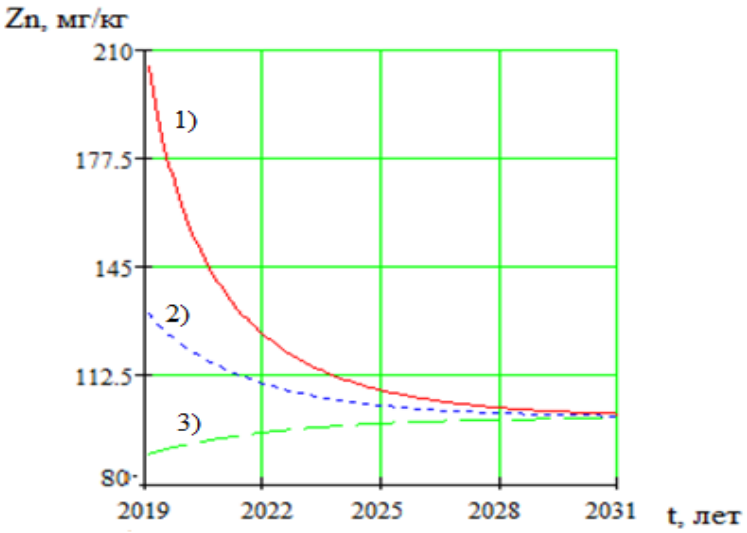


Рисунок 4.13 - Динамика изменения концентрации цинка в пробах почв;
1*)* г. Истаравшан, 2*)* г. Худжанд, 3*)* Бободжангафуровский район

Согласно графику, концентрация цинка в исследованных местах по времени стабилизируется, а в графике кривой остаётся постоянной величиной.

«Среднее содержание Pb в незагрязненных почвах во всём мире оценивается в 17 мг/кг. Этот общий фоновый уровень был подтвержден геоэкологами. В результате крупномасштабных исследованный почв установлено, более высокое содержание Pb в почвах многих областей свидетельствует, что причиной загрязнения почв является наличие антропогенных факторов» [164, с.24].

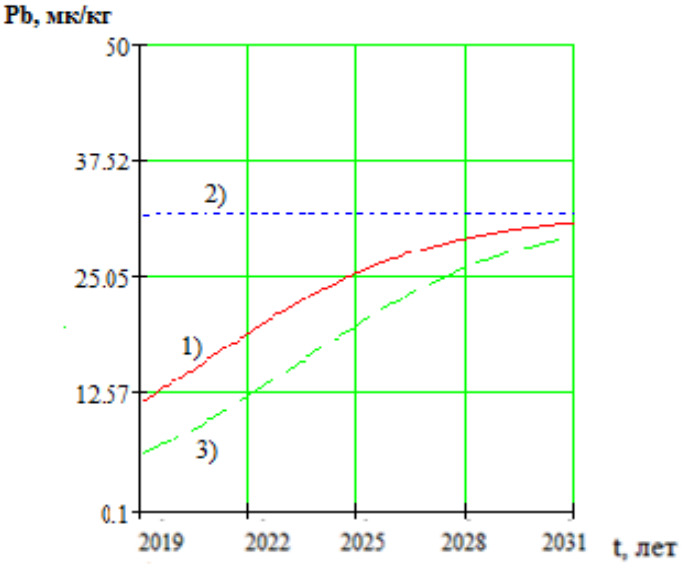


Рисунок 4.14 - Динамика изменения концентрации свинца в пробах почв;
1*)* г. Истаравшан, 2*)* г. Худжанд, 3*)* Бободжангафуровский район

Согласно [301], ПДК свинца в почвах – около 32 мг/кг в связи с этим, предположим, что К/2 равно 32.

Из таблицы 4.12. и рисунке 4.14. видно, что концентрация свинца для всех проб почв ниже ПДК, возможно этот недостаток со временем восполнится и почва стабилизируется. Доверительный интервал с вероятностью 95% приблизительно равно на 2.8.

На рисунке 4.15 приведён график функции концентрации мышьяка от времени. Мышьяк относится к токсичным элементам, ПДК мышьяка согласно гигиеническому нормативу примерно равна 2 мг/кг поэтому коэффициент равно К/2=2 мг/кг. Из таблицы 4.12 и рисунка 4.15 видно, что концентрация мышьяка для всех исследованных места отбора пробы почв превышает ПДК.

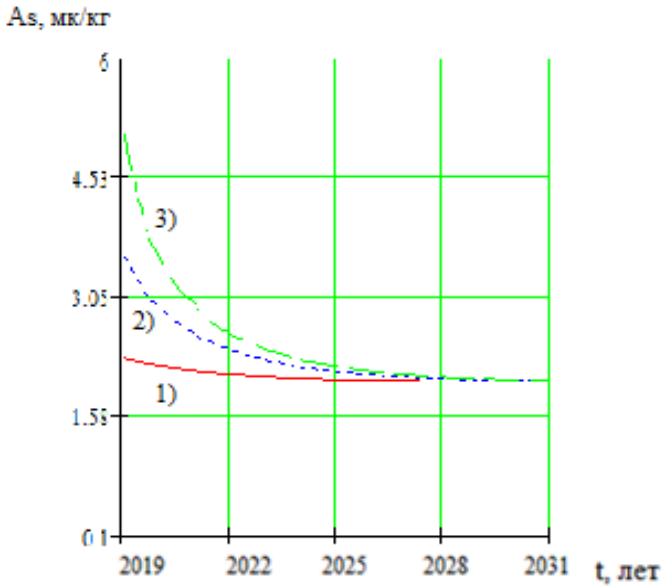


Рисунок 4.15 - Динамика изменения концентрации мышьяка в пробах почв; 1*)* г. Истаравшан, 2*)* г. Худжанд, 3*)* Бободжангафуровский район

Можно полагать, что если на окружающую среду не воздействуют глобальные антропогенные или техногенные факторы, возможно, со временем количество исследуемых ТМ достигнет предела ПДК.

Таким образом, логистическое уравнение можно применять для оценки изменения концентрации ТМ в почвах, то есть с помощью логистического моделя можно прогнозировать содержание ТМ в почвах. Установлено, что количество ТМ, таких как свинец, цинк и мышьяк, в составе различных почв со

временем изменяется и этот факт близок к модельным расчётам. Логистическую модель Ферхюльста можно применять для прогнозирования и временной стабилизации концентрации ТМ в составе различных почв.

4.7. Влияния внешних факторов на молекулярную динамику хвойных деревьев

Исследование влияние внешних условий на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев представляет собой важную область изысканий, которая помогает понять, как окружающая среда влияет на биохимические процессы в этих растениях. Как отмечалось загрязнения атмосферы, воды и почвы в основном связано с производственной деятельностью человека. В развитых странах, по оценкам специалистов [302, 303], загрязнение воздуха более чем на 50 % обусловлено транспортом, около 20 % приходится на отопительные системы и промышленность, 10% на сжигания отходов. В состав выхлопных газов входят следующие молекулы; SO_2, NO, NO_2, CO_2, O_3, P, C и др., которые загрязняют окружающую среду [303].

Согласно литературным данным влияние экологических условий на структуру компонентов деревьев и ПРС произрастающих в Северном Таджикистане, недостаточно исследовано. Надзор экоситуации в мире является одним из задач естественно-научного направления.

Детальное исследование влияние антропогенных и техногенных условий на структуру и свойства ПРС методом РФА и прямым методом ИК спектроскопии является актуальной. В работе мы исследовали хвойные деревья, как кипарис вечнозелёный и аризонский, туя восточная и др.

Исследование проведили методом инфракрасной спектроскопии и РФА образцов хвойных деревьев, которые отобрали с одинаковых высот около 2-2,3 метра. Образцы были приготовлены и записывались согласно методик глава 2.

Согласно рисунку 4.16 и таблице 4.13, ИК-спектры хвойныхдеревьев различаются в зависимости от вида деревьев.

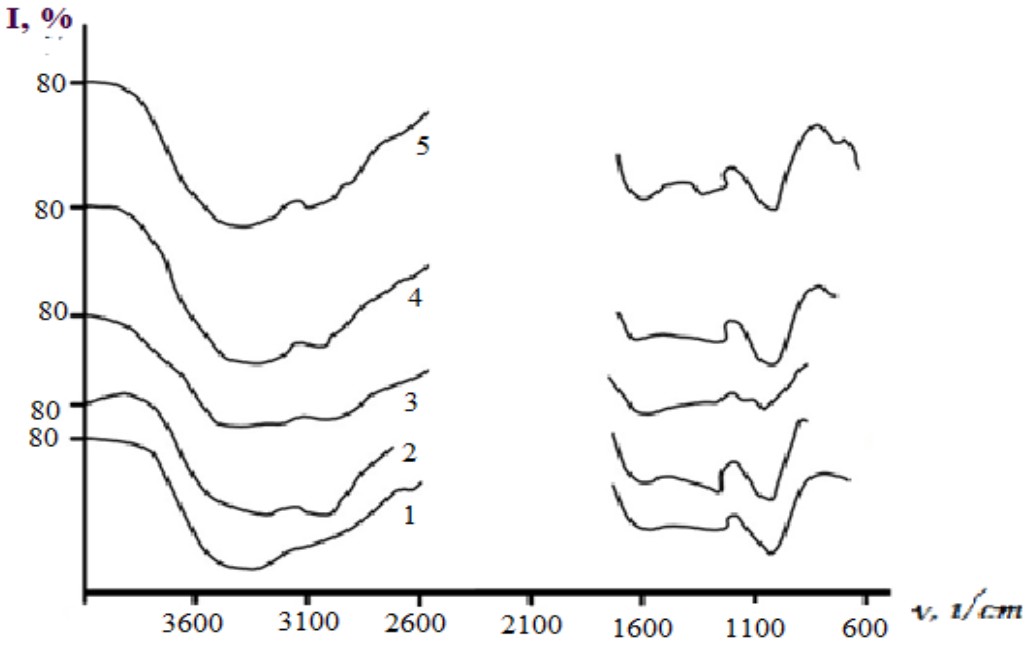


Рисунок 4.16 – Инфракрасные спектры листьев вечнозелёных деревьев: **1**. кипарис аризонский; **2**. можжевельник виргинский; **3**. можжевельник зеравшанский; **4**. туя восточная; **5.** кипарис вечнозелёный

Во всех ИК-спектрах в диапазоне волновых чисел 2600-3800 $см^{-1}$ появляется дублет, например, для первого образца **1** – 3280, 2910 $см^{-1}$; **2** – 3280, 2900 $см^{-1}$; **3** – 3250, 2890 $см^{-1}$; **4** – 3280, 2880 $см^{-1}$; **5** – 3250, 2890 $см^{-1}$. А также в области 2880–2990 $см^{-1}$ наблюдаются уменьшения интенсивноси полос поглощения.

Наблюдаются изменения значений полуширины полос и оптической плотности. Изменения положения максимумов полос от 10 до 50 $см^{-1}$ говорит о неравнозначности межмолекулярных взаимодействий функциональных групп в деревьях-хвойниках.

Согласно работе [72] «В области частот 3000-2700 $см^{-1}$, где обычно проявляется поглощение симметричных и асимметричных валентных колебаний групп CH_3 и CH_2» [72, с.76].

В связи с этим, полосы поглощения в области частот 2880–2910 $см^{-1}$ относятся к валентным и деформационным колебаниям функциональных групп, как OH, CH, CH_2, CH_3 C-O-H. Наблюдается полоса с максимумом при 2910–2880

см$^{-1}$, которая сдвигается до 30 см$^{-1}$; это смещение можно объяснить за счёт меж- и внутримолекулярных взаимодействий.

Таблица 4.13 - Спектральные характеристики хвоях вечнозелёных деревьев

Вид	Функциональная группа	ν_{max}, см$^{-1}$	D	$\nu_{1/2}$, см$^{-1}$
1. Кипарис аризонский (*C. Arizonica E. L.*)	OH CH, CH_2, CH_3 C–O–H	3290 2910 1080	0.506 0.438 0.300	430
2. Можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana L.*)	OH CH, CH_2, CH_3 C–O–H	3280 2900 1070	0.359 0.270 0.320	520
3. Можжевельник зеравшанский (*Juniperus seravschanica. Kom*)	OH CH, CH_2, CH_3 C–O–H	3250 2890 1090	0.351 0.293 0.270	720
4. Туя восточная (*Thyja orientalis L.*)	OH CH, CH_2, CH_3 C-O-H	3280 2880 1090	0.590 0.325 0.293	520
5. Кипарис вечнозелёный (*C. Sempervirens L.*)	OH CH, CH_2, CH_3 C–O–H	3240 2890 1090	0.351 0.351 0.370	420

Примечания к таблице. ν_{max} *– частота максимумов полос поглощения* гидроксильных групп, $\nu_{1/2}$ - полуширина полос поглощения гидроксильных групп, D – оптическая плотность функциональных групп.

Деформационных колебаний С–О–Н наблюдается при частотах **1** – 1080; **2** – 1070; **3** – 1090; **4** – 1090 и **5** – 1090 см$^{-1}$, в этой области происходит смещения до 20 см$^{-1}$, которое очевидно зависит от вида деревьев.

В таблице 4.14 приведены значения элементов ТМ в хвоях деревьев. Из таблицы кипариса аризонского, можжевельника зеравшанского и туи восточной видно большее поглощение свинца. Мышьяка больше всего накапливают

можжевельник виргинский и кипарис вечнозелёный. Однако, никеля больше поглощают кипарис аризонский и можжевельник зеравшанский.

Таблица 4.14 - Содержание ТМ в листьях воздушно-сухой массы хвойных деревьев мг/кг

Металлы и их оксиды	Кипарис аризонский (Cypress *Arizonica E. L.*)	Можжевельник виргинский (*Juniperus Virginiana L.*)	Можжевельник зеравшанский (*Juniperus Seravschanica Kom.*)	Туя восточная (*Thyja orientalis L.*)	Кипарис вечнозеленый (Cypress *Sempervirens L.*)	Почва
Стронций	84.61	85.22	85.33	84.04	**86.41**	91,34
Свинец	22.20	15.10	22.12	**22.30**	8.052	6,060
Мышьяк	40.62	57.31	50.20	50.43	**75.30**	51,21
Цинк	34.24	32.24	**37.31**	30.23	33.41	32,52
Медь	54.10	54.30	53.12	**54.61**	54.14	49,92
Никель	2.10	1.100	**2.130**	0.750	1.041	8,123
Кобальт	1.30	**1.80**	1.700	1.200	1.320	1,100
Оксид железы	2.14	2.11	**2.150**	2.132	2.143	1,700
Оксид марганца	142.0	142.20	**143.51**	142.6	142.1	150,9
Хром	94.33	94.41	94.03	94.14	**94.52**	94,83
Ванадий	**74.34**	68.14	73.22	68.62	67.31	66,82

Можжевельник зеравшанский и виргинский больше поглощают атомов кобальта, тогда как накопления других элементов различается пяти до десят процентов для других хвойных деревьев.

Эксперимент показывает, что хвойные деревья по-разному поглощают ТМ.

По результатам анализа установлено, что максимумы и интенсивности поглощения по всей области зависят от концентрации ТМ. Очевидно, что ТМ влияют на молекулярную динамику функциональных групп ПРС и тем самым на их физические свойства. Поскольку жизнедеятельность растений связана с аккумуляцией внешней энергии и экологией места произрастания. Поэтому, естественно, физико-химические условия места произрастания влияют на состав и структуру растений, что должно отражаться на их ИК-спектры. Изучение ИК-спектров и РФА дает возможность оценить, как ТМ сказываются на количестве функциональных групп ПРС. Как показывают результаты эксперимента, кипарис аризонский, можжевельник зеравшанский и туя восточная примерно в

три раза больше поглощают свинца, можжевельник виргинский и кипарис вечнозелёный более чем в 1,5 раза больше поглощают мышьяка, а также на 50-66 % больше поглощают кобальта.

Результаты определения поглощения ТМ хвойными деревьями показывают возможность применения исследованных хвойных деревьев в качестве своеобразных фильтров для реабилитации атмосферы и почв из выхлопных газов и ТМ. Хвойные деревья изрядно очищают атмосфеный воздух и почву от ТМ а также других техногенных веществ.

4.8. Влияние пестицидов на физические свойства растительных природных соединений

Методом ИК - спектроскопии и РФА исследовано влияние 1 % - го пестицида «Ураган форте» на содержание ТМ и поведения функциональных групп листьев подорожника ланцетного *Platago lanceolata L. (*ПЛ*)* и каперса колючего C*apparis spinosa L.* (КК).

Как известно согласно [263, 304, 305] «сорняки – это дикорастущего растения, которые обитают на сельскохозяйственных угодьях и снижают урожайность и качества сельскохозяйственной продукции**.** Из мировой литературы известно, что существуют различные методы борьбы с сорной растительностью: агротехнические, биологические и химическая обработка пестицидами» [263, 304, 305].

«При химической обработке ПРС, пестициды, вероятнее, остаются в составе растений до нескольких недель. Для надёжного приобретения информации о количественном содержании функциональных групп и элементов в объектах растительного происхождения» [263], применяются методы ИК спектроскопии и РФА.

В этом параграфе представлены результаты исследование влияние пестицидов на содержание некоторых микроэлементов и функциональных групп листьев ПЛ и КК.

«Характеристичность ИК-спектров проявляется в том, что они чувствительны как к структурным изменениям в молекуле, например,

конфигурация, конформационным переходам, так и к действию внешних факторов, как химическая обработка» [263, 305].

Образцы собраны из Бободжонгафуровского района координаты места сбора 40^0 16' 16.2" с.ш. и 69^0 42' 0.45" в.д. (радиус около 20±1 м) и приготовлены из листьев ПЛ и КК для получения ИК - спектров согласно методике представленной во главе 2.

Согласно работ [237, 238, 263], «известно, что любая молекула или индивидуальное вещество имеет собственный колебательный спектр, отличающийся от спектров других веществ индивидуальным рядом полос поглощения с определёнными частотами, по которым можно идентифицировать вещество» [237, 238, 263].

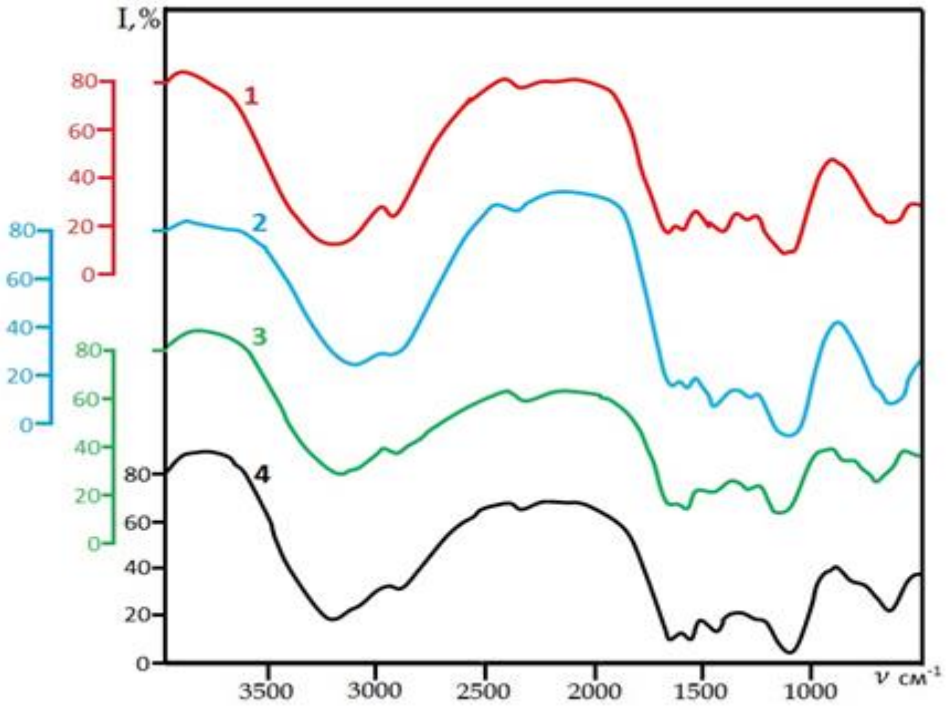


Рисунок 4.17 – Инфракрасные спектры каперса колючего и подорожника ланцетного: 1 – подорожник ланцетный исходный, 2 – подорожник ланцетный обработанный пестицидом; 3 – каперс колючий исходный, 4 – каперс колючий обработанный пестицидом

На рисунке 4.17 приведены ИК-спектры, исходных и обработанных пестицидом образцов из листьев ПЛ и КК. Согласно спектров, пестициды влияют на положения волновых чисел функциональных групп в составе образцов растительного происхождения. Кумулятивно это связано с изменением межмолекулярного взаимодействия функциональных групп. Из таблицы 4.15

можно наблюдать, что положения волновых чисел при максимумах изменяется от 10 до 80 $см^{-1}$ для всего изучаемого спектра.

Таблица 4.15 - Положение максимумов полос поглощения листьев подорожника ланцетного и каперса колючего в области частот 1200–3600 $см^{-1}$

ПЛ исх., $см^{-1}$	ПЛ обр., $см^{-1}$	КК исх., $см^{-1}$	КК обр., $см^{-1}$
3200	3120	3200	3180
2930	2910	2950	2900
1550	1600 сл.	1600	1590
1520	1510	1500	1510
1410	1430 сл.	1380	1400
1390	1370	1370	1360

Максимальные положения полосы поглощения функциональных групп ПЛ и КК приведены в таблице 4.15.

Из таблицы видно, что максимум полос, относящихся валентным колебаниям гидроксильных групп, валентным колебаниям метильно метиленовых групп, СО, С-О-Н, и др. смещены на низкочастотную и высокочастотную область спектра.

В таблице 4.16 приведены основные спектральные параметры, характеризующие свойства исследованных образцов. Согласно таблицы, эти параметры в зависимости от влияния пестицидов изменяются, то есть уменьшаются.

Таблица 4.16 - Спектральные исследованных параметры растений

Вид	$\nu, см^{-1}$	$\frac{1}{2}\nu$, $см^{-1}$	Интегральная интенсивность
ПЛ исх.	3200	730	4210
ПЛ обр.	3120	720	2861
КК исх.	3200	780	2583
КК обр.	3180	710	1982

Примечания к таблице. ПЛ исх. и ПЛ обр. – подорожник ланцетный исходный и обработанный пестицидами; КК исх. и КК обр. – каперс колючий исходный и обработанный пестицидами; ν – частота максимумов полос поглощения гидроксильных групп, $\nu_{1/2}$– полуширина полос поглощения гидроксильных групп, интегральная интенсивность гидроксильных групп.

Согласно экспериментальным результатам и интерпретации спектральных параметров можно наблюдать изменения максимумов волновых чисел. Для обработанных образцов положения максимумов уменьшаются от 80 до 20 $см^{-1}$, когда интегральная интенсивность уменьшается от 1350 до 600 относительных единиц.

Согласно мировой литературы [263, 303], «известно, что ПРС постоянно нуждаются в определённых количествах микроэлементов (Mn, B, Sr, Си, Ti, Zn, Li, Ba, Br, F, Rb, Sn, Ni, As, Mo, Co, Se, J и другие). Микроэлементы, постоянно содержащиеся в организмах, включаются в обмен веществ в составе биологически активных соединений и являются незаменимыми. При недостатке или избытке в ПРС микроэлементов наблюдаются нарушения роста и развития» [263, с.154].

В таблице 4.17 изложены значения концентрации ТМ от влияния пестицидов. Можно наблюдать, что пестициды пагубно влияют на концентрации тяжёлых металлов. Согласно таблицы кроме цинка, меда и ванадия которое для обработанных образцов ПЛ увеличиваются, другие элементы уменьшается от сорока пяти до одного раза.

Таблица 4.17 - Содержание тяжёлых металлов в растениях, обработанных пестицидами, и исходных, мг/кг

Металлы и его оксид	ПЛ-исх.	ПЛ-обр.	КК-исх.	КК-обр.
Стронций	105,3	102,3	114,70	110,6
Свинец	2,84	2,240	95,80	84,60
Мышьяк	32,6	11,10	42,00	8,50
Цинк	55,30	84,90	119,1	95.6
Медь	44,10	46,90	46,80	46,4
Никель	54,50	1,170	1,760	112,0
Кобаль	18,20	10,60	11,10	39,90
Оксид железы	1,120	1,110	1,090	1,090
Оксид маргаца	249,3	187,0	153,0	72,0
Хром	77,10	48,40	799,0	228,0
Ванадий	22,30	113,0	2856	1165

Однако для образцов КК кроме никеля и кобальта, все перечисленные элементы уменьшаются от пяти до одного раза.

В «результате ИК-спектроскопического анализа выявлено, что при взаимодействия ПРС с пестицидом происходит изменение положения максимумов полос поглощения валентных и деформационных колебаний функциональных групп О–Н, С–Н, –С–О–, –С–С– и др. Установлено, что пестициды уменьшают количество функциональных групп, в частности, гидроксильных групп от 25 до 35 % и межмолекулярного взаимодействия гидроксильных групп, о чём свидетельствуют смещения максимумов полос в низкочастотную область от 20 до 80 $см^{-1}$. На основе РФА выявлено, что у обработанных образцов растений изменяется концентрация ТМ для ПЛ, кроме цинка, меда и ванадия, которые увеличиваются от 1,1 до 4,5 раза, другие определённые микроэлементы как стронций, арсений, хром и так далее, уменьшаются (относительно исходных) от 45 до 1,1 раза; для КК, кроме никеля и кобальта, которые увеличиваются от 3,5 до 63 раз, другие микроэлементы – стронций, арсений, свинец и так далее уменьшаются от 5 до 1,1 раза» [263, с.156]. Таким образом, на основании экспериментальных результатов можно заключить, что «Ураган форте» повреждает как органические, так и неорганические соединения функциональных групп ПРС. Найденные данные можно использовать в развитии фармакологии, пищевой промышленности, медицине и других отраслях народного хозяйства, а также при экомониторинге.

4.9. Влияние радионуклидов на спектральные характеристики функциональных групп каперса колючего

Степень влияния радиации на биологических объектах зависит от дозы поглощения и уровня загрязнения местности, а доза поглощения складывается за счёт внешнего и внутреннего облучения [211, 306, 307].

Когда внешняя среда загрязнена ТМ и радионуклидами, естественно растения вынуждены поглощать эти техногенные выбросы. Большого количества РН, находясь в структуре растений, по-видимому, пагубно влияют на

процесс развития растений, и процесс нормального развития растений, который заложен генетически, нарушается.

Для комплексного исследования физических свойств ПРС применено метод инфракрасного спектроскопии и гамма-радиометрический метод.

Влияние радионуклидов на ИК-спектры функциональных групп было исследовано методом ИК-спектроскопии. Количественное определение радионуклидов проводилось с использованием гамма – радиометрического анализа, реализованного на гамма-спектрометре с детектором из чистого германия GGX-1020 (производства фирмы «Канберра» США). Процедура анализа подробно описана в главе 2.

«Составные части КК отобраны в фазе цветения с хвостохранилища Дегмая. Координаты место сбора; точка-I (С40^{o} 13' 27", В 69^{o} 37' 46"), точка-II (С40^{o} 13' 30", В 69^{o} 38' 02")» [21 А, с.31].

Радиометрическая съёмка производил**а**сь с помощью приборов типов МКС, ДКС. Растений КК собраны внутри хвостохранилища Дигмай с разным радиационным фоном местности (640 мкР/час точка-I и 40 мкР/час точка-II). Образцы для анализа приготовлены и снимались согласно методике глава 2.

Изучение содержания радионуклидов в почвах и растениях позволяет оценить распределение и миграции радионуклидов в экологической среде. Содержание РН в составе растений и РФ места произрастание показано в таблице 4.18.

Из таблицы 4.18 видно, что в зависимости от места произрастания листья и стебли КК по-разному поглощают РН - Pb–214, Bi–214, Ac– 228, Tl – 208 и K – 40, что, очевидно, зависит от типа почв и составных частей растений. Содержание радионуклидов Th– 234, Ra– 226 и Pb – 212 не обнаружено.

Известно, что биообъекты, содержащие гидроксильную группу, имеют характеристическую частоту О–Н, лежащую в пределах 3200–3600 см$^{-1}$, что соответствует основному валентному колебанию этих связей.

Согласно рисунку 4.18 (спектры а, б), ИК-спектры листьев КК из разных мест произрастания. Видно, что РН непосредственно влияют на количество гидроксильных групп, о чём свидетельствуют снижения интенсивности.

Таблица 4.18. - Концентрация радионуклидов в составные части растения

Радионуклиды	Pb–214	Bi–214	Ac-228	Tl-208	K-40
Образцы	351.93 кэВ	609.31 кэВ	911.2 кэВ	583.19 кэВ	1461 кэВ
а) I-листья (640 мкР/час)	151.98	172.06	162.71	130.77	9565.54
б) II-листья (40 мкР/час)	0	0	0	0	1066.00
в) I-стебл (640 мкР/час)	130.3	121.26	112.53	98.85	4344.32
г) II-стебл (40 мкР/час)	0	0	0	0	865.00

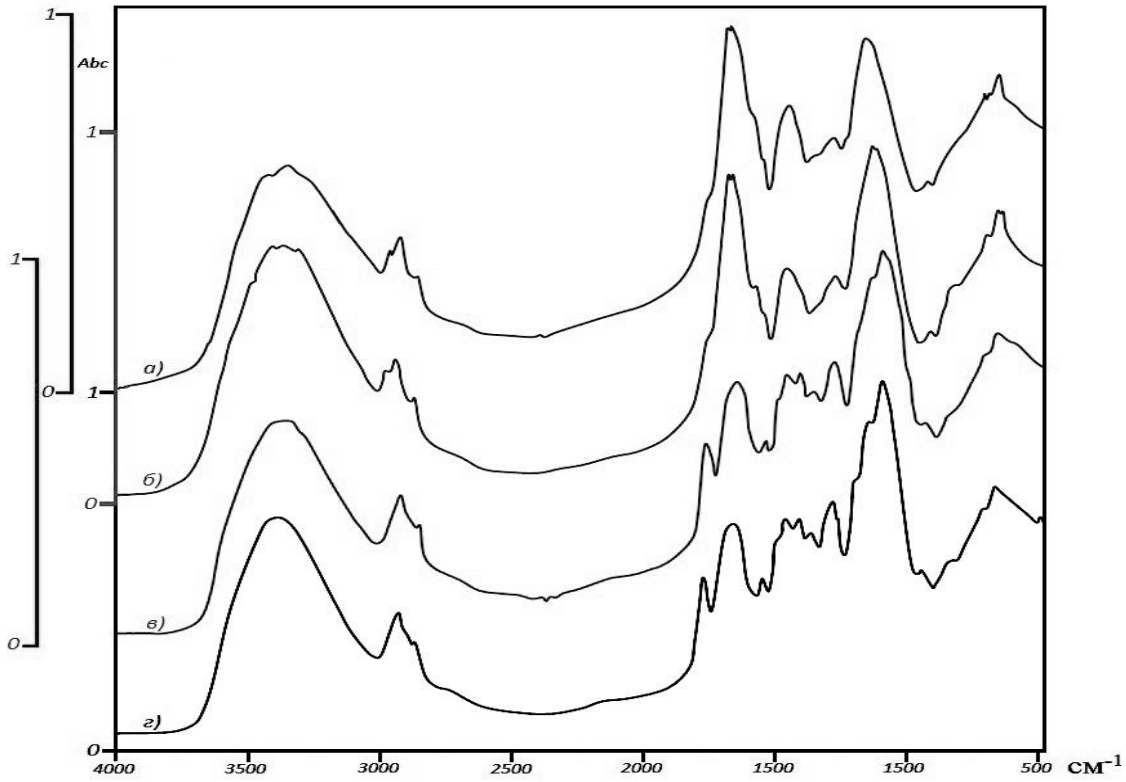


Рисунок 4.18 – Инфракрасные спектры растений: а*)* листья из точки-I; б*)* листья из точки-II; в*)* стебли из точки-I; г*)* стебли из точки-II

«Смещение максимумов полос поглощения до 40 $см^{-1}$ (3368 до 3327 $см^{-1}$) в области 3600-3000 $см^{-1}$ свидетельствует об изменении меж- и внутримолекулярных взаимодействий гидроксильных групп. Максимумы полос поглощения появляются в области 2950, 2890 и 2850 $см^{-1}$. Можно видеть, что максимумы поглощения не изменяются, однако интенсивность поглощения изменяется до одного раза.

Для стеблей (спектры в, г), также по мере роста радионуклидов происходит смещение максимумов полос поглощения в области гидроксильных групп до 20 $см^{-1}$ (3332–3354 $см^{-1}$). В области метильных и метиленовых групп частоты полосы поглощения появляются в области 2940, 2890 и 2845 $см^{-1}$. Это говорит об изменения меж- и внутримолекулярных взаимодействий гидроксильных и метильно-метиленовых групп» [21 А, с.34].

По мере роста концентрации радионуклидов снижается интенсивность и смещаются максимумы волновых чисел, которые обеспечивают ослабление межмолекулярных взаимодействий в составе растительного материала. При этом максимумы полос смещаются в низкочастотную область от 40 до 50 $см^{-1}$ для листьев и 20-45 $см^{-1}$ для стеблей.

4.10. Влияние радионуклидов на колебание функциональных групп тростника обыкновенного

Для полноты и подтверждения экспериментальных данных в этом параграфе исследовано влияние РН состав воды на МВ функциональных групп биомолекул ТО. «В природе имеются биохимические и физические загрязнители воды. Среди физических загрязнителей весьма опасно содержание в составе воды радиоактивных веществ, вызывающих техногенное загрязнение» [20 А, с.45].

В качестве объекта исследовано образцы, приготовленные из стеблей и листьев ТО. Для определения влияния РН на колебания функциональных групп составных частей ТО применён метод ИК – спектроскопия. Спектры записывались согласно установленной методике глава 2.

Оределение содержания радионуклидов в составе воды проводилось гамма- спектрометрическим методом.

Образцы отобрали около источника шахтных вод с подножий горы Могол-Тау, Худжанд (в дальнейшем МТ) и возле притока сая Далёни Боло-Девашtич (в дальнейшем ДБД).

В таблице 4.19 приведены РН, Th-232 и U-238 в составе воды около МТ и ДБД. Согласно таблице 4.19 в составе воды из МТ содержится огромное количество радионуклидов U-238, которое перевешивает ПДК около 40 раз [308].

Таблица 4.19 – Содержания радионуклидов Th-232 и U-238 в водных источниках

	Место отбора проб воды	Радионуклиды, нгр/мл	
		Th-232	U-238
1.	МТ – Моголтау, Худжанд	0,042	1916,3
2.	ДБ – Далёни Боло-Девашtич	-	26.2

На рисунке 4.19 приведены ИК - спектры поглощения стебля ТО с МТ. Как видно из рисунка (кривой I), в области валентных колебаний гидроксильных групп появляются полосы поглощения при частотах 3430, 3260 и 3170 $см^{-1}$ [20 А, с.46]. Как сказано выше, «полоса при частоте 3430 $см^{-1}$ соответствует валентным колебаниям свободной NH-группы, а полосы при 3260 и 3170 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям сильных межмолекулярных и внутримолекулярных связей гидроксильных групп. В области валентных колебаний метильных и метиленовых групп имеются полосы поглощения с незначительной интенсивностью при 2880 и 2840 $см^{-1}$» [72, 238, 263].

В области частот от 1800–400 $см^{-1}$ в образцах стеблей ТО из МТ появляются ряд полос при частотах 1680, 1590, 1480, 1340, 1000 и 520 $см^{-1}$.

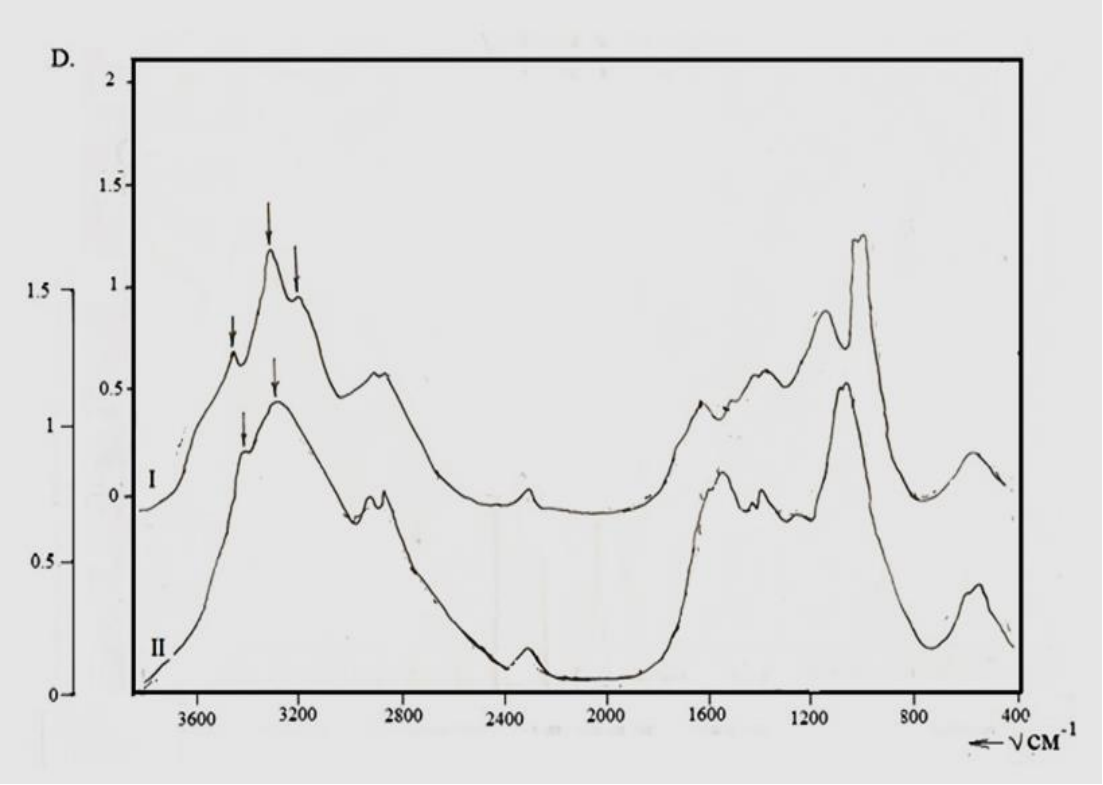


Рисунок 4.19 – ИК - спектры тростника около источника шахтных вод с подножий Моголтау, стебель-I, листья-II

В спектрах листьев ТО в области 3200–3800 (рисунок 4.19 (спектр II)) появляется дублет полос при частотах 3380 и 3240 $см^{-1}$, соответствующих валентным колебаниям меж- и внутримолекулярных связей ОН и NH-групп. В области колебаний метильных и метиленовых групп наблюдаются полосы поглощения при частотах 2890 и 2840 $см^{-1}$.

В области 1800–400 $см^{-1}$ появляются полосы поглощения при следующих частотах: 1680, 1570, 1560, 1390, 1350, 1040, 1000 и 520 $см^{-1}$, которые соответствуют валентным колебаниям С=О, С=С и деформационным колебаниям С–О–Н.

На рисунке 4.20 приведены ИК-спектры тростника обыкновенного из ДБД. Из рисунка видно, что в области 3200–3800 $см^{-1}$ в составных частях растений появляется ряд полос поглощения; для стеблей при частотах 3200, 3300 $см^{-1}$, а для листьев при 3200, 3320 и 3420 $см^{-1}$.

Для стебля ТО в области 1800–400 $см^{-1}$, валентных и деформационных колебаний С–О–Н, СН и ОН групп появляются полосы поглощения при частотах

1600, 1560, 1520, 1350, 1340, 1280, 1030, 990 и 550 $см^{-1}$ (кривой I). А для листьев в этой области имеет место появление полос поглощения при частотах 1600, 1550, 1450, 1320, 1260, 950 и 520 $см^{-1}$ (кривой II).

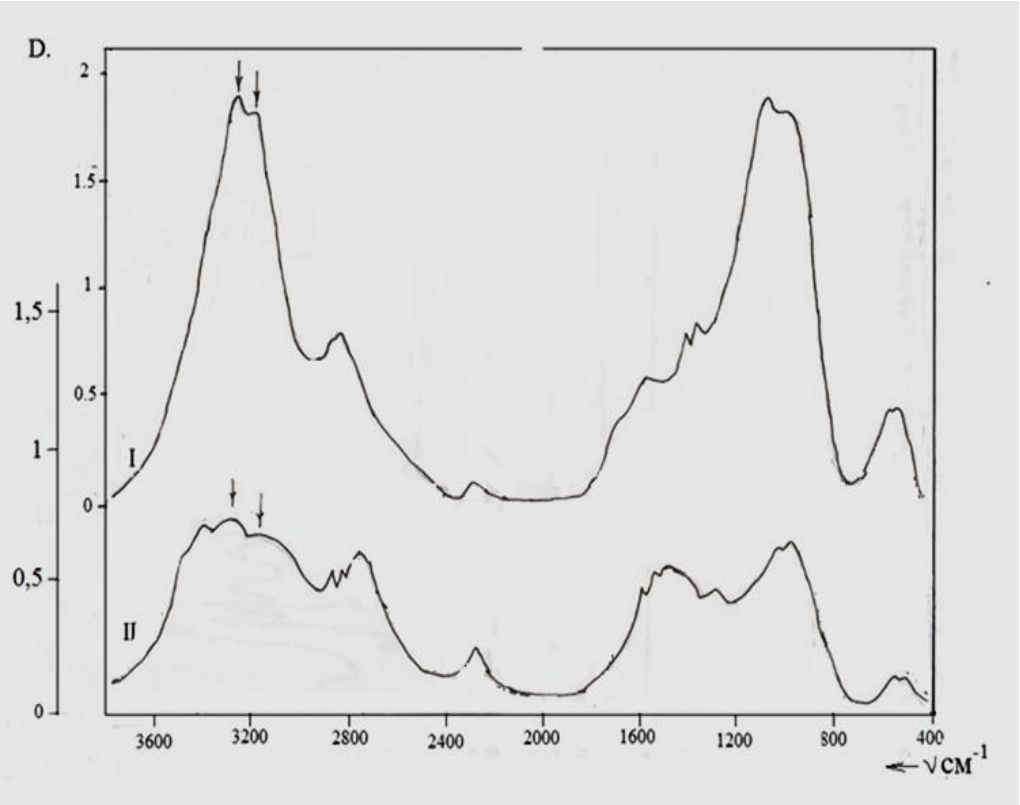


Рисунок 4.20 – ИК - спектры тростника около сая Далёни Боло, Девештич; стебель-I, листья-II

Все эти полосы из ДБД, в отличие от спектра тростника из МТ в зависимости от составных частей относительно друг друга смещены в диапазоне от 10 до 60 $см^{-1}$, а также отличаются по интенсивности в максимумах полос поглощения. Очевидно, что РН влияет на спектральные характеристики и МВ функциональных групп макромолекул растений. Это можно объяснить сдвигами электронной плотности атомов с процессом электроотрицательности и других физико-химических процессов в составе макромолекул растений [309].

В таблице 4.20 приведены зависимости спектральные характеристики составных частей ТО от места произрастания. Из таблицы видно, что спектральные параметры составных частей ТО в зависимости от места произрастания изменяются.

Таблица 4.20 - Спектральные характеристики составных частей тростника от места произрастания

	Место отбора растений	$\nu_{макс.}$, $см^{-1}$	D	$K_{макс.}$	$\Delta\nu_{1/2}$, $см^{-1}$	Интег. интен.
Стебли	МТ	3170	1,80	3,06	570	2896
	ДБД	3200	1,82	3,08	580	3194
Листья	МТ	3240	1,13	1,92	580	3176
	ДБД	3200	0,63	1,06	580	2476

Примечание к таблице*:* МТ – Моголтау, ДБ – Далёни Боло, $\nu_{макс.}$– частота полос поглощения в максимуме, D – оптическая плотность, $\Delta\nu_{1/2}$ – полуширина полос поглощения, $K_{макс.}$ – коэффициент максимального поглощения, Интег. интен. – интегральная интенсивность.

Для образцов стеблей, произрастающих в МТ, спектральные параметры уменьшаются относительно образцов, произрастающих в ДБД, а для листьев, наоборот, увеличиваются, что очевидно, связано с взаимодействием функциональных групп составных частей растений с радионуклидом.

Таким образом, на основе экспериментальных результатов можно заключить, что изменение межмолекулярных взаимодействий, полуширины полос поглощения, оптическая плотность, коэффициент максимального поглощения и интегральная интенсивность очевидно, зависят от изменения некоторых физических процессов, таких, как ионизация и электроотрицательность атомов в составе функциональных групп составных частей ТО. РН интенсивно переходит от воды через корневище растений на стебли и листья, что изменяет все спектральные параметры в ИК - спектрах. Установлено, что РН влияет на межмолекулярное взаимодействие ОН-групп, о чём свидетельствует смещения максимумов полос поглощения до 30 $см^{-1}$ и изменение интегральной интенсивности от 10 до 25 %.

Заключение к четвёртой главе

Анализ экспериментальных результатов даёт возможность сформулировать некоторые общие спектроскопические и физико-химические перспективы в сфере изучения колебательно-вращательной динамики функциональных групп растительного происхождения по инфракрасным спектрам поглощения и рентгенофлуоресцентного анализа. На основе экспериментальных результатов приведены физико-химические и спектроскопические характеристики образцов растительного происхождения и деревьев, произрастающих в разных экологических условиях Северного Таджикистана и подвергнутых действию техногенных и антропогенных факторов, как тяжёлые металлы, радионуклиды, пестициды и др.

Установлено, что составные часты образцов каперсы колючей, полыни горькой и амаранта по-разному поглощают тяжёлых металлов, его можно использовать для экомоноторинга окружающей среды. КПБ и ИП для исследовнных растений зависят от экологических условий и характера почвы места произрастания.

Используя метод наименьших квадратов для полыни горькой, определено, что элементы, расположенные выше линии, более обогащены в исследованных растениях, а элементы, расположенные ниже прямой – в почве. Выявлено, что КБП ПГ-образцов из хвостохранилоща Дегмая по цинку и никелю от 2 до 4 раз больше, чем в Бободжонгафуровском и Аштском районах.

Согласно уравнениям Ферхюльста, смоделирована динамика изменения концентрации ТМ, как цинк, свинец и мышьяк в пробах почв некоторых районов Согдийской области. Показано, что концентрация исследуемых тяжёлых металлов зависит от места произрастания и по времени стабилизируется и на графиках кривые стремятся к постоянной величине. Моделирование этого процесса надёжно обеспечивает прогнозирование стабилизации тяжёлых металлов в почвах.

Установлено, что в зависимости от загрязнения почвы, коэффициент биологического поглощения для гармалы обыкновенной увеличивается.

Поэтому гармалу обыкновенную можно применять в качестве очистки почв от тяжёлых металлов как Sr, As, Zn, Ni, Co, MnO, Cr и V.

Согласно экспериментальным результатам, вечнозелёные деревья, как кипарис аризонский, можжевельник зеравшанский и туя восточная, примерно в три раза больше поглощают свинца; можжевельник виргинский и кипарис вечнозелёный более чем в 1,5 раза больше поглощают мышьяка, а также на 50-66 % больше поглощают кобальта. Эти деревья в зависимости от вида можно применять для очистки того или иного ТМ от атмосферного воздуха и почв. Выяснено, что тяжёлые металлы влияют на молекулярную динамику функциональных групп, это свидетельствует о неравнозначности межмолекулярных взаимодействий функциональных групп хвои вечнозелёных деревьев, которая отражается на ИК - спектрах.

Изменение спектральных характеристик происходит в образцах подорожника ланцетного и каперса колючего подвергнутого обработке 1 % - ым пестицидом Ураган форте. Кроме того, пестициды влияют на концентрацию тяжёлых металлов.

Установлено, что РН влияет на листья и стебли каперса колючей, воздействуя на молекулярную динамику функциональных групп. При этом с ростом концентрации сумма радионуклидов уменьшается, что ослабляет межмолекулярные взаимодействия ОН и метильно-метиленовых групп.

Систематическое исследование структуры и свойств природных соединений растительного происхождения и деревьев, молекулярной динамики изменения функциональных групп говорит об участии и последних в формировании органических и неорганических соединений растений, произрастающих в разных экологических условиях, и подвергнутых действию внутренних и внешних излучений, антропогенных факторов; исследование, проведённое методами спектроскопии и РФА, даёт информацию о структурно-динамической и молекулярно-надмолекулярной неоднородности систем и свойств меж- и внутримолекулярных водородных связей.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ ЭПР-СПЕКТРОСКОПИИ И СПИНОВЫХ МЕТОК

5.1. Исследования влияния уровня радиационного фона на накопление парамагнитных центров растений методом ЭПР

В передыдущих главах отмечалось, что одним из способов наблюдения за физико-химическими превращениями молекул в природных растительных соединениях являются спектроскопические методы. Изменение молекулярной структуры биоматериалов под действием внешних факторов (температура, РФ, количества ТМ, РН и т.д.) непременно приводит к изменениям в спектрах поглощения. Сравнительный анализ спектров позволяет судить о качественных и количественных изменениях, которые происходят в структуре биоматериалов под действием указанных факторов.

Анализ экспериментальных результатов, приведённых в третьей и четвёртой главах свидетельствует о том, что методом ИК - спектроскопии можно качественно и количественно определить влияние внешних факторов на структуры и свойства ПРС и МВ функциональных групп. Применение метода ИК - спектроскопии даёт возможность определить количественное изменение функциональных групп при воздействии техногенных факторов в период структурообразования ПРС. Однако, существующий способ анализа по данным ИК-спектроскопии не позволяет проследить за всеми внутриклеточными образованиями. Этот недостаток относительно слежения за внутриклеточными процессами можно восполнить, применив метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и метод спиновых меток.

Метод ЭПР-спектроскопия даёт возможность регистрировать появление парамагнитных центров или свободных радикалов непосредственно в процессе функционирования биологических систем на разных уровнях их структурно-функциональной организации, таких, как молекулы биополимеров, макромолекулярные комплексы и субклеточные структуры. Методом ЭПР-спектроскопии и спиновых меток можно изучить накопление свободных

радикалов различных растительных материалов в зависимости от влияния внешних факторов [108-111]. Метод ЭПР является одним из передовых методом изучения внутриклеточных процессов в биоматериалах.

Для определения молекулярно-динамических параметров и конформации макромолекул составных частей растений при воздействии различных внешних факторов, можно применять метод спиновых меток и зондов. Метод спиновых меток заключается в следующем: в матрицу биоматериал вводят нитроксильный радикал, затем снимают спектры спин-меченых образцов, сравнивают спектры образцов растений, произрастающих под воздействием разных техногенных нагрузок.

В связи с вышеизложенным, в этом разделе изучалось влияние различных уровней радиационного фона на концентрации парамагнитных центров в ПРС в частности некоторых растениях и деревьях, произрастающих в Северном Таджикистане. Изучение парамагнитных характеристик объектов растительного происхождения даёт важную информацию о механизме структурообразования веществ в составе растений и представляет не только научный, но и практический интерес. Известно, что биологические эффекты воздействия радиации на растения зависят от поглощённой дозы за счёт внешнего и внутреннего облучения. Наиболее чувствительными к радиации являются дикорастущие растения. Согласно данным научно-специализированной литературы, различные растения радиацию поглощают по-разному, и биологические воздействия зависят от внутреннего и внешнего поглощения дозы. Как полагается, облучению подвергаются все компоненты природных соединений растительного происхождения, в том числе, вода, низкомолекулярные и высокомолекулярные органические соединения, как белки, ферменты, нуклеиновые кислоты и др., т.е. все жизненно важные соединения.

Более того, тяжёлые металлы и РН, впитывающиеся растением из почвы и атмосферных аэрозолях, очевидно, воздействуют на структурообразование растений изнутри. Количество накопленных ТМ в растениях зависит от типа

почв и от степени загрязнённости места произрастания. Известно, что РФ и ТМ на ПРС действуют на клеточном уровне, что приводит к изменению свойств, структуры, и МВ функциональных групп природных соединений растительного происхождения.

Каперс колючий. Образцы листьев и стеблей КК собирали с хвостохранилища «Дегмай», с двух точек во время цветения растения (см. таблицу 4.1). Количество радионуклидов определили согласно главам 2 и 4. Содержание радионуклидов в листьях и стеблях каперса колючего от места произрастания приведено в таблице 4.18. предыдущей главы.

ЭПР-спектры записывались на радиоспектрометре РЭ-1306, условия записи приведены в разделе 2.3. Согласно [10, 108-111, 240, 277].

«Интенсивность сигнала образца сравнивалась с интенсивностью сигнала эталонной навески двухвалентного Mn^{+2} в окиси магния MgO по количеству парамагнитных центров. Данные ЭПР-спектров листьев и стеблей КК позволяют установить количество парамагнитных центров» [111, 240].

На рисунке 5.1 приведены ЭПР-спектры стеблей и листьев КК в зависимости от концентрации РН.

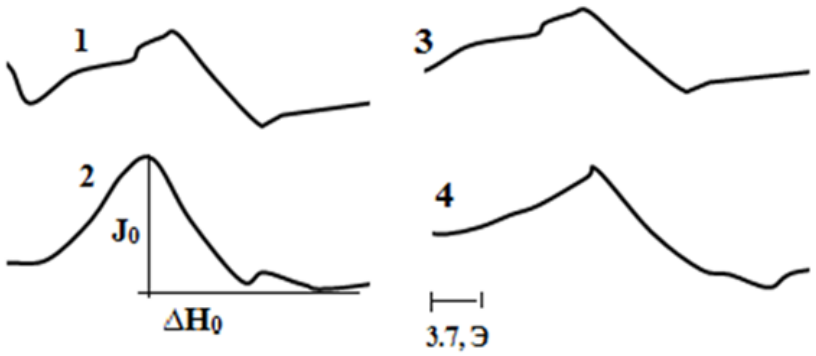


Рисунок 5.1 - Спектры ЭПР листьев (1, 2) и стеблей (3, 4) каперса колючего, произрастающего в разных точках «Дегмая»: 1 – точка А; 2 – точка В 3 – точка А; 4 – точка В

Видно, что спектры ЭПР образцов растений, которые произрастали в разных точках хвостохранилища Дегмай имеют различную интенсивность и почти одинаковую ширину (ΔH_0). Для установления влияния суммы

радионуклидов на внутриклеточные процессы и физико-химические свойства ПРС определяли наличие парамагнитных центров согласно формуле:

$$C_R = C_{эт} \frac{J_0}{J_{эт}}; \quad (5.1),$$

где $C_{эт}$ – количество парамагнитных центров в эталоне, $J_{эт}$, J_0 – интенсивность спектров ЭПР-эталона и исследуемого образца. В таблице 5.1. приведено количество суммы свободных радикалов.

Таблица 5.1 - Параметры спектров ЭПР и количество парамагнитных центров в образцах листьев и стеблей каперса колючего в зависимости от места произрастания

Место сбора образцов	J_0, Гс	ΔH_0, Гс	$C_R * 10^{12}$, спин/мг
а) I-листья (640 мкР/час)	21,6	14,6	10, 4
б) II-листья (40 мкР/час)	24,12	15,6	12,5
в) I-стебл (640 мкР/час)	21,12	14,6	9,3
г) II-стебл (40 мкР/час)	23,52	14,6	10,8

Полученные результаты свидетельствуют о том, что РФ и сумма радионуклидов влияют на физико-химические свойства листьев и стеблей КК. Кумулятивно накопления свободных радикалов зависят от внешних и внутренних излучений.

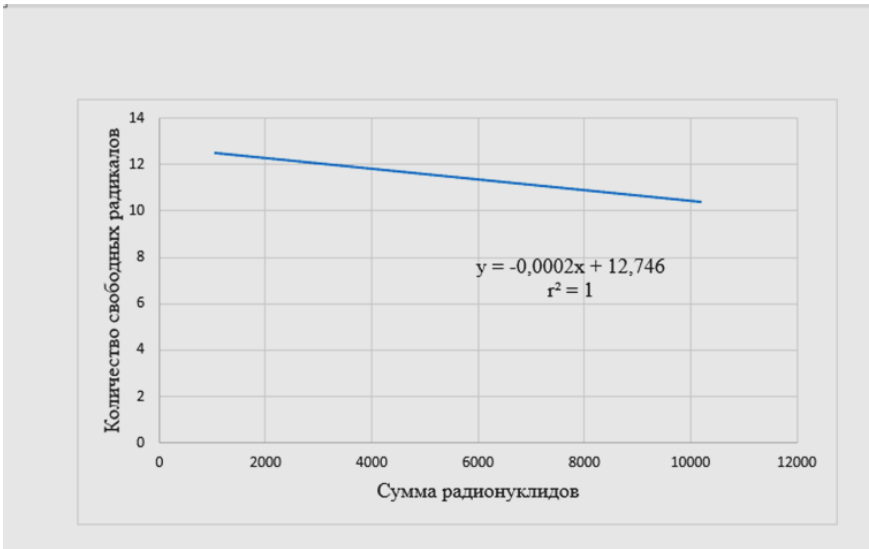


Рисунок 5.2 - Зависимость количества свободных радикалов *(C_R)* от суммы радионуклидов в листьях

На рисунке 5.2 представлены результаты измерения содержания свободных радикалов в листьях КК от уровня радиационного фона и сумма радионуклидов. Как видно из рисунка 5.2, изменение интенсивности свидетельствуют о том, что свободные радикалы содержатся больше всего у образца, собранного с точки *A* (40 мкР/ч). В точке *B* РФ составляет в среднем 640 мкР/час, количество свободных радикалов имеет наименьшее значение ($10{,}6 \cdot 10^{12}$ спин /мг).

Зависимость количества свободных радикалов от суммы радионуклидов для листьев образцов растительного материала описывается по следующей формуле:

$$C_R = -\,0{,}0002\,N + 12{,}746 \qquad (5.2),$$

где C_R – количество свободных радикалов, N – концентрация суммы радионуклидов. Коэффициент регрессии равен единице ($r^2 = 1$).

Для стеблей КК, также по мере роста, сумма радионуклидов и радиационного фона количества свободных радикалов линейно уменьшается.

Таким образом концентрация свободных радикалов в листьях и стеблях КК зависит от количества радионуклидов; РФ способствует уменьшению числа свободных радикалов, то есть при увеличении радиационного фона места произрастания количество свободных радикалов уменьшается.

Донник лекарственный. С целью изучения влияния радиационного фона на содержание свободных радикалов были исследованы листья донника лекарственного. Образцы для записи были приготовлены согласно методикам (раздел 2.3).

Таблица 5.2 - Радиационный фон места произрастания растения донника

Место произрастания	Радиационный фон, мкР/час
Пункт 1	11-14
Пункт 2	18-22
Пункт 3	60-70
Пункт 4	260-280

На рисунке 5.3 приведены спектры ЭПР листьев донника, отобранных с различных пунктов хвостохранилища «Дегмай», имеющих различные уровни радиации (см. таблицу 5.3).

Спектры ЭПР с шириной линии ΔH_0=15,6-16,8 Гс, что свидетельствует о присутствии нескольких свободных радикалов.

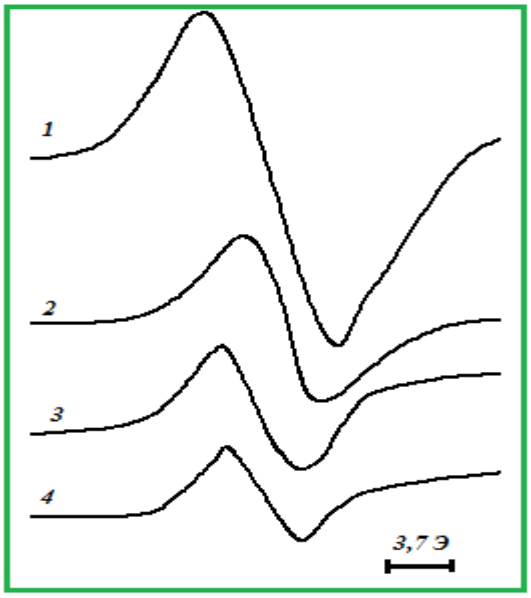


Рисунок 5.3 - Спектры ЭПР листьев донника, отобранных в разных пунктах хвостохранилища «Дегмай»*:* а – пункт 1, б – пункт 2, в – пункт 3, г – пункт 4

Таблица 5.3 - Спектральные параметры и количество свободных радикалов в образцах листьев донника в зависимости от места произрастания

Место сбора образцов	J_0, Гс	ΔH_0, Гс	$C_R \cdot 10^{12}$ спин/мг
Пункт 1	28,8	16,8	16,5
Пункт 2	26,4	15,6	14,6
Пункт 3	18,0	15,6	9,8
Пункт 4	13,2	15,6	7,2

Параметры спектров ЭПР и количество парамагнитных центров в образцах листьев донника в зависимости от пункта сбора приведены в таблице 5.3.

На рисунке 5.4. приведена зависимость количества свободных радикалов от уровня радиационного фона места произрастания. Согласно графику, по мере роста уровня радиации количество свободных радикалов экспоненциально уменьшается. Зависимость количества свободных радикалов от мощности радиационного фона описывается согласно формуле:

$$y = -3{,}038\ln(x) + 23{,}608 \qquad (5.3),$$

где y – количество свободных радикалов (C_R), x – мощность радиационного фона (R) места сбора растений. Коэффициент регрессии равен $r^2 = 0{,}9666$.

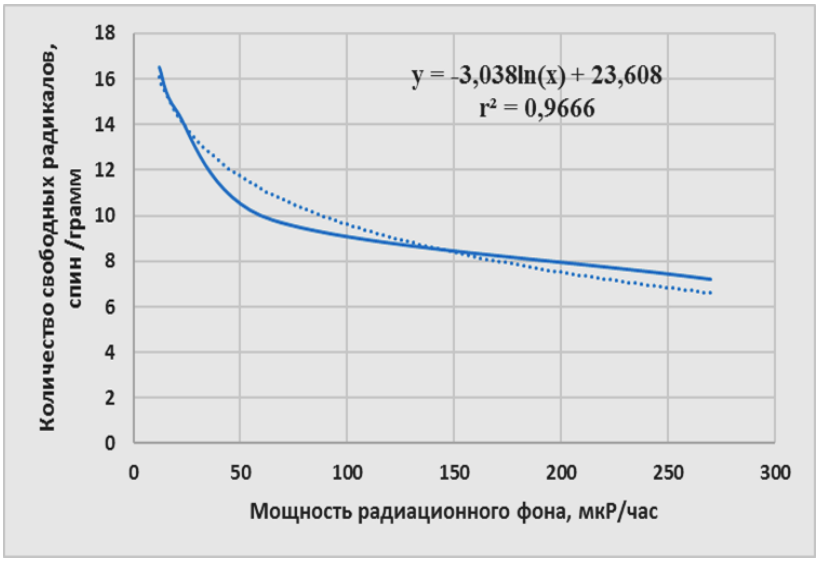


Рисунок 5.4 - Зависимость свободных радикалов от мощности радиационного фона листьев донника

Полученные результаты показывает, что РФ оказывает влияние на физико-химические свойства листьев донника, следовательно, количество свободных радикалов зависит от радиационного фона места произрастания.

Таким образом, можно заключить, что количество свободных радикалов в листьях донника зависит от места произрастания; по мере роста уровня радиационного фона экспоненциально уменьшается количество свободных радикалов. Уменьшение количества свободных радикалов, возможно, зависит от замедления окислительных процессов. Возможно, такие изменения в рассматриваемой системе связаны с электронным переносом от одного координационного центра к другому. В главе 3 показано, что увеличение радиационного фона приводит к уменьшению гидроксильных групп в составе некоторых растений. Это, возможно, приводит к уменьшению свободных радикалов, зависящих от этих групп.

Репейник. Образцы листьев растений для исследования отобраны с хвостохранилища «Дегмай» с разных точек во время цветения растения (см. таблицу 5.4)

ЭПР-спектры записывались на радиоспектрометре РЭ-1306, условия записи приведены в разделе 2.3. Интенсивность сигнала образца сравнивалась с интенсивностью сигнала эталонной навески двухвалентного Mn^{+2} в окиси магния MgO по количеству парамагнитных центров [246].

Таблица 5.4 - Радиационный фон места сбора растений

Место произрастания	РФ, мкР/час
точка *A*	18-21
точка *B*	260-280
точка *C*	820-860

Экспериментальные ЭПР-спектры листьев репейника позволяют определить физико-химические изменения свойств растений и количества свободных радикалов.

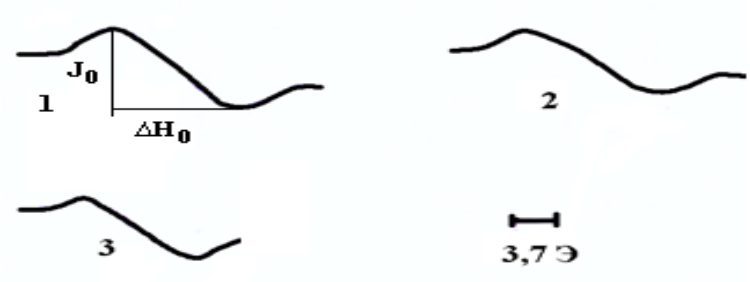


Рисунок 5.5 - Спектры ЭПР листьев репейника, произрастающего в разных точках «Дегмая»*:* 1 – точка А; 2 – точка В; 3 – точка С

На рисунке 5.5 представлены спектры ЭПР листьев репейника в зависимости от радиационного фона места произрастания.

Спектры на рисунке 5.4 показывают, что образцы растений, которые произрастали в разных местах, имеют различную интенсивность и почти одинаковую ширину центральной линии (ΔH_0). Количество свободных радикалов определили согласно формуле (5.1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что РФ оказывает влияние на физико-химическую структуру макромолекул листьев репейника. Следовательно, количество свободных радикалов зависит от внешних факторов и уровня радиационного фона.

Таблица 5.5 - Параметры спектров ЭПР и количество свободных радикалов в образцах листьев репейника в зависимости от места произрастания

Место сбора образцов	J_0, Гс	ΔH_0, Гс	$C_R * 10^{12}$ спин/мг
точка *A*	26,4	14,4	15.7
точка *B*	21,6	14,4	12.8
точка *C*	19,6	14,4	11.6

На рисунке 5.6 представлены результаты измерения содержания свободных радикалов от мощности радиационного фона местности; как видим изменение интенсивности сигнала ЭПР и количества свободных радикалов в составе листьев репейника в зависимости от радиационного фона местности свидетельствуют о том, что свободные радикалы содержатся больше всего у образца, собранного с точки *A* (18-21 мкР/ч) и не превышающею норму радиационного фона.

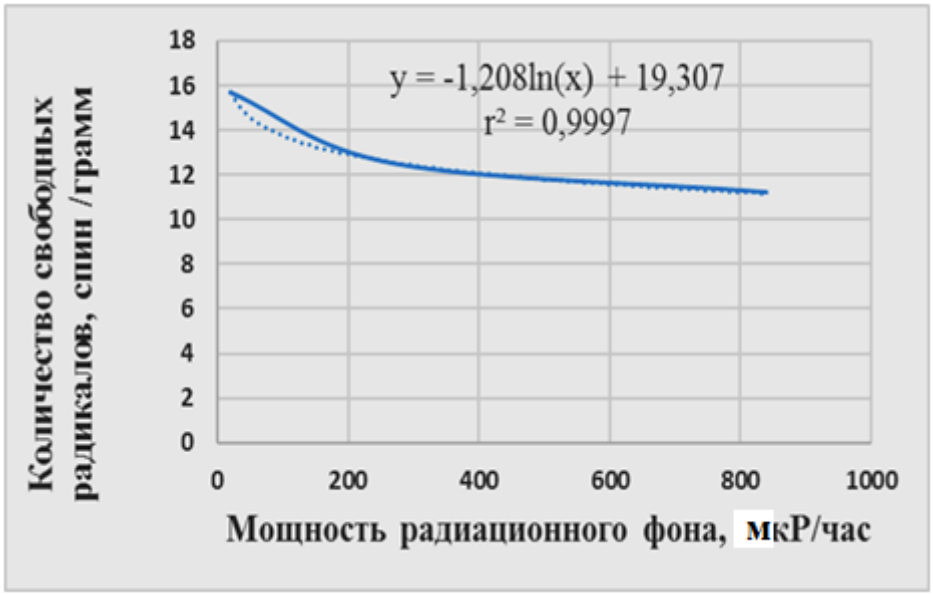


Рисунок 5.6 - Зависимость количества парамагнитных центров *(*C_R*)* от мощности радиационного фона местности *(*R*)*

В точке *C* РФ составляет в среднем 840 мкР/час, количество свободных радикалов имеет наименьшее значение (11,6· 10^{12} спин /мг). Эта зависимость описывается согласно формуле:

$$y = -1{,}208\ln(x) + 19{,}307 \qquad (5.4),$$

где коэффициент регрессии равен $r^2 = 0{,}9997$.

Таким образом, на основе экспериментальных результатов можно заключить, что: количество свободных радикалов в листьях репейника зависит от радиационного фона места сбора растений; по мере увеличении радиационного фона места сбора количество свободных радикалов экспоненциально уменьшается.

Полынь горькая. Образцы листьев полыни горькой собирали около репейника и сигналы записывались согласно методики, изложенной в главе 2.

На рис. 5.6 приведены ЭПР-спектры листьев ПГ.

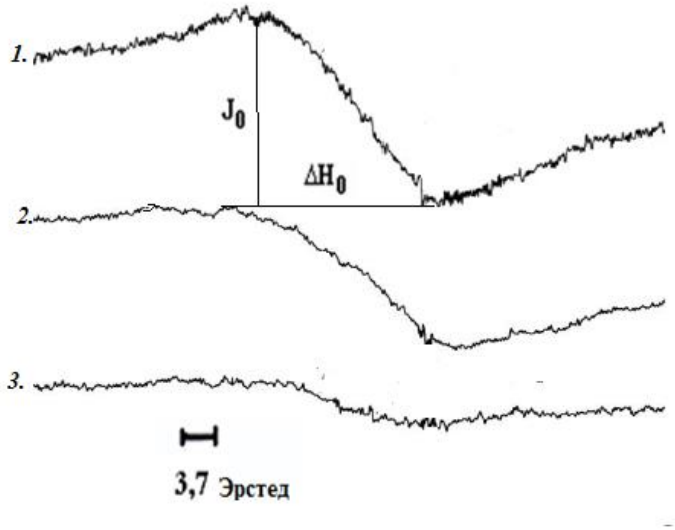


Рисунок 5.7 - ЭПР-спектры листьев полыни горькой из разных точек хвостохранилища «Дегмай» кривые относятся к точкам*:* 1. – 20; 2. – 260; 3. – 840 мкР/час

Согласно рисунку 5.7, ЭПР-спектры образцов листьев ПГ из различных уровней радиационного фона различают по интенсивности и ширине линии (ΔH_0). Эти спектры подтверждает положение о суперпозиции нескольких видов свободных радикалов, которые накапливаются в составе природных соединений растительного происхождения. Концентрацию свободных радикалов рассчитывали согласно формуле (5.1).

В таблице 5.6 представлены количественные параметры спектров ЭПР, относящихся к точкам сбора с различным уровнем радиационного фона.

В таблице 5.6 приведены факторы влияния уровня радиации на спектроскопические параметры, как интенсивность и ширина линии, а также зависимость количества свободных радикалов от мощности радиационного фона

места произрастания. Расстояние между собранными образцами не превышает 50 метров.

Из таблицы 5.6 видим, что по мере роста мощности радиационного фона изменяются значения ширины центральной линии, однако интенсивность сигнала и концентрация свободных радикалов или парамагнитных центров монотонно уменьшаются.

Таблица 5.6 - Зависимость количества парамагнитных центров листьев полыни горькой от радиационного фона место произрастания

Место сбора образцов	R, мкР/час	J_0, Гс	ΔH_0, Гс	$C_R \cdot 10^{12}$, спин/мг
точка *1.* (40°, 12' 34"с.ш.; 69°, 37' 21"в.д.)	20	27.6	15.0	16.3
точка *2.* (40°, 12' 46" с.ш.; 69°, 37' 11'‘в.д.)	260	22.8	15.6	13.4
точка *3.* (40°,12' 52" с.ш.; 69°, 37' 03" в.д.).	840	20.76	15.6	12.2

Согласно таблице 5.6, в точках 2 и 3 РФ составляет около 260 и соответственно 840 мкР/час, количество свободных радикалов имеет наименьшее значение, то есть РФ пагубно влияет на количество парамагнитных центров. Кумулятивно по мере роста радиационного фона количество свободных (стабильных) радикалов экспоненциально уменьшается.

Кривые сплошные линии – экспериментальный результат, точечные линии – теоретический результат, последний определён согласно формулы:

$$y = -1{,}224\ln(x) + 20{,}104 \qquad (5.5);$$

коэффициент регрессии равен $r^2 = 0{,}9944$.

Исследование трёх растений, подвергшихся радиации, утверждает, что РФ почти одинаково влияет на листья растений. Из теоретических уравнений (5,3; 5,4 и 5,5) можно найти единую формулу для трёх исследованных растений (рисунок 5.8):

$$C_R = - a\ ln(R) + b \qquad (5.6)$$

a и *b* – коэффициенты значения, которые для различных растений соответственно разные.

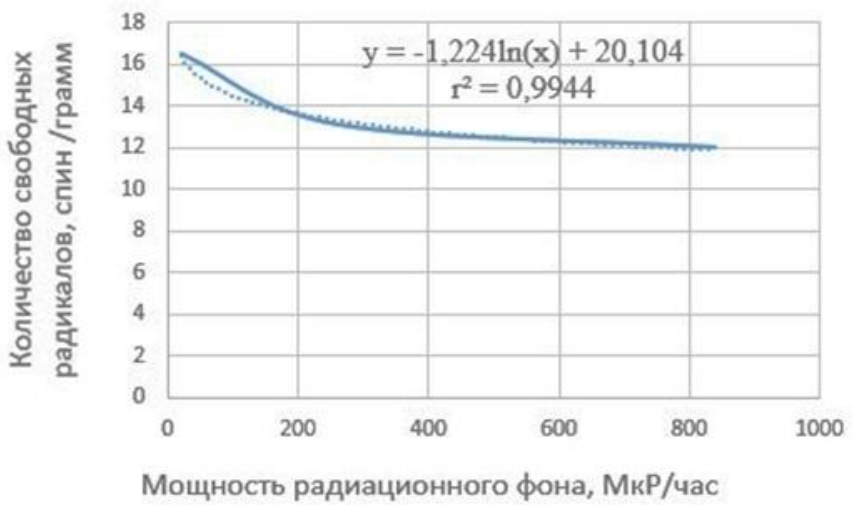


Рисунок 5.8 - Зависимость количества свободных радикалов листьев полыни горькой от мощности радиационного фона

Таким образом можно заключить, что количество свободных радикалов в листьях полыни горькой зависит от экологических факторов места произрастания. РФ пагубно влияет на количество парамагнитных центров, о чём свидетельствуют экспоненциальные уменьшения количества свободных радикалов до 25 %.

5.2. Изучение спектроскопических свойств хвойных деревьев методом ЭПР

В этом параграфе приведены результаты исследования спектроскопических свойств образцов сосны обыкновенной и ели, которые произрастают в разных регионах Северного Таджикистана. Хвойники деревьев собирали в августе с двухлетней образцова высотой около двух метров. Из экспериментальных данных можно видеть, что количество свободных радикалов зависит от места произрастания. На спектроскопические характеристики влияют места сбора с такими их характеристиками, как, высота над уровнем моря, экологические условия окружающей среды, влияния светопогоды, ветра и других факторов сказывающихся на биосинтезе продуктов, физико-химическом составе деревьев, состоянии почвы и т.д. При этом свободные радикалы, присутствующие в растении, возможно, оказываются вовлечёнными в процесс биосинтеза.

В настоящем параграфе представлены результаты ЭПР-спектроскопических исследований хвои сосны и ели, произрастающих в городе Худжанд около автомобильной дороги «Авторемзавод», в дальнейшем обозначаем как (ХА), в парке Худжандского государственного университета имени академика Бободжана Гафурова «Хурамшахр», обозначаемом (ХХ) и в Шахристанском районе (ШР). Спектры записывались согласно известного метода раздел 2.3.

На рисунке 5.9 приведены ЭПР-спектры хвои деревьев в зависимости от места сбора, видно что, спектры имеют синглетное состояние с шириной линии от 13 Гс до 30 Гс.

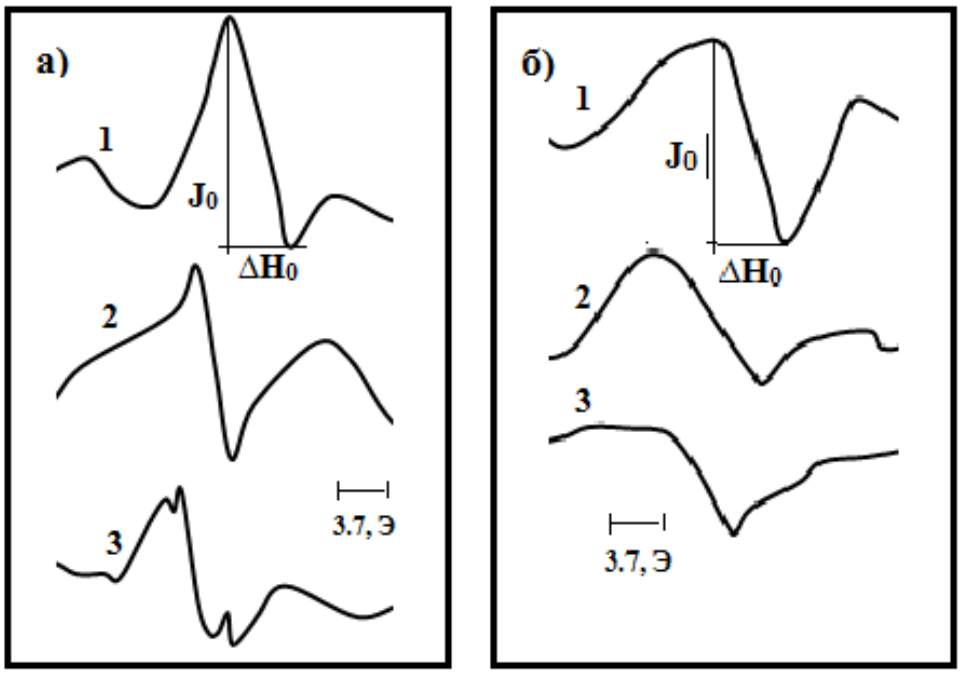


Рисунок 5.9 - ЭПР-спектры сосны и ели: 1 – Шахристанский район; 2– г. Худжанд парк «Хурамшахр»; 3– г. Худжанд, «Авторемзавод»; а) – сосна, б) – ель

Спектры образцов ХА (спектр 3) отличаются от других мест произрастания, это, очевидно, зависит от экологических условий, эти деревья постоянно находится под напряжением выхлопов газов и пыли.

В таблице 5.7 приведены спектральные параметры сигнала ЭПР J_0 - интенсивность и ΔH_0 - ширина линии хвои сосны обыкновенной и ели. Как видим

интенсивность J_0 для образцов хвои ШР самая большая по сравнению с образцами ХХ и ХА.

Ширина центральной линии ΔH_0 в зависимости от места произрастания образцов мало изменяется, это свидетельствует об устойчивости и стабильности радикалов, которые содержатся в составе деревьев.

Таблица 5.7 - Параметры спектров ЭПР хвои деревьев при комнатной температуре

№	Хвойники деревьев	Место сбора образцов					
		ШР		ХХ		ХА	
		J_0, Гс	ΔH_0, Гс	J_0, Гс	ΔH_0, Гс	J_0, Гс	ΔH_0, Гс
1.	Сосны	55,2	19,2	48	13,2	37,2	18,0
2.	Ель	49,4	24,0	33	30,0	26,4	21,6

В таблице 5.8 приведены сравнительные данные о количестве свободных радикалов хвойниках деревьев в зависимости от места произрастания. Видно, что количество свободных радикалов в зависимости от места произрастания изменяется.

Таблица 5.8 - Сравнительные данные о количестве свободных радикалов в образцах деревьев от места произрастания

№	Места сбора образцов	Количество свободных радикалов $C_R \cdot 10^{12}$,спин/мг	
		Сосна	Ель
1	Шахристанский район	46,3	38,1
2	г. Худжанд парк «Хурамшахр»	39,1	31,7
3	г. Худжанд «Авторемзавод»	33,9	26,5

На рисунках 5.10, 5.11 приведены диаграммы зависимости свободных радикалов от места произрастания из них видно, что для сосны обыкновенной и ели количество свободных радикалов изменяется.

Согласно этому [10, 108-111, 240, 277], полученные результаты свидетельствуют о том, что место произрастания деревьев оказывает влияние на

накопление биохимических продуктов жизнедеятельности растения и формирование физико-химической структуры его органов.

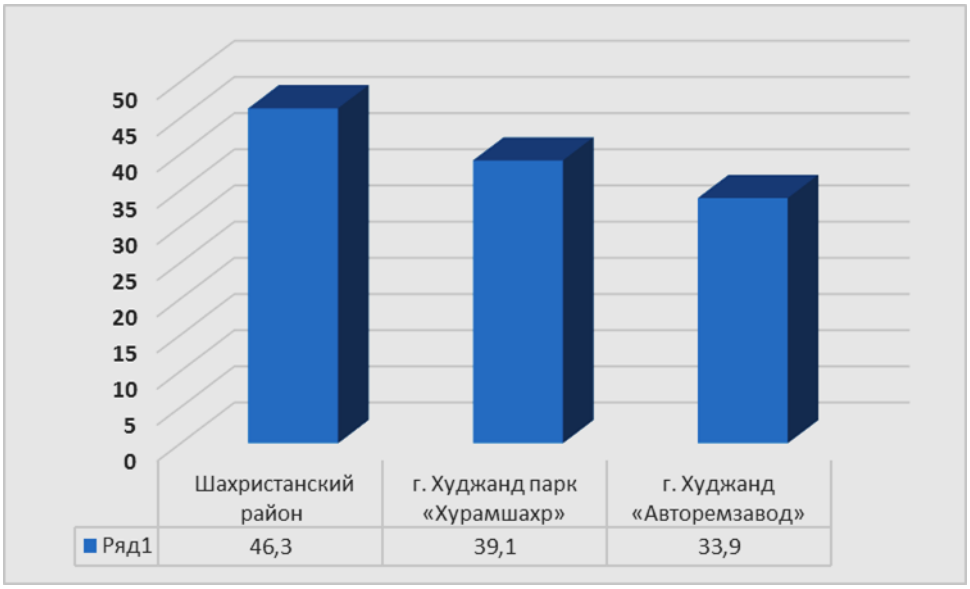


Рисунок 5.10 - Количество свободных радикалов сосны обыкновенного от места произрастания

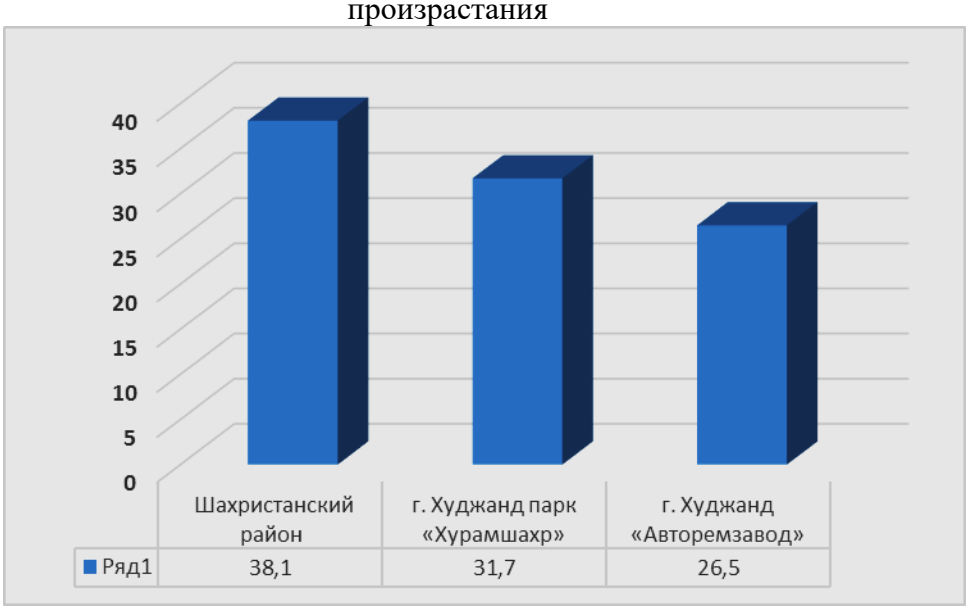


Рисунок 5.11 - Количество свободных радикалов ели от места произрастания

В связи этим, «Следовательно, накопление свободных радикалов зависит от места и экологических условий произрастания хвойных деревьев, что может быть следствием воздействия внешних факторов, интенсивности УФ излучения, элементов в почвах, состава атмосферы и метеорологических параметров места произрастания» [111].

Согласно экспериментального результата, изменения интенсивности и концентрация свободных радикалов, в зависимости от места произрастания и экологических условий окружающей среды, свидетельствуют о том, что наибольшее число парамагнитных центров находятся в хвое деревьев.

В деревьев в зависимости от места произрастания и вид деревьев свободные радикалы по разному образуется в составе хвойниках, очевидно это зависит Таким образом, можно заключить, что накопление свободных радикалов в хвойниках деревьев зависит от метео- и экоусловий окружающей среды.

5.3. Исследование влияния радионуклидов на молекулярную динамику растительных природных соединений

Известно, что когда «внешняя среда загрязнена радионуклидами, то естественно растения вынуждены поглощать эти техногенные выбросы. РН, находясь в структуре растений, очевидно, пагубно влияют на процесс развития растений. И, вследствие этого, нарушается процесс нормального развития растений, который заложен генетически. В результате, процесс структурообразования и биохимический состав органов растений могут изменяться. Анализ литературы показывает, что влияние внутреннего облучения на молекулярную динамику ПРС систематически не изучено и является актуальной задачей современной науки» [21 А, с.31].

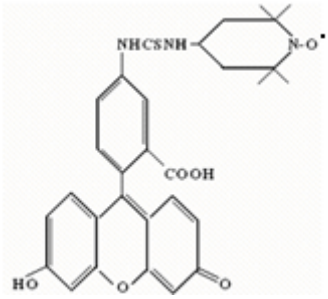
В этом разделе исследуется влияние РН на молекулярную динамику КК, произрастающего на территории хвостохранилища Дегмай, методом спиновых меток.

Листья и стебли растений были модифицированы нитроксильным радикалом (1) (рисунок 5.11) и сняты спектры ЭПР на радиоспектрометре РЭ–1306 согласно методике, изложенный в главе 2.

Составные части КК отобраны в фазе цветения с хвостохранилища Дегмай из координат точки-I, мощность радиационного фона 640 мкР/час (С40^{o} 13' 27", В 69^{o} 37' 46"); точки-II, мощность радиационного фона 40 мкР/час (С40^{o} 13' 30", В 69^{o} 38' 02").

Для обнаружения РН в составе растительных материалов применён метод в γ-радиометрия. Концентрация РН определили с помощью гамма-спектрометра на базе детектора из чистого германия GGX-1020 производства фирмы «Канберра». Количество содержания радионуклидов в листьях и стеблях КК от места произрастания приведено в таблице 4.18, глава 4.

Согласно [106-111, 21 А], «нитроксильный радикал (1) локализуется на поверхности макромолекул в растительных полимерах, глубина залегания которых составляет 3–4 нм, а в дикорастущих растениях около 1,5–2 нм. При модификации, очевидно, происходит физическое взаимодействие, то есть нитроксильный радикал (1) можно использовать как спиновый зонд.



(1)

Структурная формула нитроксильного радикала была использована в настоящей диссертации.

На рисунке 5.12 приведены ЭПР-спектры составных частей КК. Спектры представляют наложение двух сигналов (быстро- и медленновращающихся). Увеличение ширины спектра означает уменьшение частоты вращения молекул, связанных зондом. Сильную заторможенность вращательной подвижности спинового зонда характеризует неоднородность аморфных областей в местах локализации зонда около гидроксильных групп» [21 А, с.32].

Согласно метода спиновых меток, который применён в работе, можно выяснить вращение спиновых меток, присоединившихся к макромолекуле ПРС и определить время корреляции вращения радикала от микро- до пикосекунд. Как было сказано, время корреляции вращательной подвижности макромолекул обратно пропорционально частоте вращения, кумулятивно можно определить «частоту вращения» радикала от мега Герц до тера Герц.

Сужение спектра, связано с влиянием РН на СТС ПРС и концентрации функциональных групп.

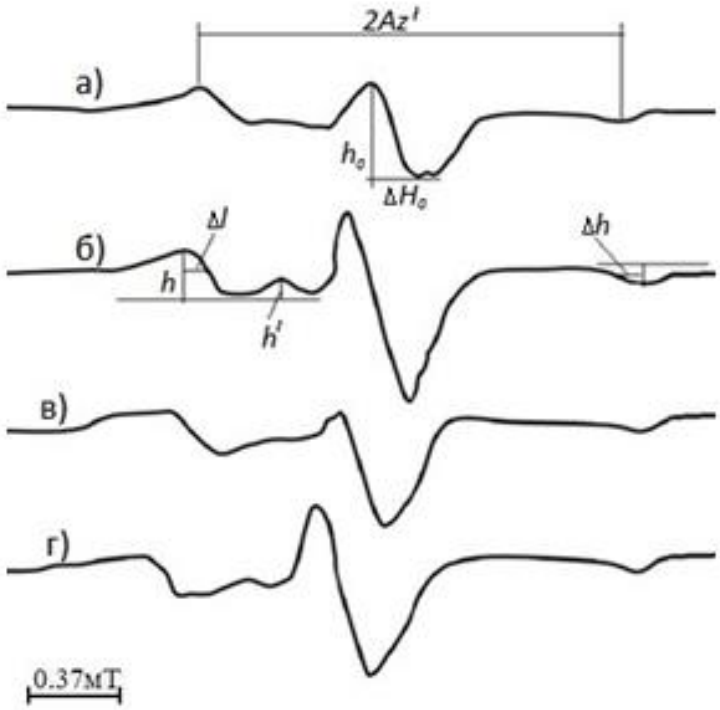


Рисунок 5.12 - ЭПР-спектры листьев и стеблей каперса колючего от места произрастания*:* а*)* листья из точки-I; б*)* листья из точки-II; в*)* стебли из точки-I; г*)* стебли из точки-II

Таблица 5.9 - Параметры спектров ЭПР, модифицированных нитроксильным радикалом листьев и стеблей каперса колючего в зависимости от дозы радиации и концентрация радионуклидов

Название образцов	Δl, *Гс*	Δh, *Гс*	ΔH_0,*Гс*	$2A'_z$,*Гс*	h'/h	$\tau_c \cdot 10^{-8}$,*с*	$\nu \cdot 10^8$, 1/с
а) I-листья (640мкР/час)	11	10.2	19.2	204	0.25	0.33	3.03
б) II-листья (40 мкР/час)	12	12.4	21.6	211.2	0.28	0.41	2.44
в) I-стебл (640 мкР/час)	10.8	10	18.6	207.6	0.24	0.35	2.85
г) II-стебл (40 мкР/час)	12	11.6	21.4	216	0.31	0.43	2.32

Согласно таблицы 5.9, спектральные параметры выглядят как вращательные диффузии радикала; ширина линий, центральные, низкие и высокополные компоненты, интегральная интенсивность изменяются в

зависимости от вида образцов, то есть по мере роста концентрации радионуклидов перечисленные параметры уменьшаются.

Таким образом, концентрация радионуклидов пагубно влияет на количества спинового метка, введённого в макромолекулы ПРС, о чём свидетельствуют снижения ЭПР-сигналов; параметра h'/h, относящийся к быстро вращающемуся радикалу, весьма чувствителен к конформационной подвижности макромолекул, что является следствием структурных изменений, что приводит к химическим изменениям биообъектов; при радиационном фоне R ≥ 640 мкР/ч для подопытных растений структурные изменения, сопровождающихся ростом вращательной подвижности радикала [21 А, с.34].

Присоединившиеся спиновые метки дают информацию о быстроте вращательной подвижности макромолекулы, очевидно, это происходит с участием радионуклидов в составе ПРС.

5.4. Влияние тяжёлых металлов на вращательную подвижность биомолекул тростника обыкновенного

Исследование показывает, что на молекулярную динамику и физико-химические свойства функциональных групп образцов растительного происхождения влияют внешние факторы и места произрастания. Согласно предыдущим параграфам РФ, РН, пестициды и другие внешние факторы пагубно воздействуют на структуры и свойств ПРС. Из анализа литературы выявлено, что влияние ТМ на вращательную подвижность ПРС мало изучено; в частности, образцы ТО систематически не исследованы.

В работе ставилась задача исследовать влияние тяжёлых металлов на молекулярную динамику присоединённых к гидроксильным группам спин-меченого стебля ТО методом спиновых меток.

Анализ литературных данных показывает, что тростника применяют для строительства жилищ, заборов, изоляции и др., в составе входят около 65 % целлюлозы. Образцы отобрали в Бабаджангафуровском районе, село Унджи (а) – координаты СШ 40° 16' 16", ВД 69° 42' 0,4" и из хвостохранилища Дегмай (б) –

координаты СШ 40° 13' 35", ВД 69° 38' 09". РФ места произрастания – села Унджи – составило около 15 мкР/час, а хвостохранилища Дегмай – около 70 мкР/час.

Таблица 5.10 - Содержание тяжёлых металлов в стебле тростника и проба почвы

№	ТМ	Концентрация ТМ, мг/кг			
		Бободжангафуровский Район		Хвостохранилище Дегмай	
		В почве	В растениях	В почве	В Растениях
1	Sr	90,05±0,72	106,98±1,35	85,86±0,24	92,24±0,3
2	Pb	20,39±1,84	30,26±0,64	12,63±0,91	18,45±0,24
3	As	318,27±4,78	166,78±0,98	50,76±0,43	19,67±0,8
4	Zn	67,29±4,09	79,69±4,80	20,30±0,68	171,4±2,7
5	Cu	51,96±0,64	43,14±0,17	58,79±0,46	48,01±0,3
6	Ni	16,14±1,69	27,29±3,04	3,23±0,62	45,13±2,4
7	Co	11,02±0,89	36,12±3,19	18,37±0,54	13,7±0,91
8	MnO	580,4±10,9	139,14±3,9	87,7±0,87	149,4±4,1
9	Cr	64,49±2,15	104,88±4,15	84,06±4,6	109,9±3,1
10	V	67,59±1,06	26,02±0,76	18,04±0,6	33,02±1,1
11	TiO_2*	0,43±0,007	0,328±0,002	0,33±0,008	0,32±0,01
12	Fe_2O_3*	2,340±0,09	1,20±0,01	1,42±0,01	1,31±0,02

Согласно таблице 5.10, некоторые микроэлементы, как As, Cu, Cr, по мере роста их содержания в почве больше накапливаются в биоматериалах. Когда некоторые ТМ как Sr, Pb, Zn, Ni больше содержатся в растениях, чем пробы почвы, это свидетельствует о наихудших экоусловиях местности.

Как нам известно, микроэлементы стронция, мышьяка и оксид мангана является парамагнитными. Согласно таблицы 5.10, концентрация стронция до 14 % и концентрация As, до восьми раз больше, содержится в стеблях образцов из Бободжангафуровского района, чем из хвостохранилища Дегмай. По экспериментальным данным, в зависимости от повышения уровня РФ уменьшается концентрация парамагнитных элементов, как стронций, мышьяк, оксид марганца и оксид титана до пятнадцати процентов.

Для определения вращательной подвижности и снятия спектров образцов приготовили образцы из ТО в спиртовом растворе. Способ приготовления спин-меченого раствора в этиловом спирте: навеску в 25 мг порошкообразного стебля тростника поместили в пробирку и добавили 2 мл этилового спирта, выдерживали в течение двух суток при комнатной температуре. С помощью специального фильтра отделили раствор от смеси, потом добавили нитроксильный радикал. Модификации образца и снятия спектров проводили согласно методике, приведённой в главе 2.

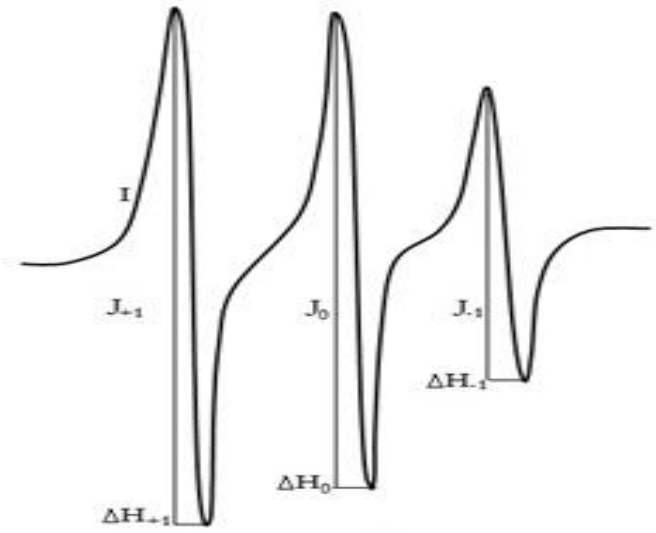


Рисунок 5.13 - Спектр нитроксильного радикала *(I)* в этиловом спирте

На рисунке 5.13 приведены ЭПР-спектры нитроксильного радикала в этиловом спирте; как видим, радикал с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М/л в этиловом спирте свободно вращается, и время корреляции около $\tau_c \leq 10^{-7}$с.

Из рисунка 5.14 видно, что вращение радикала в биомолекуле ТО, обработанного спин - меченым раствором, более заторможено и при этом наблюдается расширение линии ЭПР-спектра.

В зависимости от концентрации ТМ и поглощённой радиации в ЭПР-спектрах уменьшается интенсивность и уширяются спектральные линии, что, связано с влиянием ТМ на молекулярную структуру и свойства биомолекул ТО.

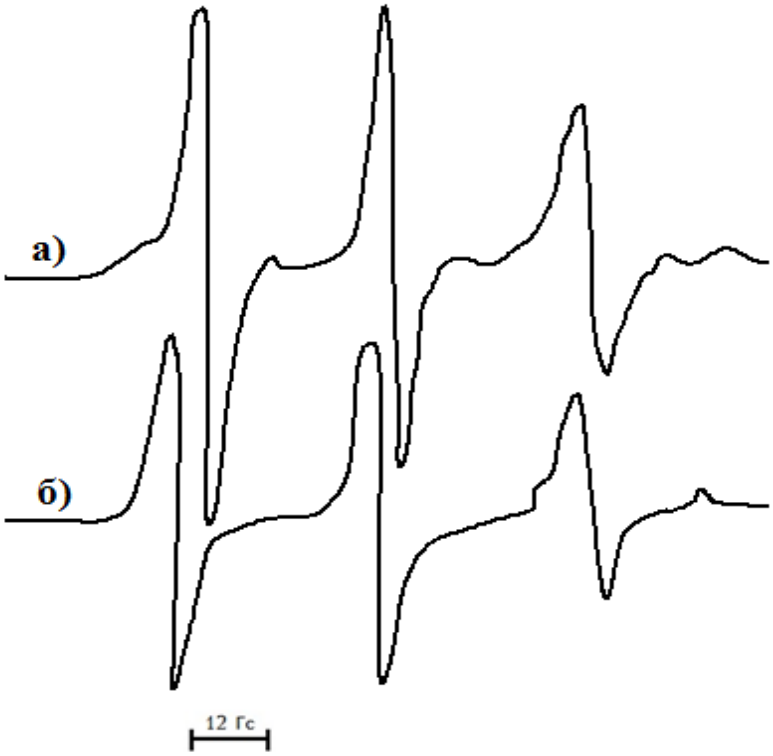


Рисунок 5.14 - ЭПР-спектры тростника обыкновенного с места произрастания; а*)* – образцы из села Унджи, б*)* – образцы с хвостохранилища Дегмай

Также по мере роста уровня радиационного фона количество парамагнитных элементов уменьшается, что, очевидно, влияет на интенсивность спин - меченых образцов. Интенсивность сигнала образцов из села Унджи увеличена до 50 %, что, очевидно, связано с увеличением концентрации некоторых прамагнетиков в биомолекулах ТО.

Как показано в работах [125, 127], время корреляции вращения радикала в спиртовом растворе рассчитывается уравнением:

$$\frac{1}{\tau_c} = \frac{3{,}64 \cdot 10^9}{\left(\sqrt{\frac{J_0}{J_{-1}}} - 1\right)\Delta H_0} \qquad (5.7),$$

где ΔH_o – ширина линии центрального компонента, J_0 – интенсивность центрального компонента J_{-1} – интенсивность высокопольного компонента, τ_c – время корреляции вращения радикала.

В таблице 5.11 приведены некоторые спектральные параметры ЭПР-спектров. Как видно, по мере роста техногенных нагрузок вращательная подвижность радикала. Анализ показывает, что параметр J_0 для образцов с хвостохранилища Дегмай уменьшается около 50 %, очевидно, это связано с взаимодействием ТМ, которые разрушают функциональные группы в составе ТО. Однако для исследованных растений из хвостохранилища Дегмай ТО значения ширины линии увеличивается до двадцати трёх процентов.

Согласно экспериментальных результатов, в структуре стебля ТО с хвостохранилища Дегмай проявляются разрыхлённые участки, которые влияют на время корреляции и частоту вращательной подвижности нитроксильного радикала.

Таблица 5.11 - Спектральные параметры нитроксильного радикала и спин-меченого раствора тростника обыкновенного в зависимости от места произрастания

№	Образцы	Спектральные параметры								
		J_{+1}, Гс	J_{-1}, Гс	J_0/J_{-1}	J_0, Гс	ΔH_{+1}, Гс	ΔH_{-1}, Гс	ΔH_0, Гс	$\tau_c 10^{-10}$, с	$\nu 10^9$, 1/с
1.	Нитроксильный радикал	222	122	1.69	207,6	5	5	5.5	4.53	2.21
2.	а)–село Унджи	181	98	1.64	163,2	5.9	6,0	6,0	4.61	2.16
3.	б)– хвостохранилище Дегмай	112	67	1.59	106,8	6.2	6.8	6.8	4,87	2.05

Примечание: J_{+1} – интенсивность низкопольного компонента, J_{-1} – интенсивность высокопольного компонента, J_0 – интенсивность центрального компонента, ΔH_{+1} – ширина линии низкопольного компонента, ΔH_{-1}– ширина линии высокопольного компонента,ν – частота вращения радикала

Выявлены ускорения интенсивность сигнала до 50 %, что связано с увеличением концентрации некоторых прамагнетиков, как Sr, As, MnO, TiO_2, в молекулах ТО. Увеличения РФ и концентрация ТМ приводят к увеличению времени корреляции спин-меченых образцов ТО с хвостохранилища Дегмай, вероятно, пропорционально изменениям структуры и свойств ПРС. Концентрация ТМ способствует содержанию функциональных групп, о чём

свидетельствует спад интенсивности центрального компонента до 50 % в образцах из Дегмая.

5.5. Влияние радионуклидов на динамические параметры вращения спиновой метки в исследуемых материалах

Из предыдущих параграфов установлено, что ТМ и РФ влияют на молекулярную динамику и свойства ПРС. Как показывает опыт, метод спиновой метки является одним из эффективных методов исследования молекулярной динамики и характеристик вращающейся метки, прикреплённой к матрицам биоматериалов, предоставляющих информацию о внутренности молекулы.

Априори ЭПР - спектры радикала зависят от влияния внешних факторов и ориентации присоединённых спиновых меток (зондов) во внешнем магнитном поле.

Анализ литературы показывает, что влияние радионуклидов, воздействующих на динамические параметры, частота вращения радикалов и эффективная энергия активации радикала образцов стебля ТО комплексно-систематически не исследовано, поэтому изучения такого рода являются актуальной задачей современной физики.

В данном параграфе изучено влияние количества радионуклидов на частоту вращения радикалов вокруг положения равновесия (ν_0) и эффективную энергию активации вращения радикалов (Еэф.) образцов ТО. Образцы приготовили из ТО, произраставших в двух местах; Худжанд по побережью Сыр-Дарьи (в дальнейшем (ХС)) и у подножий Могол-Тау, (в дальнейшем ХМ) в пределах города Худжанда.

Как известно, ТО широко применяется в хозяйстве, где он произрастает. Из тростника делают корзины, лёгкую мебель для дач, музыкальные инструменты, картон, бумагу и прочее. Составные части тростника обыкновенного применяются для разных целей в строительстве и народном хозяйстве. Стебель тростника содержит около 60-65 процентов целлюлозы и используется при производстве целлюлозы и бумаги [310-311]. Также ТО

служит как высококачественный, экологичный и прочный материал с водоотталкивающими свойствами для крыш сараев и домов. ТО играет важную роль для очищения воды в водоёмах.

Загрязнения окружающей среды произрастания могут отрицательно влиять на физико-химические свойства и структуру биоматериалов. Одним из путей проникновения радионуклидов в структуру и состав ПРС осуществляется через почву, которая аккумулирует в себе экотоксиканты из воды и атмосферного аэрозоля.

Из таблицы 5.12 видно, что по мере роста концентрации радионуклидов в пробах почв она увеличивается в стеблях ТО. Можно отметить, что пробы почв, отобранные на территории ХМ, содержат более высокие концентрации РН. Некоторые РН, как К – 40, Pb – 214 и Bi – 214 больше накапливаются в пробах почв с территории ХМ, чем ХС. Очевидно, радионуклиды К-40, Pb – 214 и Bi – 214 от двух до четырёх раз больше поглощаются образцами растительного происхождения, произрастающих в окрестностях шахтных вод ХМ.

Таблица 5.12 - Содержание радионуклидов в почве и тростнике обыкновенном *(*Бк/кг*)*

Радионуклиды	ХС, почва	ХС, Растения	ХМ, почва	ХМ, растения
Pb – 214	126,3	67,3	1298,3	159,6
Bi – 214	100,7	44,2	1132,2	182,6
Pb – 212	54,2	0	450,8	31,2
Tl-208	69	38,7	377,8	39,6
К-40	212,5	98,4	3037,1	255,8

Естественно, перечисленные РН (таблица 5.12) влияют на молекулярную динамику функциональных групп, состав молекулы в биоматериалах. Частота вращения радикала вокруг равновесного положения и эффективная энергия активации являются одними из основных параметров, которые оценивают состояние системы.

В работах [312-314] показано, что температура влияет на вращательную подвижность, частоту радикала и эффективную энергию активации, и эту зависимость можно определить по следующей формуле:

$$\nu = \nu_0 e^{-\frac{E}{RT}} \qquad (5.8),$$

где, ν – частота вращения радикала, ν_0 – частота вращательных колебаний радикала вокруг положения равновесия, E – эффективная энергия активации вращения радикала, R – газовая постоянная, T – абсолютная температура (K). Уравнение (5.8) переведём на десятичные логарифмы в следующем виде:

$$\nu = \nu_0 10^{lge(-\frac{E}{RT})} \qquad (5.9)$$

Определив зависимость частоты вращения радикала (ν) от обратной температуры (1/T), логарифмируя уравнения (5.9), находим (5.10):

$$\lg \nu = \lg \nu_0 - \left(\frac{E}{R} \cdot \lg e\right) \cdot \left(\frac{1}{T}\right) \qquad (5.10).$$

Эта зависимость исследовалась в интервале температур от 280 K до 350 K.

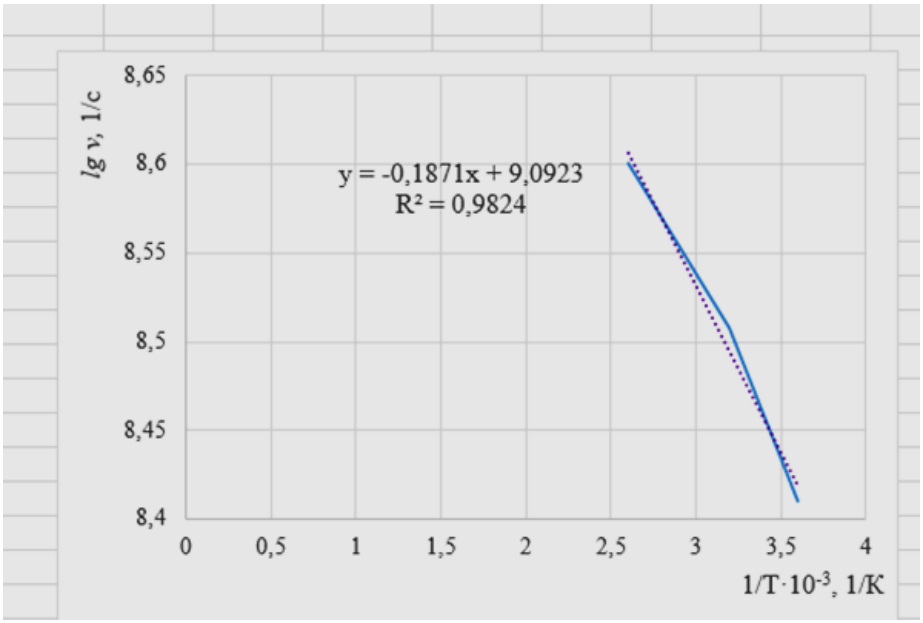


Рисунок 5.15 - График зависимости частоты от обратной величины температуры

На рисунке 5.15 приведена зависимость логарифма частоты вращения радикалов от обратной температуры, эта зависимость (ν от 1/T) описывается уравнением (5.10), понижения температуры приводят к уменьшению частоты вращения радикала, что подчиняется теории.

Согласно уравнению (5.10), составим систему уравнений для взаимодействия активационной энергии и частоты вращательной подвижности присоединённых спиновых-меток к макромолекулам стебля ТО вокруг положения равновесия,

$$\left.\begin{aligned} \lg \nu_1 &= \lg \nu_0 - \left(\frac{E}{R}\cdot \lg e\right)\cdot\left(\frac{1}{T}\right)_1 \\ \lg \nu_2 &= \lg \nu_0 - \left(\frac{E}{R}\cdot \lg e\right)\cdot\left(\frac{1}{T}\right)_2 \end{aligned}\right\}, \qquad (5.11)$$

где $\lg\nu_1$, $\lg\nu_2$ – логарифмы частоты вращения радикала в двух значениях обратной температуры – $(1/T)_1$, $(1/T)_2$.

В таблице 5.13 приведены динамические параметры ТО от места произрастания; можно видеть, что эффективная энергии активация и частоты вращения вокруг положения равновесия изменяется, то есть РН пагубно влияет на физико-химические свойства биоматериала.

Таблица 5.13 - Динамические параметры тростника обыкновенного в местах произрастания

№	Место произрастания	$E_{эфф}$, ккал/моль	ν, $10^8$1/с	τ_c, 10^{-8} с
1.	ХС	0,82	3.17	0,32
2.	ХМ	0,64	4.27	0,23

Согласно таблицы 5.13, по мере роста концентрации накопленных радионуклидов в структуре ТО появляются рыхлый участки, радикалы которых свободно вращаются; впоследствии частота вращательной подвижности увеличивается.

Таким образом, согласно экспериментальных результатов, РН влияют на эффективную энергию активации и частоты вращательной подвижности спиновых меток вокруг положения равновесий. Установлено, что увеличение концентрации радионуклидов приводит к быстрому вращению нитроксильного радикала, присоединённого к тростнику. Определено, что активационная энергия вращательной диффузии спиновых меток, присоединённых к образцам

ТО с ХМ, уменьшается до 22%. Полученные результататы можно применять для оценки динамических параметров ПРС.

5.6. Применение модели Лотки - Вольтера для изучения взаимодействий двух параметров в тростнике обыкновенного

Согласно, мировой литературы, в научной практике часто встречаются изучения взаимодействия между двумя параметрами, системами или различными величинами. В связи с этим для управления и прогнозирования взаимодействия двух параметров или систем широко применяются различные уравнения для математического моделирования процессов. Модель Лотки - Вольтера является одним из классических и распространённых методов моделирования взаимодействия двух типов: «хищник – жертва». Кроме того, данное уравнение (Лотки - Вольтера) применяется для моделирования систем «хищник – жертва», «червь – растение», «ледник – тепловое течение» [315-318] и других типов взаимодействий.

В научных исследованиях существуют стохастические, непрерывные и дискретные дифференциальные уравнения (модель Лотки-Вольтера) [319, 320]. Эти уравнения ориентированы на описание и учёт тех или иных параметров в процессе взаимодействия двух или более параметров.

Априори модель Лотки-Вольтера учитывает мельчайшие изменения в (5.12), которые сопровождают качественные изменения исследованных образцов. Уравнение Лотки - Вольтера можно применить к взаимодействию активных радикалов и тогда количество присоединившихся спиновых меток предстанет в следующем выде:

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= (x - rC)R \\ \frac{dC}{dt} &= (-y + rR)C \end{aligned} \qquad (5.12)$$

где R – количество присоединившихся спиновых меток; C – количество активных радикалов, t – время взаимодействия двух параметров; x, y – коэффициенты, отражающие взаимодействие между параметрами.

Предположим, что гидроксильная группа и активные радикалы находятся в составе или структуре биоматериалов замкнутой системы. Когда, кроме радиации, влияние других внешних факторов считается незначительным, в этом случае внешние факторы не изменяют положение систем. Можно предположить, что уравнения для изменения количества гидроксильных групп в исходном состоянии принимают следующий вид:

$$\frac{d\mathrm{R}}{dt} = \mathrm{xR},$$

x – коэффициент образования гидроксильных групп, который пропорционален количеству присоединившихся спиновых-меток, R – величина увеличения OH-групп с течением времени, а $\frac{d\mathrm{R}}{dt}$ – скорость роста образований гидроксильных групп.

Если гидроксильная группа мала преобразованном виде, тогда количество присоединившихся спиновых меток естественно уменьшается, впоследствии она возможно, будет слабо взаимодействовать с активными радикалами. В результате в уравнении рост количества активных радикалов без учёта количества гидроксильных групп можно представить в следующем виде:

$$\frac{dC}{dt} = -\mathrm{y}C$$

где y – коэффициент уменьшений количества активных радикалов, C- величина роста количества активных радикалов, $\frac{dC}{dt}$ – скорость роста активных радикалов с течением времени.

Очевидно, скорость роста количества активных радикалов прямо пропорциональна уровню радиационного фона. Величина RC обозначает эффект взаимодействия OH - групп и активных радикалов. Концентрация активных радикалов реагирует на количество OH - группы и с коэффициентом r они взаимодействуют между собой в замкнутой системе. В этом случае концентрации активных радикалов с коэффициентом r увеличиваются .

Отсюда, свойственность для динамических систем способствует значительному расширению области применения модели.

В настоящем параграфе применение математического уравнения Лотки - Вольтера используется для исследования взаимодействия активных радикалов и гидроксильных групп в биоматериалах.

Кумулятивно для определения концентрации активных радикалов и количества присоединившихся спиновых меток к гидроксильным группам применяется метод спиновых меток, в качестве предмета были исследованы образцы биоматериала с различным радиационным фоном местности.

Для моделирования взаимодействия двух параметров предположим, что начальное количество жертв изменяется от $R = 3$ до $R = 5$, а хищников от и $C = 2$ до $C = 3$. «Предполагается, что жертва (жертвы) увеличиваются с коэффициентом x=1 без влияния внешних факторов, хищник (хищники) уменьшаются с коэффициентом y=1. Хищник(и) с коэффициентом r=1, взаимодействуя с жертвой и увеличиваются в объёме или системе» [11 А, с.43]. Применяя уравнение (5.12), можно установить ззависимость концентрации жертв и хищников со временем. Систему (5.12) вводим в поле программы Mathcad в следующем виде:

$$F(t,R)=\begin{pmatrix} xR-rRC \\ -yC+rRC \end{pmatrix} \qquad (5.13).$$

Применим уравнение (5.13) для взаимосвязи двух систем от начальной недели t_0=0 до t_1=14 недель. Создадим график в M=400 точек, применяя метод Рунге-Кутта, в пространстве программы Mathcad [321, 322].

Согласно рисунку 5.16, при изменении количества жертв вид графика изменяется; можно полагать, что количества жертв и хищников взаимодействуют между собой. В монотонных взаимодействиях колебания похожи на колебания гармонического осциллятора.

Если добавить другой тип хищников (E), уравнения (5.12) принимают вид (5.14):

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt} &= (x-rC)R+E(x) \\ \frac{dC}{dt} &= (-y+rR)C \end{aligned} \qquad (5.14).$$

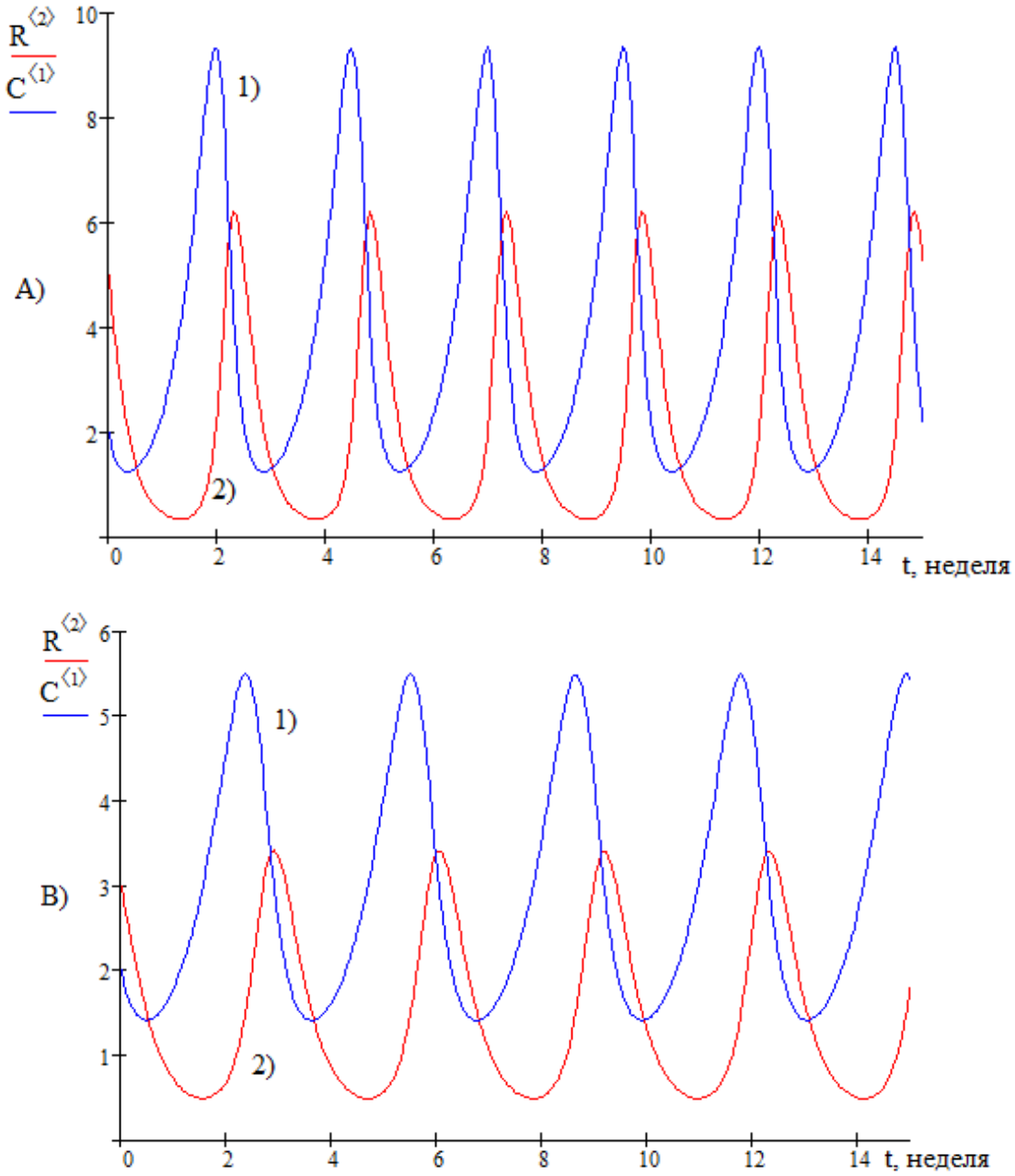


Рисунок 5.16 - Зависимость количества жертв *(*R*)* от хищников *(*C*)*: A*)* C=2; R=5*:* B*)* C=2; R=3

На рисунке 5.17 приведено взаимодействие трёх параметров, например, влияния двух типов хищников *C* – радиационный фон и *E* – количество радионуклидов на один тип жертв *R* – гидроксильная группа, а коэффициенты *x*, *y* и *r* остаются в прежнем состоянии.

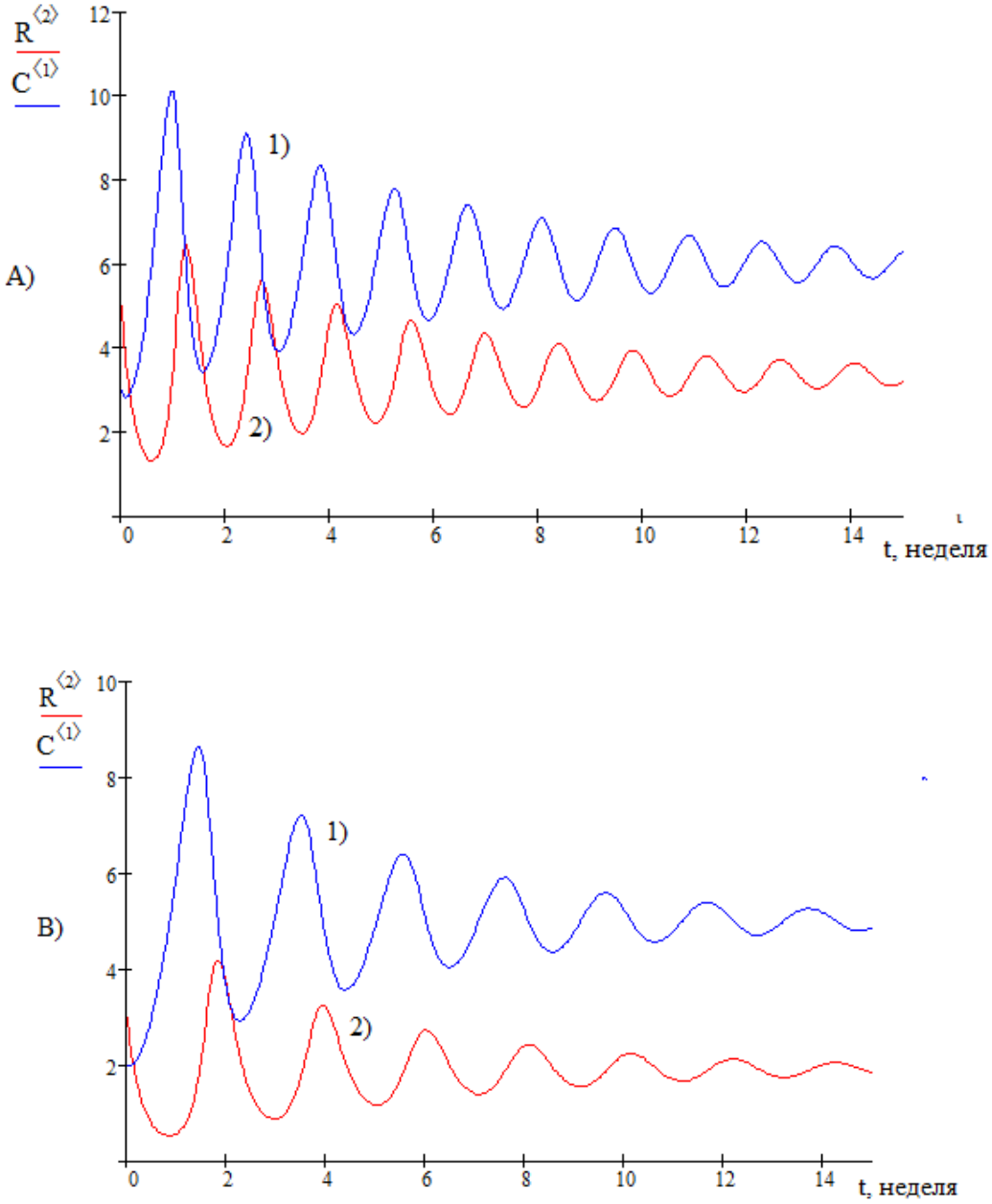


Рисунок 5.17 - Взаимодействие двух типов хищников на один тип жертв*:*
A*)* C+E=3; R=5*:* B*)* C+ E=2; R=3

Из рисунка 5.17 видно, что при взаимодействия трёх параметров графики колебании мононотонно уменьшаются; с течением времени, после четырнадцатой недели, возможно затухание колебаний и взаимодействия между ними прекращаются. При этом, очевидно, нарушается баланс и вподследствии, возможно, структура и состав биоматериала постепенно ухудшатся.

Взаимодействия двух типов хищников с двумя типами жертв приведены на рисунке 5.18. Можно видеть, что в этом случае происходит активное

взаимодействие четырёх параметров, как РФ и количества РН с гидроксильной и метильной групп.

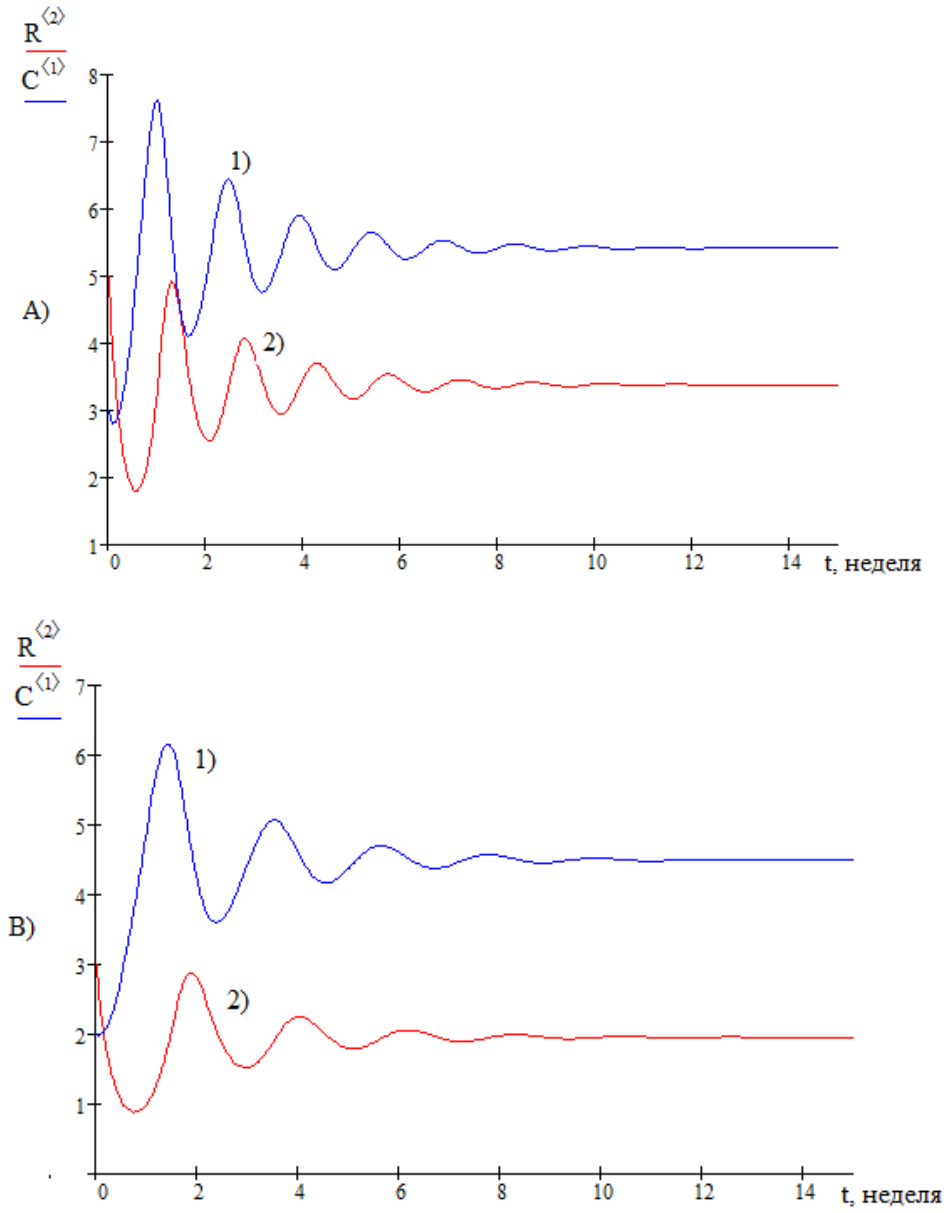


Рисунок 5.18 - Взаимодействие двух типов хищников и жертв*:* A*)* C+E=3; R+P=5*:* B*)* C+ E=2; R+P=3

Из графика ускоренного спада колебания очевидно, что он зависит от количества жертв и хищников; в этом случае два типа противоположных параметров взаимодействуют быстрее, в результате состав и структура биоматериала резко ухудшаются.

Влияние внешних и внутренних факторов на структуру и молекулярные свойства ПРС отражаются на ИК- и ЭПР-спектрах. Для подтверждения

теоретических расчётов взаимодействия двух или более параметров модуля Лотки-Вольтера применили для образцов с хвостохранилища Дегмай из разных пунктов, расстояния между сборами образцов – от 20 до 70 метров (координаты 40° 13' 35"с.ш.; 69° 38' 09"в.д.; до 40° 13' 27" с.ш.; 69° 37' 46" в.д.).

В качестве жертв применили количество спиновых меток, присоединившихся к гидроксильным группам ТО, а в качестве хищника – количество активных радикалов при воздействии радиационного фона в составе ТО.

Таблица 5.14 - Зависимость количества активных радикалов и спиновых меток, присоединившихся к гидроксильным группам, от места произрастания стебля тростника обыкновенного

№	Место сбора образцов	РФ, мкР/час	$R \cdot 10^{16}$ спин/г	$C \cdot 10^{15}$, спин/г
1	пункт *А*	22	20,3	1,24
2	пункт *Б*	76	16,4	2,36
3	пункт *В*	270	6,5	3,15
4	пункт A_1	20	20.6	1.27
5	пункт $Б_1$	72	17.2	2.43
6	пункт B_1	266	6.9	3.24

Примечание: *R* – количество присоединившихся спиновых меток, *C* – количество активных радикалов.

В таблице 5.14 приведены зависимости количества активных радикалов и присоединившихся спиновых меток от радиационного фона места произрастания ТО. Как видно, РФ непосредственно влияет на количество гидроксильных групп и активных радикалов; по мере роста уровня радиации в составе ТО количество активных радикалов увеличивается до 2,5 – х раз, однако количества гидроксильных групп в 3 – х раза уменьшаются.

На рисунке 5.19 приведена зависимость количества гидроксильных групп и активных радикалов по времени. Красной линией (кривая 1) показано количество гидроксильных групп, а синей линией (кривая 2) – количество активных радикалов по времени. Предположим, что количество гидроксильных групп равно *R=5*, а количество активных радикалов равно *C=3*, из рисунка видно, что они взаимодействуют между собой монотонно.

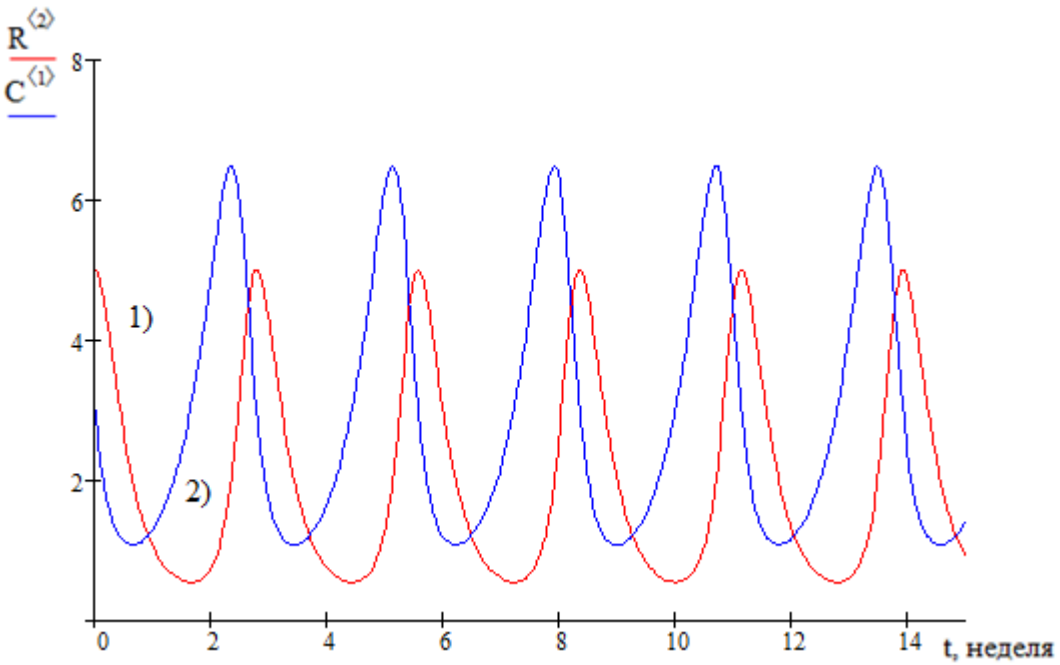


Рисунок 5.19 - Зависимость количества гидроксильных групп *(*R= 5*)* и активных радикалов *(*C=3*)* от времени

Согласно таблицы 5.14, рост радиационного фона места произрастания приводит к увеличению активных радикалов, тогда количество гидроксильных групп уменьшается, или наоборот, уменьшение активных радикалов приводит к увеличению гидроксильных групп. Этот процесс последовательно повторяется и график похож на колебания гармонического осциллятора. Очевидно, изменения в структуре или составе приводят к качественному изменению поведения систем. Разрушение этого баланса приводит к разрыхлению структуры и свойства образцов растительного происхождения. Использование уравнения Лотки-Вольтера и моделирование этого процесса дают возможность прогнозировать и предсказывать влияния внешних факторов как результат взаимодействия двух или более параметров.

Уравнение Лотки-Вольтера можно применять для моделирования физико-химических процессов в биоматериалах. График взаимодействия двух параметров в системе уравнения Лотки-Вольтера похож на колебания гармонического осциллятора, то есть цикл повторяется. Определено, что также новые параметры, как *E* (хищник) и *P* (жертва) влияют на систему и разрушают баланс, то есть, в этом случае амплитуда колебания с течением времени

монотонно уменьшается и впоследствии взаимодействия ослабляются. Когда баланс становится стабильным, то есть количество ОН-группы и активных радикалов не изменяется, в этом случае взаимодействия прекращается и колебания затухнет. Равновесия взаимодействия хишников и жертв обеспечивают долгое существование этих процессов в составе ПРС; однако, уклон приведёт к разрушению баланса.

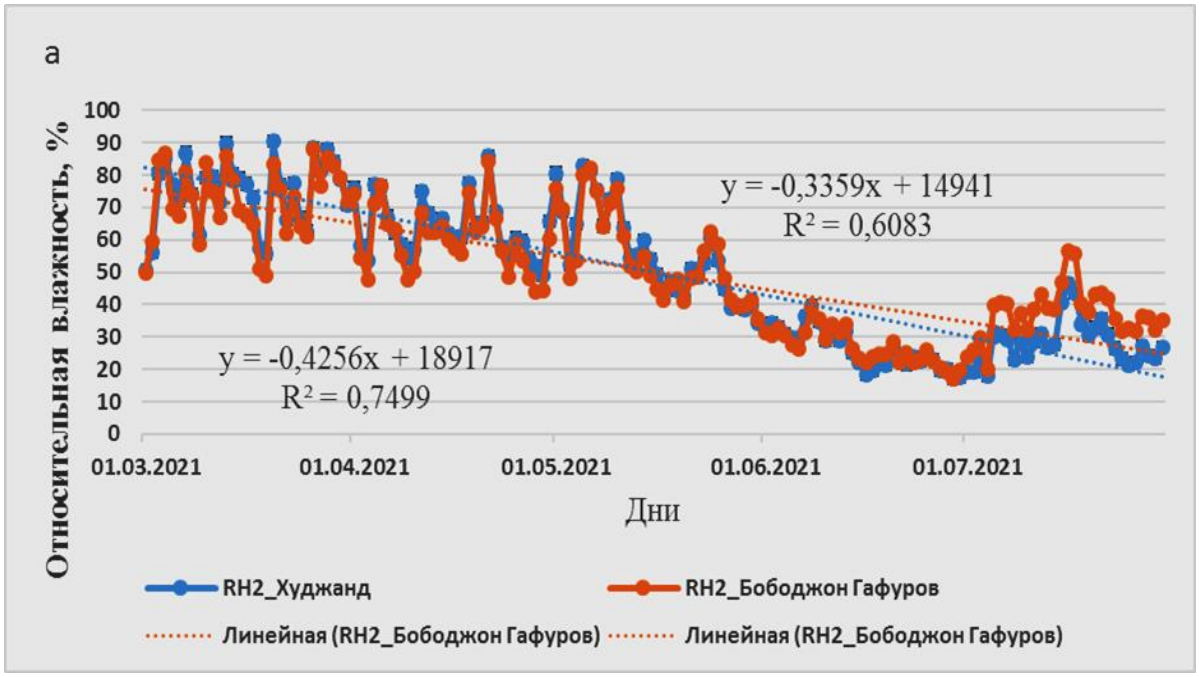
5.7. Влияния природные условия на вращательную динамику настоя листьев подорожника большого

Из предыдущих разделов выяснилось, что метеорологические параметры непосредственно влияют на формирование молекулярной структуры, рост-развитие растений и биосинтез природных соединений растительного происхождения.

Для формирования молекулярной структуры и физико-химических свойств растений важнейшую роль играют листья, так как в них под воздействием метеорологических параметров формируются органических вещества, обеспечивающие синтез жизненно важных органического соединений из неорганических [302, 303].

В настоящем подразделе исследовано влияние метеорологических параметров на спектральные характеристики спин-меченого настоя листьев подорожника большого (ПБ) в спиртовом растворе. Мы знаем, что условия произрастания, очевидно, влияют на молекулярное и надмолекулярное состояние, формирование системы меж- и внутримолекулярных взаимодействий функциональных групп ПРС.

Образцы для исследования отобраны во время цветения из Бободжангафуровского района, в дальнейшем (БГ), координаты – 40,2692 с.ш.; 69,7004 в.д.) и города Худжанда вблизи автомобильной дороги около автомобильного ремонтного завода, в дальнейшем обозначим как (ХА) (координаты – 40, 282 с.ш., 69,6401 в.д.).



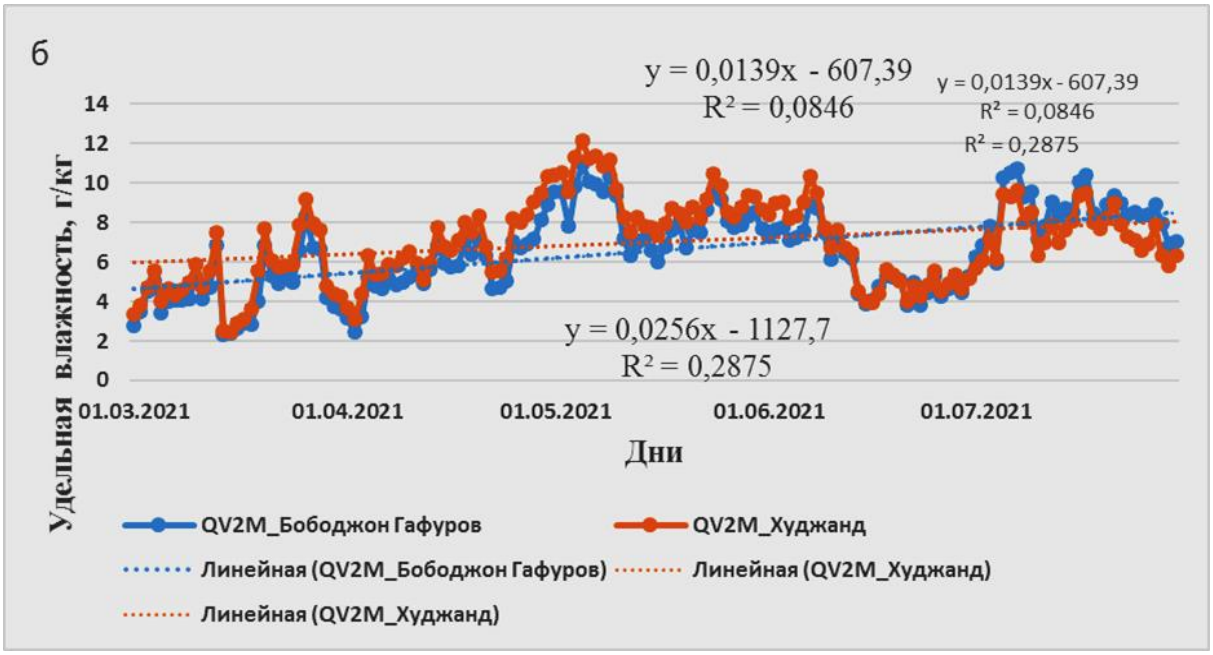


Рисунок 5.20 - Влажность воздуха в период эксперимента *(*01.03 – 31.07. 2021г.*)*; относительная влажность *(*а*)*, удельная влажность *(*б*)*

В период произрастания и цветения ПБ определены среднедневные значения влажности и температуры воздуха, вариация влажности на поверхности почвы, влажности на корневой системе и значение осадков.

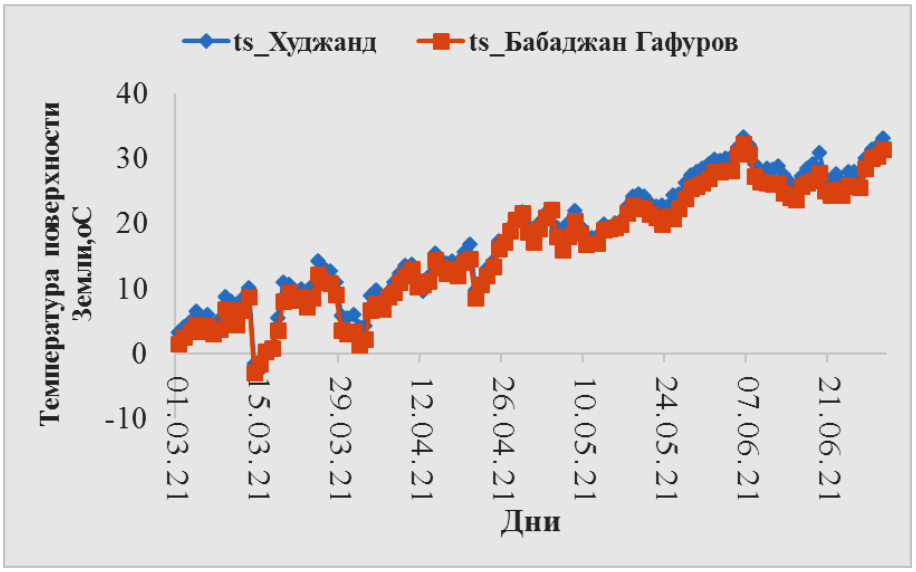
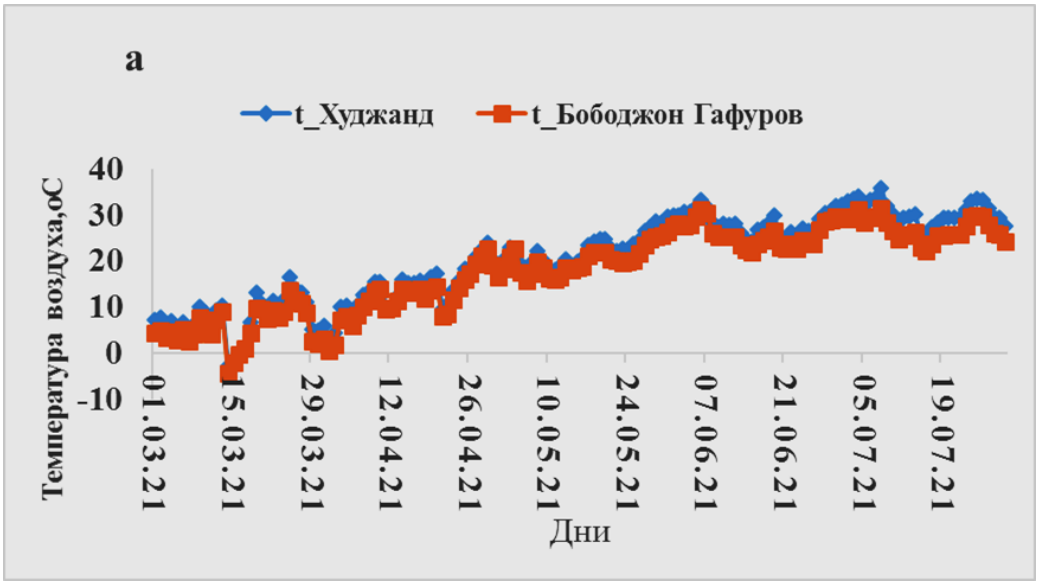


Рисунок 5.21 - Среднесуточная температура воздуха на поверхности Земли

Согласно рисунку 5.20, в период прироста растений относительная влажность воздуха уменьшается от 85% до 18 %, а удельная влажность от 12 до 2 г/кг.
Из рисунка 5.21 видно, что температура на поверхности Земли во время прироста растений монотонно повышается.

Среднесуточная температура в 2 м от поверхности Земли в местах произрастания повышается (рисунок 5.22 а). Корреляция температуры между точками сбора из города Худжанда и Бободжангафуровского района составляет около $R^2 = 0,9921$; эти параметры близки друг другу.



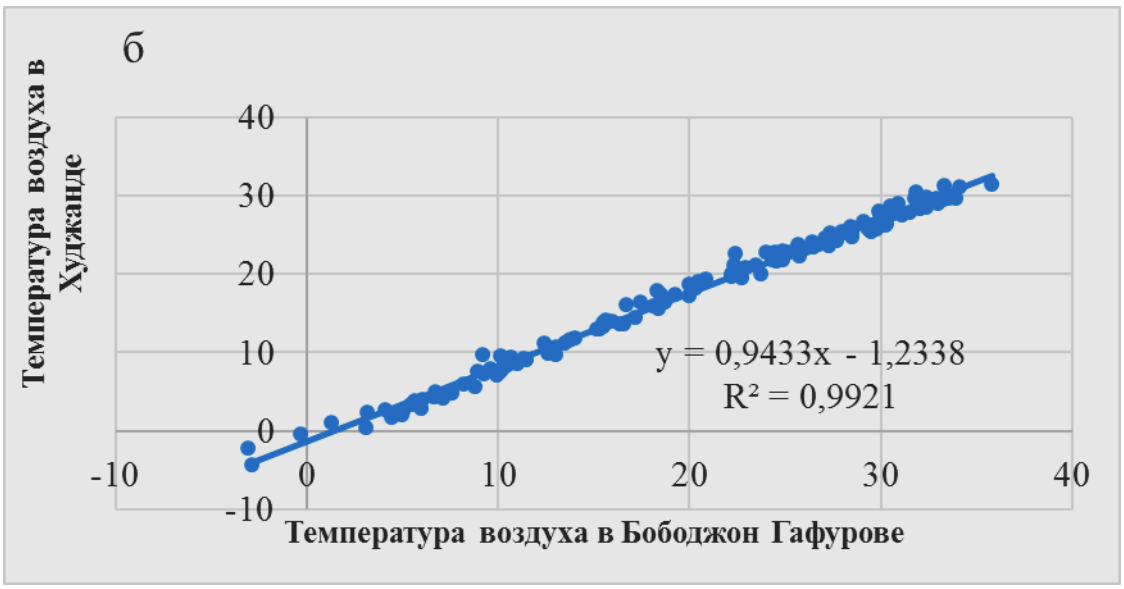


Рисунок 5.22 - Вариации температуры воздуха на уровне 2м от поверхности Земли *(а)*, корреляции температуры между точками произрастания подорожника большого *(б)*

На рисунке 5.23 сообщается о среднесуточном значении осадков за период 01.03.2021–31.07.2021 г. Осадки зарегистрированы 08.03.2021 г., 12.03.2021 г., 20.03.2021., 29.03.2021 г., 05.04.2021 г. и 05.07.2021, 17.07.2021 г; они влияют на рост и развитие исследованных растений.

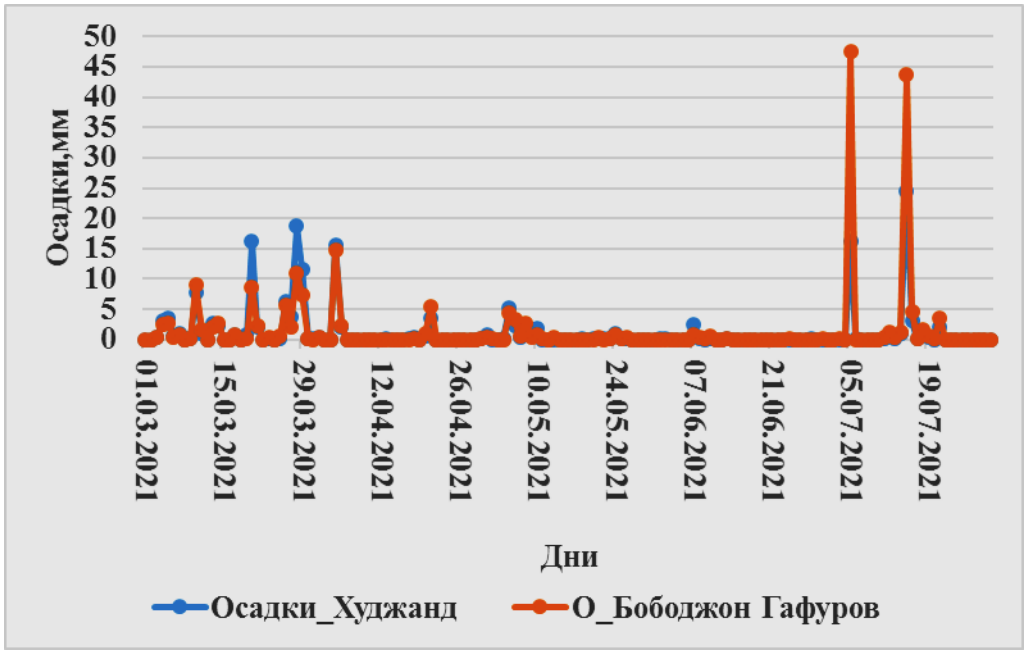


Рисунок 5.23 - Среднесуточное значение осадков за период 01.03.2021–31.07.2021г

На рисунке 5.24 приведены вариации влажности на поверхности почвы (а), влажности на корневой системе (б) и профиль влажности почвы (в) в период 01.03.2021–31.07.2021 г. Согласно графику, влажность почвы для корневых

систем для БГ и ХА мало отличается, при переходе к лету наблюдаются стабильные значения.

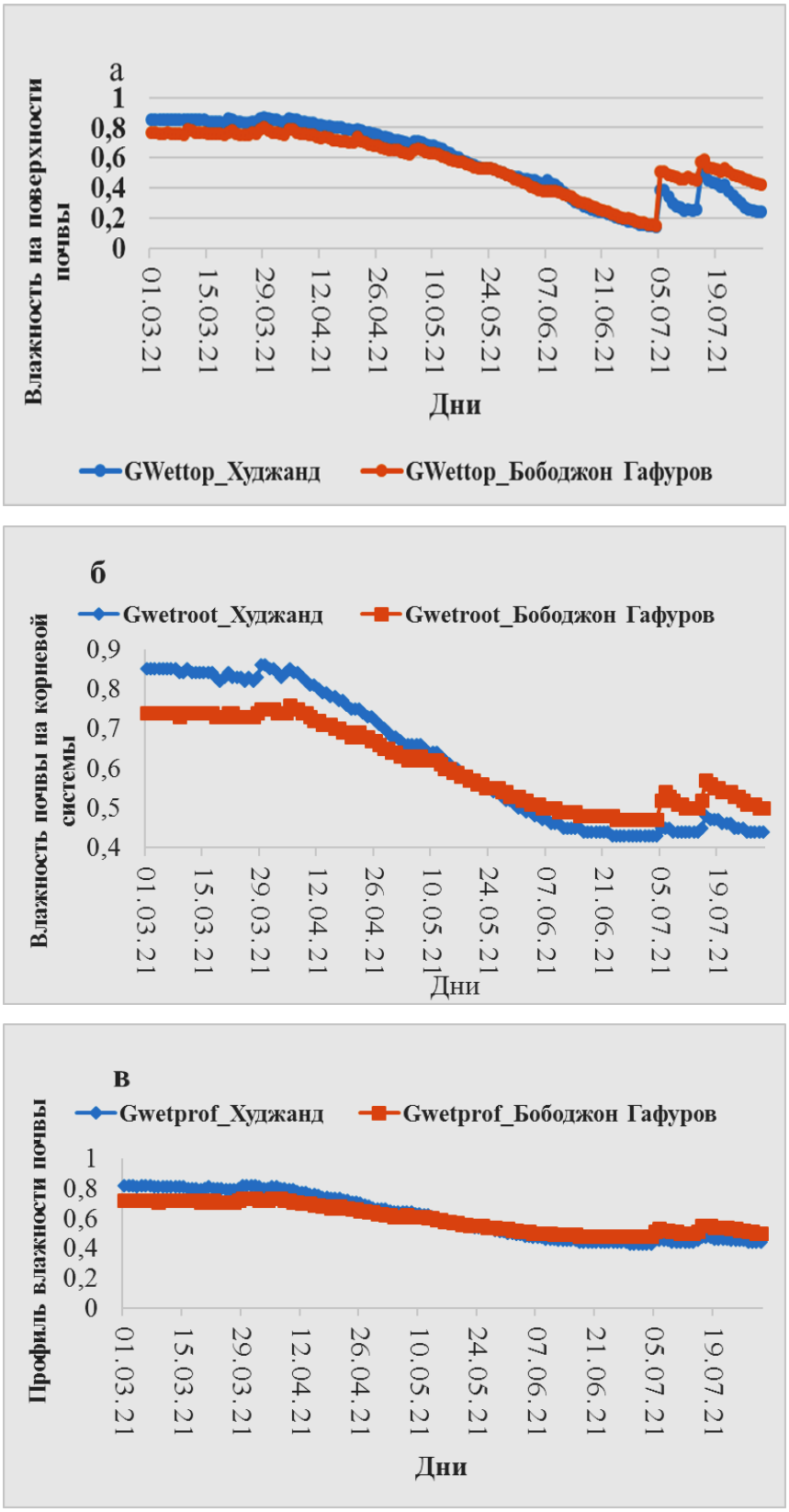


Рисунок 5.24 - Вариация влажности на поверхности почвы *(а)*, влажности на корневой системе *(б)* и профиль влажности почвы *(в)* в период 01.03.2021–31.07.2021 г

Профиль влажности почвы (рисунка 5.24 в) более стабилен для обоих местностей. Все перечисленные параметры, очевидно, сказываются на формировании молекуляроной структуры ПРС.

Кроме перечисленных параметров, для формирования молекулярной структуры физико-химических свойств ПБ важную роль играют солнечные излучения, так как под их действием происходит фотосинтез [282, 283]. Согласно рисунку 5.24, ФАР при переходе к лету становится более активнее.

Очевидно, все перечисленные параметры влияют на спектральные характеристики ЭПР-спектров ПРС, при этом можно определить время корреляции вращательной диффузии (τ_c), частоту «вращения» радикала ($\nu=1/\tau$), и т.д.

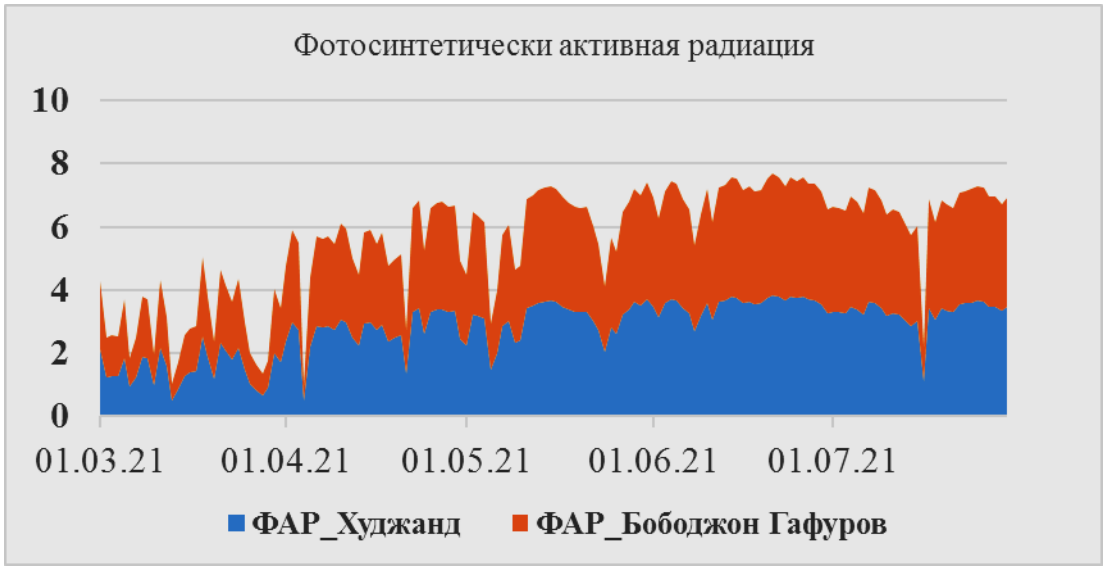


Рисунок 5.25 - Накопление фотосинтетически активной радиации в период изучения

Снимки ЭПР-спектров в спиртовом растворе проводили согласно методике, приведённой в главе 2.

На рисунке 5.26 приведены ЭПР-спектры нитроксильного радикала (I) в спиртовом растворе наблюдается свободная вращательная подвижность спиновой метки с временем корреляции $\tau_c \leq 10^{-7}$с.

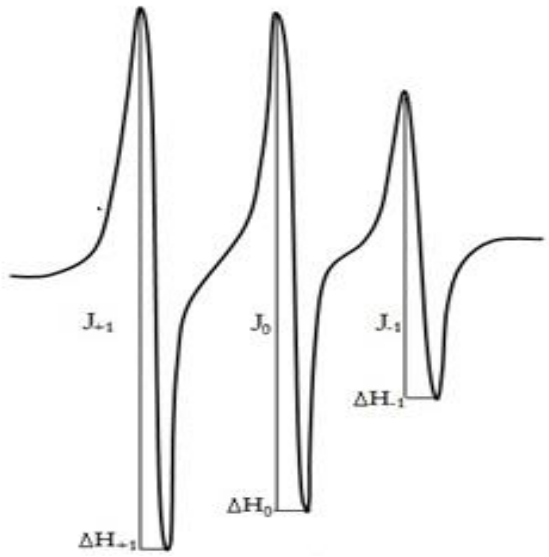


Рисунок 5.26 - ЭПР-спектры нитроксильного радикала *(I)* в спиртовом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М/л и временем корреляции *(*$\tau_c < 10^{-7}$с*)*

Согласно рисунку 5.27, форма спектра в двух местах произрастания более заторможена, и происходит изменение в ЭПР-спектрах.

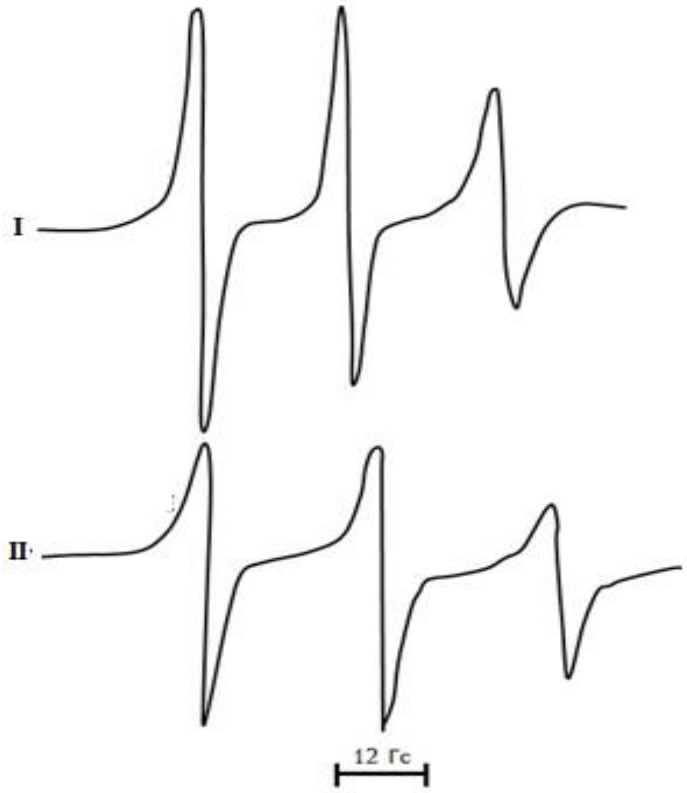


Рисунок 5.27 - ЭПР-спектры подорожника большого с места произрастания; I – Бободжангафуровский район, II – город Худжанд

Происходят изменения в спектрах – это, очевидно, связано с влиянием

места произрастания на физико-химические свойства ПРС.

В таблице 5.15 приведены значения спектральных параметров подорожника большого в зависимости от места произрастания растений, где время корреляция увеличивается, а частота вращения замедляется.

Таблица 5.15 - Зависимость спин-меченого подорожника от метеорологических параметров

№	Образцы	Спектральные параметры								
		J_{+1}, Гс	J_{-1}, Гс	J_0 /J_{-1}	J_0, Гс	ΔH_{+1}, Гс	ΔH_{-1}, Гс	ΔH_0, Гс	$\tau_c\,10^{-9}$, с	$\nu\,10^8$, 1/с
1	Нитроксильный радикал	224	120	1.76	211	5,2	5,2	5.4	1.12	8.33
2	I –Бободжан Гафуров (БГ)	177	94	1.69	159	6.0	6,1	6,1	1.15	8.19
3	II –Худжанд (ХА)	106	65	1.66	108	6.0	7.1	7.1	1.28	7.81

Кумулятивно разности температур почвы и воздуха, относительной влажности воздуха и почв являются факторами изменения физико-химических свойств, что отражается на спектроскопических параметрах ПРС.

Из данных таблицы 5.15 следует, что параметры J_0 для образца из ХА уменьшаются примерно на 30 % от образца БГ; это, очевидно, связано с влиянием метеопараметров на функциональные группы листьев ПБ. Параметр ΔH_0 для этого образца увеличивается более чем на 18 %, вероятнее всего, это связано с изменением свойств.

Таким образом, можно прогнозировать, что метеопараметры окажут влияния на спектральные параметры подорожника большого в спиртовом растворе. Выявлено, что изменения экоусловий приводят к изменению центральной, низкопольной и высокопольной линий, а также времени корреляции спиновых меток, присоединяющихся к функциональным группам. Определено, что при увеличении времени корреляции наблюдается уменьшение

подвижности макромолекул настоя ПБ, что, очевидно, связано с изменением межмолекулярного взаимодействия функциональных групп ПРС. По результатам эксперимента выявлено, что метеоусловия влияют на количественное содержание стабильных радикалов листьев растений, о чём свидетельствуют уменьшения интенсивности компонентов спектра ЭПР от 30 до 40 % в образцах из ХА.

5.8. Влияние пестицидов на молекулярную структуру растения подорожника ланцетного

Из параграфа 4.8 и работ мировой научной литературы следует, что пестицид – это химическое средство, направленное на уничтожение или подавление вредителей ПРС, паразитов, болезнетворных грибков, сорняков и инфекций. Существуют уже проверенные факты при черезмерном применении пестицидов об их вредном воздействии на растительный мир, животных и человека. Определено, что при химической обработке растений пестициды остаются в составе около двух недель, а потом молекулы расщепляются, но всё равно определённое количество вреда наносится пестицидами, остающимися в составе ПРС.

Имеются разные методы определения остатка пестицидов в образцах растительного происхождения, сюда относятся методы колориметрии, спектрофотометрии, хроматографии, электрохимические и масс-спектрометрии. Перечисленные методы не дают информации о матрице молекулы или о поведении функциональных групп ПРС.

Как известно, метод спиновых меток основан на регистрации ЭПР-спектров, модифицируемых спиновыми метками изучаемой среды и отображающих некоторые изменения, возникающие в матрице молекулы. Изучение физико-химических свойств и молекулярной структуры образцов ПРС, модифицированных спиновой меткой (I) (рисунок 5.11), предоставляет систематически исследуемые изменения, происходящие под влиянием внешних факторов. Этот метод позволяет экспериментально получить информацию о

свойствах самих изучаемых веществ. Кумулятивно, изучая вращательное движение спиновых меток, присоединённых к молекулам, можно, оценивая межмолекулярное взаимодействие, получить некоторые необходимые данные: первое – место локализации нитроксильного радикала (НР), второе – частоту и время корреляции вращательной подвижности радикала, третье – концентрацию спиновых-меток, присоединившихся к функциональным группам, т. е. пространственное распределение спиновых меток в макромолекулах.

Априори стохастические преобразования ориентации нитроксильного радикала модулируют магнитные взаимодействия, в связи с этим вид ЭПР-спектров в зависимости от вращения радикала изменяется. Форме ЭПР-спектров дают возможность оценить время корреляции в интервале от $5 \cdot 10^{-11}$ до $2 \cdot 10^{-7}$ с.

В настоящем параграфе исследовано влияние пестицидов на физико-химические свойства ПРС, в частности, обработанных листьев подорожника ланцетного (ПЛ).

Образцы тщательно очищали промывали дистиллированной водой, экстрагированным спиртом, высушивали и модифицировали нитроксильным радикалом и записывали ЭПР-спектры согласно методике, приведённой в главе 2.

На рисунке 5.28 приведены спин-меченые ЭПР-спектры образцов ПЛ, спектры спин меченых образцов листьев ПЛ, исходного (б) и обработанного пестицидами (в). Согласно виду ЭПР-спектров можно оценивать время корреляции присоединившихся спин-меченых образцов.

Из рисунка видно, что ЭПР-спектры исходного ПЛ различаются от обработанного пестицидами, для обработанных образцов некоторые параметры поглощаются, в итоге изменяются СТС и свойства молекулы. Кроме того, это изменение, возможно, связано с неоднородностью аморфных областей в обработанных образцах, а в местах присоединения метки оно свидетельствует о неравнозначности меж- и внутримолекулярных водородных связей гидроксильных групп.

«Время корреляции вращения нитроксильного радикала (I) в этиноловым спиртовом растворе (рисунок 5.27 а) определяется согласно формуле (5.16)» [111, 125-127]:

$$\nu = \frac{1}{\tau_c} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{10}}{\left(\sqrt{\frac{h_{+1}}{h_{-1}} - 1}\right)\Delta H_0} \text{сек}^{-1}, \qquad (5.16),$$

«где ΔH_0 – ширина центрального компонента в гауссах; h_0, h_{+1} *и* h_{-1} – интенсивность компонентов спектра с M= 0, + 1, – 1; $\nu = 1/\tau_c$ – величина условно называемая “частотой вращения” радикала» [111, 125, 127].

Экспериментальные спектры приведены на рисунке 5.28, время корреляции области медленных вращений определяли согласно формуле (5.17) [111, 116, 127]:

$$\tau_c = 8 \cdot 10^{-10}\left(1 - \frac{2A_{zz}}{2A_{zz}^{\infty}}\right)^{-1,16}. \qquad (5.17)$$

«где $2A_{zz}$ – расстояние между внешними экстремумами ЭПР-спектров образца; $2A_{zz}^{\infty}$ – расстояние между внешними экстремумами спектра ЭПР 50%-го водно-глицеринового раствора при температуре 77 К» [111, 116, 127].

.

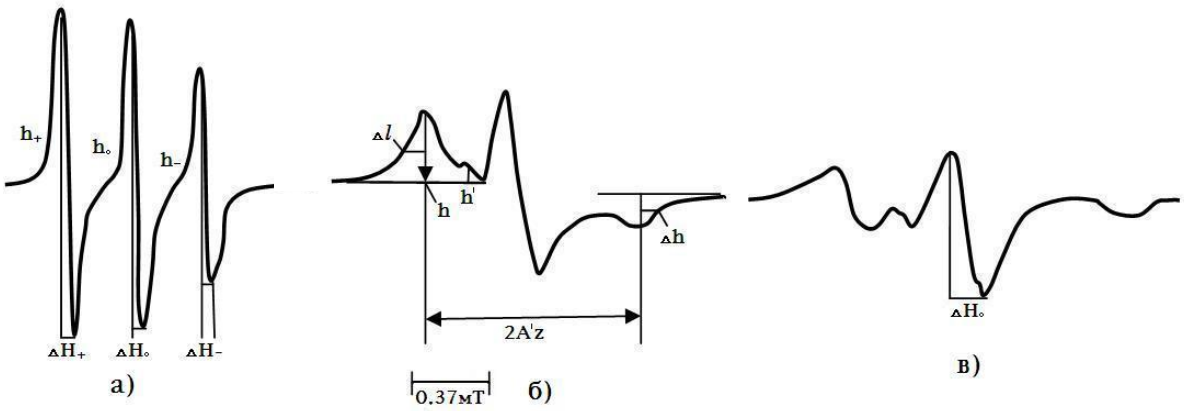


Рисунок 5.28 - ЭПР-спектры нитроксильного радикала *(I)* в этаноловом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ М/л– а*)* спин-меченого листья подорожника ланцетового*:* исходного – *(*б*)* и обработанного пестицидами – *(*в*)*

В таблице 5.16 приведены о некоторых параметрах спин-меченых ЭПР-спектрах: «$2A'_z$ – расстояние между внешними экстремумами; Δl – полуширина линий в низком поле; Δh – полуширина линий в высоком поле; h'/h – соотношение амплитуд низкопольных линий слабо и сильно иммобилизованных меток и ΔH_o – ширина линии центрального компонента ЭПР-спектра» [111, 116,127].

Таблица 5.16. – Зависимость спин-меченых образцов листьев подорожника ланцетного от пестицидов

Вид образца	Δl,Гс	Δh, Гс	ΔH_0, Гс	$2A'_z$, Гс	h'/h	$\tau_c \cdot 10^{-8}$, с	$R_{обр} \cdot 10^{16}$, спин/г
ПЛ – исходный	12,0	16,8	24,8	213,6	0,56	0,42	24,2
ПЛ – обработан пестицидам	10,8	13,2	22,0	192,0	0,30	0,31	13,7

Из таблицы 5.16 можно сделать вывод, что для исследованных образцов ПЛ параметры Δl и Δh в спектрах ЭПР, относящиеся к медленновращающемуся радикалу, уменьшаются; кроме того, параметр h'/h, изменяясь интенсивно, характеризует появление нового компонента ЭПР-сигнала, относящегося к быстро вращающемуся радикалу, и это свидетельствует о появлении СТС. Очевидно, эти изменения свидетельствуют об уменьшении низкопольного и высокопольного компонентов в сигнале ЭПР, который характеризует изменение системы межмолекулярных и внутримолекулярных водородных связей в области присоединения метки.

Уменьшения параметра $2A'_z$ обработанных образцов означает о быстроту подвижности спин-меток, присоединившихся к функциональным группам ПЛ. Кроме того, уменьшение Δl для обработанных образцов приводит к приросту подвижности НР, а это соответственно приводит к уменьшению микрожёсткости матрицы в местах локализации НР. В конце концентрация присоединившихся к матрице спин-меток ($R_{обр}$) для обработанных образцов намного уменьшается, это, очевидно связано с недостаточно аморфным участком, который может быть местом посадки спиновых меток.

Выявлено, что пестициды непосредственно влияют на свойства спектроскопических параметров и СТС ПРС; наличие пестицидов в ПРС уменьшает низкополный и высокопольный компоненты Δh и Δ*l,* что связано с изменением конформации функциональных групп ПЛ; под воздействию пестицидов, очевидно, подвержены молекулы листьев ПЛ, свидетельствующие о структурном изменении ПРС; выявлено совпадение заторможенности вращательной подвижности НР со временем корреляции $\tau_c \leq 10^{-7}c$ в ЭПР-спектрах, свидетельствующих об изменении системы меж- и внутримолекулярных водородных связей в области присоединения спиновых-меток.

5.9. Влияния радиационного фона на динамические параметры природных растительных соединений

Вращательная подвижность спиновых меток, модифицированных ПРС, позволяет более точно сформулировать, как РФ и метеорологические параметры сказываются на физико-химических и молекулярно-динамических свойствах образцов растительного происхождения.

Время корреляции вращений τ_c НР, определяемое согласно формуле (5.17). «Формула (5.17) справедлива для процесса изотропного вращения нитроксильного фрагмента спиновой метки по механизму броуновской диффузии. Однако реальное вращение фрагмента спиновой метки в матрице радиолы холодной может быть анизотропным. Выбор модели вращения в рамках данных по спектроскопии ЭПР в 3^x см. диапазоне представляет сложную, во многих случаях нерешенную задачу» [111, с.51].

При исследовании разных предысторий образцов наблюдается сходство ЭПР-спектров. Как показано в параграфе 5.8, с помощью формулы (5.17) определяются некоторые спектральные параметры.

На рисунке 5.29 приведены «ЭПР-спектры свободного нитроксильного радикала в спиртовом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л, с временем корреляции около ($\tau_c < 10^{-7}$с)» [246].

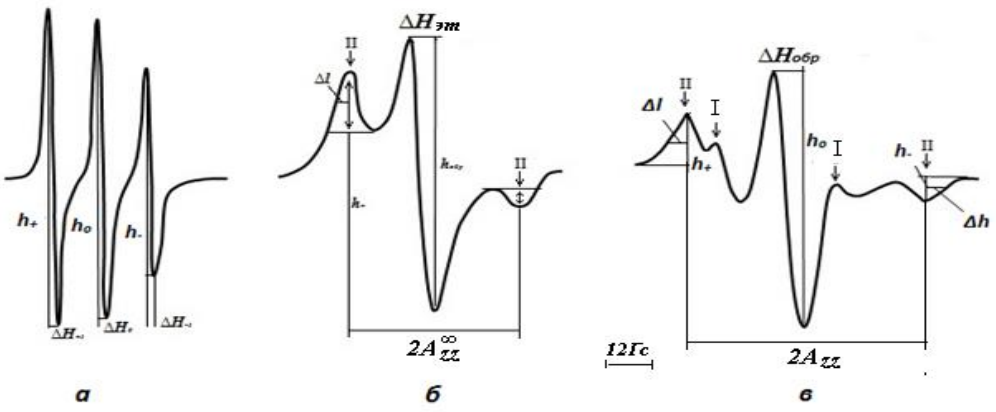


Рисунок 5.29 - ЭПР-спектры свободного нитроксильного радикала *(I)* в спиртовом растворе с концентрацией $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л и с временем корреляции *(*$\tau_c < 10^{-7}$с*)*- ***(а)***, эталон 50%-го водно-глицеринового раствора при 77К -***(б)*** и спин-меченого листа репейника при комнатной температуре -***(в)***

А также спин-меченого листья репейника, имеющего сильно заторможенный вид, свидетельствующий о суперпозиции двух радикалов и 50%-го водно-глицеринового раствора при 77 Кельвине.

Из рисунка 5.29 (а) в ЭПР-спектрах наблюдается свободная вращательная подвижность спиновой метки, которая характерна для радикала (I) в растворе с временем корреляции $\tau_c \leq 10^{-7}$ с. Применённый НР (I), относящийся к быстровращающимся компонентам (показано стрелками I), и радикал (II), относящийся к медленно вращающимся компонентам (показано стрелками II) сигнала спектра ЭПР (см. рисунок 5.29 в).

Это спектр для образцов эталона и исследованных ПРС идентичен, однако, изменение интенсивности, ширины линии и некоторые параметры, как СТС, в зависимости от влияния внешних факторов дают возможность определения динамических параметров.

Таким образом, на основании полученных результатов можно заключить, что изменение значения ЭПР-спектроскопических параметров и появление СТС в спектрах листьев репейника связаны экологическими условиями и радиационным фоном места образцов растительного происхождения. Априори РФ влияет на формирование молекулярной структуры и свойств ПРС при межмолекулярных взаимодействиях функциональных групп макромолекул биоматериала.

5.10. Применения уравнения Лотки - Вольтера для взаимодействий активных радикалов с гидроксильными группами

Как известно одним из распространённых методов моделирования взаимодейтствие двух систем является модель Лотки-Вольтера, представляющая взаимодействие двух типов «хищник – жертва» [315-317]. Согласно предыдущих параграфов, в научной практике для решения взаимодействия двух параметров или систем применяются различные математические уравнения, которые решают физико-химические, биофизические и другие проблемы [319, 320].

Кумулятивно внешнее и внутреннее облучения высокими энергиями влияют на структуру и свойства биоматериалов и отражаются на ИК- и ЭПР-спектрах.

Согласно литературных данных, влияние активных радикалов, накопленных растениями, на количество присоединившихся спиновых меток к гидроксильным группам систематически не изучено. Поэтому разработка математической модели этих взаимодействий и её анализ в поле современных вычислительных средств имеет практическое значение.

Исследование взаимодействий активных радикалов с гидроксильными группами весьма важно в технологии переработки растений и выявлении специфики их структурных свойств.

В связи с этим в настоящем параграфе моделировано взаимодействие между активным радикалом и присоединившимися к гидроксильным группам спиновыми метками. Для определения количества активных радикалов и спиновых меток, присоединившихся к гидроксильным группам, применён метод ЭПР-спектроскопии и спиновых меток.

В качестве объекта исследованы образцы листьев репейника из разных мест прорастания, с различными мощностями радиационного фона, последний колеблется от 20 до 840 мкР/час.

Метод обработки и подготовки образцов и снятия спектров описан в работах [118, 119] и согласуется с ГОСТ-ом [120]. Согласно научной литературы,

синглетный вид спектра свидетельствует о суперпозиции сигналов ЭПР, то есть о наличии радикалов разного типа, свободных, стабильных и активных. В таблице 5.17 приведены зависимости количества активных радикалов от уровня радиационного фона. Согласно таблице 5.17, количество активных радикалов в листьях репейника по мере роста радиационного фона увеличивается.

Таблица 5.17 - Количество активных радикалов в листьях репейника из разных мест произрастания

Место сбора образцов	РФ, мкР/час	$C \cdot 10^{15}$, спин/г
точка *А*	20	1,3
точка Б	70	2,4
точка В	270	3,2
точка Г	840	5,4

Примечание*:* С – количество активных радикалов.

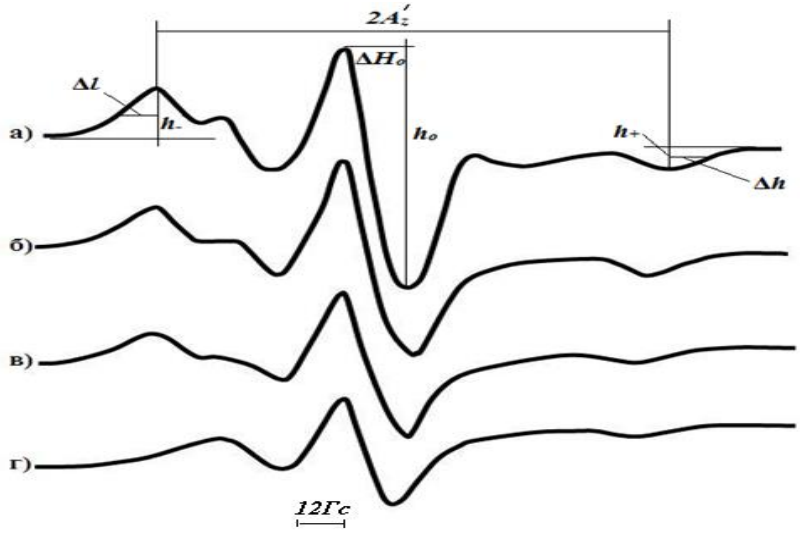


Рисунок **5.30** - Триплетные спектры спин-меченых листьев репейника в зависимости от радиационного фона места произрастания в мкР/час: а) 20, б) 70, в) 270, г) 840

ЭПР - спектры спин - меченых образцов (рисунок 5.30) представляют собой суперпозиции двух сигналов со времени корреляции наносекунд, что характеризует неоднородность аморфных частей в исследуемых образцах, которые подтверждают данные по ИК - спектроскопии согласно четвёртой главе.

Из рисунка 5.30 видно, что ЭПР-спектры листьев репейника состоят из двух перекрывающихся сигналов. Можно видеть, что вид спектров

модифицированных радикалов образцов соответствует сильно заторможенному вращению радикалов. Внешняя форма спектров спин- меченых образцов из разных мест прорастания идентична, однако, по мере роста уровня радиационного фона интенсивность сигнала монотонно уменьшается. Кумулятивно нитроксильные радикалы присоединяются к гидроксильным группам макромолекул растений.

Согласно работ [10, 111, 118-120, 240, 276] количество «Число нитроксильных радикалов, присоединившихся к образцу, определяли путем сравнения спектра ЭПР меченого волокна со спектром эталонного водно-глицеринового раствора при температуре 77К, используя формулу (5.18):

$$R_{обр} = R_{эт} \frac{h_{обр}}{h_{эт}} \frac{\left(\Delta H_{обр}\right)^2}{\left(\Delta H_{эт}\right)^2} \qquad (5.18)$$

где $R_{эт}$, $R_{обр}$ – количество спиновых меток в эталоне и образце соответственно;

$h_{эт}$, $h_{обр}$ – амплитуда центрального компонента спектра ЭПР-эталона и образца;

$\Delta H_{обр}$, $\Delta H_{эт}$ – ширина центральной компоненты спектра ЭПР эталона и образца» [111, с.48].

В таблице 5.18 приведена зависимость спектральных характеристиках листьев репейника от радиационного фона места сбора растений.

Таблица 5.18 – Зависимость спин- меченых листьев репейника от радиационного фона места произрастания

.

Место произрастания	Δl, Гс	Δh, Гс	$\Delta H_{обр}$, Гс	$2A'_z$, Гс	h'/h	$\tau_c \cdot 10^{-8}$с	$R_{обр} \cdot 10^{16}$ спин/г
точка А	12	10.8	24	218	0.4	0.47	22
точка В	9.6	10	21.6	210	0.25	0.41	13
точка С	8.4	7.2	18	204	0.17	0.36	5.3
точка D	7.2	5.6	16.8	177	-	0.25	3.7

Примечание: $R_{обр}$- количество присоединившихся спин-метки

Из таблицы 5.18 и рисунка 5.30 наблюдается, что для спин - меченых образцов спектральные параметры, как Δl и Δh в спектрах ЭПР, относящиеся к

медленновращающемуся радикалу, изменяются в зависимости от РФ, а параметр h'/h является очень чувствительным и изменяется интенсивно, что характеризует появление нового компонента сигнала ЭПР и появление СТС ПРС.

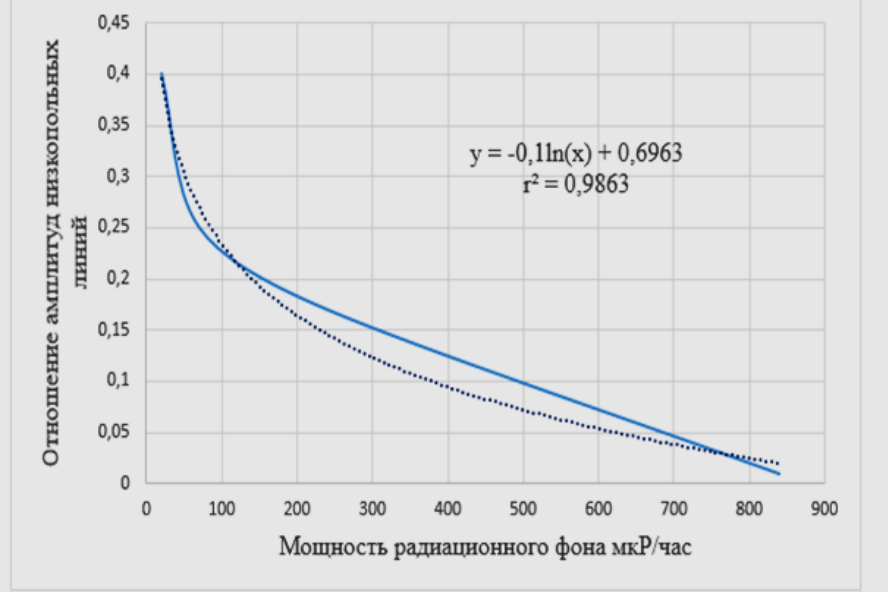


Рисунок 5.31 - Зависимость параметров h´/h спектров ЭПР от радиационного фона *(*R мкР/час*)* места произрастания листьев репейника

Произошедшие изменения указывают на уменьшение низкопольных и высокопольных компонентов в ЭПР-сигнале.

Согласно таблицы 5.18 и рисунка 5.31, изменяется относительный параметр h'/h от уровня РФ. Можно видеть по мере роста дозы радиационного фона, что параметр h'/h нелинейно уменьшается, а при больших дозах этот параметр стремится к нулю. Эта зависимость в графике показана точечными линиями (рисунок 5.31) и теоретически описывается уравнением:

$$y = -0{,}1\ln(x) + 0{,}6963 \qquad (5.19)$$

с коэффициентом регрессии, который равен $r^2 = 0{,}9863$. Уравнения (5.19) и (5.6) идентичны отсюда – уравнение (5.6) можно применять для установления зависимости относительного параметра h'/h и радиационного фона, с учётом изменения коэффициентов. Эти результаты друг друга дополняют, т.е. используя

уравнение (5.6), можно обнаружить влияния радиационного фона и других внешних факторов на физико-химические и молекулярные свойства ПРС.

Таблица 5.18 указывает, что рост РФ подавляет концентрации присоединившихся спиновых меток, что подтверждается изменениями гидроксильных групп.

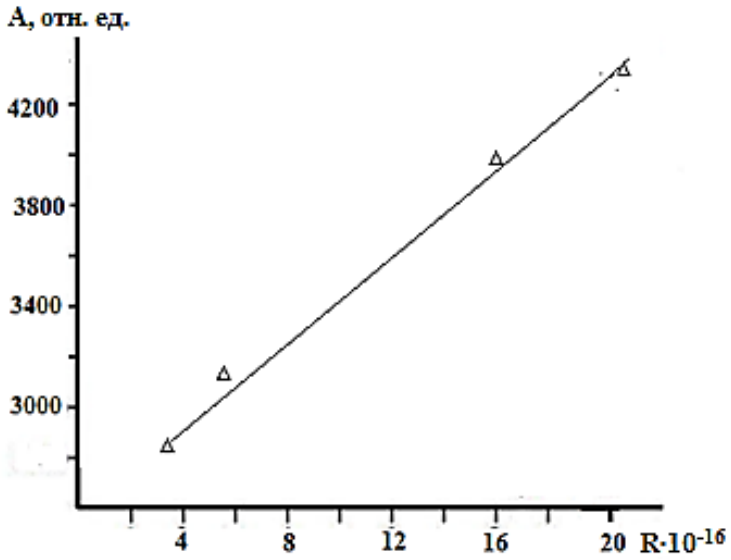


Рисунок 5.32 - Зависимость количества гидроксильных групп от присоединившихся спин-меток; А – интегральная интенсивность ОН-групп, R – количество присоединившихся спиновых-меток

На рисунке 5.32 представлена зависимость количества гидроксильных групп от количества спиновых - меток, присоединившихся к гидроксильным группам растений. Это означает, что по мере роста уровня радиационного фона уменьшается число участков или групп молекул, которые могут быть местом присоединения спиновых меток в процессе их внедрения. По экспериментальным результатам, согласно графику, количество присоединившихся спиновых меток прямо пропорционально количеству гидроксильных групп.

Для вычисления взаимодействия активных радикалов и присоединившихся спиновых меток используется система уравнений Лотки - Вольтера (5.12).

Эта система находится в равновесных состояниях, когда количество присоединившихся спиновых - меток и активных радикалов мало изменяется,

при этом можно полагать, что они остаются постоянными. Для решения уравнений этой системы можно применять математическое уравнение Лотки - Вольтера на поле программы Mathcad.

Предположим, что начальное количество гидроксильных групп и активных радикалов равно $R := 5$ и $C := 3$ Предполагается, что ОН-группа увеличивается с коэффициентом $x := 1$ без влияния радиационного фона, активные радикалы уменьшаются с коэффициентом $y := 1$. Активные радикалы с коэффициентом $r := 1$ взаимодействуют с гидроксильными группами и увеличиваются. Зависимость количества активных радикалов и образований гидроксильных групп от времени определяется системой (5.12). Эти данные вводим в программу Mathcad следующим образом:

$$F(t, R) := \begin{pmatrix} xR - rRC \\ -yC + rRC \end{pmatrix} \qquad (5.20).$$

Как и в предыдущих параграфах, используем уравнение (5.20), в поле математической программы Mathcad создаём график взаимодействии (см. рисунок 5.33).

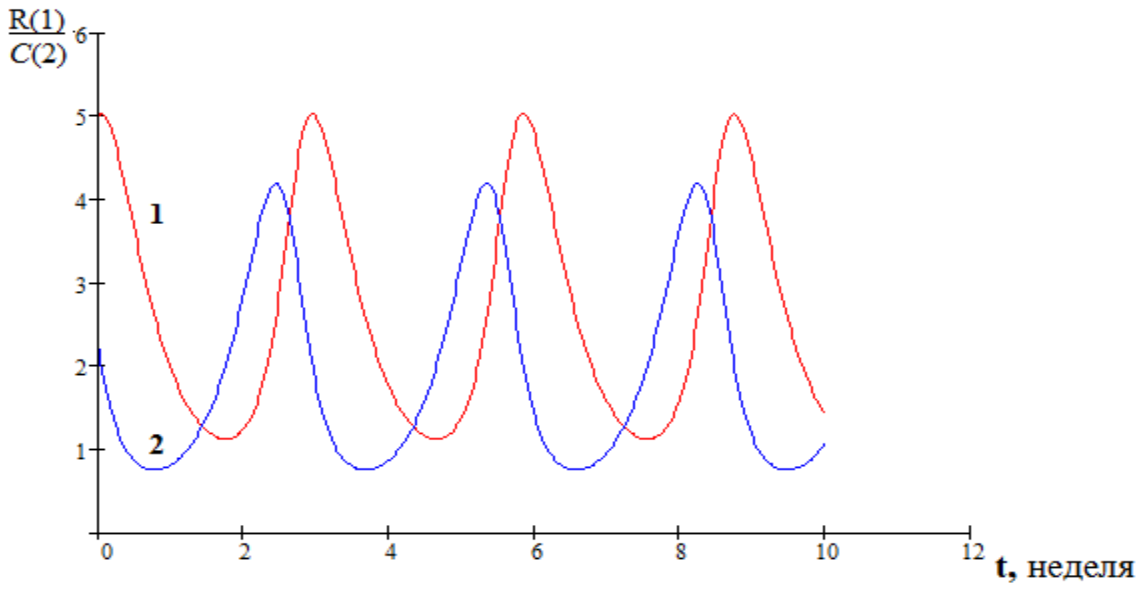


Рисунок 5.33 - Зависимость количества активных радикалов *(C)* и присоединившихся спиновых- меток *(R)* от времени

На «графике красной линией (кривая 1) показана зависимость количества ОН - групп, а синей линией (кривая 2) зависимость количества активных радикалов от времени. Из графика видно, что когда количество ОН - групп

приближается к минимуму, то количество активных радикалов достигает максимального значения или наоборот. Процесс увеличения и уменьшения количества активных радикалов и гидроксильных групп будет повторяться вышеупомянутым способом, как показано на графике» [11 А, с.45]

Таким образом, можно заключить, что уравнение этих изменений похоже на колебания гармонического осциллятора, приводящие к колебанию количества активных радикалов и гидроксильных групп. Если баланс нарушается, то МВ функциональных групп естественно нарушается и ослабляются соединения биомолекул растений и в конце это приведёт к разрыхлению структуры и свойств образцов растительного происхождения. Определено, что зависимость отношения амплитуды низкопольных линий обратно пропорциональны мощности радиационного фона места произрастания. Выявлено, что радиационный фон пагубно влияет на концетрации присоединившихся спиновых-меток и, следовательно, на количества гидроксильных групп. Установлено, что при воздействии радиации они, возможно, подвержены окислительному процессу, что, вероятно, катализируется содержащимися в них ионами биогенных или парамагнитных металлов.

Заключение к пятой главе

Анализ вышеприведённых экспериментальных результатов подтверждает, что метод ЭПР и продолженный на его основе метод спиновых меток, дают возможность изучить молекулярную динамику макромолекул в образцах растительного происхождения, которые произрастали под действием различных естественных и техногенных факторов. На основе сравнительного анализа ЭПР-спектров и спин - меченых образцов, приготовленных из различных частей образцов растительного происхождения с разной предысторией, сделаны следующие заключения.

Установлено, что для образцов из листьев и стеблей КК по мере роста количества радионуклидов количество свободных радикалов линейно уменьшается. Определено, что по мере роста мощности радиационного фона

места произрастания для образцов листьев из донника, репейника и полыни горькой количества свободных радикалов экспоненциально уменьшается.

Известно, что для ряда полимеров по мере роста времени ионизирующего облучения увеличивается количество парамагнитных центров. Для исследованных образцов наблюдается обратное, т.е., по мере роста уровня радиации, уменьшающееся количество свободных радикалов в образцах растительного происхождения, что ранее никем не фиксировалось. Вероятно, в процессе биосинтеза структуры организм растений максимально борется с радиационным воздействием и, как следствие, происходит снижение количества свободных радикалов. По результатам эксперимента выявлено, что это повторяется для изученных растений, согласно чему, впервые найдено единое эмпирическое уравнение зависимости количества свободных радикалов от мощности радиационного фона.

Для хвойных деревьев, как сосна обыкновенная и ель, определено влияние экологических условий на количества свободных радикалов, обнаружено, что по мере роста техногенных нагрузок количества свободных радикалов в хвойниках деревьев уменьшается.

Следует заметить, что техногенные факторы места произрастания растений влияют на молекулярную динамику макромолекулы образцов из составных частей растений. Для листьев и стеблей КК выявлено, что РН влияет на молекулярную динамику.

Для тростника обыкновенного в этиловом спирте наблюдается заторможенность и уширение линии спектра, в связи с этим из экспериментальных результатов определено, что ТМ влияют на вращательную подвижность спиновых меток, присоединённых к ОН-группам ПРС. При этом интенсивность сигнала спектра ТО для образцов, произрастающих в хвостохранилище Дегмай, уменьшается.

Следует отметить, что РН влияют на молекулярные свойства растительных соединений, в том числе, на значение эффективной энергии активации и частоты вращательной подвижности спиновых меток вокруг положения равновесий.

Результаты показывают, что по мере роста концентрации сумма радионуклидов при вращательных колебаниях нитроксильного радикала, присоеденённого к ТО, увеличивается, в то время как эффективная энергия активации вращательной диффузии спиновых меток уменьшается.

Для управления и прогнозирования изменения молекулярной структуры природных соединений применены уравнения Лотки-Вольтера. Установлено, что для образцов тростника обыкновенного радиации оказывает пагубное влияние, то есть по мере роста уровня фона активные радикалы увеличиваются, а гидроксильная группа уменьшается или наоборот, что можно моделировать уравнениями Лотки - Вольтера.

Согласно сравнительных анализов, установлено, что метеорологические параметры влияют на некоторые спектральные параметры, как центральная, низкопольная и высокопольная линии ЭПР-спектров. Для подорожника большого с увеличением времени корреляции наблюдается уменьшение подвижности макромолекул, которое, очевидно, связано с изменением межмолекулярного взаимодействия атомов и функциональных групп природных соединений растений. Выявлено, что метеоусловия влияют на количественное содержание стабильных радикалов листьев растений, о чём свидетельствуют уменьшения интенсивности компонентов спектра образцов из ХА.

Как показано, пестицид влияет на значения спектроскопических параметров и СТС листьев ПЛ, он приводит к уменьшению низкопольного и высокопольного компонентов и наблюдается заторможенность вращательной подвижности спиновой метки.

Для репейника по мере роста мощности дозы радиации интенсивность сигнала ЭПР уменьшается. Наблюдается уменьшение концентрации присоединившихся к макромолекулам растений спин-меток. Это, возможно, связано с уменьшением количества функциональных групп, в частности, гидроксильных групп в составе растений. Кроме того, наблюдаются уменьшения низкопольного и высокопольного компонентов сигнала ЭПР, который, очевидно, связан с изменением системы межмолекулярных водородных связей в

области присоединения спин - метки. Установлено, что по мере роста количества активных радикалов уменьшается количество гидроксильных групп или наоборот. Уравнение этих изменений похоже на колебания гармонического осциллятора, приводящие к колебанию количества активных радикалов и ОН - групп. Как и в случае с гармоническим осциллятором, это поведение не совсем стабильно, небольшие изменения в модели, возможно, приводят к качественному изменению поведения системы.

Согласно экспериментально-теоретическим результатам, применение модельных уравнений даёт возможность прогнозировать взаимодействия двух или более параметров для определения и управления качественного и количественного изменения образцов растительного происхождения.

ГЛАВА 6. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

6.1. Влияние радиации на прочность стебля тростника

Для контроля и анализа влияние внешних факторов на структуру и свойств ПРС, наряду с физико-химическими свойствами, нужно сделать определение физико-механических характеристик, корреляцию между параметрами и провести оценку всего необходимого. В связи с этим систематически-комплексное исследование физико-механические свойства образцов растительного происхождения является актуальной задачей науки и техники.

В предыдущих главах установлено, что различные уровни радиационного фона, концентрация ТМ, РН, пестицидов и метеорологические параметры влияют на физико-химические свойства, межмолекулярные взаимодействия, формирование молекулярной структуры и впоследствии на количества органических и неорганических компонентов растительного материала.

Изменения физико-химических характеристик и межмолекулярные взаимодействия функциональных групп ПРС, очевидно, отразятся на механических характеристиках биоматериалов.

Согласно литературным данным, влияние метеорологических параметров, концентрации медного купороса, микроволны и других перечисленных внешних факторов на механические свойства образцов из растений и деревьев, произрастающих в Таджикистане, мало исследованы.

Между тем, изучение температурной зависимости, влияние внутреннего и внешнего излучения на механические свойства биоматериалов имеют большое значение для создания эффективных технологических процессов переработки объектов растительного происхождения, их транспортировки, хранения и выявления специфики структурных свойств растительного материала, представляет научный и практический интерес.Эффекты воздействия радиации на физико-механические свойства ПРС зависят от поглощения дозы за счёт

внешнего и внутреннего облучения и степени загрязнения почвы, воды и экологических условий места произрастания.

В настоящем параграфе исследовано влияние различных уровней радиационного фона и гамма-облучения на прочность стебля тростника обыкновенного (ТО). Кумулятивно гамма-облучения разрушают межмолекулярные взаимодействия функциональных групп, что, очевидно, приводит к структурным изменениям.

Известно, что ТО для различных отраслей народного хозяйства [310, 311].

Экспериментальные работы проводились в двух типах образцов; образцы первого типа приготовили из растений, которые произрастали в Бободжонгафуровском районе, и облучали гамма-излучением с разными временами экспозиции. Второй типа образцов приготовили из стебля сухого тростника, которые росли в условиях действия радиации. Они выбраны из растений, которые росли в различных уровнях радиационного фона – в условиях хвостохранилища Дегмай. Координаты места произрастания растений: Бободжонгафуровский район (С 40° 16' 16", В 69° 42' 04"), город Худжанд (С 40° 16' 18", В 69° 35' 36"), хвостохранилище Дегмай, пункт первый (С 40° 13' 35", В 69° 38' 09") и пункт второй (С 40° 12' 35", В 69° 38' 21"). Причём мощность РФ в местах сбора ТО изменялась от 15 мкР/час до 640 мкР/час.

Мощность радиационного фона места произрастания растений определили радиометрическим прибором МКС и ДСК АТ1123, а сбор образцов – методом конверта [206, 323, 324].

Механические испытания образцов из стебля ТО на растяжение определялись с помощью рычажного устройства Журкова [234]. Образцы представлялись в виде двойной лопатки размерами с рабочей части: длина – 22,0 мм, ширина от 0,70 до 0,80 мм, толщина от 0,50 до 0,60 мм.

В таблице 6.1 приведены результаты экспериментов по определению прочности образцов, облучённых разными дозами гамма–лучей. Образцы облучались гамма–лучами при комнатной температуре. При облучении образцы находились на расстоянии 52-х сантиметров от источника Со-60. Мощность

облучения составляла 133 Гр/мин. Время экспозиции изменялось от 0 до 230. 00 часов.

Таблица 6.1. - Зависимость прочности образцов тростника обыкновенного от времени экспозиции

№	Время экспозиции, t, час	Механическая прочность, σ, МПа
1.	Исходный	284,01
2.	23	269,62
3.	46	261,13
4.	115	223,32
5.	230	163,74

Анализ экспериментальных данных показывает, что по мере роста времени экспозиции механическая прочность снижается. С ростом времени экспозиции гамма-облучении кумулятивно возрастает количество разорванных межмолекулярных связей, и, очевидно, это приведёт к ослаблению межмолекулярных взаимодействий, что в конечном влияет на механические свойства.

На рисунке 6.1 приведены зависимость прочности образцов ТО при от времени экспозиции. Можно видеть, что механическая прочность ТО по мере роста времени экспозиции линейно падает. При этом каждая точка в графике является средним значением более чем десяти экспериментальных измерений.

Эту зависимость, согласно графика, можно определить следующей формулой:

$$\sigma(t) = -0{,}5207 \cdot t + 283{,}45$$

Далее, эксперименты проводились на образцах второго типа, которые росли в условиях различных уровней РФ; очевидно, внешние и внутренние излучения влияют на формирование структуры и межмолекулярные взаимодействия функциональных групп ТО.

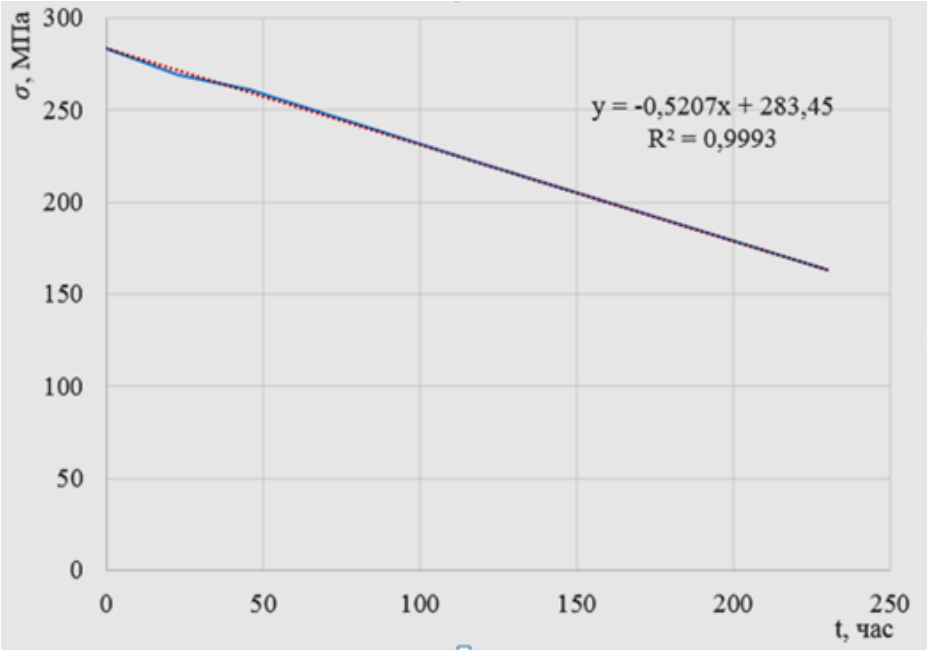


Рисунок 6.1 - Зависимость механической прочности образцов из стебля тростника обыкновенного от времени облучения

В таблице 6.2 приведены прочности образцов стебля ТО в зависимости от радиационного фона места произрастания. Как показывает эксперимент, с возрастанием уровня радиационного фона прочность образцов уменьшается.

Таблица 6.2. – Зависимость механической прочности от радиационного фона

Место произрастания растений	Радиационный фон, мкР/час	Механическая прочность, МПа
1. Бабаджангафуровский район	15	284,01
3. Худжанд	22	204,32
4. Дегмай -1	70	128,43
5. Дегмай -2	640	64.84

На рисунке 6.2 приведена зависимость прочности образцов ТО от радиационного фона места сбора.

Кривой 1 – экспериментальный, 2 – теоретический результат, последний определён согласно уравнению:

$$\sigma(R) = \sigma(R) = a \cdot e^{-b \cdot R} + c \cdot e^{-d \cdot \cdot R}.$$

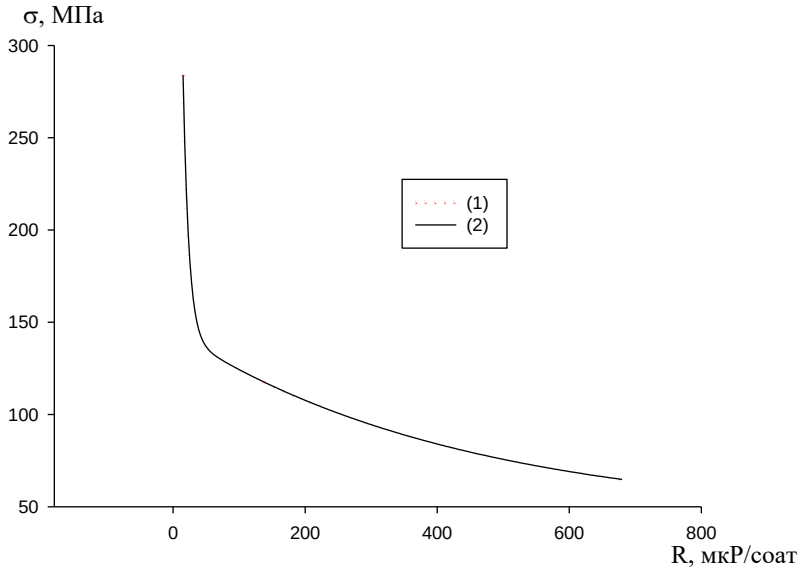


Рисунок 6.2 - Зависимость механической прочности стебля тростника от радиационного фона: 1-эксперемент, 2-теоретический

Математическая обработка результатов проведена согласно комплексной программы Sigmaplot. Из рисунка 6.2 видно, что по мере роста уровня радиационного фона прочность экспоненциально уменьшается.

Согласно теории гамма-излучения, имеют большое радиационное влияние и под воздействием гамма-излучений имеет места разрыв межмолекулярных связей, очевидно, это отражается на снижении прочности образцов. Из экспериментальных результатов для первого типа образцов потери прочности биоматериала составляют около 57 %, однако, для второго типа образцов это значение уменьшается до четырёх раз.

Таким образом, согласно экспериментальных результатов, можно заключить, что РФ места произрастания и гамма-облучения пагубно влияют на молекулярную структуру и свойства ТО, что отражается на механических свойствах биоматериала.

6.2. Влияние радионуклидов на механическую прочность стебля тростника

Большое научно-практическое значение имеет изучение влияния внутреннего излучения на механические свойства ПРС.

Влияние концентрации радионуклидов на прочность стебля ТО, произрастающего в Северном Таджикистане, систематически не изучалось. В

этом параграфе исследовано влияние концентрации радионуклидов на прочность стебля ТО.

Концентрация радионуклидов в пробах почвы и образцах ТО определена гамма-радиометрическим методом согласно методике, проведённой в главе 2.

В таблице 6.3 приведено количественное содержание радионуклидов от места произрастания растений. Образцы приготовлены из тростника, произрастающего в Худжанде, Девештиче и Худжанд в окрестностях Могол-Тау.

Таблица 6.3. **-** Содержание радионуклидов в пробах почв и стебля тростника *(*Бк/кг*)*

Радио-нуклиды	Деваш-тич, почва	Деваш-тич, раст.	Худжанд, Почва	Худжанд, растений	Моголтау, почва	Моголтау, растений
Pb – 214	44,7	23,3	126,3	67,3	1298,3	159,6
Bi – 214	41,3	18,6	100,7	44,2	1132,2	182,6
Pb – 212	35,9	0	54,2	0	450,8	31,2
Tl-208	37,7	0	69	38,7	377,8	39,6
K-40	86,7	38,3	212,5	98,4	3037,1	255,8

Как показывает эксперимент, по мере роста концентрации радионуклидов в почвах кумулятивно оно увеличивается в ТО.

Таблица 6.4. – Зависимость механической прочности стебля тростника от концентрации радионуклидов

№	Место сбора растений	Суммарная количества радионуклидов	Механическая прочность, МПа
1.	Девештич	80,2	272,8
2.	Худжанд	248,6	164,3
4.	Могол-Тау	668,8	84,6

В таблице 6.4 приведены механическая прочности образцов стебля ТО в зависимости от места сбора. Как видно, накопленные РН пагубно влияют на механические свойства ТО, что уменьшает механическую прочность.

На рисунке 6.3 приведены суммарные количества радионуклидов от места произрастаний. Из графика в образцах ТО из подножья Могол-Тау больше содержится РН, чем образцов из Худжанда и Девештича.

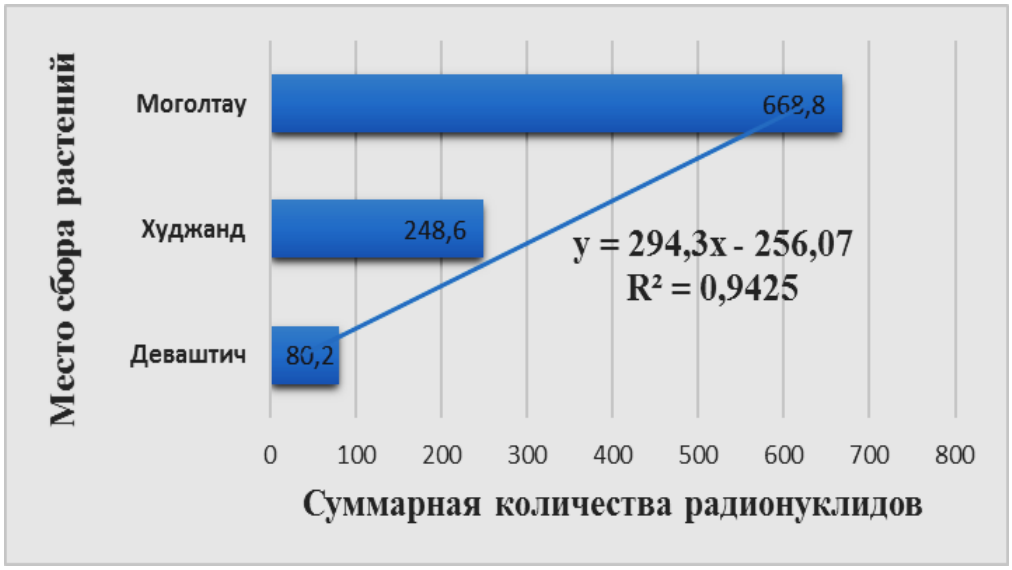


Рисунок 6.3 - Суммарное количество радионуклидов в тростнике обыкновенном

Согласно рисунку 6.4, зависимость механической прочности от суммы радионуклидов носит экспоненциальный характер, то есть рост концентрации радионуклидов приведёт к экспоненциальному уменьшению механической прочности.

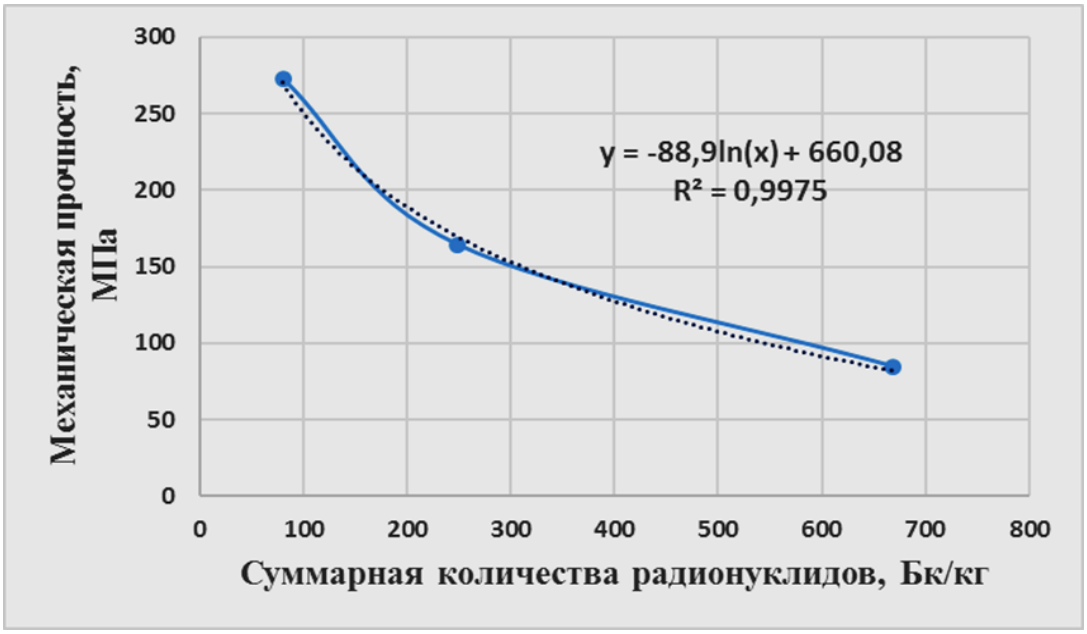


Рисунок 6.4 - Влияние концентрации радионуклидов на механическую прочность

Согласно экспериментальных данных установлено, что прочность образцов, приготовленных из стебля ТО, которые росли в разных условиях, экспоненциально уменьшается по от 272,8 до 84,6 МПа. Радионуклиды негативно влияют на механическую прочность образцов ТО.

6.3. Влияние места произрастания на механические свойства сосны и ели

Как известно, одним из распространённых и часто используемых биоматериалов является древесина. Почти для всех отраслей народного хозяйства применяется древесина или получаемые из неё продукты. Можно почеркнуть, что древесина – самый распространённый биоматериал в жизни человека.

«Однако древесина имеет ряд недостатков: анизотропное строение, повышенная влажность, наличие пороков, способность к гниению, короблению горению и т.д. Часть их можно устранить. Качественная сушка снижает влажность и не вызывает деформаций древесины. Пропитка защищает древесину от поражения насекомыми, бактериями и грибками, а также снижает способность к горению. Сушка и пропитка позволяют использовать древесину в большем количестве отраслей промышленности» [325, с.5].

Анизотропные свойства древесины обусловливают изменчивость физико-механических свойств по радиусу и по высоте ствола, а также имеет места зависимость этих свойств от породы, возраста, условий места произрастания и.д. Однако древесина обладает рядам достоинств, которыми не обладают искусственные материалы. Они экологически безопасны и эстетически красивы обладают естественным теплом. Изучение физико-механических свойств пиломатериалов важно для более качественной переработки и широкого применения.

Пиломатериалы является прочными и одновременно лёгкими, обладающими хорошими теплоизоляционными свойствами. Они легко обрабатываются режущими инструментами, склеиваются, удерживают металлические и другие крепления [325, 326].

«Прочность, деформативность и долговечность зависят от многих факторов: породы древесины, её плотности, влажности и многих других, в том числе и от способности древесины сопротивляться воздействию дереворазрушающих грибов (биостойкости), Механические свойства древесины проявляются, как правило, под действием механических нагрузок различного характера: статических, динамических, ударных, вибрационных и др.» [326, с.24].

Однако для правильного и рационального использования древесины необходимо исследовать её физические свойства. Прочность пиломатериалов характеризует способность сопротивляться воздействию внешних сил.

В связи этим исследовано влияние условий произрастания на механические свойства образцов из сосны и ели, произрастающих в Северном Таджикистане, что является актуальным. Образцы отобрали с одинаковыми деревьями по возрасту и по диаметру ствола. При проведениях экспериментальных работ влажность образцов довели до нормализованной, около 15 %.

Для того чтобы довести влажность образцов до требуемой кондиции, их выдерживали при температуре 15 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 65 ± 5 % до равновесной влажности согласно госту (ГОСТ 16483.37-88) [327].

На прочность древесины при растяжении большое влияние оказывает строение древесины. Направления действия нагрузки в настоящем эксперименте шли вдоль волокна. Для получения образцов изготавливали заготовки путём выкалывания, с тем чтобы избежать перерезания волокон. Размер рабочей части образцов: длина около 22, 0 мм; ширина от 1,2 до 1,5 мм; толщина от 1,2 до 1,6 мм.

В таблице 6.5 приведены механические свойства сосны и ели от места произрастания; видно, что экологическое состояния влияет на механическую прочность.

Таблица 6.5. – Зависимость прочности ствола сосны и ели от места произрастания

№	Место произрастания	$\sigma \cdot 10^6$, Па	
		Сосна	Ель
1	Шахристан	90,36	73,65
2	Худжанд (около Хуррамшахр)	92,81	78,54
3	Худжанд (около Авторемзавода)	85,56	68,57

Согласно эксперимента, каждая точка является средним значением более чем десяти измерений.

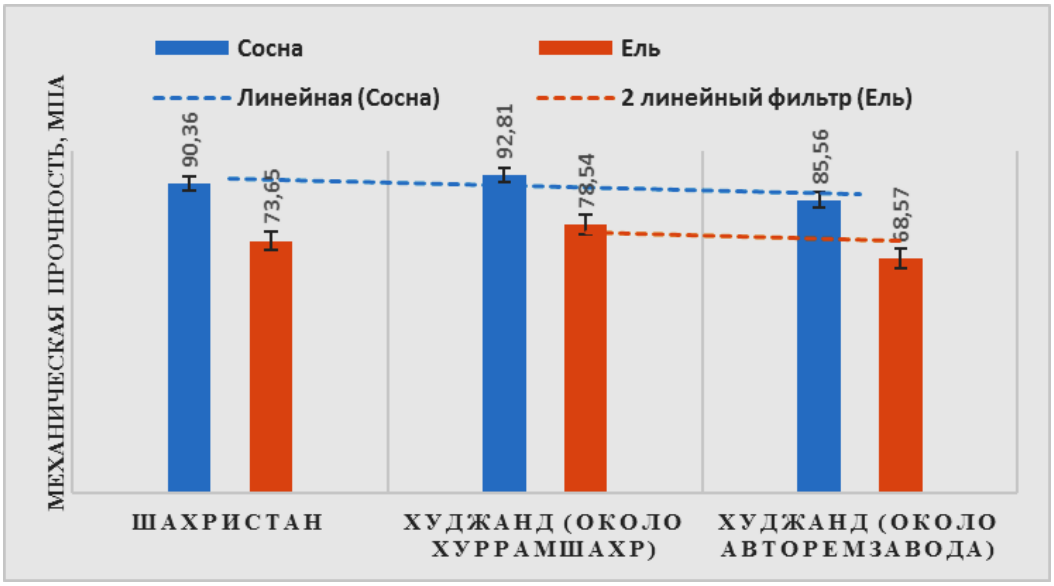


Рисунок 6.5 - Зависимость механической прочности от места произрастания

Как показывает рисунок 6.5, в зависимости от места произрастания механическая прочность образцов из деревьев изменяется. Очевидно, на механическую прочность влияют экологические условия, также как температура, влажность воздуха, скорость ветра и др.

Таким образом, согласно экспериментальным результатам, экологические условия места произрастания влияют на механическую прочность хвойных деревьев. Механическая прочность для исследованных деревьев изменяется от вида деревьев и места произрастания от 69 МПа до 93 МПа, что согласуется с другими авторами.

6.4. Влияние внешних факторов на эффективные энергии активации в сосны обыкновенного

Согласно литературным данным, радионуклиды находятся в структуре биоматериала, пагубно влияют на структуру и свойства, на межмолекулярные взаимодействия и, очевидно, на физические и механические свойства. При этом процесс о развития растений, который заложен генетически, может нарушаться.

В этом параграфе исследовано влияние внешних факторов на эффективную энергию активации вращения радикалов (Еэф.) образцов из ствола сосны обыкновенного.

Доска из этого вида деревьев служит как высококачественный, экологичный и прочный материал для крыш сараев, домов и для изготовления различных веществ в технике и народном хозяйстве.

Для определения эффективной энергии активации образцов из ствола сосны согласно методом спиновых меток модифицируем нитроксильным радикалам и определим частоту вращению радикала.

Таблица 6.6. - Динамические параметры сосны обыкновенный с места произрастания

№	Место произрастания	ν, $10^8$1/с	$E_{эфф}$, ккал/моль
1.	Худжанд	3,17	0,84
2.	Шахристан	2,87	0,92

В таблице 6.6 приведены динамические параметры сосны обыкновенной от места произрастания. Как видно из таблицы 6.6, частота вращательных колебаний образцов из Худжанда увеличивается.

В работах [312-314] выявлено, что интервал температуры влияет на вращательную частоту радикала и эффективную энергию активации. Эта зависимость определяется согласно следующей формулы (6.1);

$$\nu = \nu_0 e^{-\frac{E}{RT}} \quad (6.1),$$

где, ν – частота вращения радикала, ν_0 – частота вращательных колебаний радикала вокруг положения равновесия, Е – эффективная энергия активации

вращения радикала, R – газовая постоянная, T – абсолютная температура (К). Формулу (6.1) переведём на десятичные логарифмы в следующем виде (6.2);

$$\nu = \nu_0 10^{lge(-\frac{E}{RT})} \quad (6.2)$$

Для получения зависимости частоты вращения радикала (ν) от температуры (1/T), логарифмируя уравнения (6.2), получаем;

$$\lg \nu = \lg \nu_0 - \left(\frac{E}{R} * \lg e\right) * \left(\frac{1}{T}\right). \quad (6.3)$$

Зависимость частоты вращения радикалов от температуры исследовалась в диапазоне от – 273 до 353 К. На рисунке 6.6 представлена зависимость логарифма частоты вращения радикалов от температуры.

Из рисунка 6.6 видно, что эта зависимость (ν от 1/T) описывается уравнением (6.3) и с понижением температуры приведёт к уменьшению частоты вращения радикала, которое подчиняется теории. Естественно это уравнение описывает зависимость частоты вращения радикала от температуры.

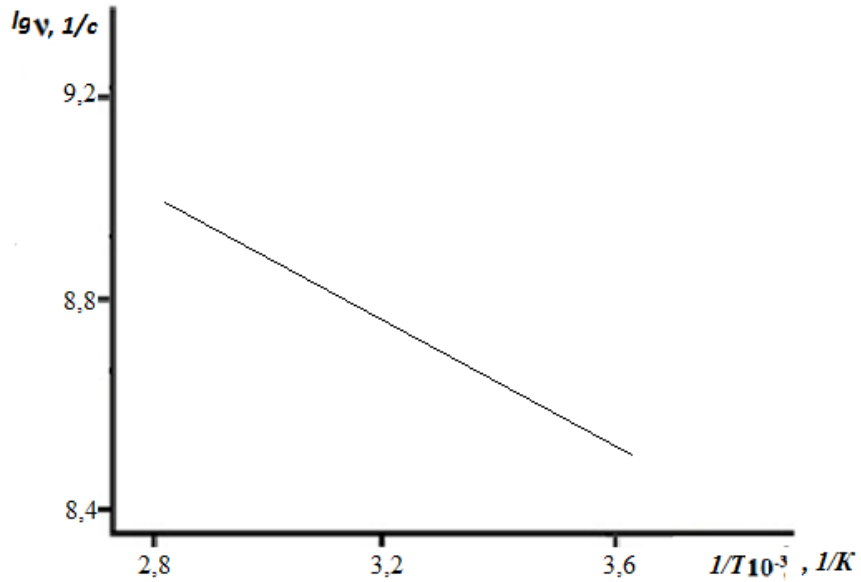


Рисунок 6.6 - График зависимости частоты вращения спин-меченных образцов от обратной температуры

Согласно анализу экспериментальных результатов, эффективная энергия активация и частоты вращения вокруг положения равновесия изменяется, то есть

экологические условия и температура влияют на динамические параметры образцов.

Таким образом, из экспериментальных данных места произрастания влияют на эффективную энергию активации и на частоты вращательных подвижностей спиновых меток вокруг положения равновесий. Выявлено, что эффективная энергия активации вращательной диффузии спиновых меток, присоединённых к функциональным группам образца ствола деревьев из Худжанда, уменьшается до 12%.

6.5. Влияние радионуклидов на механические свойства каперсы колючего

В этом параграфе исследовано влияние радионуклидов на механическую прочность образцов из листьев КК. Как показано в предидущих главах, внешние факторы, как радиационное излучение, количества ТМ, РН влияют на физико-химические свойства и межмолекулярное взаимодействие ПРС. Эффекты воздействия внешнего и внутреннего облучения на физико-механические свойства биоматериалов зависят от поглощения дозы и степени загрязнения места произрастания и почв.

Анализ научной литературы показывает, что изучения влияния концентрации радионуклидов на механическую прочность листьев ПРС практически отсутствуют. Исследования в этом направлении могут служить для технологии переработки ПРС и его хранения, а также для выяснения структурных изменений под влиянием внешних факторов, в частности, техногенных и антропогенных.

В этом разделе исследовано воздействие РН на механические и тепловые свойства листьев КК.

Образцы приготовлены из листьев КК, которые росли в разных экологических условиях – хвостохранилище Дегмай и городе Истаравшан. Координаты места сбора растений: город Истаравшан (С 39° 51' 30", В 69° 00' 20"), хвостохранилище Дегмай (С 40° 13' 35", В 69° 38' 09").

Концентрация радионуклидов состава листьев КК определен**а** гамма-радиометрическим анализом, согласно методике, приведённой в главе 2.

В таблице 6.7 приведены концентрации радионуклидов листьев КК в зависимости от места произрастания.

Таблица 6.7 - Концентрация радионуклидов листьев каперса колючего в зависимости от места произрастания

Радионуклиды / Место сбора	Pb–214 351.93 кэВ	Bi–214 609.31 кэВ	Ac-228 911.2 кэВ	Tl-208 583.19 кэВ	K-40 1461 КэВ
1. г. Истаравшан	91.03	0	0	0	678.00
2.Хвостохранилище Дегмай	151.98	172.06	162.71	130.77	9565.54

Экспериментальный результат показывает, что в зависимости от места произрастания КК по-разному поглощают радионуклиды Pb–214, Bi–214, Ac–228, Tl – 208 и K – 40. Кумулятивно это зависит от типа почв и экологических условий места прорастания растений.

В таблице 6.8 приведены зависимости механической прочности (σ) листьев КК от концентрации радионуклидов при комнатной температуре.

Таблица 6.8 - Сравнительные данные механических характеристик от мест произрастания

Места произрастания	σ, 10^5 Па	U_o, ккал/ Моль
1. г. Истаравшан	6.80	7.28
2.Хвостохранилище Дегмай	5.25	6.84

Можно видеть, что на механическую прочность листьев КК РН пагубно влияет, в результате механическая прочность для образцов из хвостохранилища Дегмай уменьшается до 25%.

На рисунке 6.7. приведена температурная зависимость механической прочности листьев КК, как видно, она подчиняется законам прочности полимерных материалов.

Изучение зависимости температуры от времени нагрузки биоматериалов даёт сведения об энергии межмолекулярной и внутримолекулярной связей в процессе разрушения.

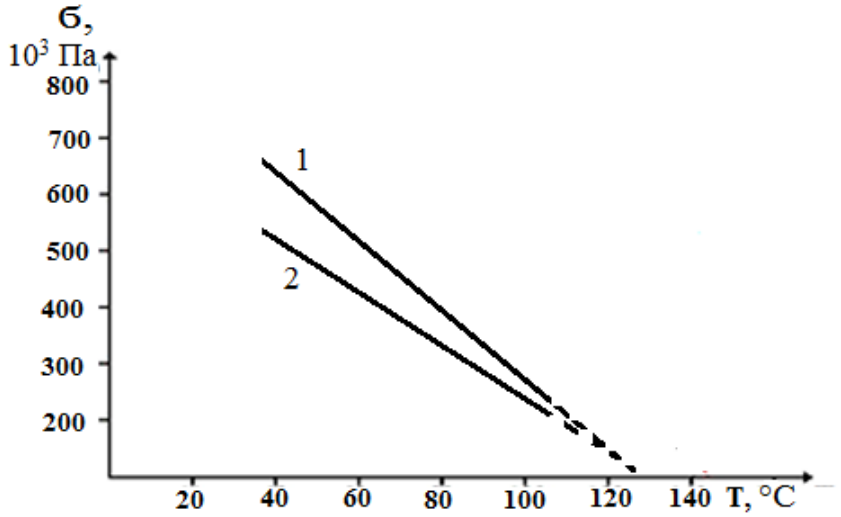


Рисунок 6.7 - Температурная зависимость механической прочности листьев каперса колючего; (1) из города Истаравшана, (2) из хвостохранилища Дегмая

Для описания механических свойств листьев КК, согласно [232-234], использовано уравнение С.Н. Журкова.

$$\tau = \tau_0 \exp\left[\left(U_0 - \gamma\sigma\right)/RT\right] \qquad (6.4).$$

Из рисунка 6.7 видно, что зависимость $\sigma = f(T)$ «является линейной и полностью описывается уравнением долговечности. Для определения U_0, согласно, были найдены значения T_0 и σ_o, которые получаются по данным рисунка 6.7 методом экстраполяции зависимости $\sigma = f(T)$ для значений $\sigma = 0$ и $T = 0$, затем на основе формулы (6.4):

$$U_0 = 2{,}3RT_0 \qquad (6.5),$$

$$U_0 = 2{,}3RT_0(lg\tau + 13) \qquad (6.6)$$

были определены механические параметры согласно уравнению долговечности» [27 А, с.233]

На основе полученных уравнений (6.5) и (6.6) можно определить активационную энергию разрушения биоматериала и она зависит от температуры T_0 и эффективной долговечности.

Таким образом, на основании экспериментальных результатов можно заключить, что: РН пагубно влияет на механическую прочность листьев растений; очевидно, РН накапливаются в листьях растений уменьшают меж- и внутримолекулярное взаимодействия функциональных групп ПРС; рост концентрации радионуклидов уменьшает механическую прочность до 25 %; эти выводы соответствуют результатам о взаимосвязи между меж- и внутримолекулярными силами и их микроструктурой.

6.6. Корреляция молекулярно-динамических и механических характеристик репейника

Для установления корреляции вращательной подвижности функциональных групп с их механическими свойствами сопоставили параметры ЭПР-спектров, отражающих подвижность спин-метки, с механическими параметрами как проверкой на прочность и структурно-чувствительный коэффициент.

Как сказано, систематическое исследование влияния внешних и внутренних излучений на структуру и прочность образцов листьев растительного материала мало изучены.

На данном этапе исследования было проведено сравнение физико-химических и механических свойств листьев репейника с целью определения влияния радиации на прочность биоматериала. В передыдущих главах было изучено и обосновано с помощью метаматических уравнений влияние радиационного излучения на молекулярные свойства, а также межмолекулярные и внутримолекулярные взаимодействия.

Для получения дополнительной информации изучается влияние радиационного излучения на механические свойства образцов листьев

репейника, собранных в местах с различным уровнем радиационного фона. Как известно прочность впрямую зависит от структуры биоматериала [230-235].

Таким образом, изучение температурной и временной зависимости позволяет получить информацию о величине энергии межатомных связей в процессе их механического разрушения.

На рисунке 6.8. показана зависимость механических свойств листьев репейника от различной дозы радиационного фона, причём каждая точка представляет собой среднее значение около двенадцати измерений.

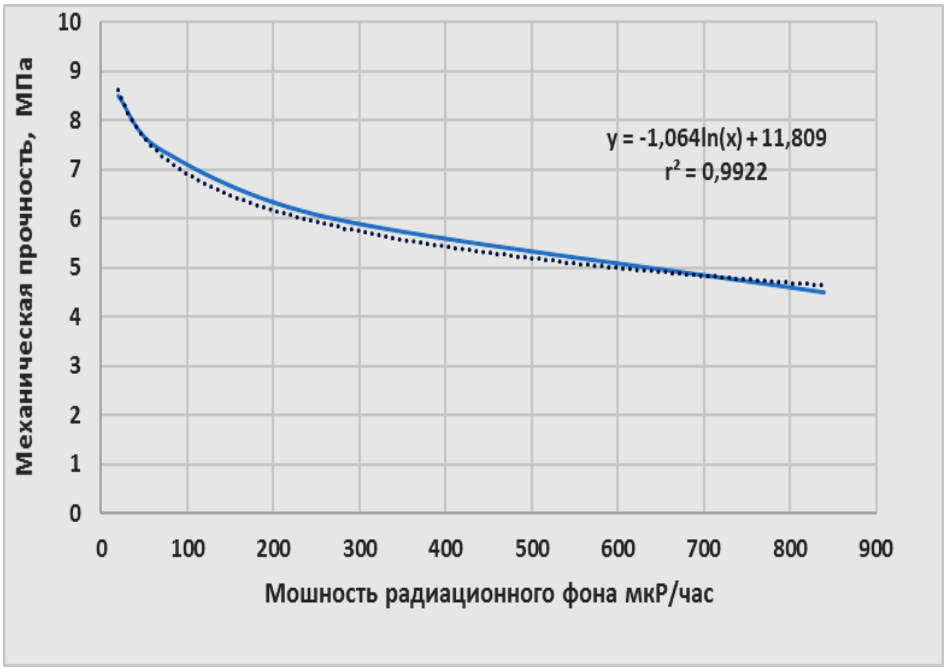


Рисунок 6.8 - Зависимость прочности листья репейника от мощность радиационного фона

График показывает, что зависимость прочности от радиационного излучения нелинейна, она монотонно убывает экспоненциально.

Эта зависимость, согласно теоретическим линиям (точечная линия), описывается уравнением, $y = -1{,}064\ln(x) + 11{,}809$, с коэффициентом регрессии $r^2 = 0{,}9922$. Личный раз доказывается, что зависимость влияния дозы радиации на структурные свойства является экспоненциальным.

На рисунке 6.9 представлены результаты экспериментов в виде зависимости разрывной прочности от температуры образцов. Эксперименты проводили и анализировали для двух разных по предыстории образцов: 1 –

образцы исходные (22 мкР/час); 2 – образцы произрастали в местности, где уровень радиации составляет около 840 мкР/час, что превышает норму ПДД почти в восемь раз.

Из графика следует что вначале, с ростом температуры в обоих образцах наблюдается небольшой рост прочности образцов. Это, очевидно, связано с тем, что с повышением температуры происходит сушка образцов. Уменьшение влаги, как известно, приводит к возрастанию прочности полимеров. Далее повышение температуры приводит к линейному спаду прочности.

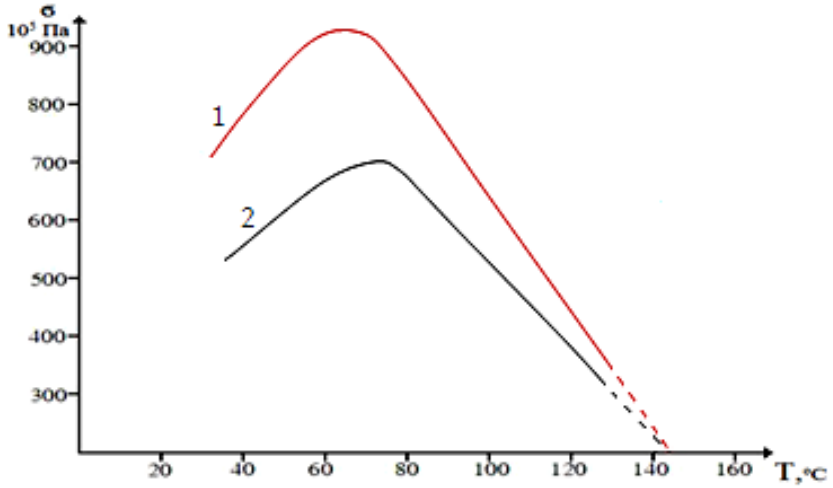


Рисунок 6.9. – Зависимость прочности листьев репейника от температуры:
1. исходный; 2. поражённый

Максимальная прочность на растяжения образцов с более экологически чистого пункта составляет около 62 ^{0}C, а для поражённых образцов около 75 ^{0}C. «Для определения U_o и γ, согласно были найдены значения T_o и σ_o которые получаются графическим способом по данным рисунка 6.9 путём экстраполяции зависимости $\sigma=f(T)$ значениям $\sigma=0$ и $T=0$, затем с помощью уравнении (6.6) и формулы:

$$\gamma = \frac{U_0}{\sigma_0} \qquad (6.7),$$

определены значения кинетических параметров. Кроме того, применили уравнение долговечности (6.4) для определения динамических параметров» [17, 231-233]

Согласно таблице 6.9, преставляющей результаты экспериментальных работ, видно, что величина энергии активации разрушения для образцов как с чистого пункта, так и с пункта, загрязнённого радиацией, имеет близкое значение, но механическая прочность уменьшается с ростом уровня радиационного фона, однако структурно-чувствительный коэффициент увеличивается.

Таблица 6.9 – Зависимость физико-механических параметров от радиационного фона

Места сбора	Мощность радиацион-ного фона R, мкР/час	σ, 10^5, Па	U_o, ккал/моль	γ, ккал/Па моль	$H_{эфф}$, кДж/моль	$\Delta S_{эфф}$, э. е
точка *A*	21-24	8,390	8,550	0,50	8,940	-8,320
точка *B*	836-850	6,450	8,280	0,70	6,900	-8,570

Приблизительно одинаковые значения энергии активации разрушения, вероятно, связаны, так что в обоих случаях разрушению подвергаются одни и те же межатомные связи. В предыдущем параграфе, при изучении листьев растений, подвергнутых воздействию различных доз радиационного излучения, было установлено, что радиационный фон влияет на молекулярные свойства, отражающиеся в спектрах ЭПР.

«Приведены следующие параметры спектров ЭПР изученных спин-меченых образцов при комнатной температуре: $2A'_z$–расстояние между внешними экстремумами; Δl и Δh – полуширины линии в низком и высоком поле соответственно; h'/h-отношение амплитуд низкопольных линий слабо иммобилизованных меток и ΔH_0 ширина линии центрального компонента спектра ЭПР» [111, с.86].

В таблице 6.10 приведены зависимости спектральных характеристик репейника, собранного с места произрастания, уровень радиации которого соответственно 21-24 мкР/час и 836-850 мкР/час, от температуры.

Согласно таблицы 6.10, при изменении температуры и уровня радиации наблюдается уменьшение времени корреляции, что свидетельствует об быстроте вращательного движения спин-метки в растениях, эффективная энергия активации и энтропия диффузии спиновой метки для репейника были рассчитаны на основе данных, преставленных в тблице 6.9.

С помошью уравнения Аррениуса были определены динамические параметры движения нитроксильного радикала в структуре репейника [248].

Таблица 6.10. – Зависимость ЭПР-параметров от температуры

Место произрастания	Т, К	Δl, *Гс*	Δh, *Гс*	$2A'_z$, *Гс*	ν, $10^8$1/с	τ_c, 10^{-8} с
точка *А* (21-24, мкР/ч)	303	12	10,8	218	2,17	0,46
	323	14	12	215	2,27	0,44
	353	17	11	208	2,56	0,39
точка *В* (836-850, мкР/ч)	303	7,2	5,6	177	3,84	0,25
	323	8	6	173	4,16	0,24
	353	8,6	7,2	169	4,35	0,23

Экспериментальная обработка результатов показывает, что эффективная энергия активации и энтропия вращательной диффузии спиновых меток для поражённых образцов монотонно падают.

Следовательно, механическая прочность листьев растаний в особенности зависит от наличия повреждённых областей внутримолекулярных соединений, где молекулярное движение происходит относительно быстрее. По мере увеличения уровня радиационного фона его вклад в увеличение количества внутримолекулярных повреждённых областей заметно наблюдается как приводящее к снижению механических свойств. Параметр структурно чувствителного коэффициента может использоваться в качестве вспомогательного для прогнозирования механических свойств ПРС. Сравнивая параметры спектра ЭПР, отражающие подвижность спиновых меток, с механическими параметрами биоматериала можно определить их корреляцию.

Полученные результаты согласуются с современным пониманием взаимосвязи между прочностью биоматериалов и их микроструктурой.

6.7. Влияние раствора медного купороса на механические свойства тростника обыкновенного

В настоящем параграфе исследовано влияние различных концентраций медного купороса на механические свойства ТО. Как известно, ТО широко используется в строительстве и народном хозяйстве, они обладают рядом уникальных свойств, таких, как долговечность, экологичность и привлекательность внешнего вида. Однако, наряду со всеми этими возможностями, в результате внешних и внутренних воздействий биоматериалы могут терять свои прочностные и долговечностные свойства [328-331].

Стволы свежесрубленных деревьев обладают особым соком и, в зависимости от видов деревьев, они имеют разные свойства. Тростник также содержит собственную жидкость. При отделении биоматериала от ствола, т. е. после срезки, жидкость ставит под угрозу стабильность материала и вероятнее ускоряет процесс внутреннего гниения [328, 329].

Если специальное покрытие биоматериалов способно защитить от влаги и других внешних факторов, то от процессов внутренних повреждений защититься очень сложно. Посколько структура ТО аналогична строению стволов деревьев и основную часть композиционной структуры биоматериала составляет целлюлоза [310, 311, 331], в качестве модели можно применять данные о влиянии сульфата меди на прочностные характеристики.

Обработка или стерилизации медным купоросом биоматериалов считается одним из самых популярных и недорогих методов, она позволяет сохранить процесс гниения без изменения цвета материала. Медный купорос имеет устойчивую связь, он не горит, обрабатываемый материал не опасен для людей и животных при нормальной температуре, поэтому такой процесс удобен и даёт возможность длительного использования биоматериалов [332].

Кумулятивно правильный выбор защитных материалов и соблюдение технологии их применения позволяют существенно продлить срок службы конструкций из ТО, сохранить их внешний вид, предотвратить различные недостатки. Защита биоматериалов медным купоросом позволяет сохранить их от деструктивных процессов, сохраняет свой естественный цвет и обладает способностью защитить от микробов, гниения, а также различных насекомых и вредителей.

Порошок купороса меди состоит из прозрачных голубых кристаллов и можно растворять в тёплой воде с различными концентрациями.

Для поверхностной обработки нами было применено от 5 до 20% – ного раствора медного купороса в дистилированной воде.

Таблица 6.11 - Зависимость прочности обработанного стебля тростника обыкновенного от различной концентрации медного купороса

№	Обработанные и исходные образцы	F, Н	δ, МПа
1.	Исходный	72.30	287,66
2.	10% - $CuS0_4$	69,97	266,21
3.	20% - $CuS0_4$	60,47	227,69

В таблице 6.11 приведена зависимость прочности ТО от концентрации медного купороса.

Стебли ТО выдерживались в растворе различной концентрации медного купороса в течение двух суток, а затем, чтобы не подвергать его воздействию внешних факторов, поместили в специальную камеру для просушки до 12-15%. В таблице приведены полученные экспериментальные значения.

Согласно рисунку 6.10, с увеличением концентрации медного купороса механическая прочность стебля ТО линейно уменьшается. Это исходит от того, что медный купорос воздействует на всю структуру биоматериала и приводит к разрыву межмолекулярных взаимодействий.

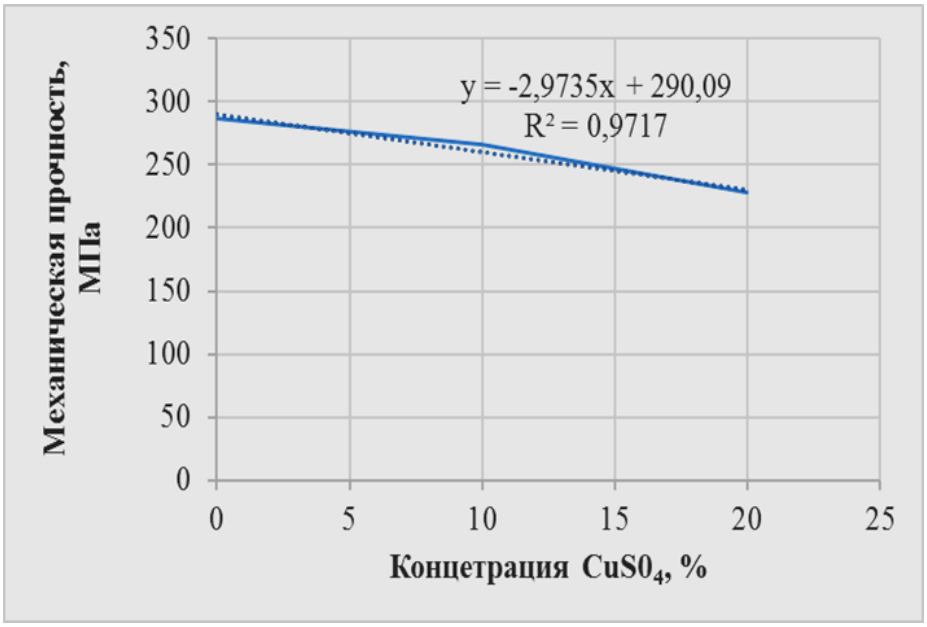


Рисунок 6.10 - Зависимость прочности биоматериала от концентрации медного купороса

По результату исследования можно заключить, что: медный купорос защищает биоматериалы от вредоносных внешних факторов; различные концентрации медного купороса влияют на механические свойства стебля ТО; с увеличением концентрации медного купороса механические свойства образца уменьшаются от 12 % до 20 %.

6.8. Влияния гамма-излучения и концентрации медного купороса на прочность тростника обыкновенного

Как известно, ретроспективные экспериментальные результаты, приведённые в научной литературе связанные с механическими свойствами различных полимеров и биоматериалов, дают возможность широкого применения в технике и народном хозяйстве благодаря уникальным свойствам. Уникальные свойства биоматериалов, как естественная прочность, долговечность, эстетичность и экологическая безопасность делают их востребованными в разных сферах строительства и народного хозяйства.

Однако, несмотря на все эти преимущества, под воздействием внешних и внутренних факторов они могут утрачивать свои прочностные свойства.

Как сказано, одним из основных элементом структуры исследованных биоматериалов является целлюлоза, обладающая уникальными характеристиками [310, 311]. В первую очередь, стабильность биоматериала нарушается за счёт содержащихся жидкостей, микробов, грибков, которые могут ускорять процесс внутреннего разлыхления [330, 331].

В связи с этим основной целью данного параграфа является изучение влияния различных доз гамма-излучения и концентраций медного купороса на механические свойства стебля ТО. Данное исследование, то есть комбинированные воздействия для стерилизации биоматериалов нужно расширить с целью научного применения в различных условиях и целях. Тростник является одним из природных материалов, широко применённых в области техники и строительства благодаря своей экологичности и доступности.

Применение гамма-облучения для стерилизации биоматериалов и выявления прочностных характеристик является актуальной, комбинированное воздействие на механические свойства позволяет изучать динамику изменения физико-химических свойств и структуры биоматериалов. Кумулятивно следует отметить, что в условиях современного научно-технического прогресса исследование влияние гамма-облучения модифицированным медным купоросом откроет перспективы для улучшения эксплуатационных характеристик биоматериалов. Очевидно, такой подход существенно расширяет области применения биоматериалов для создания экологически чистых и долго использованных устойчивых строительных материалов.

Как показано, при различных уровнях радиационного фона и увеличения времени экспозиции гамма-облучения наблюдаются снижения прочности биоматериалов и зависит от типа проводимых испытаний. Влияние малых доз гамма-облучения и воздействие раствором купороса меди на механические свойства ТО недостаточно исследованы. Комбинированное воздействие можно применять для стерилизации биоматериалов от повреждения насекомыми и другими вредителями.

Исследованию подвергались стебли ТО, подвергнутые малым дозам гамма-облучения в течение 150-200 часов, потом модифицированы от 5 до 20 % – ним растворов медного купороса в течение 48 часов. Мощность гамма-облучении составляло около 110 мкР/час. Далее, для нормализации влажности до 15 % вещество высушили традиционным способом в сушильном шкафу от воздействия внешних факторов. Комбинированное воздействие может предотвратить деградации структуры и замедлить разрушительный процесс, сохраняя устойчивость и качество биоматериалов.

Таблица 6.12 - Зависимость прочности стебля тростника обыкновенного, облучённого в течение 150 часов, от различных концентраций медного купороса

№	Обработанные и исходные образцы	F, Н	σ , МПа
1.	Исходный образец	63,14	279,91
2.	5 % - $CuS0_4$	61,30	272,75
3.	10 % - $CuS0_4$	59,25	231,89
4.	20% - $CuS0_4$	59,42	226,37

В таблице 6.12 приведены результаты влияния комбинированного воздействия на механическую прочность.

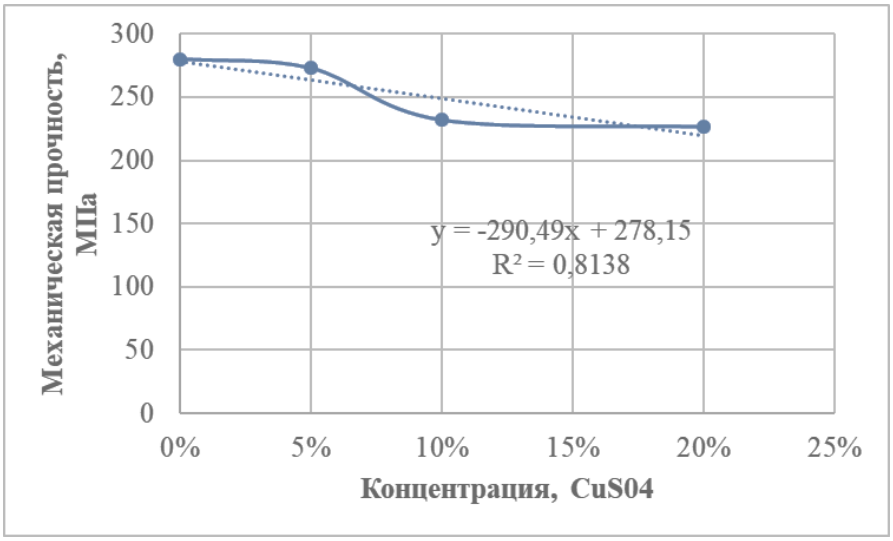


Рисунок 6.11 - Зависимость прочности стебля тростника обыкновенного, облучённого в течение 150 часов, от концентрации сульфата меди

Эти значения получены экспериментальным путём на рычажном устройстве десятикратного измерения каждой точки.

Размеры подготовленных образцов составляют в пределе от 0,4-0,9 мм шириной и толщиной, когда длина составляет около 22 мм.

На рисунке 6.11 приведена зависимость механической прочности ТО от повергнутым гамма-облучению в течения 150 часов и модифицированным купоросом меди. Видно, что прочность ТО нелинейно снижается.

Настоящий результат личный раз подтверждает, что комбинированное влияние гамма-облучения и раствор купороса меди оказывают комплексное воздействие на механические свойства биоматериалов.

Таблица 6.13 - Зависимость прочности стебля тростника обыкновенного, облучённого в течение 200 часов, от различных концентраций сульфата меди

№	Обработанные и исходные образцы	F, Н	σ, МПа
1.	Исходный образец	58,21	257,85
2.	5 % - $CuS0_4$	53,18	250,51
3.	10 % - $CuS0_4$	57,64	246,19
4.	20% - $CuS0_4$	59,53	225,24

В таблице 6.13 приведены 200-часовые облучения гаммы радиации и модифицированного купороса меди стебля ТО.

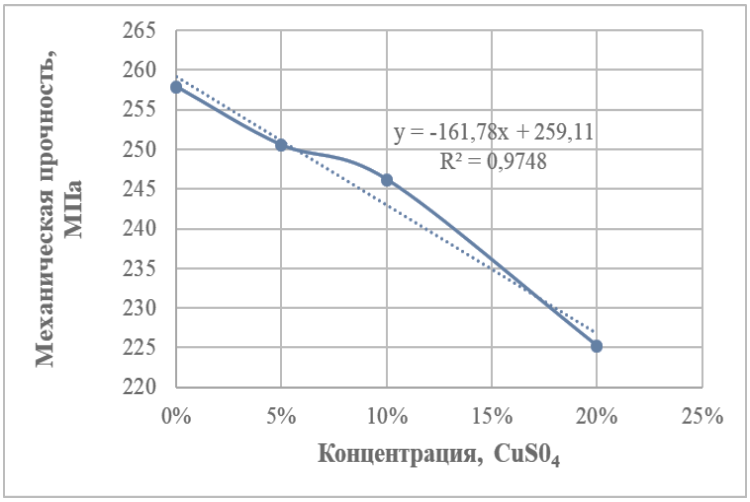


Рисунок 6.12 - Зависимость прочности стебля тростника обыкновенного, облучённого в течение 200 часов, от концентрации сульфата меди

На рисунке 6.12 приведены зависимость прочности стебля ТО, облучённого в течение 200 часов, от концентрации медного купороса. Наблюдается, что по мере роста концентрации медного купороса и 200 часов времени экспозиции резкие падения прочности, комплексное влияние приводят к постепенной деградации механических свойств ТО.

В связи с этим для стерилизации биоматериалов можно применять гамма-облучение и купороса меди, однако, для получения эффективного результата необходимы дальнейшие исследования для поиска путей минимизации негативных воздействий на долговечность и прочность биоматериалов.

Согласно экспериментальным результатам, с увеличением концентрации сульфата меди и продолжительности гамма-облучения механическая прочность ТО снижается до 25 %. Очевидно, комбинированное воздействие гамма-облучения и различные концентрации медного купороса приводят к возникновению новых дефектов, которые обеспечивает снижения прочностных свойств ТО.

6.9. Определение долговечность деревьев по статистическому изгибу

В этом параграфе исследована долговечность некоторых видов древесины произрастающих в Северном Таджикистане. Как известно, различные виды древесины широко применяются в строительстве домов; из них готовят рамки для окон, дверей, табуретки и другие конструкции.

«Древесина состоит из проводящих, механических и запасающих тканей. Проводящими тканями в древесине являются трахеальные элементы – сосуды и трахеиды. По строению приспособлены для проведения растворов» [325, с.11].

Как известно, механическую функцию в древесине хвойных пород выполняют, трахеиды, которые расположены в растущем дереве, главным образом, вертикально и составляют более 90% объёма древесины.

«Трахеиды –это прозенхимные клетки, не имеющие отверстий в места соединений друг с другом. У трахеид, как и у сосудов, имеются окаймленные поры и иногда спиральные утолщения. Концы трахеид заострены. У хвойных

пород трахеиды выполняют не только свойственные им проводящие функции, но и механические» [325, с.12].

«Характерный особенностью древесины всех пород и многих древесных материалов является явно выраженные различия в упругих свойствах этих материалов по разным направлениям. Анизотропия древесины является следствием её анатомического строения (макроструктуры) и микростроения составляющих ее клеточных оболочек» [328 с.161].

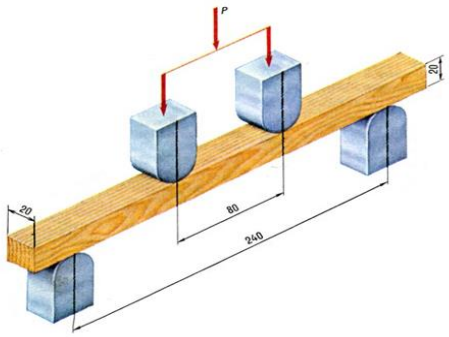
Предел прочности при статическом изгибе существенно зависит от влажности. При изгибе в древесине возникают нормальные напряжения (на растяжение и сжатие вдоль волокон) и касательные напряжения (на скалывание вдоль волокон).

«Прочность древесных материалов при статическом изгибе определяют по формуле (1):

$$\sigma_{w} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{max} l}{b h^2} \quad (6.8),$$

где P_{max} - разрушающая нагрузка, Н; l – расстояние между опорами, мм; h – толщина образца, мм; b – ширина образца, мм.

Предел прочности древесины при статическом изгибе определяют с точностью до 1 МПа» [325, 326].



При изгибе, особенно при сосредоточенных нагрузках, верхние слои древесины испытывают напряжения сжатия, а нижние – растяжения. Примерно посредине высоты проходит нейтральная ось. В её плоскости возникают максимальные касательные напряжения.

Предел прочности зависит от породы древесины, плотности и влажности. «Существует различная степень связи показателей прочностных и деформативных свойств древесины с ее плотностью. Наиболее тесной является связь с пределом прочности при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе. Связь плотности с прочностью на сдвиг и с модулем упругости относительно тесная, а с прочностью на растяжение и ударный изгиб – весьма слабая» [325, с.21]. Благодаря высокой прочности, при изгибе древесина часто используется для работы на изгиб в деревянных конструкциях и изделиях (балки, детали машин, мебели, тара).

В строительстве для изготовления рам и дверей, балок, столбов и других целей применяются различные породы древесин. В технике из древесных материалов изготавливают молотки древесные, угольники, линейки, ручки пил, дыроколы, шкатуру и другие изделия.

Древесину широко применяют для строительства домов в качестве балок, стропил, рек, поэтому изучение механических свойств на статистических изгибах является целесообразным.

В связи с этим в работе исследовалась прочность на статистическом изгибе и показатели долговечности образцов из некоторых деревьев, как сосна обыкновенная, ель, тополь, грецкий орех, произрастающих в Северном Таджикистане.

Образцы приготовлены из деревьев почти одинакового года согласно методике для определения прочности и долговечности при статистическом изгибе.

На рисунке 6.13 приведена зависимость механической прочности образцов из различных деревьев от логарифма времени, то есть показатели долговечности исследуемых образцов. Как видим, показатели значения долговечности разных деревьев различны. Самым прочным является грецкий орех, значение прочности составляет около 110 МПа и в зависимости от времени значение линейно уменьшается и теоретический описывается уравнением: $y = -0{,}1543x + 18{,}997$, коэффициентом регрессии, равным $r^2 = 0{,}9607$.

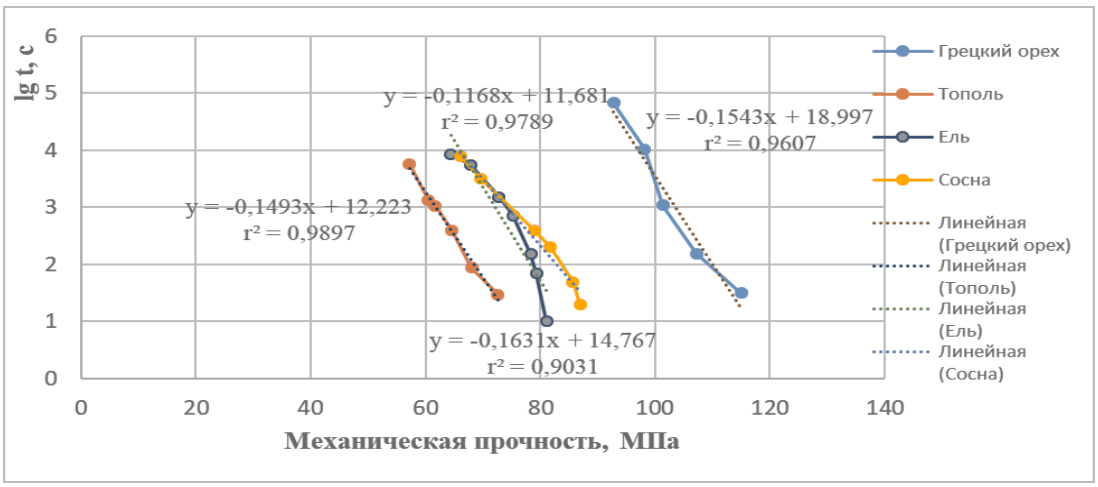


Рисунок 6.13 - Зависимость механической прочности от логарифма времени: 1 – грецкий орех, 2 – тополь, 3 – ель, 4 – сосна обыкновенная

После грецкого ореха по прочности идёт сосна обыкновенная, значение которой равно около 95 МПа, этот параметр уменьшается по времени. Уменьшение прочности, согласно теоретическим линиям, определяется уравнением: y = - 0,1168x + 11,681, а коэффициент регрессии равен r^2 = 0,9789. Далее идёт ель, значение прочности которой составляет около 85 МПа и этот параметр по времени линейно уменьшается. Он определяется по теоретическим линиям, согласно уравнению: y = - 0,1631x + 14,767, для ели обыкновенной коэффициент регрессии равен r^2 = 0,9031. Более слабая прочность между исследованными образцами наблюдается у тополя, она равна приблизительно 74 МПа. Прочностные свойства тополя, согласно теоретическим линиям, определяется в соответствии с уравнением: y = - 0,1493x + 12,223, а коэффициент регрессии равен r^2 = 0,9897. Можно объединить уравнения и найти единую формулу в следующем виде:

$$y = - ax + b \qquad (6.9)$$

где, a и b - коэффициенты, зависимые от типа деревьев. Из формулы (6.9) для определения механической прочности можно вывести следующую формулу:

$$\sigma = - a \lg t + b \qquad (6.10)$$

Таким образом, из вышеприведённых результатов можно положить, что долговечность изменяется от вида деревьев и зависит от механической прочности деревьев. Место произрастания деревьев влияет на механические

свойства – от 12 до 15 %, в зависимости от вида деревьев. Используя формулу (6.10), можно определить механические свойства различных древесин.

6.10. Тепловое влияние микроволн на процесс сушки древесных материалов

Для сушки древесных материалов тратится определённое количество тепловой энергии, необходимой для превращения пара содержимого как остаточной влаги. Сушка необходима для технологии преработки древесных материалов. В результате сушки древесина становится прочнее, легче для обработки и более устойчива к воздействию внешних факторов [333].

Кумулятивно влажность древесины зависит от условий хранении и эксплуатации, в помешении она составляет около 6-8%, на открытом воздухе в отсутствие дождя или снега, относительна высокая и равна около 12-18%. Древесину, принимаемую для изготовления музикальных инструментов, сушат до влажности 6-8 %, древесину для дальнейшей переработки в производстве, согласно техническим требованиям сушат до влажности 10-15%.

Необходимость сушки древесины заключается в защите от гниения, грибков, насекомых при траспортировке [334-336]. Согласно литературным данным, древесина с влажностью менее 22 % не гниёт, а для транспортировки древесины влажность около 20 % считается пригодной с экономической точки зрения.

Установлено, что затраты на процесс сушки составляют около 10% от всего себестоимости, через 10-15 лет эксплуатации сушильного оборудования она становится около 1-2 % от стоимости перерабатываемой древесины [336-339].

Можно говорить, что срок службы деревянных материалов или изделий из их впрямую зависит от влажности пиломатериалов. Если мебель из древесины с более высокой влажностью служит 2-3 года, то мебель с высушенной до 6-8 % влажностью служит до 20-40 лет. В целом деревянные конструкции должны иметь весьма длительный срок службы потому, что они используются для

строительства ряда архитектурных и исторических памятников, и их сохранение является одним из основных задач конструкторов. Кроме того, биологическая сохранность деревянных конструкции имеет практическое значение, так как пренебрежения ею могут привести к неприемлемым для науки и истории последствиям [340-342].

Методы термической обработки древесины и конструкции, приготовленные из них, используется в нескольких видах от источника тепла. Источниками тепла могут быть горячий пар, традиционные излучения тепла, инфракрасные излучения и микроволны. Перечисленные источники тепла воздействует по-разному и различны по эффективности.

С целью определения механизмов и эффективность воздействия микроволнового источника тепла на процесс сушки проведён ряд экспериментов, некоторые результаты обсуждаются и анализируются в работах [343-345].

Для нашего случая в качестве источника энергии для сушки пиломатериалов применена стандартная микроволновая печь. Печь MH6041N, помимо микроволнового источника, также имеет конвекционный нагреватель, в связи этим выбор необходимых мощности и времени экспозиции осуществляется электронным способом с высокой точностью. Объём рабочей части печи составляет 45,5 см × 28,5 см × 32,2 см = 41755,35 см^3. Выбор мощности и временного интервала воздействия источника тепла обеспечивает равномерное распределение энергии в процессе сушки, что даёт соответствующие условия для анализа эффективности применяемых методов.

Анализ процесса сушки пиломатериалов проводился на основе измерения веса образцов с помощью электронных весов с точностью до 1 грамма и расчета коэффициента относительной влажности по общепринятым формулам:

$$\varphi_{\text{от.}} = \frac{m_{\text{в}}}{\text{м}_{\text{п}}} \cdot 100\ \% \qquad (6.11),$$

где $m_{\text{в}}$ – масса воды, $\text{м}_{\text{п}}$– полная масса веществ.

Результаты измерения зависимости массы влаги, удалённой из образца древесины от времени, приведены на рисунках 6.14 и 6.15. Зависимость на рисунке 6.14 получена для образцов с серийными номерами 1 и 2. Эти образцы имели меньшую относительную влажность, но большой объём. Объём образца № 1 составил 3831,19 см^3, масса которого равна 2260 грамм, а образца № 2 3906,81 см^3 – масса соответственно 2310 граммов. Образцы нагревались в печи два раза в день. Мощность микроволнового источника при каждом нагреве составляла 800 Вт, продолжительность нагрева составляла 5 минут. Мощность индукционного нагревателя составляла 1000 Вт, а время нагрева 6 минут.



Рисунок 6.14 - Зависимость массы удалённой влаги от времени для образцов №1 и № 2

Для равномерного потребления энергии были выбраны временной интервал и мощность источников нагрева. Обеспечение равномерного энергетического режима необходимо, потому что на основании следующих испытаный нужно сделать вывод об эффективности перечисленных методов.

На рисунке 6.15 приведены результати с другими характеристиками иследуемых образцов, объём образца № 3 составила1706, 01 см^3, а масса 1385 грамм; объём образца № 4 – 1667,35 см^3, а масса 1351 грамм. Однако величина мощности и временной интервал воздействия источников одинакова с образцами № 1 и № 2.

Согласно графика, обе зависимости показывают, что при одинаковом количестве энергии микроволновый метод сушки удаляет больше влаги из

состава древесины. Более того, микроволновой энергии достаточно для удаления большего количества влаги из пиломатериалов с большой плотностью, что означает наличие дополнительной эффективности микроволновой сушки.

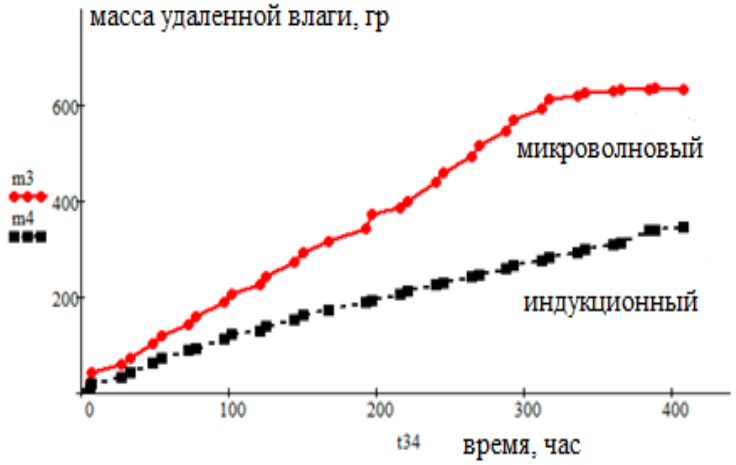


Рисунок 6.15 - Зависимость массы удалённой влаги от времени для образцов № 3 и № 4

Для образца с малым объёмом и весом процесс удаления влаги достигает насыщения раньше, поэтому как видно на рисунке 6.15, количество удалённой влаги остаётся постоянным уже после 300 часового нагрева. Микроволновый метод за эти промежутки времени полностью удалил влагу из древесины, однако традиционный метод продолжает нагреваьт образцы с затратой энергии и замедления в процессе не наблюдается.

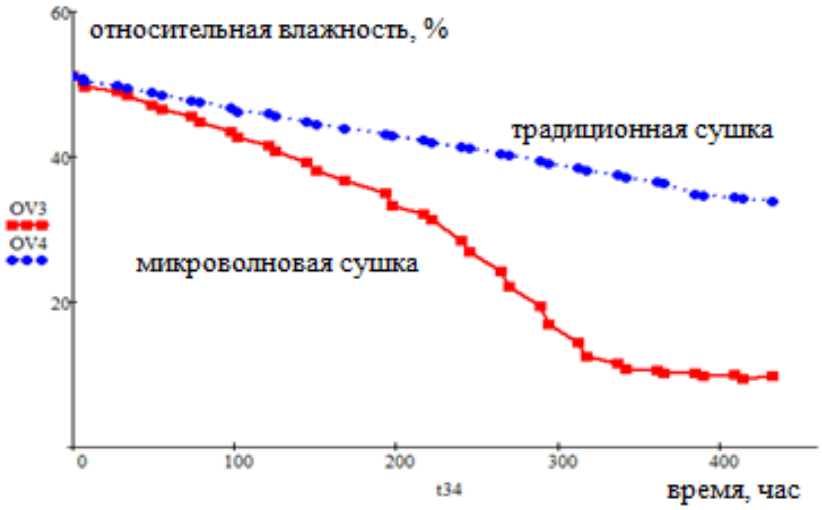


Рисунок 6.16 - Зависимость относительной влажности древесины от времени сушки

На рисунках 6.16 и 6.17 приведены результаты измерения процесса сушки образцов из древесины с использованием микроволнового и традиционного источника тепла, которые хорошо соответствуют исходным характеристикам двух видов образцов.

Как видно из рисунка 6.16, процесс микроволновой сушки не изменяет относительную влажность в заключительный период после 300-часового нагрева, что свидетельствует о достижении равновесного уровня влажности.

Древесина высушена до такой степени, что влага, удалённая микроволновым воздействием, переносится из окружающую среду в течение длительного промежутка времени между последовательными воздействиями.

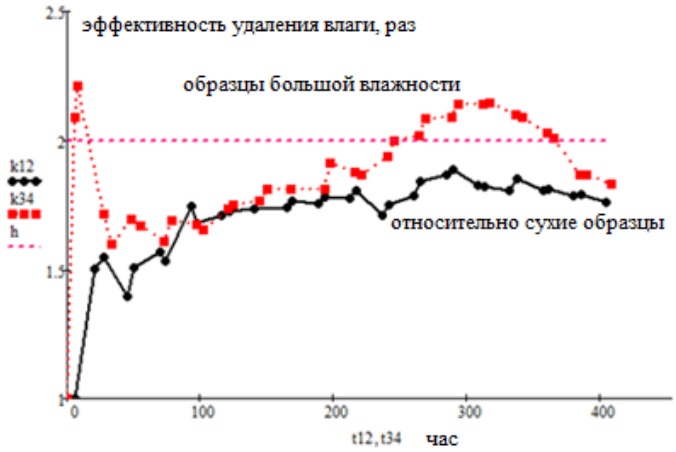


Рисунок 6.17 - Зависимость коэффициента эффективности сушки при микроволновом воздействии от воздействия традиционного источника тепла

На рисунке 6.17 приведена зависимость коэффициента эффективности удаления влаги микроволновым методом по сравнению с традиционным методом для образцов большого размера с меньшим содержанием влаги (показано чёрным цветом, относительно сухые образцы). Согласно рисунку можно видеть, что у более крупногабаритных материалах с низкой влажностью коэффициент эффективности микроволновой сушки не превышает двух раз. В целом, это говорит о том, что в зависимости от времени эффективность может составлять в интервале от 1,5 до 2 раза.

Однако после построения графика зависимости время нагрева от влажности древесины, ситуация становится совершенно иного характера.

Зависимость эффективной сушки от уровня относительной влажности в составе древесины представлена на рисунке 6.18.

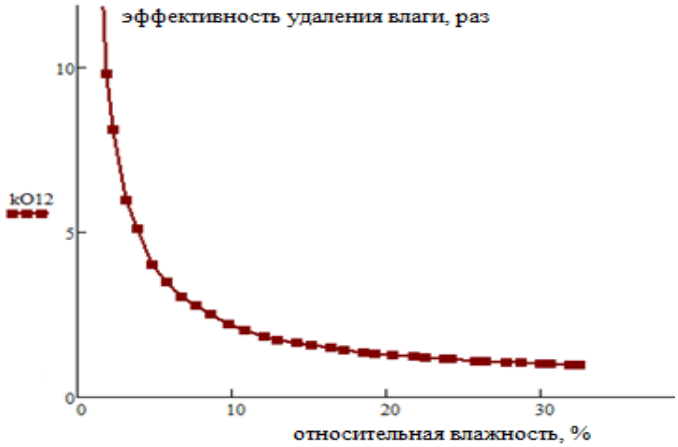


Рисунок 6.18 - Зависимость эффективности сушки от уровня относительной влажности

Эта зависимость показывает, что при низких уровнях относительной влажности древесины эффективность метода микроволновой сушки черезмерна высока (почти в 10 раз), что рекомендуется для регулирования технологического процесса сушки с использованием СВЧ-излучения при низких уровнях влажности.

Однако процесс сушки очень длительный, и удаление влаги из внутренней структуры материала является основной проблемой традиционных методов сушки, из за объёмного эффекта микроволновая сушка занимает крайне мало времени. Этот интервал составляет 10 минут в сутки при воздействии микроволн и 12 минут при применении традиционного источника тепла. Эти интервалы выбраны для обеспечения равномерного расхода энергии при сушке. Потребляемая мощность печи в режиме микроволн составляет 1200 Вт в режиме обичного нагрева 1000 Вт.

Важным фактором, влияющим на процесс сушки, является выбор мощности источника СВЧ-энергии, значение которой регулируется в микроволновой печи. Для исползованного микроволновая печь имеет возможность выбора мощности 800, 640, 430, 320 и 160 Вт. Энергия СВЧ-излучения определяется произведением этих значений на время их воздействия.

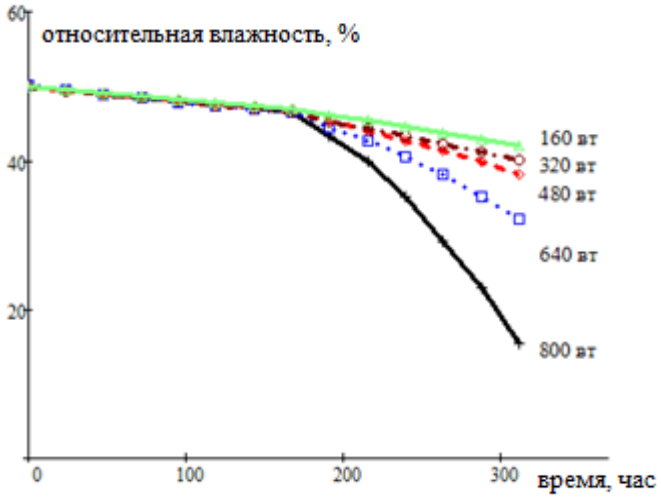


Рисунок 6.19 - Зависимость относительной влажности образцов древесины при различных мощностях микроволн

Для определения точного влияние мощности на процесс сушки мы приняли постоянное время воздействия 10 минут. При этих условиях был исследован процесс микроволнового воздействия на древесные материалы, результаты которого преставлены на рисунке 6.19.

Приведённые зависимости были получены для образцов, взятых из одного ствола дерева. Использование максимальной мощности микроволновой печи 800 Вт – более быстрое удаление влаги. Однако при влажности древесины около 15 % длительное воздействие мощности 800 Вт может привести к возникновению горения внутри пиломатериалов. При относительно небольшой мощности микроволновой сушки процесс происходит медленнее, но риск внутренного возгорания древесных материалов становится ниже. В целом, использование малой мощности менее опасно для древесины с низкой влажностью и потому рекомендуется.

Согласно экспериментальным результатам, установлено, что микроволновый метод сушки древесных материалов более эффективен, чем традиционная сушки до двух раз. Кроме того, энергопотребления микроволновой сушки до двух раз меньше и не оказывает отрицательного влияния на качество древесных материалов. Этот метод можно использовать для стерилизации древесных концтрукций и изделий.

Таким образом, для древесины с низкой относительной влажностью эффективность микроволнового воздействия в процессе сушки выше, что следует учитывать при проектировании технологических циклов сушки древесины и других диэлектрических материалов. Для длительной сушки более чем 5 минут диэлектрических материалов с влажностью менее 20 % рекомендуется использовать мощность СВЧ-излучении не более 640 Вт.

6.11. Применение микроволн в процессе стерилизации древесины

Известно, что одним из основных строительных материалов в Таджикистане и в мире является древесина и изготовленные строительные конструкции, двери, окна, столы и другие необходимые принадлежности. Кумулятивно одним из главных причин широкого применения древесных конструкции является их экологичность, натуральность и безопасность.

Прочность, эластичность и твёрдость древесины зависит от их микроструктуры и при использовании учитываются физико-механические свойства пиломатериалов [334, 338, 346-348].

Согласно научной литературы, древесные материалы состоят в основном из четырёх органических соединений: целюлоза – от 45 до 60 %, лигнин – от 15 до 35 %, гемицеллюлоз – от 15 до 25 % и пентоз – от 5 до 15 %. Кроме того, химический состав сухой древесины вкючает в себе в основном 49-50 % углерода, 43-44% кислорода, 6% водорода, 0,1-0,3 % азота и остальных других органических соединений [346-348].

Как известно, в зависимости от прочности и твёрдости пиломатериалы подразделяют на три основные группы; твёрдые, мягкие и средние, в зависимости от этого их используют для изготовления и использования различных изделий. Одним из недостатков древесных материалов является анизотропная структура и свойства, далее изменения механических свойств под воздействием бактерий, грибов и вредных насекомых. Попадание насекомых и червей извне негативно влияет на физико-механические свойства и микроструктуру пиломатериалов, в результате этого снижается прочность,

эластичность и срок службы и они постепенно становятся непригодными к использованию.

Одним из распространённых способов устранения этой проблемы является обработка химикатами. Химическая обработка древесины уничтожает различных насекомых и бактерии, однако этот метод уничтожит насекомые из верхних слоёв, а черви или насекомые могут остаться во внутренних слоях [349-351].

В предыдущих параграфах сообщается о применении от 5 до 20 % купороса меди методом гамма - облучения до 200 часов, а также комбинированном воздействии для стерилизации биоматериалов. Однако, перечисленные методы стерилизации невозможно применять в рабочем состоянии древесных конструкции.

В настоящем параграфе для стерилизации древесины и досок применён метод микроволнового воздействия. Важным фактором применения микроволн для термической обработки пиломатериалов является характер их воздействия на диэлектриках. Другое, со скоростью света, проникновение микроволн в состав пиломатериалов и термическая обработка всего объёма материалов, которые обладают диэлектрическими свойствами.

Для сохранения бытовой техники и транспортировки промышленного оборудования древесных материалов используют в качества упаковки. В современную эпоху глобализации и высокой интенсивности международной торговли наблюдаются случаи распространения вредных насекомых через древесину с одного континента на другой. Именно в составе таких деревянных конструкций возможны вредные насекомые, которые легко распространяются. Для уничтожения таких вредителей, как черви, насекомые или бактерии, не повреждающие древесных конструкций или изделий использование микроволн весьма эффективно [343-345, 352].

Одним из основных причин использования микроволновой стерилизации заключается в том, что избирательное уничтожения насекомых или вредителей невозможны другими традиционными методами стерилизации.

Для выживания насекомых в древесных материалах необходимы следующие условия; первое – умеренное температура, второе – наличие кислорода, третье – определённая влажность от 20 до 90 %.

Имеются некоторые борьбы с вредителями; первый способ повышения температуры до 50 ^{0}C и выше, второй – заполнение пустот в древесине с водой или химическими растворами, третий – высыхание древесины до необходимого уровня, при котором вредители не найдут условий для выживания.

Как показано, второй метод невозможно применять для деревянной конструкции в эксплуатации, его можно применять для неиспользуемых древесин. Первый и третий методы взаимосвязаны и их можно применять совместно.

Этими методами можно стерилизовать древесину и доски в рабочем или свободном состоянии от червей, насекомых и бактерий. Как показывает результат предыдущего параграфа – это метод менее затратен и эффективен и позволяет уничтожить вредителей, находящихся и в верхних слоях, и во внутренних слоях пиломатериалов. Однако для стерилизации обработка должна осуществляться таким образом, чтобы микроволны не воздействовали негативно на структуру и качества биоматериалов, а только уничтожали вредных насекомых и червей.

Для безопасной стерилизации биоматериалов сначала надо провести теоретический расчёт на поле математических программ. Согласно имеющим в практике данным, существует разные методы повышения температуры на определённом участке древесины, и необходимо определить основную из них. Для этого необходимо учитывать все процессы, происходящие в древесине под воздействием микроволн. Согласно экспериментальным расчётам из предыдущего параграфа, повышение температуры древесины зависит от поглощения и влажности; кумулятивно, чем больше поглощения, тем выше температура. Однако, согласно модели, процесс термической обработки и повышения температуры также зависит от теплопроводности и температурапроводности и возможности отвода выделяющегося тепла через

границы или поверхность образца в окружающую среду. В практике процесс термической обработки различных объектов достаточно изучен, и можно исследовать его в среде компьютерных программ.

Для нашего случая рассмотрим изучения процесса термической обработки с помощью дифференциальных уравнения теплопроводности. Априори такие процессы являются тепловым явлением и происходят во времени и пространстве, выражаясь в частных производных уравнениях теплопроводности.

Уравнение теплопроводности выражается в зависимости температуры u в нагретом стержне, оно имеет следущий вид [350, 353, 354]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (6.12),$$

где u – неизвестная функция координаты x, вдоль которой расположен стержень, t – время процесса, k – коэффициент теплопроводности, связанный с теплофизическими характеристиками стержня.

$$k = \frac{K}{c \cdot \rho} \quad (6.13)$$

K – коэффициент теплопроводности (Вт/м·градус), c – удельная теплоёмкость (Дж/кг·градус), ρ – плотность (кг/м^3).

Для стержня длиной L, расположенного в системе координат от $x=0$ до $x=L$, начальное распределение температуры с функцией $u(x,0)=f(x)$ записывается следующим образом, учитывая, что температура равна нулю на обоих концах стержня в произвольный интервал времени t:

$$u(0,t)=u(L,t)=0 \quad (6.14).$$

Сформулилируем задачу с граничными условиями следующего типа:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \qquad (0<x<L,\ t>0) \quad (6.15\ а),$$

$$u(0,\ t)=u(L,t)=0 \quad (6.15\ б),$$

$$u(x,\ 0)=f(x) \quad (6.15\ в).$$

Решение этой проблемы можно выразить в виде следующего распространения в ряд.

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot exp\left(-\frac{n^2 \cdot \pi^2}{L^2} \cdot k \cdot t\right) sin\frac{n \cdot \pi}{L} \cdot x \quad (6.16),$$

где b_n – коэффициенты синусов ряда Фурье функции f(x)=u(x,0), характеризиющие начальное распределение температуры в стержня. Значения этого коэффицентов для каждой n=1, 2, 3,… определяются следующим выражением:

$$C_n = b_n = \frac{2}{L}\int_0^L f(x)\, sin\left(\frac{n*\pi}{L}\cdot x\right) dx \qquad (6.17).$$

В связи с этим в работе для проведения теоретических расчётов применялась стандартная программа MatLab, имеющая отдельные приложения для исследования процесса термической обработки объектов различной формы на основе уравнения в частных производных. Для условия практических экспериментов и максимального приближения их к качеству математической модели был выбран прямоугольный объект с двумя неконгруэнтными частями внутри образца. Для представления различных условий в структуре термообрабатываемого объекта необходимы неоднородные компоненты. Для осуществления данного процсса применяются парболические уравнения теплопроводности в среде MatLab [355-357] в таком виде:

$$\rho \cdot C \cdot T - div\big(k \cdot grad(T)\big) = Q - h \cdot (T_{ext} - T) \qquad (6.18).$$

На практике неоднородность состава древесины обусловлена главным образом разной влажностью её компонентов. Как известно, источником влаги в древесине является вода, которая определяет её теплопроводность и теплопередачу. При наличии влаги тепло быстро превращает воду в пар, перемещаясь между слоями. При отсутствии влаги древесина не может отдавать тепло, и температура повышается.

Кроме того, такая ситуация может возникнуть и при наличии в древесине насекомых и вридителей. Вредители не обмениваются теплом с древесиной, но благодаря своей влажности хорошо поглощают микроволновую энергию. Такое неоднородное свойство древесины учитивается в математической модули посредством задания граничных условий. В приложении для анализа процесса теплопередачи в среде программы MatLab заданы два граничных условия. Из этих граничных условий для исследуемого объекта в области 2 рисунок 6.20

задано условие Ньюмена, которое обеспечивает возможность передачи тепла во всех направлениях. Это условие соответствует наличию в составе древесины влаги, которая служит распространением тепла. Для границ области 1 задано условие Дирихле, которое предотвращает процесс потери тепла в окружающую среду.

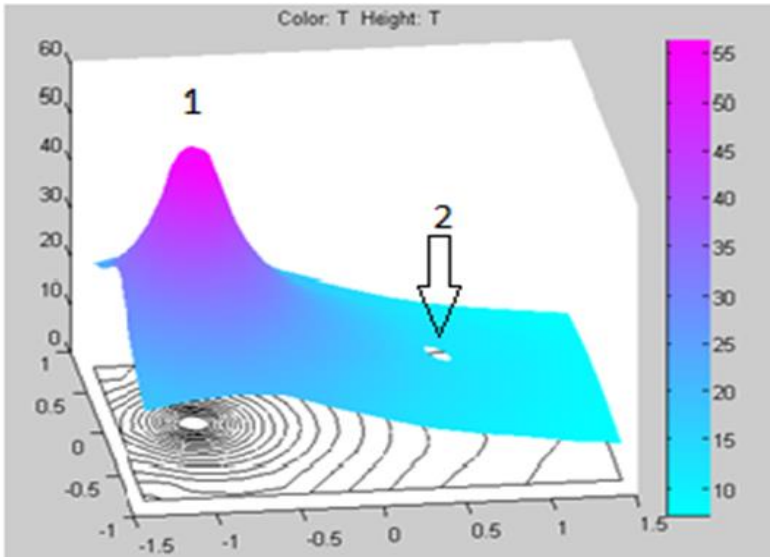


Рисунок 6.20 - Распределение температуры вокруг неоднородных областей 1 и 2

Такая ситуация соответсвует отсутствию влаги или наличию вредителей в древесине. Экспериментальные результаты на основе математической модели с использованием приложений MatLab приведены на рисунке 6.20.

Результат расчёта показал существенное различие в распределении температуры вокруг участка 1 по сравнению с участком 2. Оказалось, что для выбранных условий температура вокруг неоднородного участка 2 равна температуре исследуемого объекта, но температура вокруг неоднородного участка 1 значительно выше. Это явления соответствует повышению температуры на отдельных участках древесины или в местах обитания вредителей.

Согласно рисунку 6.20, при неравномерной тепловой среде волна поглощается непрерывно (точка 2), в этом случае поглощение волны наблюдается от более влажной части древесины до выравнивания температуры.

В первой точке температура относительно выше, что свидетельствует о наличии вредных насекомых в составе древесного материала. На этом этапе

поглощение тепла продолжается до тех пор, пока насекомые не погибнут, а окружающая среда не станет одинаковой температуры. Из расчёта поглощение микроволн насекомыми до выравнивания температуры составляет около 40%.

Таким образом, можно отметить, что для усушки пиломатериалов до выравнивания температуры и влаги они поглощают микроволны. Кроме того, высокочастотные электромагнитные волны способны уничтожать насекомые, бактерии, присутствующие в древесине, досках и других диэлектрических материалах, без вреда для самого материала. Потребляемая мощность зависит от их размера и количества, а эффективность выше, чем у традиционных методов. Установлено, что избирательное воздействие микроволн на отдельные части может иметь при наличии определённых различий в характеристиках и свойствах этих областей. В связи этим избирательное действие микроволн может быть использовано для борьбы с вредителями, обитающими в древесине и других материалах с диэлектрическими свойствами, что снижает вред окружающей среде.

6.12. Влияние микроволны на механические свойства биоматериалов

Известно, что поглощения микроволновой энергии биоматериалами зависит от диэлектрических свойств и тангенса диэлектрических потерь. Кроме того, поглощения энергия зависят от влажности биоматериалов. В связи с этим самое большое поглощение энергия происходит в областях с самой высокой влажностью, со временем это приводит к выравниванию влажности биоматериала, т. е. материал высыхается.

Согласно экспериментальным результатам установлено, что при мощности более 640 Вт в составе пиломатериалов возникает горение компонентов. В последствии этот фактор приводит к снижению качества биоматериалов.

Биоматериалы помещали на горизонтальные положения в тарелке микроволновки с интервалами в 1 минуту, при этом печь непрерывно вращается. Образцы тростника обыкновенного, взятые с одного стебля длиной 8 см, сушили

при низкой, средней, средневысокой и высокой мощности. В ходе эксперимента при средневысокой и высокой мощности наблюдалось частичное обгорание на поверхностных слоях образцов. Однако для проведения эксперимента образцов в размере длиной 22 мм, шириной 0,3-0,5 мм и толщиной 1 мм приготовили из несгоревшей области биоматериала.

Механические испытания проводились согласно методики, приведённой в главе 2. На рисунке 6.21 и таблицы 6.14 приведены влияния микроволновой мощности на механические свойства биоматериала.

Таблица 6.14 – Зависимость прочности тростника обыкновенного от мощности микроволн

Микроволновая мощность, Вт	136	264	616	800
Прочность, МПа	82,24	66,26	56,93	49,29

Из графика видно, что по мере роста мощности микроволны механическая прочность линейно падает. Таким образом, для безопасной сушки тростника можно выбрать мощность менее 540 Вт.

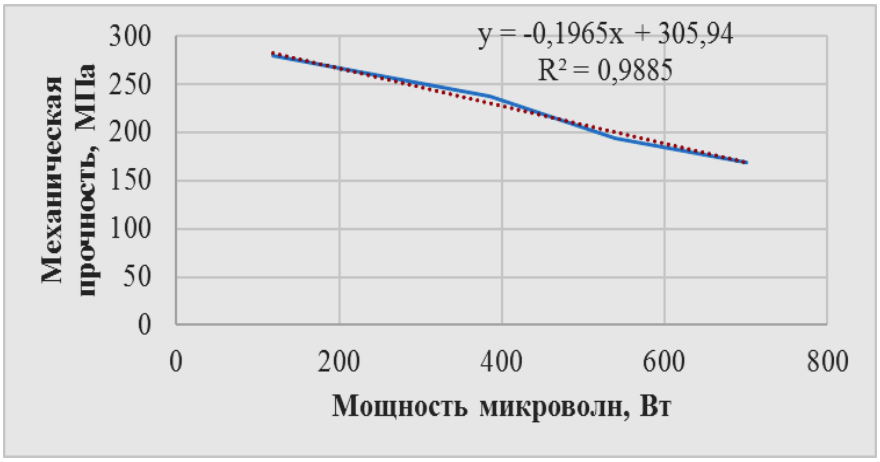


Рисунок 6.21 – Влияния микроволновой мощности на механическую прочность стебля тростника

На рисунке 6.22 и таблицы 6.15 приведено влияние мощности микроволны на механические свойства ствола деревьев, произрастающих в Таджикистане: тополь, сосна и ель.

Таблица 6.15 – Зависимость прочность ствола деревьев от мощности микроволн

Мощность, Вт	Тополь, МПа	Сосна, МПа	Ель, МПа
136	82,24	101	98,9
264	66,26	99,1	94,79
616	56,93	95,25	86,89
800	49,29	88,38	75,65

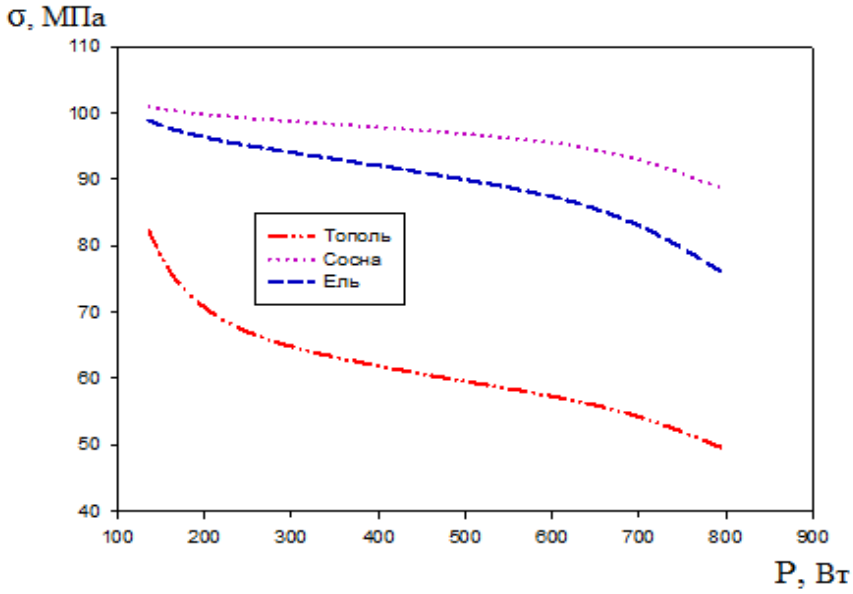


Рисунок 6.22. – Влияние микроволны на механические свойства ствола деревьев

Для исследованных образцов по мере роста мощности микроволн прочность нелинейно – от 12 до 40 % – уменьшается. Согласно теоретическим линиям, в поле программы Sigmaplot для исследованных образцов определена эмпирическая формула зависимости прочности от мощности микроволны;

$$\sigma(P) = \sigma_0 + aP + bP^2 + cP^3 \quad (6.19),$$

где σ_0 – прочность исходного образца (когда P = 0); a, b, c – коэффициенты, зависящие от вида деревьев.

Таким образом, можно заключить, что при длительной сушке микроволнами происходит возгорание некоторых областей тростника обыкновенного и образцов исследованных деревьев. Установлено, что для безопасной сушки тростника обыкновенного рекомендуется мощность менее 540 Вт, а для деревьев поменьше 640 Вт. Очевидно, что научный подход к

стерилизации и сушке образцов, а также соблюдение норм безопасности позволяют предотвратить возгорания и гарантировать сохранение качества и свойств биоматериалов. При низких мощностях метод микроволновой сушки также экономично эффективен.

Заключение к шестой главе

Как следует из вышеприведённых экспериментальных результатов, можно сформулировать некоторые общие перспективы в сфере изучения механических свойств объектов растительного происхождения и сопоставить физико-механические параметры с параметрами молекулярной динамики функциональных групп ПРС, которое является одним из актуальных направлений физики конденсированных состояний. Это даёт возможность установить связи между интенсивными молекулярными подвижностями биомолекул с прочностными свойствами биоматериалов. Оценены показатели эффективной энергии активации разрушения и энтропии. Установлено, что по мере роста уровня радиации эти параметры уменьшаются.

Выявлено, что РФ места произрастания влияет на механические свойства тростника обыкновенного. Прочностные свойства тростника обыкновенного зависят от времени экспозиции гамма-облучения, экологических условий места произрастания и концентрации медного купороса. По мере роста перечисленных факторов прочностные свойства уменьшаются.

Определено, что по мере роста суммарного количества радионуклидов механическая прочность тростника обыкновенного экспоненциально уменьшается. Выявлено, что комбинированное воздействие гамма-излучения и модификации сульфата меди оказывает комплексное влияние на структуру тростника обыкновенного, что приводит к постепенной деградации механических свойств. Отсюда следует, что гамма-облучения и РФ места произрастания, РН и медный купорос влияют на структуру, межмолекулярное взаимодействие и, следовательно, на прочностные свойства стебля тростника обыкновенного.

Установлено влияние экологических условий на механическую прочность образцов из хвойных деревьев сосны обыкновенной и ели, произрастающих в Северном Таджикистане. Определено, что механическая прочность хвойных деревьев от нагрузки экологических факторов уменьшается от 8 % до 12 %. Оценены показатели эффективной энергии активации разрушения сосны обыкновенной; установлено, что по мере роста экологических нагрузок этот параметр уменьшается.

Установлено, что РН накапливаясь на листьях каперса колючего, пагубно влияет на меж- и внутримолекулярные взаимодействия и, следовательно, на механическую прочность биоматериала.

Сопоставление физико-механических параметров с параметрами спектров ЭПР, отражающих подвижность метки, позволяет установить связи между интенсивными молекулярными подвижностями макромолекул с уменьшением прочности образцов из листьев репейника. Оценены показатели эффективной энергии активации разрушения и энтропии. Установлено, что по мере роста уровня радиации эти параметры уменьшаются.

Выявлено, что медный купорос и гамма-облучения влияют на механические свойства биоматериалов, при увеличении времени воздействия гамма-излучения и концентрации медного купороса прочность уменьшается. При воздействии гамма-облучения и медного купороса прочностные свойства уменьшаются быстрее. Очевидно, гамма-излучение и сульфат меди приводят к возникновению новых дефектов в структуре биоматериалов.

Согласно экспериментальным результатам, СВЧ-излучение можно применять для сушки и стерилизации биоматериалов при низких мощностях не разрушает структуру и свойства биоматериалов. Этот метод экономический эффективен и не влияет на качества биоматериалов.

ГЛАВА 7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведение комплексно-систематического исследования влияния внешних факторов на межмолекулярное взаимодействие, колебательную и вращательную динамику, механические свойства и др., методами ИК- и ЭПР-спектроскопии, метод спиновых меток, рентгенофлуоресцентного, гамма-радиометрического анализа и механического испытания даёт возможность получить информацию об изменениях межмолекулярных взаимодействий, молекулярных структур и свойств ПРС.

Особое место имеет исследование влияния внешних факторов, как РФ, количество ТМ, РН концентрация пестицидов, метеорологических параметров на спектральные характеристики ИК и ЭПР-спектров, спин меченых образцов и механических свойств биоматериалов дают возможность умственно перспективно применят их в различных отраслях науки, техники и народного хозяйства.

На основе экспериментальных исследований изменения физико-химических свойств природных растительных соединений, молекулярной динамики макромолекулы биоматериалов, подвергнутых действию техногенных и антропогенных факторов, позволили получить новую, более детальную информацию о структурной и динамической микронеоднородности.

Сравнительный анализ результатов ИК - и ЭПР - спектроскопии исходных и облучённых (поражённых) природных соединений позволил выявить те изменения в структуре и свойствах образцов растительного происхождения, которые возникают под действием радиации, количества тяжёлых металлов, радионуклидов, пестицидов и метеопараметров. Как отмечалось, путём анализа указанных результатов определены количественные и качественные характеристики этих изменений. Структурная неоднородность и анизотропность природных соединений проявляется в форме и виде спектра образцов, приготовленных из составных частей растений, деревьев и пробы почв, являющихся результатом влияний техногенных и антропогенных нагрузок.

Оценены количества гидроксильных групп и межмолекулярных взаимодействий, которые по мере увеличения дозы РФ, количества ТМ и РН уменьшаются, также относительная интегральная интенсивность, которая пропорциональна количеству функциональных групп, изменяется, то её можно использовать для контроля и качества природных соединений. Получены изменения количества функциональных групп, интенсивности, максимальных полос поглощения, полуширина полос поглощения, интегральная интенсивность, оптическая плотность, коэффициент максимального поглощения и межмолекулярных взаимодействий водородных связей, что даёт возможность количественно и качественно характеризовать действие внешних факторов на свойства и структуры природных растительных соединений.

Определено, что по мере возрастания техногенных нагрузок в составе природных соединений уменьшается концентрация свободных радикалов. Выявлено, что свободные радикалы больше накапливаются в листьях образцов по сравнению с другими частями растений. В искусственных полимерах по мере увеличения воздействия радиации увеличивается количество свободных радикалов, а воздействие радиации на растущие растения (во время структурообразования) приводит к снижению количества стабильных радикалов. Возможно, это связано с тем, что во время структурообразования биомолекул растение своеобразно «реагирует» на пагубное воздействие внешних факторов, как радиация, а также количества накопленных тяжёлых металлов и радионуклидов. Для исследованных образцов растительного происхождения накопление свободных радикалов, произрастающих в «нормальных» условиях, т. е. в более нормальных экологических условиях (22 мкР/час), около 30% большего количества радикалов в образцах повреждённых, которые поглощали радиации от 640 до 840 мкР/ч. Данную информацию можно применять для безопастного использование дикорастущих, а также культурных растений для пищевых и лекарственных целей. В этом направлении необходимо регулярно проводить мониторинг. Использованный подход к изучению процессов деструкции макромолекулы образцов растительного происхождения

под влиянием радиационного фона, количества тяжёлых металлов, радионуклидов и др. путём регистрации изменений в молекулярно-динамических свойствах методом ЭПР спиновых меток даёт возможность выявить изменения динамических параметров. Показано, что по мере возрастания уровня радиации до 840 мкР/час время корреляции макромолекул уменьшается, а параметры вращательной подвижности увеличиваются.

Также обнаружено, что действие техногенных факторов на межмолекулярное взаимодействие биоматериалов, возможно, приводит к увеличению микрожёсткости аморфных областей. Об этом свидетельствует уменьшение средней по объёму концентрации спиновых меток, что говорит об уменьшении объёмной доли тех участков макромолекул гидроксильных групп, которые могут быть местом посадки нитроксильного радикала в процессе его внедрения в образцах растений, за счёт внутреннего и внешнего поглощения дозами радиации. ИК - спектры изученных образцов растительного происхождения позволяют утверждать, что эти участки становятся недоступными для спин - меток вследствие уменьшения гидроксильных групп.

Увеличение вращательной подвижности макромолекулы по мере роста уровня радиации, количества ТМ и РН, а также характера изменений активационных параметров вращения спин - метки, присоединившейся к макромолекулам, по нашему мнению, связаны с изменением количественного значения функциональных групп и свойств образцов из растительного материала. Этот факт позволил условно отождествить деструктивное микроокружение спин - метки в силу структурной и активационной микронеоднородности биоматериала для получения количественных характеристик процесса деструкции. Показано, что концентрация присоединившихся к макромолекулам спиновых меток по мере возрастания уровня радиации количества ТМ и РН уменьшается. Очевидно, это зависит от деструкции мест локализации спиновых меток. Количественный анализ даёт следующие экспериментальные результаты возрастания деструкции

микроокружения места локализации; при дозах: 70 мкР/час – около 40%; при 270 мкР/ч, примерно 70%; а при дозах 840 мкР/ч – около 80 %.

Полученные методом ЭПР данные по накоплению свободных радикалов, а также данные по уменьшению присоединившихся к макромолекулам растений спин-меток позволяют утверждать, что кинетика физико-химических процессов деструкции в значительной степени связана с подвижностью макромолекул и определяется не столько свойствами высокоупорядоченных областей, сколько имеющимися нарушениями упорядоченности в молекулярной и надмолекулярной структуре природных соединений.

Полученные методом спиновых меток данные о структурном состоянии природных растительных соединений и о количественных изменениях под действием техногенных и антропогенных факторов являются уникальными, поскольку другими методами невозможно получить подобную информацию.

Моделировано взаимодействие функциональных групп и активных радикалов уравнениям Лотки - Вольтера, что надёжно обеспечивает управление и прогнозирование протекающего процесса в составе ПРС. Выявлено, что для нормального формирования и структурообразования функциональных групп ПРС должен сохраниться баланс, т. е. взаимодействия активных радикалов и гидроксильных групп.

Экспериментально определены концентрации ТМ в составных частях растений и пробы почв в условиях Северного Таджикистана, коэффициент биологического поглощения и интенсивность перехода ТМ от почв к составным частям растений. Также определено интенсивность перехода микроэлементов от корневища к стеблю, от стебля к листьям растений, этот результат даёт возможность контролировать миграции ТМ в составные части растений и впоследствии в биосферу.

В ходе экспериментальных работ установлено распределение ТМ в образцах растительного материала и дисперсионной системы почв, которое обосновано математическим методом наименьших квадратов. Предложено, что для очиски от некоторых тяжёлых металлов почв можно использовать

исследованные растения. Установлено влияние ТМ на межмолекулярные взаимодействия функциональных групп природных соединений хвойных деревьев, произрастающих в Северном Таджикистане. Определены накопления ТМ в хвойниках деревьев, согласно чему, рекомендовано в зависимости от вида деревьев применяют их для очистки атмосферного воздуха и почвы от некоторых тяжёлых элементов.

Применено уравнение Ферхльюста для временной стабилизации концентрации некоторых тяжёлых металов в почвах. Установлено, что логистическое уравнению Ферхлюста можно использовать для нормализации количества ТМ в дисперционной системе почв, также эту модель можно рекомендовать для временного прогнозирования и предсказания других элементов, как тяжёлых металлов, так и радионуклидов в составе почвы, аэрозоля и природных соединений.

Проведён радиологический анализ природных соединений и пробы почв, на основе экспериментальных работ определены некоторые радиоактивные элементы как уранового ряда и так и торийевого ряда в составе растений, пробы почв и в составе воды. Было установлено, что радионуклиды, находясь в пробе почвы или воды переходят на составные части растений и, очевидно, разрушают свойства и структуру, которые отражаются на ИК и ЭПР-спектрах. Кроме того, радионуклиды, которые содержатся в образцах растительного происхождения, пагубно влияют на механические свойства биоматериалов.

Согласно экспериментальных данных, комплексно-систематически получена зависимость долговечности от напряжения и температуры, что создаёт возможность достоверной информации о характеризации прочностных свойств изучаемых биоматериалов. Найденные в работе результаты о влиянии различных факторов на механические свойства природных растительных соединений позволяют сформулировать заключения относительно механизмов разрушения хрупких и твёрдых тел. Экспериментальные результаты, отражающие зависимость долговечности биоматериалов от напряжения температуры и других внешних факторов, а также анализ данных этих исследований

формируют феноменологический базис кинетической концепции разрушения твердотельных систем различной природы.

В процессе исследования определены влияния радиационного фона, время экспозиции гамма - облучении, разные концентрации купороса меди и различных мощностей микроволны на физико-механические свойства образцов растений и деревьев, которые по мере роста нагрузок и увеличения концентрации прочности биоматериала монотонно уменьшаются, в некоторых случаях прочность биоматериалов экспоненциально ослабевает.

Установлено, что уровень радиационного фона места произрастания влияет на механическую прочность тростника обыкновенного, кроме того, механические свойства тростника обыкновенного зависят от времени экспозиции гамма - облучения. Определено, что при гамма - облучении механическая прочность тростника линейно уменьшается, однако, для произрастающего под влиянием различных доз радиационного фона она резко и экспоненциально уменьшается.

Выявлено, что по мере роста концентрации радионуклидов механическая прочность тростника обыкновенного экспоненциально уменьшается. Определено, что γ - излучения и уровень радиационного фона места сбора, количество ТМ и РН, а также концентрации медного купороса влияют на физические свойства, межмолекулярное взаимодействие и, следовательно, на механические свойства биоматериала.

Применения малой дозы гамма-облучения и раствора купороса меди для стерилизации биоматериала обеспечивает длительное применения исследованных биоматериалов в народном хозяйстве и технике. Малая доза облучения и концентрацию купороса меди до 10 %, что незначительно сказывается на прочностных свойствах биоматериала в среднем около 12 %, однако, комбинированное воздействие гамма-облучения и модификации купороса меди оказывают комплексное влияние на структуру тростника обыкновенного, что приводит к быстрой деградации механических свойств.

Предложенный метод не даёт возможности стерилизовать образцы в рабочем состоянии или приготовленных концтрукциях из биоматериала.

В связи с этим для стерилизации биоматериалов предложен другой путь, который можно применять для исходных и в рабочем состоянии веществ, приготовленных из биоматериала. Этот широко исползуемый метод то есть метод микроволны можно применять для стерилизации от грибков, насекомых, которые находятся в объёме веществ, а также для сушки биоматериала.

В работе теоретически и экспериментально доказана необходимость применения микроволны для сушки и стерилизации биоматериалов. Рассчитана эффективность микроволн для сушки и стерилизации биоматериалов.

Было установлено, что для стерилизации и сушки тростника обыкновенного, сосны обыкновенной, ели и тополя можно применять микроволны, однако более высокая мощность приводит к разрушению и внутреннему сгоранию биоматериала. Очевидно, внутрение или внешние возгорания сказываются на механических свойствах биоматериалов; выявлено, что при более высокой мощности прочность тростника обыкновенного на растяжения уменьшается до 40 %, для образцов из деревьев эти значения уменьшаются от 12 до 40 %.

Для предотвращения этого случая был проведён теоретический расчёт теплопередачи с дифференциальным уравнениям теплопроводности в поле программы MatLab. При взаимодействии микроволны с влажными древесинами происходит повышение температуры на разных участках материала, поэтому были рассмотрено все происходящие процессы в целом. Как известно, повышение температуры в биоматериале зависело от поглощения и мощности микроволны, при этом большое поглощение микроволны приведёт к повышению температуры. Кроме того, согласно применённой модели, повышение температура зависит также от теплопроводности и температуропроводности биоматериала.

Для безопасной сушки и стерилизации древесины или доски термической обработкой применены дифференциальные уравнения теплопроводности и

частных его производных. Для анализа процессов теплопередачи в среде программы MatLab заданы два граничных условия, первое: заданы условия Ньюмена, которые обеспечивают возможность теплопередачи во всех направлениях, второе заданное – это условие Дирихле, оно предотвращает процесс теплопотери в среду.

Согласно теоретического расчёта в поле программы MatLab и из экспериментальных результатов было установлено: для безопасной сушки, не принося вред качеству и механическим свойствам тростника обыкновенного рекомендуется мощность микроволны менее 540 Вт, для сушки исследованных древесины рекомендуется мощность микроволн до 640 Вт.

Молекулярно-динамические, физико-механические и спектроскопические характеристики ПРС, которые получены в настоящей работе, могут быть использованы в науке и технике, народном хозяйстве, фармакологии, парфюмерии, пищевой промышленности и др. Также определённые механические свойства древесины из различных деревьев, произрастающих в Северном Таджикистана под влиянием различных факторов могут быть полезными для безопасного использования пиломатериала, для изготовления строительных материалов и предмет бытовой техники.

Полученные результаты и сделанные выводы позволяют развивать фундаментальные представления об изменениях в молекулярном строении ПРС, которые определяют их физико-химические и механические свойства. Это даёт возможность выработать пути целенаправленной модификации структуры биоматериалов, что открывает путь к прогнозированию и управлению свойствами ПРС. Кроме того, использованные методы исследования могут быть применены для оценки биохимических и структурных изменений пищевых и лекарственных растений в зависимости от места их произрастания и влияния внешних факторов. Результаты и выводы, полученные в работе, также могут быть использованы в деле мониторинга состояния окружающей среды и в биосфере в целом.

Выводы

1. Выявлены ослабления межмолекулярных взаимодействий по мере роста радиационного фона, смещения максимумов полос поглощения для листьев репейника от 30 до 77 см$^{-1}$, для корневища от 3 до 21 см$^{-1}$ в низкочастотную область спектра, уменьшения полуширины полос поглощения в среднем до 20 % для листьев и до 12 % для корневища, уменьшения относительной интегральной интенсивность до 34 % для листьев и до 16 % для корневища природных соединений растительного происхождения. Зависимость интегральной интенсивности от мощности радиационного фона для листьев и корневища имеет линейный характер согласно уравнением $\mathcal{J}_{\text{ин.}} = \mathcal{J}_0 + aR$, полуширина полос поглощения для листьев линейна $\nu_{1/2} = \nu_0 + aR$, для корневища экспоненциально $\nu_{1/2} = ae^{-bR} + ce^{-dR}$ уменьшается [А-1, А-31, А-36].

2. Определено, что зависимость интегральной интенсивности и полуширины полос поглощения по мере роста радиационного фона для листьев донника линейно уменьшается, для корневища экспоненциально [А-1, А-34, А-35].

3. Установлено, что межмолекулярные взаимодействия функциональных групп в зависимости от метеопараметров места произрастания и фотосинтетической активной радиации изменяются; наблюдаются смещения максимумов полос поглощения функциональных групп для листьев донника от 30 до 90 см$^{-1}$, для подорожника ланцетного – от 10 до 80 см$^{-1}$; изменяется полуширина полос поглощения от 10 до 20% и относительная интегральная интенсивность от 6 до 25 % для исследованных образцов, также тяжёлые металлы влияют на межмолекулярные взаимодействия функциональных групп амаранта [А-3, А-4, А-5, А-34].

4. Выявлены коэффициент биологического поглощения (КБП) и интенсивность перехода (ИП) тяжёлых металлов из пробы почв в составных частях, исследованных образцов растительного материала; КБП для Sr, Co, Cr, Mn, V увеличивается от 0,1 до 6 раз; для Zn, Ni от 2 до 24 раз, ИП перечисленных элементов больше единицы, это очевидно связано с неблагополучным состоянием окружающей среды. Впервые для образцов растений,

произрастающих в Северном Таджикистане, полыни горькой, согласно экспериментальным результатам и математическому методу наименьших квадратов, определены распределения ТМ в растениях и пробах почв, также рекомендовано ПГ для очистки почв от некоторых избыточных элементов, как цинк, оксид титана, железо, свинца, кобальт, никель, медь, хром и ванадий [А-15, А-16, А-44, А-47, А-56].

5. Впервые применили логистическое уравнение Ферхюльста для прогноза содержания цинка, свинца и мышьяка в почве, экспериментально рассчитано, что перечисленные элементы со временем стабилизируются и полученный результат соответствует математическим расчётам [А-49, А-50, А-54, А-60, А-65].

6. По результатам экспериментальных данных, впервые методом ИК-спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа рассчитано влияние тяжёлых металлов на межмолекулярные взаимодействия функциональных групп природных соединений и по поглощённым тяжёлым металлам хвойных деревьев рекомендовано использовать их для очистки загрязнения воздуха и почвы от некоторых микроэлементов [А-12, А-15, А-19, А-22, А-24, А-25, А-38, А-39, А-40, А-42, А-45, А-61, А-62].

7. Установлено, что природные растительные соединения образцов растительного происхождения по-разному поглощают радионуклиды и они негативно влияют на меж- и внутримолекулярные взаимодействия гидроксильных групп, о чём свидетельствуют смещения максимумов полос поглощения для листьев до 50 $см^{-1}$ и до 45 $см^{-1}$ в низкочастотную область спектра [А-8, А-20, А-21, А-58].

8. Установлено, что по мере роста радиационного фона места произрастания исследованных растений концентрация свободных радикалов, согласно уравнению $C_R = - a \ln(R) + b$, экспоненциально уменьшается, кроме того, техногенные условия пагубно влияют на концентрации свободных радикалов в хвойных деревьях [А-29, А-32, А-33].

9. На основе полученных результатов можно полагать, что радионуклиды, накапливаясь в природных соединениях растений, влияет на рост вращательной подвижности присоединившихся спин-метках до 20 %, уменьшая время корреляции до 25% [А-2, А-14, А-21, А-41].

10. Доказано, что по мере роста концентрации тяжёлых металлов и радиационного фона уменьшается интенсивность и уширяются спектральные линии, отражающие молекулярные свойства. Выявлено, что интенсивность сигнала спектра тростника из Бободжангафуровского района увеличена до 50 %; это, очевидно, связано с увеличением концентрации некоторых парамагнитных микроэлементов, как Sr, As, MnO, TiO_2. Установлено, что эффективная энергия активации вращательной диффузии спиновых меток, присоединённых к образцам тростника около шахтных вод, уменьшается до 22% [А-12, А-29, А-48 А-52].

11. Впервые с помощью уравнения Лотки-Вольтера были определены эффекты взаимодействия концентрации гидроксильных групп и активных радикалов. Выявлено, что увеличение количества активных радикалов и функциональных групп взаимодействующих между собой, со временем уменьшается и постепенно исчезает, что приводит к разрушению структуры ПРС [А-9, А-11, А-46, А-53, А-55].

12. Установлено, что метеорологические параметры и техногенные воздействия влияют на вращательную подвижность спиновой метки, которая свидетельствует об изменении системы меж- и внутримолекулярных водородных связей в области её присоединения. Сравнение концентрации спин-меток, времени корреляции и эффективной энергии активации и энтропии вращений меток в исходных образцах, поглощённых дозами радиации, показало, что радиация разрыхляет структуру природных соединений [А-2, А-21, А-23, А-26, А-30, А-37, А-41, А-43, А-60].

13. Согласно экспериментальным данным, по мере роста времени экспозиции прочность биоматериала уменьшается до 57 %, тогда как у образцов, которые произрастали в разных уровнях радиации она уменьшается до четырёх раз.

Кроме того, радионуклиды влияют на межмолекулярные взаимодейсвия, которые уменьшают механические свойства биоматериалов [А-13, А-18, А-51, А-58, А-59].

14. На основе механического испытания выявлены изменения механической прочности образцов из хвойных деревьев; в зависимости от места произрастания – от 6 до 8%, уменьшения эффективной энергии активации вращательной диффузии спиновых меток, присоединённых к образцам ствола деревьев, доходят до 12% [А-14, А-52].

15. Показана корреляция между физико-механическими характеристиками и структурой образцов растительного происхождения согласно современным представлениям о связи прочности полимеров с их микроструктурой [А-27, А-28].

16. Установлено, что по мере роста концентрации купороса меди и времени экспозиции механические свойства биоматериалов уменьшаются от 12 до 25 % в зависимости от вида материала. Микроволны высокой мощности уменьшает прочность биоматериалов от 35 до 40 %. Определена эффективность сушки и стерилизации микроволн, распределения тепла в древесине и рекомендована оптимальная мощность СВЧ-излучения до 640 Вт [А-6, А-7, А-57, А-59, А-63, А-64, А-66, А-67].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты диссертационной работы, полученные на основе экспериментальных данных, могут быть использованы для определения качественного и количественного анализа и межмолекулярное взаимодействие функциональных групп в составе различных образцов растительного происхождения. Выявленные концентрации тяжёлых металлов, радионуклидов, пестицидов в природных соединениях имеет практическое значения для контроля качества пищевых и лекарственных растений, а также для прогнозирования экологическое мониторинга окружающей среды.

Найденные данные о распределения тяжёлых металлов в составных частях растений и пробы почв рекомендуется для очистки некоторых микроэлементов содержащих в поверхности почв. Использования уравнению Ферхюльста для определения временной зависимости концентрации тяжёлых металлов в почве можно применят для прогноза и предсказания стабилизации почв.

В результате комплексное исследование влияния внешних факторов как радиационный фон, медного купороса и микроволны на механические свойства, способствует улучшению качеству и стерилизации, для долгосрочного применения биоматериалов в технике и народном хозяйстве. Моделирование распределения температура обеспечивает безопасной сушки и стерилизации биоматериалов.

Результаты комплексного исследования физических свойств ПРС представляют научный и практический интерес для специалистов в области естественнонаучного направлении и при чтении специальных курсов для студентов, магистрантов и докторантов PhD физических, химических, биофизических специальностей высших учебных заведений.

Список литературы

1. Степанов, В.И. Инфракрасные спектры α-целлюлозы / В.И. Степанов, Р.Г. Жбанков, А.И. Скирган, А.М. Шишко // Известия академия наук Белоруской ССР. - 1957. - № 4. - С.105-113.
2. O'Connor, R.T. Applications of infrared absorption spectroscopy to investigations of cotton and modified cottons. Part 1 / R.T. O'Connor, E.P. Du Pre, D. Mitcham // Textile Research Journal. - V. 28.-1958.- P.382-392.
3. Марупов, Р. О химическом составе и структуре волокна хлопчатника, выращенного из семян, подвергнутых γ-облучению / Р. Марупов, А.М. Шишко, Р. Г. Жбанков и др. // Известия академии наук Таджикской ССР. - 1975. - Т. 55. - № 1. - С. 39-43.
4. Жбанков, Р.Г. Спектроскопическое исследование листьев хлопчатника, пораженных вилтом / Р. Г. Жбанков, Р. Марупов, А. Усманов и др. // Известия академии наук Таджикской ССР. - 1977. - № 1. - С. 28-33.
5. Марупов, Р. Исследование молекулярной динамики хлопкового волокна методом спиновой метки / Р. Марупов, И.Х. Юсупов, П.Х. Бободжанов, Г.И. Лихтенштейн // Доклады АН СССР. - 1981. - Т. 256. - № 2. - С. 414-417.
6. Шукуров, Т. Формирование водородных связей в одуванчике лекарственном (Taraxcum officinale Wigg.) в зависимости от места их произрастания /Т. Шукуров, З.М. Хаитова, Ан.А. Джураев, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2007. - Т. 50. - №4. - С. 334-339.
7. Ходжаев, Т.А. Изучение механизма влияния тепловых нейтронов на процесс прорастания и всхожесть семян кукурузы методом ИК спектроскопии / Т.А. Ходжаев, Н.У. Муллоев, Б.И. Махсудов // Вестник Таджикского национального университета. - Душанбе: Сино. - 2015. - №–1/5(188). - С. 113-117.
8. Махсуд, Б.И. Влияние малых потоков тепловых нейтронов на интенсивность полос поглощения инфракрасного спектра цельной кровы / Б.И. Махсуд, М.Х. Матробиён // Вестника филиала Московского государственного университета им. М.Ю. Ломоносова в городе Душанбе. Серия естественных наук. - Душанбе. - 2023. - Т. 1. - №1 (29). - С. 58-66.

9. Абдуллаев, Х.М. ИК-спектроскопические исследование спектров поглощения исходных плёнок полиметилметакрилата, полученных из растворов в толуоле, бромбензоле и ортоксилоле / Х.М. Абдуллаев, Э.Д. Шаимов, Ф.С. Табаров // Доклады академии наук Республики Таджикистан. - 2013. - Т.56.- №3. - С. 209-214.
10. Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной структуры растения донник лекарственный (Melilotus officinalis L.) методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Т. Алидодов, Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ.- 2015. - Т.58. - №4. - С. 309-315.
11. Мирсаидов, У.М. Отходы уранодобывающих производств Таджикистана / У.М. Мирсаидов // Горный журнал, 2012. - №2. - С. 128-131.
12. Шарофова, М.У. К вопросу о содержании переходных элементов в структурах растений / М.У. Шарофова, Ш.С. Сагдиева, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Фарход Рахими, М. Миршахи // ДАН РТ. - 2018. - Т.61. - №4. - С.350-359.
13. Абдуллаев, С.Ф. Исследование биологического поглощения тяжелых металлов растением-фиторемедиантом – топинамбуром (HELIANTHUS TUBEROSUS L.) / С.Ф. Абдуллаев, Н.М. Сафаралиев, К. Партоев // Химическая безопасность. - 2019. - Т. 3. - № 1. - С. 110-117.
14. Халифаева, Ш.Х. Тяжелые металлы в составе атмосферного аэрозоля юго-центральной части Таджикистана / Ш.Х. Халифаева, В.А. Маслов, Б.И. Назаров, Фарход Рахими, С.Ф. Абдуллаев // Известия АН РТ. - 2019. - №4(177). - С. 63-69.
15. Рахими, Ф. Элементный состав почв горного региона Таджикистана / Ф. Рахими, С.Ф. Абдуллаев, Ш Фарход, Ф. Холмуродов, К.М. Азизшоев // Вестник ТНУ. - 2023. - №2. - С. 138-152.
16. Нарзуллаев, Б.Н. Действие гамма излучения на временную зависимость прочности полимеров / Б.Н. Нарзуллаев, С.Н. Каримов // ДАН Таджикский ССР, 1964. - Т.7. - №6. - С. 12-15.
17. Каримов, С.Н. Прочность и разрушение полимеров, подвергнутых радиационному воздействию / С.Н. Каримов // «Амри илм». Душанбе. - 1998. - 290 с.

18. Регель, В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.В. Томашевский // М.: Наука. - 1974. - 550 с.
19. Абдуллаев, Х.М. Структура и деформационно-прочностные свойства исходных и фуллеренсодержащих пленок полиметилметакрилата полученных из растворов в толуоле, бромбензоле / Х.М. Абдуллаев, Э.Д. Шаимов // Доклады академии наук Республики Таджикистан. - 2010. - Т.53.- №2. - С. 117-121.
20. Туйчиев, Ш. Влияние графеноксидов и модифицированных наноалмазовна структуру, тепловые и механические свойства полиметилметакрилата / Ш. Туйчиев, Д. Рашидов, С.Х. Табаров, Ф.Х. Содиков, А.И. Дустов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2020. - № 3. - С. 120-127.
21. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков // М.: Высшая школа. - 1967. - 600 с.
22. Гафуров, Х. Исследование анизотропии диэлектрических свойств древесины / Х. Гафуров, М.З. Рустамова // Ученые записки Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. - 2017. - №1 (40). - С. 103-109.
23. Булатов, М. И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектро-фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинкин // Л.: Химия. - 1986. - 432 с.
24. Сликтер, Ч. Основы теории магнитного резонанса / Ч. Сликтер // М.: Мир. - 1967. - 324 с.
25. Журков, С.Н. Дилатонный механизм прочности твердых тел / С.Н. Журков // Физика твердого тела. - Т. 25. - Выпуск 10. - С. 3119-3123.
26. Болибеков, У. Физико-химические методы исследования структуры и свойств биополимеров / У. Болибеков, С.Н. Каримов, Ш. Туйчиев // Худжанд. - 1994. - 311 с.
27. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеев // Изд. 2-ое. М.: Энергия. - 1977. - 344 с.

28. Мелехов, В.И. Резонансные явления в процессе СВЧ сушки древесины / В.И. Мелехов, В.А. Шульгин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2014. - № 3. - С. 89-95.
29. Ходжиматов, М. Дикорастущие лекарственные растения Таджикистана / М. Ходжиматов // Гл. научн. ред. ТСЭ. - 1989. - 368 с.
30. Гаммерман, А.Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР / А.Ф. Гаммерман, И.И. Гром // М: Медицина. - 1976. - 288 с.
31. Глик, Б. Молекулярная биотехнология: Принципы и применение/ Б. Глик, Дж. Пастернак // М.: Мир. - 2002. -589 с.
32. Билич, Г.Л. Биология / Г.Л. Билич, В.А. Крыжановский // Полный курс: В 4 т.- издание 5-е, М.: Издательство Оникс. - 2009. - Т. 1. - 864 с.
33. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка // 22 изд., Л.: Химия. - 1977. -719 с.
34. Ладыгина, Е.Я. Химический анализ лекарственных растений / Е.Я. Ладыгина, Л.Н. Сафронич, В.Э. Отряшенкова и др. // М.: Высш. Школа. -1983. -176 с.
35. Валягина, Е.Т. Лекарственные растения России / Е.Т. Валягина // С.Пб.: Издатель. - 1997. - 284 с.
36. Асилбекова, Д.Т. Липиды листьев Capparis spinosa L. / Д.Т. Асилбекова, Ф.М. Турсунходжаева // Химия растительного сырья. - 2009. - №2. - С. 97-99.
37. Khatib, M. An insight on the alkaloid content of Capparis spinosa L root by HPLC-DAD-MS, MS/MS and (1)H qNMR / M. Khatib, G. Pieraccini, M. Innocenti, F. Melani, N. Mulinacci // J. Pharm. Biomed. Anal. - 2016. - May 10. - №123. - P. 53-62.
38. Кононков, П.Ф. Овощи как продукции функционального питания / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, В.Ф. Пивоваров, М.С. Гинс и др.// М.: 2008. - 128 с.
39. Судницына, Д.Н. Роль тростника в растании береговой зоны Чудско-Псковского озера / Д.Н. Судницына, М.М. Мельник, В.В. Борисов // Псковский регионологический журнал. - 2009. - № 7. - С. 71-79.
40. Кочеткова, А.И. О некоторых закономерностях накопления ТМ высшей водной растительностью на Волгоградском водохранилище / А.И. Кочеткова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. - 2012. - № 1 (20). - С. 305-309.

41. Мирзаева, Х.А. Содержание горечей в траве Artemisia Absinthium L, листьях Aloe Arborescens и плодах Viburnus Opulus / Х.А. Мирзаева, Ф.М. Гусейханова // Вестник Дагестанского Государственного Университета. Серия 1: Естественные Науки. - 2017. - №2.- С. 58-63.
42. Koyuncu, I. Evaluation of anticancer, antioxidant activity and phenolic compounds of Artemisia absinthium L. Extract / I. Koyuncu // Cell. Mol. Biol (Noisy-le-grand). - 2018. - Feb 28. - №64(3). - P. 25-34.
43. Turak, A. Dimeric guaianolides from Artemisia absinthium / A. Turak, S.P. Shi, Y. Jiang, P.F. Tu // Phytochemistry. - 2014. - №105. - P. 109-114.
44. Николаева, В.В. Исследование антирадикальной активности кумарина и экстракта донника лекарственного / В.В. Николаева, И.Г. Антропова, М.У. Пхъйо, Е.С. Куракина, А.А. Фенин // Бутлеровские сообщения. - 2014. - Т. 38. - №4. - С.10-15.
45. Савина, А.А. Фенольные соединения листьев лопуха / А.А. Савина, В.И. Шейченко, А.Л. Петрова, К.Ю.Калиниченко, Т.А. Сокольская, В.А. Быков, Е.Ю. Бабаева, О.Ф. Ласская // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - 2013. - Т.11. - № 1. - С. 9-13.
46. Carlotto, J. Identification of a dicaffeoylquinic acid isomer from Arctium lappa with a potent anti-ulcer activity / J. Carlotto, L.M. da Silva, N. Dartora, D. Maria-Ferreira, D. Sabry, A.P. Filho, M.F. de Paula Werner, G.L. Sassaki, P.A. Gorin, M. Iacomini, T.R. Cipriani, L.M. de Souza // Talanta. - 2015. - V.135. - P. 50-57.
47. Малуева, И.В. Анализ листьев подорожника большого / И.В. Малуева, А.Д. Емцева // Бюллетень медицинских Интернет-конференций (ISSN 2224-6150). - 2016. - Т. 6. - № 5. - С.899.
48. Кароматов, И.Д. Подорожник большой и ланцетовидный / И.Д. Кароматов, У.О. Наврузова, С.М. Авезова // Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина». - (27) 2018. - №10. - С.78-97.
49. Марущак, В.Н. Наследуемость основных хозяйственноценных признаков у сосны обыкновенной на примере географических культур сосны / В.Н. Марущак, С.А. Максимов // Кокчетавской области Республики Казахстан // Вестник

Алтайского государственного аграрного университета. - 2011. - № 8 (82). - С. 45-48.

50. Давлатзода, С.Х. Оценка, выявление основных видов деревьев и кустарников для озеленения в г. Бохтар / С.Х. Давлатзода, А. Ибрагимов, Дж.М. Бобокалонов, Е.В. Байкова, К.С. Байков // Растительный мир Азиатской России. – Новосибирск. - 2024. - №4. - С. 327-337.
51. Торчик, В. Перспективы использования спонтанных соматических мутаций в селекции декоративных форм сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) / В. Торчик // Наука и инновации. - 2011. - № 8 (102). - С. 67-70.
52. Попов, П.П. Ель европейская и ель сибирская. Структура, интеграция и дифференциация популяционных систем / П.П. Попов // Новосибирск: Наука. - 2005. - 228 с.
53. Пчелин, В.И. Физико-механические свойства древесины разлиных форм ели (Picea excels Link) / В.И Пчелин // Известия высших учебных заведений. Лесмной журнал. - 1958. - №2. – С. 66-69.
54. Саидмуродов, Х.М. Таджикистан: (природа и природные ресурсы) / Х.М. Саидмуродов, К.В.Станкович // Душанбе Издательство "Дониш". - 1982. - 600 с.
55. Селиванов, Р.И. Природа и природные ресурсы Таджикистана / Р.И. Селиванов // Сталинабад: Таджикское государственное издательства. - 1958. - 136 с.
56. Турдиев, Т.М. Физико-географические условия и комплексы Северного Таджикистана / Т.М. Турдиев // Худжанд: Нури маърифат. - 2023. - 154 с.
57. Мухиддинов, А.Р. Эколого-климатические особенности территории Северного Таджикистана / А.Р. Мухиддинов, Н.Ш. Камолов // Вестник Технологического университета Таджикистана. - 2021. - № 1 (44). - С. 157-164.
58. Мякишева, Н.В. Климатическая система Земли / Н.В. Мякишева // СПб. Изд РГГМУ. - 2008. - 96 с.
59. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха атмосферные, осадки, снежный покров. Ленинград: Гидрометеоиздат. - 1969. - Выпуск 31. - Часть 4. - 212 с.

60. Справочник по климату СССР. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Ленинград: Гидрометеоиздат. - 1966. - Выпуск 31. -Часть 1. - 66 с.
61. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы. Ленинград: Гидрометеоиздат. - 1966. - Выпуск 31. - Часть 2. - 225с.
62. Атлас Таджикской ССР. Душанбе-Москва. ГУГК при Совете министров СССР. - 1969. - 220 с.
63. https://www.gismeteo.ru/catalog/tajikistan/sughd-province/asht-district/. Электронный ресурс.
64. https://www.gismeteo.ru/weather-unji-337339/archive/ Электронный ресурс.
65. https://www.gismeteo.ru/weather-unji-337339/archive/ Электронный ресурс.
66. http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=38599. Электронный ресурс.
67. https://www.meteoblue.com/ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/archive/export. Электронный ресурс.
68. Marrimann, H.J. Infrared spectra of the crystalline modifications of cellulose / H. J. Marrimann, J. Mann // J. Polymer Sci.- V.21.- L.98.- 1956.- P.301-311.
69. Heritage, K.J. Crystallinity and the structure of celluloses / K.J. Heritage, J. Mann, L. Roldan – Gonzalez // J. Polymer Sci.-V.1. - L2. - 1963. - P.671-685.
70. Tsubol, M. Infrared spectrum and crystal structure of cellulose / M. Tsubol // J. Polymer Sci. - V.25. - L.109. - 1957. - P.159-171.
71. Степанов, Б.И. О связи целлюлозы со супниками в ткани / Б. И. Степанов, А. И. Скригин, А. М. Шишко, Р. Г. Жбанков // Доклады АН. СССР. - 1960. - Т. 135. - №3. - С.624-626.
72. Давлатмамадова, С.Ш. Спектральные особенности в природных, органических соединениях на примере дикорастущих растений: Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / С.Ш. Давлатмамадова. - 2021. - 142 с.
73. Карманов, А.П. Применение ИК-Фурье-спектроскопии для исследования лигнинов травянистых растений / А.П. Карманов, О.Ю. Деркачева // Химия растительного сырья. - 2012. - №1. - С. 61-70.

74. Марупов, Р. О химическом составе и структуре волокна хлопчатника, выращенного из семян, подвергнутых γ-облучению / Р. Марупов, А.М. Шишко, Р. Г. Жбанков и др. // Известия АН Тадж. ССР. - 1975. - Т.55. - № 1. - С. 39-43.
75. Жбанков, Р.Г. Спектроскопия хлопка / Р.Г. Жбанков, Р. Марупов, Н.В. Иванова, А.М. Шишко // М.: Наука. - 1976. - 248 с.
76. Марупов, Р. Спектроскопия волокнообразующих полимеров / Р. Марупов // Душанбе: Дониш. - 1977. - 114 с.
77. Марупов, Р. Спектроскопическое исследование составных частей хлопчатника, пораженных вилтом растений в зависимости от вегетационного развития / Р. Марупов, Р.Г. Жбанков, Х. Сайдуллаев // Известия АН Тадж. ССР. - 1978. - № 3. - С. 94-99.
78. Okado, K Ozoviv. The usefulness of infrared mikrospactroscopu for IR spectroscopic measurements of solid prolelns / Okado K Ozoviv// Appl spetctropc. - 1990. - V.44. - № 8. - P. 1412-1414.
79. Nyguist, Richard A. Infrared stady of coumarin in different solvent systems / A. Nyguist Richard, E. Settineti Sam // Appl. Spectrose. - 1990. - V. 44. - № 5. - P. 791-796.
80. Хабибуллоев, Х. О влиянии предпосевного лазерного облучения семян хлопчатника на структуру и свойств хлопкового волокна / Х. Хабибуллоев, М. Гадоев, Х. Садуллоев и др. // ДАН Тадж. ССР. - 1987. - Т. 30. - № 6. - С. 360-362.
81. Васильев, А.В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений / А.В. Васильев, Е.В. Гриненко, А.О. Щукин, Т.Г. Федулина // Учебное пособие. СПб.: СПбГЛТА. - 2007. - 54 с.
82. Меликова, А.Я. ИК-спектроскопические методы для определения протеинов / А.Я. Меликова // Вестник Башкирского университета. - 2023. - Т. 28. - №1. - С. 87-94.
83. Ruggeri, F. S. Single molecule secondary structure determination of proteins through infrared absorption nanospectroscopy / F.S. Ruggeri, B. Mannini, R. Schmid, M. Vendruscolo // Nat. Commun. - 2020. - Vol. 11. - № 1. - P. 2945–2952.

84. Крищенко, Е.Е. Содержание растворимых и нерастворимых белков у яровой пшеницы и использование растениями азота некорневых подкормок при разных уровнях питания / Е.Е. Крищенко, А.А. Пантелеева // Известия ТСХА. -1986. - Вып. 6. -С. 60-65.
85. Карпова, Е.В. Изучение модифицированной древесины методом ИК- Фурье спектроскопии: автореферат диссертации кандидат химических наук, Красноярск. - 2002. - 19 с.
86. Панков, С.А. Использование ближней инфракрасной спектроскопии для анализа зерна пшеницы / С.А. Панков, А.Г. Борзенко // Вестник Московского университетата. - 2006. - Т.47. - №3. - С. 174-176.
87. Котлярова, И.А. ИК-спектроскопия древесины сосны, березы и дуба, модифицированной моноэтаноламин (n→b) тригидроксиборатом / И.А. Котлярова // Химия растительного сырья. - 2019. - № 2. - С. 43-49.
88. Шукуров, Т. Спектроскопические свойства одуванчика лекарственного (Taraxcum officinale Wigg.) в средней ИК – области частот / Т. Шукуров, А.А. Джураев, З.М. Хаитова, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2007. - Т. 50. - №7. - С.607-612.
89. Shukurov, T. Study of molecular dynamic characteristics of herbs depending on place of vegetation by the ir spectroscopy method / T. Shukurov, A.A. Juraev, Z.M. Khaitov. R. Marupov // Supplement to the Health Physics Society Journal, Abstracts of Papers Presented at the Fifty-Third Annual Meeting of the Health Physics Society, Pittsburgh, Pennsylvania, Health Phys. - 2008. - V. 95. - №1. - P. 18-24.
90. Шарипова, Л.А. ИК-спектроскопический и термический анализ смешаннолгандного комплексного соединения нитрата цинка с формамидом и ацетамидом / Л.А. Шарипова, М.Р. Ибрагимова, Т.А. Азизов, Ф.К. Маматова // Universum: Химия и биология: электронный научный журнал. - 2023. - № 3(105). DOI - 10.32743 / UniChem.2023. 105.3.15090
91. Шукуров, Т. Спектроскопические свойства дикорастущего лекарственного растения цикория обыкновенного / Т. Шукуров, З.М. Рахматов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2009. - Т. 52. - №6. - С. 449 - 454.

92. Ильяшенко, В.Д. Устойчивость химического состава надземных частей Hypericum perforatum L. К антропогенному воздействию. Данные метода Фурье-ИК спектроскопии / В.Д. Ильяшенко, Н.В. Ильяшенко, С.М. Дементьева и др. // Вестник Тв. ГУ. - 2008. - Вып. 8. - С.71-76.
93. Зайнутдинов, У.Н. Сравнительное изучение дикорастущей и культурной форм lagochilus inebrians / У.Н. Зайнутдинов, Д.Н. Далимов, А.Д. Матчанов // Ж. Химия растительного сырья. - 2011. - № 2. - С.185-190.
94. Мальцева, А.А. Исследование комплекса биологически активных веществ растения Polemonium coeruleum L. Диссертация на соискание ученой степени кандидата фармацевтических наук. - Москва. - 2011. - 128 с.
95. Шукуров, Т. Исследование спектральных характеристик одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale wigg.) собранного в разные времена из одной местности / Т. Шукуров, С.Ш. Давлатмамадова, Р. Марупов // Наука и иновация ТНУ. - 2014. - №1. - С.59-62.
96. Давлатмамадова, С.Ш. Исследование спектральных свойств листьев одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale wigg.), собранных в одной местности в разные периоды роста / С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, Р. Марупов // Вестник ТНУ. - 2015. - №1-1(192). - С.172-176.
97. Голубцова, Ю.В. Изучение возможности применения метода ИК-Фурье спектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в многокомпонентных пищевых системах / Ю.В. Голубцова // Успехи современного естествознания. Издательский Дом «Академия Естествознания». - 2016. - №10. - С. 20-25.
98. Эмануэля, Н.М. Экспериментальные методы химической кинетики / Н.М. Эмануэля, М.Г. Кузьмина // М.: Изд-во Московского университета. - 1985. - С. 3-50.
99. Ингрaм, Д. Электронный парамагнитный резонанс биологии / Д. Ингрaм // М.: Мир. - 1972. - 296 с.

100. Богушевич, С.Е. Парамагнитные центры в экстрактах дуба и лука / С.Е. Богушевич, С.В. Матвейчук // Журнал прикладной спектроскопии. - 2009. - Т. 76. - № 3. - С. 440-445.

101. Гарифуллина, Р.Л. Исследование свободных радикалов в подстилке и почве хвойных лесов методом ЭПР / Р.Л. Гарифуллина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2009. - Т. 11. - № 1. - С. 131-134.

102. Рубин, А.Б. Биофизические методы в экологическом мониторинге. / А.Б. Рубин В // Соросовский образовательный журнал. - 2013. - Т. 6. - № 4. - С. 7-13.

103. Журавлева, С.Е. Биомониторинг индикаторных видов лишайников методом ЭПР-спектроскопии / С.Е. Журавлева, П.В. Бондаренко, Э.М. Трухан // Биофизика. - 2013. - Т. 58. - № 2. - С. 329-333.

104. Журавлёва, С.Е. Способ определения качества окружающей среды методом ЭПР-спектроскопии лишайников / С.Е. Журавлёва, П.В. Бондаренко // патент РФ № 2549471 (2015).

105. Птушенко, В.В. Биофизические методы экологического мониторинга. Фотосинтетические показатели листьев древесных растений в условиях города Москвы / В.В. Птушенко, В.А. Караваев, М.К. Солнцев, А.Н. Тихонов // Биофизика. - 2013. - Т. 58. - № 2. - С. 313-319.

106. Бабаджанов, П.Х. Исследование молекулярной динамики микрокристаллической целлюлозы методом ЭПР / П.Х. Бабаджанов, И.Х. Юсупов Р. Марупов // ЖПС. - 1992. - Т.56. - №3. - С.424-428**.**

107. Богушевич, С.Е. Исследование растительных экстрактов методом ЭПР / С.Е. Богушевич, С.В. Матвейчук // Институт физико-органической химии НАН Белоруссия, г. Минск. - 2000. - e-mail*:* bse@ifoch.bas-net.by; msv@ifoch.bas-net.by.Электронная версия

108. Юсупов, И.Х. Влияние УФ-облучения на структуру кератина шерсти больных и здоровых животных / И.Х. Юсупов, П.Х. Бободжанов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2003. - Т.46. - №10. - С.5-12.

109. Марупов, Р. Изучение ЭПР-спекроскопических свойств составных частей одуванчика лекарственного (Taraxacum officinale Wigg.) в зависимости от места

его произрастания / Р. Марупов, И.Х. Юсупов, Т. Шукуров, А.Д. Бахдавлатов // ДАН РТ. - 2012. - Т.55. - №1. - С.30-34.

110. Юсупов, И.Х. Изучение методом ЭПР-спектроскопии свойств составных частей дикорастущего лекарственного растения цикория обыкновенного (Cichorium intybus L.) / И.Х. Юсупов, Р. Марупов, Т. Шукуров и др. // ДАН РТ. - 2012. - Т.55. - №4. - С.300-304.

111. Бахдавлатов, А.Д. Молекулярная динмика дикорастущих лекарственных растений, произрастающих в Таджикистане методом спиновых меток. Диссертация на соискания кандидата технических наук / А.Д. Бахдавлатов Душанбе. – 2019. - 118 с.

112. Халилов, Р.И. Накопление наночастиц магнетита в растениях, выросших на почвах Апшеронского полуострова / Р.И. Халилов, А.Н. Насибова, В.А. Сереженков, М.А. Рамазанов, М.К. Керимов, А.А. Гарибов, А.Ф. Ванин // Биофизика. - 2011. - Т. 56. - № 2. - С. 364-371.

113. Блюменфельд, Л.А. Электронный парамагнитный резонанс / Л.А. Блюменфельд, А.Н. Тихонов // Соросовский образовательный журнал. - 1997. - №9. - С.91-99.

114. Тихонов, А.Н. Трансформация энергии в хлоропластах энерго преобразующих органеллах растительной клетки / А.Н Тихонов // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - №4. - С.24-32.

115. Ванин, А.Ф. Свободные радикалы нового типа в дрожжевых клетках / А.Ф. Ванин, Р.М. Налбандян // Биофизика. - 1966. - Т.10. - С. 167-173.

116. Freed, J.H. Theory of the ESR spectra of nitroxids in Spin Labeling. Theory and Applications / J.H. Freed // Berliner, L (ed.), Academic Press, New York. - 1976. - Vol. 1.

117. Feldman, V.I. EPR and IR spectroscopy of free radicals and radical ions produced by radiation in solid systems / V.I. Feldman // Applications of EPR in radiation research. Springer International Publishing. - 2014. - PP. 151-187.

118. Goldschleger, I.U. EPR and infrared spectra of the HFC=N· free radical stabilised in solid argon / I.U. Goldschleger, A.V. Akimov, E.Ya. Misochko, C.A.

Wight // Mendeleev Communications. - Elsevier Science Publishing Company, Inc. - 2001. - Vol.11. - №2. - PP. 64-66.

119. Leveque, P.P. EPR spectroscopy and imaging of free radicals in food / P.P. Leveque, Q. Godechal, B. Gallez // Israel Journal of Chemistry, Laser Pages Publishing Ltd. - 2008. - Vol.48. - №1. - PP. 19-26.

120. ГОСТ 31672-2012 Продукты пищевые. Метод электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных продуктов, содержащих целлюлозу. М.: Стандарт информ. - 2014.

121. Manley, R.St.g. Fine structure of Native cellulose micro-fibrils / R.St.g. Manley // Nature. - 1964. - Vol. 204. - P. 1155-1157.

122. Gindenmeyer, P.H. Molecular Theory of Polymer Chain Folding / P.H. Gindenmeyer // J. Polym.Sci. - 1967. - CN 20. - P. 145-158.

123. Mc Connel, H.M. Spin-labaled Hemoglobin Dtrvatites in Solition, polycrysstalline Suspesions, and single Crystals / H.M. Mc Connel, W. Deal., R.T. Ogata // Biochemistry. - 1969. - Vol. 8. - №6. - P. 2580-2585.

124. Подкопаев Д.О. Метод ЭПР-спектрометрии для исследования биологических оюъектов и продуктов питания / Д.О. Подкопаев // Пищевая промышленность. - 2010. - №7. – С. 33-34.

125. Кузнецов, П.Н. Метод спинового зонда / П.Н. Кузнецов // М.: Наука. -1976. - 212 с.

126. Вассерман, А.М. Спиновые метки и зонды в физикохимии полимеров / А.М. Вассерман, А.Л. Коварский // М.: Наука. - 1986. - 246 с.

127. Лихтенштейн, Г.И. Метод спиновых меток в молекулярной биологии / Г.И. Лихтенштейн // М.: Наука. - 1974. - 256 с.

128. Байклза, Н. Целлюлоза и её производные. Т.1 и Т. 2 / Н. Байклза, Л. Сегала // М.: Мир. - 1974. - Т.1. - 500 с. - Т.2. - 510 с.

129. Куликов, А.В. Исследование надмолекулярной структуры хлопковой целлюлозы методом спиновых меток / А.В. Куликов, И.Х. Юсупов, П.Х. Бабаджанов // ЖПС. - 1991. - Т.55. - №6. - С. 961-965.

130. Бабаджанов, П.Х. Исследование молекулярной динамики микрокристаллической целлюлозы методом ЭПР / П.Х. Бободжонов, И.Х. Юсупов, Р. Марупов // ЖПС. - 1992. - Т.56. - №3. - С. 424-428.

131. Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной структуры холестерина методом спиновых меток при погружении в жизненно важные органические кислоты / И.Х. Юсупов, Ш.А Холова, Х.Ш. Джураев, Д.А. Азонов // Здравоохранение Таджикистана. - 2012. - №1. - С. 57- 62.

132. Likhtenshtein, G.I. Biophysical Labeling Methods in Molecular Biology/ G.I. Likhtenshtein // Cambridge, New York. Cambridge University Press. - 1993. - PP. 12-19.

133. Ysupov, I.Kh. Molecular -dynamic structure of -irradiated cotton cellulose in EPR data / I.Kh. Ysupov, P.Kh. Bobodjanov, R. Marupov // Modern problems of polimer science: International researth conference: Abstracts of short communications, Tashkent. - 1995. - PP. 159-160.

134. Bobodjanov, P.Kh. Research on Conformationou Movement in Cotton Cellulose By Method of Nitroxyes Spine Labels (Исследование конфирмационного движения в хлопковой целлюлозе методом нитроксильных спин-меток) / P.Kh. Bobodjanov, R. Marupov, I.Kh. Ysupov // Proceedings of International Seminar of Polymer Sci and Technicou, Tehran. - 1997. - PP. 202-207.

135. Likhtenshtein, G.I. Labeling, Biophysical, Encyclopedia of Molecular Biology and Molecular Medecine / G.I. Likhtenshtein // Meyers, R. (ed.), VCH, New-York. - 2000. - Vol.7. - PP. 138-157.

136. Костина Н.В. Исследование кинетики фотоокислительной деструкции натурального шелка и его модификаций методом ЭПР / Н.В. Костина, И.Я. Калонтаров, П.М. Аширов, З.П. Бойчук // Шелк.Ташкент. ФАН. - 1973. - №3. - С. 22-24.

137. Likhtenshtein, G. I. Cotton Fibers Resistance to Stress and its Molecular Dynamics Studied by Methods of Physical Labels / G.I. Likhtenshtein I.Kh., Ysupov // ISPMA 13 13th International symposium on physics of materials. Praque 31.08 - 4.09. - 2014. - PP. 23-29.

138. Ysupov, I.Kh. Study of microstructure and molecular dynamics of cotton and cellulose fibers by methods of physical labels / I.Kh. Ysupov, G.I. Likhtenshtein // International Research Journal of Pure & Applied Chemistry 5(1): XX-XX.- 2015. - PP. 1-15.

139. Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной структуры лекарственных растений одуванчика (Taraxacum officiale Wigg) и цикория обыкновенного (Cichorium intybus L) методом спиновой метки / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2012. - Т.55. - №11. - С. 880-886.

140. Юсупов, И.Х. Изучение вращательной подвыжности спиновых меток в дикорастущей родиолы холодной (Rhodiola gelida schrenk) в зависимости от места произрастания / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Р. Марупов // Вестник ТТУ. - 2012. - №3(19). - С.13-16.

141. Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной динамики лекарственного растения радиолы холодной (Rhodiola gelida schrenk) методом спиновой метки / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Р. Марупов, Т. Шукуров // Известия АН РТ.- 2013. - №2 (151). - С.70-78.

142. Юсупов, И.Х. Влияние экологических условий на молекулярную структуру лекарственных растений одуванчика (Taraxacum officinale Wigg.) и цикория обыкновенного (Cichorium intybus L.) / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Р. Марупов // Журнал. Теоретическая и прикладная экология. - 2014. - №2. - С. 41-45.

143. Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной динамики дикорастущих лекарственных растений, произрастающих в различных регионах Таджикистана методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Т.М. Алидодов, Р. Марупов // Научно-теоретический и практический журнал. -Современный Научный Вестник. - 2014. - №46(242). - С. 65-72.

144. Никольский, Д.О. Роль быстрого движения спин-метки при интерпретации спектров ЭПР спин-меченых макромолекул / Д.О. Никольский, В.П. Тимофеев // Биофизика. - 2003. - Т. 48. - №4. - С. 606-617.

145. Тимофеев, В.П. Использование динамического метода спин-метки для изучения комплекса Барстар-Барназа / В.П. Тимофеев, Т.Г. Баладин, Я.В. Ткачев, В.В. Новиков, В.А. Лапук, С.М. Деев // Биохимия. - 2007. - Т. 72. - №9. - С. 1220-1230.

146. Башоров, М.Т. Характеристики спектров ЭПР как показатель уровня молекулярной подвижности в полимерах / М.Т. Башоров, Т.В. Козлов, Г.Е. Заиков, А.К. Микитаев // Химическая физика и мезоскопия. - 2009. - Т.11. - №1. - С. 75-81.

147. Ткачев, Я.В. Новый теоретический подход к симуляции спектров ЭПР спин-меток, вкюченных в бельковые и мембранные структуры / Я.В. Ткачев, В.П. Тимофеев // Биофизика. - 2014. - Т. 59. - №. 1. - С. 90-99.

148. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас // пер. с англ.- М.: Мир. - 1989. - 439 с.

149. Водяницкий, Ю.Н, Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин А.Т. Савичев // М.: Изд-во Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН. - 2012. -306 с.

150. Injuk, J. Literature trands in x-ray emission spectrometry in the period 1990-2000 - a review / J. Injuk, R. Van Grieken // X-ray Spectrom. - 2003. - V.32. - PP. 35-39.

151. Ревенко, А.Г. Применение рентгеноспектрального флуоресцентного метода для анализа растительных материалов и угля / А.Г. Ревенко // Аналитика и контроль. - 2000. - Т.5. - №.4. - С. 316-328.

152. Viksna, A. Analysis of pine needles by XRF scanning techniques / A. Viksna, E. Selin Undgren, P. Standzenieks // X-ray Spectrometry. - 2001. - V.30. - № 4. - PP. 260-266.

153. Jeran, Z. Epi phytic lichens as quantitative biomonitors for atmospheric element deposition / Z. Jeran, J. Jaci-movic, B. Smodis // BioMAP: TECDOC-1152. Austria, June. - 2000. - PP. 22-28.

154. Olech, M. Lead pollution in the Antarctic region / M. OIech, W.M. Kwiatek and E. M. Dutkiewicz // X-ray Spectrom. - 1998. - V. 27. - № 4. - PP. 232-235.

155. Grass, F. Preliminary analysis of a new IAEA lichen AQCS material / F. Grass, M. Bichler, J. Dorner, S. Ismail, P. Kregshammer, S. Zamini, R. Gwozdz // BioMAP: TECDOC-1152. Austria, June. - 2000. - PP. 84-188.

156. Racz, L. Determination of cerium and selenium in cultivated mushrooms using radionuclide x-rayfluorescence technique / L. Racz, A. Bumbalova, M. Harangozo, J. Tolgyessy and O. Tomecek // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2000. - V. 245. - № 3. - PP. 611-614.

157. Kipriyanova, L.M. XRF SR technique in the investigations of elements content in aquatic vascular plants and bottom sediments / LM. Kipriyanova, S.Ya. Dvurechenskaya, I.P. Sokolovskaya, V.A. Trunova, G.N. Anoshin // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A. - 2001. - V. 470. - PP. 441-443.

158. Sokolovskaya, I.P. The investigation of element distributions in some aquatic higher plants and bottom sediments of Novosibirsk reservoir (data by SR-XRF techniques) /P. Sokolovskaya, V.A. Trounova, L.M. Kipriyanova // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A. - 2001. - V. 448. - PP. 449-452.

159. Tangahu, B.V., Abdullah S.R.S., Basri H. et al. // International Journal of Chemical Engineering. 2011. V. 2011. Article ID 939161. DOI:10.1155/2011/939161.

160. Киреева, Н.А. Фиторемедиация как способ очищения почв, загрязнённых тяжёлыми металлами / Н.А. Киреева, А.С. Григориади, Ф.Я. Багаутдинов Ф.Я. // Теоретические проблемы экологии. - 2011. - № 3. - С. 4-10.

161. Anjos, M.J. Quantitative determination of metals in radish using x-ray fluorescence spectrometry / M.J. Anjos, R.T. Lopes, E.F.O. Jesus, S.M. Simabuco, R. Cesareo // X-ray Spectrom. - 2002. - V. 31. - № 2. - PP. 120-123.

162. Salvador, M.J. Quality control of commercial tea by x-ray fluorescence / M.J. Salvador, G.N. Lopes, V.F. Nascimento, O.LA.D. Zucchi // X-ray Spectrom. - 2002. - V. 31. - PP. 141-144.

163. Чупарина, Е.В. Разработка методических основ недеструктивного рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов. Дисс. автореферата, кандидат химических наук. Оренбург. - 2004. - 21 с.

164. Рахматов М.Н. Исследование элементного состава аэрозоля и почв Северного Таджикистана.: Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук/ М.Н. Рахматов. - Душанбе. - 2021. -165 с

165. Неведров, Н.П. Содержание тяжелых металлов в поверхностных горизонтах почв функциональных зон Курской городской агломерации / Н.П. Неведров, Е.Н. Дюканова, Н.Ю Неведрова // Научные ведемости. Серия Естественные науки. - 2016. - № 11 (232). - Выпуск 35. - С. 139-145.

166. De Jesus, E.F.O. Synchrotron radiation X-rayfluorescence analysis of trace elements in Nerium oleander for pollution monitoring / E.F. O. De Jesus, S.M. Simabuco, M.J. dos Anjos, R.T. Lopes // Spectrochim. Acta. Part B. - 2000. - V. 55. - PP. 1181-1187.

167. Tatar, E. Effect of lead, nickel and vanadium contamination on organic acid transport in xylem sap of cucumber / E. Tatar, V.G. Mihucz, A. Varga, G. Zaray, E. Cseh // J. lnorg. Biochem. - 1999. - V.75. - № 3. - PP. 219-223.

168. Mihucz, V.G. Application of total-reflection x-rayfluorescence spectrometry and high-performance liquid chromatography for the chemical characterization of xylem saps of nickel contaminated cucumber plants / V.G. Mihucz, E. Tatar, A. Varga, G. Zaray, E. Cseh // Spectrochimica Acta Part B. - 2001. - V.56. - №11. - PP. 2235-2246.

169. Исаков, В.Ю. Микробиогенные элементы в системе «порода - почва - растение» на лугово-оазисных почвах западной Ферганы / В.Ю. Исаков, М.Ю. Исаков, У.В. Мукимжонова // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. - 2022. - 9(99). - С.45-50.

170. Азаренко, Ю.А. Содержание микроэлементов в растениях на почвах лесостепных и степных ландшафтов Омского Прииртышья / Ю.А. Азаренко // Вестник ОмГАУ. - 2016. - № 4 (24). - С. 65-74.

171. Томаровский, А.А. Специфика микроэлементного состава растений естественных ценозов и агроценозов в зонах сухой и колочной степи Алтайского края / А.А. Томаровский, С.Ф. Спицына, Г.В. Оствальд // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2017. - № 9 (155). - С. 34-42.

172. Лебедев, С.В. Влияние радионуклидов и тяжелых металлов на систему «почва – вода – растения» в Оренбургской области / С.В. Лебедев, В.В. Гречкина, Ф.Х. Бикташева // Экология. - 2019. - №4. - С. 5-9.

173. Дубовик, В.Д. Содержание тяжелых металлов в почве промышленно-активной зоны г. Курска / В.Д. Дубовик, С.Ю. Сердюков // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2014. - № 1 (52). - С. 34-40.

174. Рахматов, М.Н. Динамика распределения тяжелых металлов в пробах пылевого аэрозоля и почв Северного Таджикистана / М.Н. Рахматов, В. А. Маслов, С. Ф. Абдуллаев // Журнал химическая безопасность, Москва. - 2019. - Т.3. - №2. - С. 78-93.

175. Медицинские последствия Чернобыльской аварии: научный отчёт; Международная программа по медицинским последствиям Чернобыльской аварии (АЙВЕКА) / Всемирная организация здравоохранения (Женева). - М.: Медицина. - 1995. - 560 с.

176. Фесенко, С.В. Содержание тория в растениях: обзор мировых данных / С.В. Фесенков, Е.С. Емлютина // Радиационная Биология. Радитоэкология. - 2022. - Т.62. - №4. - С.434-445.

177. Кондрахин, И.П. Диагностика и терапия внутренних болезней животных / И.П. Кондрахин, В.И. Левченко // М.: Аквариум принт. - 2005. - 830 с.

178. Сафонова, В.Ю. Влияние неблагоприятных экологических факторов физической природы на показатели гормонального иммунитета у животных / В.Ю. Сафонова, В.А. Сафонова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2003. - № 6. - С. 161-165.

179. Топурия, Г.М. Популяционное здоровье животных в условиях экологического неблагополучия / Г.М. Топурия // Известия Оренбургского государственного агарного университета. - 2012. - № 1. - С. 100-102.

180. Кандашова, Е.В. Содержание радионуклидов в почвах и растениях 30-километровой зоны влияния Волгодонской АЭС / Е.В. Кандашова, А.Н. Пронин, В.С. Крыщенко, О.А. Бирюкова, Т.И. Абрамова // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2007. - № 6. - С. 95-99.

181. Юдинцева, Е.В. Поведение ^{90}Sr в почвах при внесении фосфатов, извести и торфа / Е.В. Юдинцева, Л.А. Мамонтова // Почвоведение. - № 12. -1979. - С. 56-61.

182. Бураева, Е.А. Радиоэкологический мониторинг экосистем, включающий определения радионуклидов с низкой энергией гамма-излучения: Диссертации кандидат химических наук. Краснодар. - 2005. - 24 с.

183. Лизикова, М.С. Атомная энергетика: Накопленые правовые проблемы и современные решения / М.С. Лизикова // Труды Института государств и права РАН. - 2–24. Т. 19. - С.74-94.

184. Романцова, Н.А. Естественные и техногенные радионуклиды в почвах Плавского радиоактивного пятна Тульской области / Н.А. Романцова // Агрохимический вестник. - 2012. - № 6 - С. 34-37.

185. Санжарова, Н.И. Пересмотр параметров миграции радионуклидов в агроэкосистемах / Н.И. Санжарова, С.В. Фесенко, О.А. Шубина, Н.Н. Исамов, А.И. Санжаров // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2009. - Т. 49. - № 3. - С. 268-276.

186. Спиридонов, С.И. Оценка степени загрязнения почв ^{137}Cs, допускающей получение нормативно чистой сельскохозяйственной продукции, на основе математических моделей перехода радионуклида в растения / С.И. Спиридонов, О.В. Мошаров, В.М. Соломатин, А.В. Панов, С.В. Фесенко // Сельскохозяйственная биология. - 2008. - № 5. - С. 53-57.

187. Каратаев, В.Д. Исследование радиоактивности объектов окружающей среды на территории Томской области / В.Д. Каратаев, В.С. Яковлева, Д.Э. Эргашев // Известия вузов. Физика. - 2000. - Т. 43. - № 4. - С. 105-109.

188. Вертман, Е.Г. Определение концентраций неравновесных изотопов урана в природных объектах ядернофизическими методами / Е.Г. Вертман, В.Д. Каратаев, В.М. Левицкий, Д.Э. Эргашев // Аппаратура и новости радиационных измерений. - 2002. - № 3. - С. 34-43.

189. Беспалов, В.И. Дистанционная спектрометрия гамма-излучения / В.И. Беспалов, А.М. Кольчужкин, А.Г. Кондратьева, О.Б. Сирица // Научная сессия МИФИ-2003. Сб. научных трудов. - 2003. - Ч. 2. - С. 73-74.

190. Азовская, Н.О. Исследование степени радиактивного загрязнения пищевой продукции леса и ее вклад в дозовую нагрузку населения / Н.О. Азовская, В.В. Перетрухин, Г.А. Чернушевич // Труды БГТУ. - 2018. - Серия 1. - №2. - С. 251-258.

191. Переволоцкий, А.Н. Прогнозная оценка содержания ^{137}Cs в лесных грибах и ягодах в зоне штатных выбросов Белорусской АЭС / А.Н. Переволоцкий, Т.В. Переволоцкая // Радиация и риск. - 2013. - Т. 22. - № 2. - С. 61-66.

192. Молчанова, И.В. Техногенные радионуклиды в почвах Восточно-Уральского радиоактивного следа и их накопление растениями различных таксономических групп / И.В. Молчанова, Л.Н. Михайловская, В.Н. Позолотина, Е.В. Антонова // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2014. - Т. 54. - № 1. - С. 77-84.

193. Котченко, С.Г. Исследование влияния радиации на состояние почв / С.Г. Котченко, Л.Н. Скипин, Е.В. Захарова, В.З. Бурлаенко, Е.В. Гаевая, А.О. Ознобихина // Аграрный вестник Урала. - 2017. - № 04 (158). - С. 37-42.

194. Воскресенский, В.С. Изучение содержания радионуклидов в почвах городских и природных территорий / В.С. Воскресенский // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. - 2009. - № 1. - С. 69-73.

195. Ситников, Г.А. Радиоэкологическое изучение территории Республики Марий Эл / Г.А. Ситников, А.В. Леухин, А.Р. Сазонов, А.М. Андреев // Вестник Марийского государственного университета. - 2007. - № 1(2). - С. 118-121.

196. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб; Введ. 01.07.84. - М.: Изд-во Стандартов. - 1984.

197. Леухин, А.В. Исследование содержания радионуклидов в объектах окружающей среды методом гамма- и бета спектрометрии / А.В. Леухин, Г.А. Ситников, А.Р. Сазонов, А.М. Андреев // Вопросы экологии, региональный аспект: материалы постоянно действующей Всероссийский междисциплинарной

научное конф. с междунар. участием. – М.; Йошкар-Ола: МарГТУ. - 2004. - Ч. 2. - С. 139-141.

198. Тимкин, А.В. Оценка загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции радионуклидами цезия-137 и стронция-90 в некоторых районах / А.В. Тимкин // Тамбовской области. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. - 2017. - № 1. - С. 8-13.

199. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. - 2009. - 100 с.

200. Екидин, А.А. Применение гамма-спектрометрии для выявления техногенного загрязнения почвы ураном / А.А. Екидин, М.Е. Васянович, А.В. Наливайко // Принципы экологии. - 2013. - Т. 2. - № 2. - С. 29-35.

201. Балыкин, Д.Н. Радиоактивные элементы в почвах и донных отложениях долины реки Васюган (Томская область) / Д.Н. Балыкин, А.В. Пузанов, С.Н. Балыкин // - Науки, культуры, образования. - 2010. - № 4 (23). - С. 278-280.

202. Гончаров, Е.А. Распределение техногенных и естественных радионуклидов в лесных экосистемах заповедника «Большая Кокшага» / Е.А. Гончаров, Д.И. Пигалин // Вестник ПГТУ. - 2013. - № 4(20). - С.76-87. ISSN 2306-2827.

203. Мирсаидов, У.М. Ядерное наследие Советского Союза в Таджикистане: проблемы и решения / У.М. Мирсаидов, Н. Хакимов, Х.М. Назаров // В книге Радиоэкологический мониторинг биосреды и радиационная безопасность Таджикистана. Душанбе. - 2010. - С. 116-137.

204. Разыков, З.А. Урановые месторождения Таджикистана / З.А. Разыков, Э.Г. Гусаков, А.А. Марущенко // Худжанд: ООО «Хуросон». - 2001. - 212 с.

205. Отчет о результатах деятельности по проекту МАГАТЭ RER 9/086 «Безопасность управления отходами добычи и переработки урановых руд в странах Центральной Азии». - Вена. - 2007.

206. Назаров, Х.М. Радиационный мониторинг хвостохранилища «Дигмай» / Х.М. Назаров, Дж.А. Саломов, Н. Хакимов, Ф.Дж. Саломов, Н.Н. Рахматов //

Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. - 2015. - №2 (159). - С. 78-82.

207. Назаров, Х.М. Экологические аспекты реабилитации урановых хвостохранилищ г. Истиклола Республики Таджикистан / Х.М. Назаров, Дж.А. Саломов, Н Хакимов, Н.Н. Рахматов, Э.А. Эрматов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. - 2015. - №2(159). - С. 87-92.

208. Кадирова Х.И. Исследование пылевого аэрозоля аридной зоны Таджикистана методами молекулярного и изотопного анализа. Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / Х. И. Кодирова. - Душанбе - 2018. -150 с

209. Мирсаидов, И.У. Физико-химическое состояние урана в шахтных урансодержащих вод и в супесчаных почвах / И.У. Мирсаидов, Х.М. Назаров, Ф.Дж. Саломов и др. // Доклады АН Республики Таджикистан. - 2013. - Т.56. - №9. - С.725-729.

210. Абдуллаев, С.Ф. Динамика распределения тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в образцах почвы и пылевого аэрозоля юга Таджикистана / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Б.И. Назаров и др. // Оптика атмосферы и океана. - 2014. - Т. 27. - № 03. - С. 207-214.

211. Абдуллаев, С.Ф. Содержание элементов в пробах почв и пылевого аэрозоля в Таджикистане / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Б.И. Назаров, У. Мадвалиев, Т Давлатшоев // Оптика атмосферы и океана. - 2015. - Т. 28. - № 02. - С. 143-152.

212. Абдуллаев, С.Ф. Изотопный состав пылевого аэрозоля Таджикистана / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Б.И. Назаров, Х.И. Кадирова, Р.А. Кариева // Вестник ТНУ. - 2017. - №113. - С. 89-96.

213. Абдуллаев, С.Ф. Изотопный состав почв Таджикистана / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Б.И. Назаров, Х.И. Кадирова, Р.А. Кариева // Ученые записки ХГУ

имени академика Бободжана Гафурова. Естественные и эконом. науки. Худжанд. - 2017. - №2 (41). - С. 60-65.

214. Бобоев, Т.Б. Влияние ультрафиолетового облучения на кинетику разрушения и деформирования полимеров. Диссертации кандидата физико-математических наук. Душанбе. - 1969. - 230 с.

215. Каримов, С.Н. Влияние нейтронного облучения на долговечность поликапролактама / С.Н. Каримов, Б.Н. Нарзуллаев, Г.Д. Короденко // Механика полимеров. - 1973. - №3. - С. 544-547.

216. Каримов, С.Н. Изменение прочностных свойств полистирола, облученного гамма лучами / С.Н. Каримов, Б.Н. Нарзуллаев, Г.Д. Короденко, М. Мавлянов // ДАН Таджикской ССР. - 1971. - №4. - С. 27-30.

217. Цой, Б. Прочность и разрушение полимерных пленок и волокон / Б. Цой, Э.М. Карташов, В.В. Шевелев // М.: Химия. - 1999. - 496 с.

218. Гуль, В.Е. Структура и прочность полимеров / В.Е. Гуль // М.: Издательство Химии. - 1971. - 344 с.

219. Рахматов, А.Ш. Изучение прочностных свойств и кинетики разрушения хлопковых волокон в зависимости от вегетационного периода зрелости. Диссертация на соискания ученой степени кандидата физико-математических наук. Душанбе. - 1971. - 135 с.

220. Ястребинский, А.А. Структурная механика некоторых химических и природных волокон. Диссертация на соискания ученой степени доктора химических наук. - Ташкент. - 1982. - 457 с.

221. Шерматов, М. Механические свойства хлопковых волокон, облученных УФ- лучами в процессе их созревания / М. Шерматов // ВМС. - 1988. - Т. 30. - №12. - С. 2509-2511.

222. Бобоев, Т.Б. Влияние механического напряжения и УФ-света разной долы волны на кинетику фотохимических превращения полистирола / Т.Б. Бобоев, С.Дж. Гафуров, Ф.Х. Истамов // Вестник ТНУ. - 2015. - №1-5. - Часть 2. - С. - 10-16.

223. Бобоев, Т.Б. Влияние температуры на долговечность полиэтилентерефталата в условиях облучения разными длинами волн / Т.Б. Бобоев, С.Дж. Гафуров, Ф.Х. Истамов // Вестник ТНУ. - 2015. - № 1-3(64). - С. - 52-55.

224. Бобоев, Т.Б. Влияние наноуглеродных частиц на структуру и механические свойства полимерных композитов. / Т. Бобоев, Ш. Туйчиев, Д. Рашидов // Вестник ТНУ. - 2017. - №1-3. - С.111-115.

225. Марущак, В.Н. Биологическая характеристика климатипов сосны обыкновенной в Казахстане: Диссертация кандидата сельскохозяйственных. наук. - Екатеринбург: Ботанический сад УрО РАН. - 2007. - 186 с.

226. Владимирова, Е.Г. Влияние термической модификации на некоторые физико-механические свойства древесины сосны (Pinus Sylvestris) / Е.Г. Владимирова // Лесной Вестник. - 2011. - №5. - С. 97-102.

227. Шарапов, Е.С. Исследование влияния процесса термической модификации древесины на изменение предела прочности и модуля упругости при статическом изгибе / Е.С. Шарапов, А.С. Торопов, А.С. Королев // Лесной журнал». - 2015. - № 6. - 85-95.

228. Швамм, Е.Е. Изучение отдельных физико-механических свойств древесины березы, термомодифицированной по технологии «Бикос» / Е.Е. Швамм, Л.Г. Швамм // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - 2014. - № 2. - С. 214-217.

229. Федосенко, И.Г. Способы оценки механических свойств древесины в условиях ограниченного количества материала / И. Г. Федосенко // Труды БГТУ. Сер. II, деревообрабатывающая промышленность. - 2010. - Вып. XVIII. - С. 176-179.

230. Федосенко, И.Г. Влияние влажности на прочность при статическом изгибе уменьшенных образцов древесины / И.Г. Федосенко // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - 2011. - № 2. - С. 208-211.

231. Кессених, Р.М. К вопросу о температурно-временной зависимости механической прочности полимеров / Кессених Р.М., Петров А.В. // Известия

Томского политехнического института им С.М. Кирова. - 1975. - Т.222. - С.30-39.

232. Журков, С.Н. Кинетическая концепция твердых тел: (термофлуктуационный механизм разрушения) / С.Н Журков // Изд. АН СССР. - 1967. - Т.3. - №10. - С. 1767-1776.

233. Ратнер, С.Б. Об энергии активации процесса механического разрушения полимеров / С.Б. Ратнер // ДАН СССР. - 1968. - Т. 183. - №6. - С.1297-1300.

234. Томашевский, Э.Е. Устройство для поддержания постоянного напряжения в одноосного растягивающемся образце / Э.Е. Томашевский, А.И. Слуцкер // Заводская лаборатория. -1963. - №8. - С. 994-996.

235. Бобоев, Т.Б. Фотомеханическое разрушение полимеров / Т.Б. Бобоев // Душанбе: Матбуот, - 2000. - 241с.

236. Абдувалиев, А**.** Радиационное излучение и жизнь **/** А**.** Абдувалиев, А**.** Абдуманнонов, Х**.** Муртазоев **//** Худжанд**:** Нури маърифат**. -** 2006**.** - 48 с.

237. Умаров, Н. Исследование молекулярных свойств листьев донника лекарственного (Melilotus officinalis (L.) pall.) методом ИК-спектроскопии / Н. Умаров, С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, А. Усманов, Р. Марупов // ДАН РТ.- 2014. - Т.57. - №1. - С. 32-36.

238. Умаров, Н. Исследдование природы водородных связей «ланцетевого подорожника» (Plantogo lanceolata. L) в зависимости от экологии и уровня радиоактивности место произрастания методом. ИК-спектроскопии / Н. Умаров, А. Усмонов, Т. Шукуров // Вестник ТНУ. - 2014. - 1/4(153). - С. 208-213.

239. Умаров, Н.Н. Изучение свойств составных частей дикорастущего лекарственного растения подорожника ланцетового (Plantago Lanceolata L.) методом ЭПР спектроскопии / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2016. - Т.59. - №7-8. - С. 329-333.

240. Юсупов И.Х. Исследование конформационной подвижности в структуре лекарственного растения репейника (Arctium tomentosum Mill.) методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, Н.Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ.- 2016. - Т.59. - № 9-10. - С. 392-398.

241. Мальцев, А.А. Молекулярная спектроскопия / А.А. Мальцев // М.: Изд-во Московского университета. - 1980. - 272 с.

242. Васильев, А.В. Инфракрасные спектры органических и природных соединений / А.В. Васильев, Е.В. Гриненко, А.О. Щукин, Т.Г. Федулина // Санкт-Петербург. - 2007. - 30 с.

243. Описание спектрофотометр Specord 75 IR, ГДР. Карл Цейс ЙЕНА. - 1987. - 90с.

244. Описание инфракрасный спектрофотометр с преобразованием Фурье IRAffinity-1, Shimadzu. Япония. - 2013. - 35 с.

245. Файзиева М.Р. Амфотерные свойства гетероциклических сеодинений при изменении их электронного строения по данныи Инфракрасной спектроскопии. Диссертация на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / М.Р. Файзиева - Душанбе - 2017. -125 с.

246. Ходжазода, Т.А. Механизм действия тепловых нейтронов на спектральные свойства состава семян и их биологическую активность: Диссертация на соискание ученой степени д-ра физ.-мат. наук / Т. А. Ходжазода. - Душанбе. - 2019. -192 с

247. Описание прибора Радиоспектрометр РЭ-1306. - 1978. - 123 с.

248. Штиллер, В. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика / В. Штиллер // М.: Мир. - 2000. - 176 с.

249. Холова, Ш.А. Изучение влияния некоторых природных органических кислот на свойства и надмолекулярную структуру холестерина In Vitro физико-химическими методами. Диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. Душанбе. - 2015. - 100 с.

250. Гарипова, С. А. Определение содержания тяжелых металлов в жидкой фазе снега рентгенофлуоресцентным методом / С.А. Гарипова, А.Л. Лобачев, И.В. Лобачева, И.В. Ревинская // Вестн. СамГУ. Естественнонаучн. - 2011. - Выпуск 5(86). - С. 129-135.

251. Даничев, В.В. Количественный рентгенофлуоресцентный анализ содержания железа в песке / В.В. Даничев, А.А. Болотков, А.А. Кумахов // SSN

0321-3005 Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2008. - № 2. - С. 48-49.

252. Пуховский, А.В. Рентгенофлуоресцентное определение тяжелых металлов в экологическом мониторинге почв / А.В. Пуховский, Т.Ю. Пуховская // Природобустройство. - 2013. - №2. - С. 11-14.

253. Oliveira, H. A Brazillian tree collection analyzed by x-ray fluorescence / H. Oliveira, E.A.N. Fernandes, N. Haselberger, A. Markowicz, E.S.B. Ferraz // BioMAP: IAEA- TECDOC-1152. Austria, June. - 2000. - PP. 36-142.

254. Kuczumow, A. Investigation of petrified wood by synchrotron X-ray fluorescence and diffraction methods /A. Kuczumow, P. Chevallier, P. Dillman, P. Wajnberg, M. Rudas // Spectrochim. Acta. Part B. - 2000. -V. 55. - PP. 1623-1633.

255. Чупарина, Е.В. Состояние и проблемы рентгенофлуоресцентного анализа растительных материалов / Е.В. Чупарина, Т.Н. Гуничева // Аналитика и контроль. - 2004. - Т.8. - № 3. - С. 211-226.

256. Лосев, Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ / Н.Ф. Лосев // Изд-во: М.: Наука. - 1969. - 336 с.

257. Полежаев, Ю.М. Оптический атомно-эмиссионный и рентгенофлуоресцентный методы спектрального анализа / Ю.М. Полежаев // Учебное пособие. Екетеринбург: УПИ. - 1992. - 92 с.

258. Осколов К.В. Количественный рентгенофлуорецентный анализ многоэлементных объектов сложной формы без использования образцов сравнения / К.В. Осколов, А.В. Гармай, О.В. Моногарова // Вестник московского университета. Серия 2. - 2014. - Т.55. - №1. - С.10-14.

259. Климова, Н.В. Физико–химические методы количественного анализа / Н.В. Климова // Учебное пособие. Изд-во Орел: Орел ГТУ. - 2001. - 56 с.

260. Анализ объектов окружающей среды: Инструментальные методы: Пер.с англ. / Под ред. Р. Сониасси. М.: Мир. - 1993. - 80 с.

261. Абдуллаев, С.Ф. Элементный состав почв и пылевого аэрозоля юго-центральной части Таджикистана / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Б.И. Назаров,

У. Мадвалиев, Т. Давлатшоев // Оптика атмосферы и океана. - 2015. - Т. 28. - № 03. - С. 246-255.

262. Перельман, А. И. Очерки геохимии ландшафта / А.И. Перельман // Под ред. акад. Д.И. Щербакова; Ред. карт Г. Н. Мальчевский. М.: Географгиз. - 1955. - 392 с.

263. Умаров, Н.Н. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и молекулярную динамику растительных природных соединений / Н.Н. Умаров, Т. Шукуров, С.Ф. Абдуллаев // Экосистемы. ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» г. Симферополь. - 2020. - № 24. - С. 152-157.

264. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Москва: Почвенный ин-т имени В. В. Докучаева РАСХН. - 2008. - 164 с.

265. Ширкин, Л.А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды : учеб. пособие / Л. А. Ширкин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та - 2009. - 60 с.

266. Кузьмин, Н.М. Пробоподготовка при анализе объектов окружающей среды / Н.М. Кузьмин // Журнал аналитической химии. - 1996. - Т. 51. - № 2. - С. 202-210.

267. Григорьев, А.В. Рентгенофлуоресцентный анализ растительных материалов способы добавок и внешного стандарта / А.В. Григорьев // Естествознание. - С.82.91. Электронный ресурс. https:// cyberleninka.ru ‘article’ rentgenofluorestsent

268. Markert, B. Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems / B. Markert / Vegetatio. - 1992. - V. 103. - PP. 1-30.

269. Garivait, S. Multi-element analysis of plants by WDXRF using the scattered radiation correction method / S. Garivait, J.P. Quisefit, P. de Chateaubourg, G. Malingre // X-ray Spectrom. - 1997. - V. 26. - № 5. - PP. 257-264.

270. Stikans, M. Improved technique for quantitative EDXRF analysis of powered plant samples / M. Stikans, J. Boman, E.S. Lindgren // X-raySpectrom. - 1998. - V.27. - № 6. - PP. 367-372.

271. Лонцих, С.В. Стандартные образцы состава природных сред / С.В. Лонцих, Л.Л. Петров // Новосибирск: Наука, Сибирское отделение. - 1988. - 277 с.

272. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ. Метод, рекомендации / Составитель Н.В. Арнаутов. Новосибирск: ИГ и ГСО АН СССР. - 1987. - 204 с.

273. Kumar, S. Matrix correction for quantitative determination of trace elements in biological samples using energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry / S. Kumar, S. Singh, D. Mehta et. al. // X -ray Spectrom. - 1989. - V. 18. - № 5. - P. 207-210.

274. Бобров, В.А. Лабораторный гамма-спектрометрический анализ естественных радиоактивных элементов (методические разработки) / В.А. Бобров, А.М. Гофман // Новосибирск: ИГ и Г СОАН СССР. - 1971. - 67 с.

275. Кадирова, Х.И. Анализ почв и атмосферного пылевого аэрозоля Таджикистана / Х.И. Кадирова, Б.И. Назаров, С.Ф. Абдуллаев, Р.А. Кариева, Т. Давлатшоев // ДАН РТ. - 2015. - Т.58. - №59. - С. 819-826.

276. Веттегрень, В.И. Определение максимальных напряжений на межатомных связях в нагруженных полимерах методом инфракрасной спектроскопии / В.И. Веттегрень, К.Ю. Фридлянд //Оптика и спектроскопия. - 1975. - Т. 38. - № 3. - С. 521-525.

277. Султонов, У. Поверхность является самым распространенным дефектом твердого тела., / У. Султонов, С. Алиев, С.Ш. Рахимов, Б.Ф. Джалилов, Ф. Джалилов // Ученые записки. Серия естественные и экономические науки. ХГУ имени академика Бободжана Гафурова. - 2017. - №2. - С. 93-98.

278. Юсупов, И.Х., Умаров Н.Н., Марупов Р. Молекулярно-динамические и физико-механические характеристики лекарственного репейника. ДАН РТ. - 2017. - Т.60. - № 5-6. - С. 230-235.

279. Султонов, У. Влияние продолжительности намагниченной воды на прочность и деформируемость шелковых волокон / У. Султонов, А.Т. Максуди, С.Ш. Рахимов, Б.Ф. Джалилов, Ф. Джалилов // Ученые записки. Серия естественные и экономические науки. ХГУ имени академика Бободжана Гафурова. - 2018. - №4. - С. 144-155.

280. Преч, Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер // пер. с англ. Б. Н. Тарасевича. - Москва: Мир: БИНОМ. Лаб. знаний. - 2006. - 439 с.

281. George, Socrates. Infrared and Raman characteristic group frequencies. Tables and Charts / George Socrates // John wiley & sons, Ltd.-Chichester. New York. Weinheim. Toronto. - 2001.- 347 p.

282. Наканиси, К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений / К. Наканиси // М.: Мир. - 1965. - 220 с.

283. Холл, Д. Фотосинтез: / Д. Холл, К. Рао // Пер. с англ. М.: Мир. - 1983. - 134 с.

284. https://ru.wikipedia.org/wikipedia. org /wiki/ Фотосинтетически активная радиация. – (дата обращения 12.09.2024 г.)

285. Муссо, Ю.О. Социалистическое растениеводство / Ю.О. Муссо // М.: Наука. - 1933. - №8. - С. 113-127.

286. Клейтон, Р. Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели / Р. Клейтон // М.: Мир. - 1984. - 350 с.

287. Шувалов, В.А. Первичное преобразование световой энергии при фотосинтезе / В.А. Шувалов // М.: Наука. - 1990. - 209 с.

288. Штейн, А. Система моделирования атмосферного переноса и дисперсии NOAA HYSPLIT / А. Штейн, Р.Р. Дракслер, Г.Д. Рольф, Б.Дж. Стандер, М. Коэн, Ф. Нган // Бюл. Являюсь. Метеорол. - 2015. - Т. 96. - С. 2059-2077.

289. Умаров, Н.Н. Спектроскопия природных растительных соединений по инфракрасным спектрам поглощения / Н.Н. Умаров, А. Усмонов, Т. Шукуров, Р. Марупов // Нури маърифат. - Худжанд. - 2021. - 188 с.

290. Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова // Петрозаводск: Институт биологии Кар НЦ РАН. - 2014. - 194 с.

291. Garland, C.J. Effect of cadmium on the uptake and toxicity of lead in Nordeum Vulgare L. and Festuca ovina L. / C.J. Garland, D.A. Wilkins // New Phytol. - 1981. - V. 87. - № 3. - P. 581-593.

292. Панин, М.С. Закономерности аккумуляции меди и цинка в ризосфере растений / М.С. Панин, Е.Н. Бирюкова // Агрохимия. - 2005. - № 1. - С. 53-59.

293. Ефремов, И.В. Комплексная оценка миграционной способности и риска загрязнения тяжелыми металлами компонентов почвенно-растительных систем / И.В. Ефремов, Е.Л. Горшенина, В.А. Солопова, Н.Н. Рахимова, Е.И. Рябых, О.Н. Чернова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2015. - №. 13(188). - С. 133-137.

294. Головин, А.В. Особенности накопления цинка и никеля некоторыми лекарственными растениями, произрастающими на территориях с различной степенью техногенной нагрузки / А.В. Головин, Л.Н. Скрыпник, Я.А. Масютин // Экосистемы. - 2021. - Выпуск 26. - С. 67-77.

295. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер // М.: Мир. - 1975. - 648 с.

296. Рао, С.Р. Линейные статистики и методы их применения / С.Р. Рао // М.: Наука. - 1968. - 548 с.

297. Орлов, А.Н. Теоретические инструменты статических методов / А.Н. Орлов // Научный журнал Кубанский государственный аграрный университет. - 2014. - №101(07). - С. 1-22. http://ej.kubagro.ru 2014 /07/pdf/14.pdf.

298. Ризниченко, Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологи / Г.Ю. Ризниченко // Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. - 2003. - 184 с.

299. Пронин, Ц.Б. Основы биофизики и компьютерное моделирование биофизических процессов / Ц.Б. Пронин, Б.В. Пронин // Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. - 2018. - 160 с.

300. Pearl, Raymond. The Biology of Population Growth (англ.) / Raymond Pearl // The American Mercury. - 1924. - November - V. 3. - № 11. - PP. 293-305.

301. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. - 2006. - 15 с.

302. Добровольский, Г.В. Экология почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин // М.: Издательство Московского университета. - 2012. - 412 с.

303. Березина, Н.А. Экология растений / Н.А. Березина, Н.Б. Афанасьева // М.: Издательский центр «Академия». - 2009. - 400 с.

304. Куликова, Н.А. Гербициды и экологические аспекты их применения / Н.А. Куликова, Г.Ф. Лебедева // М.: Книжный дом «Либроком». - 2010. - 152 с.

305. Мельников, Н.Н. Пестициды в современном мире / Н.Н. Мельников, Г.М. Мельникова // Соровский образовательный журнал. - 1997. - № 4. - С. 33-37.

306. Кузин, А.И. Стимулирующие действие ионизирующего излучения на биологические процессы / А.И. Кузин // Москва: Атомиздат. - 1977. - 183 с.

307. Гераськин, С.А. Хроническое радиационное воздействие на популяции растений / С.А. Гераськин // Тезисы докладов VI-съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). Москва. - 2010. - Т. 2. - С. 12.

308. Муртазаев, Х. Радионуклиды в сухофруктах и в водных объектах Северного Таджикистана / Х. Муртазаев, М.Н. Рахматов, А.К. Ходжибаев // Материалы VII - международной конференции «Современные проблемы физики» Душанбе. - 2020. - С. 280-283.

309. Беллами, Л. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул / Л. Беллами // Пер. с англ. Москва: Мир. - 1971. - 318 с.

310. Боар, Р.Р. Регрессия тростниковых болот Phragmites australis и недавние изменения химического состава воды в Норфолкском Бродленде / Р.Р. Боар, С.Е. Крук, Б Мосс // Англия. Аква. - 1989. - Т. 35. - С. 41-55.

311. Исакулов, Б.Р. Исследование прочностных характеристик порисованных легких бетонов на основе отходов промышленности и растительного сырья Центральной Азии / Б.Р. Исакулов // Науч.-техн. вестн. Поволжья. Казань. - 2011. - № 5. - С. 125-131.

312. Стрюков, В.Б. Исследование вращательных движений иминоксильного радикала в различных полимерах / В.Б. Стрюков, Г.В. Королев // Высокомолекулярнык соединения. - 1969. - Т.11. - №2. - С.149-154.

313. Максимов, В.Л. О связи между эффективными и истинными энергетическими параметрами активированных процессов в полимерах / В.Л. Максимов // Высокомолекулярнык соединения. - 1990. - Т.32. - № 10. - С. 2032-2038.

314. Забелина, А.Н. Исследование бутадиен-нитрильных каучуков методом диэлектрической спектроскопии / А.Н. Забелина, М.И. Глушак, А.С. Щербинин, Ю.В. Хорошавина, А.С. Рамш, С.К. Курлянд // Журнал физической химии. - 2020. - Т. 94. - № 1. - С. 108-113.

315. Недорезов, Л.В. Непрерывно-дискретные модели динамики изолированной популяции и двух конкурирующих видов // Математические структуры и моделирование / Л.В. Недорезов, И.Н. Назаров // Омск: Омского государственного университета. - 1998. - Вып. 2. - С. 77-91.

316. Beretta, E. Global stability results for a generalized Lotka—Volterra system with distributed delays / E. Beretta, V. Capasso, F. Rinaldi // J. Math. Biol. - 1988. - V. 26. - №6. - PP. 661-688.

317. Неймарк, Ю.И. Математические модели естествознания и техники / Ю.И. Неймарк // Изд. ННГУ, Н. Новгород, части 1, 2, 3, издания 1994, 1996 и 1997 гг. (http://www.unn.ru/tudm/prepod/neimark.htm).

318. Taylor, P.J. Consistent scaling and parameter choice for linear and generalized Lotka-Volterramodels used in community ecology / P.J. Taylor // J. Theoret. Biol. - 1988. - V. 135. - №. 4. - PP. 543-569.

319. Базыкин, А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций / А.Д. Базыкин // М.: Наука. - 1985. - 181 с.

320. Соколов, С.В. Модели динамика популяций / С.В. Соколов // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». - 2018. - 61 с.
321. Берков, Н.А. Математический практикум с применением пакета Mathcad / Н.А. Берков, Н.Н. Елисеева // М: МГИУ. - 2006. - 135 с.
322. Самоучитель работы с универсальной математической системой Mathcad. Составитель С.И. Калмыкова. Волгоград. гос. с.-х. акад. - 2006. - 72 с.
323. Муртазоев, Х. Радиоктивные хвостохранилища Северного Таджикистана / Х. Муртазоев, А.Х. Муртазоев // Учёные записки, серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2006. - №11. - С. 50-55.
324. Беззубов, Н.И. Оценка воздействия Дигмайского хвостохранилища на окружающую среду / Н.И Беззубов, З.А. Разыков, М.М. Юнусов, Б.Г. Файзуллаев // Сборник докладов международной научно-практической конференции. Алмата. - 2002. - С. 181-183.
325. Рыжова, Н.В. Физика древесины / Н.В. Рыжова, В.В. Шутов // Кострома: КГТУ. - 2009. - 75 с.
326. Чубинский, А.Н. Физика древесины / А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, М.А. Чубинский, К.В. Чаузов // Учебное пособие по выполнению лабораторных работ. СПб.: СПбГЛТУ. - 67 с.
327. ГОСТ 16483.37-88. Древесины. Метод определения усушки. М.: ИПК Издательство стандартов. - 1999. - 7 с.
328. Пардаев, А.С. Расчетные схемы механической анизотропии древесины и их применение в CAE-системах / А.С. Пардаев // Труды БГТУ. - 2011. - №2. С. 161-163.
329. Пейсахов, А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов / А.М. Пейсахов, А.М. Кучер // М.: Издательство. - 2004. - 156 с.
330. Микульский, В.Г. Строительные материалы. (Материаловедение. Строительные материалы); под общ. ред. В.Г. Микульского. 4-е изд. Москва: Ассоциация строительных вузов. - 2004. - 533 с.
331. Киреева, Ю.И. Строительные материалы / Ю.И. Киреева // Минск: Новое знание. - 2005. - 400 с.

332. https://atmwood.com.ua/2015/04/03/obrabotka-drevesiny-mednykuporosom.

333. Сивухин, В.Д. Общий курс физики / В.Д. Сивухин // Учебное пособие. Для вузов. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Физматлит. - 2006. - 544 с.

334. Демяков, Ю.П. Особенности радиального прироста деревьев в культурах лиственницы сибирской / Ю.П. Демяков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия Лес. Экология. Природопользование. - 2023. - №1(57). - С. 43-57.

335. Сафин, Р.Р. Исследование физико-механических свойств термомодифицированой древесины березы / Р.Р. Сафин, А.В. Сафина, А.Х. Шаяхметова // Вестник Казанского технологического университета. - 2015. - № 4. - Т. 18. - С. 213-217.

336. Соколов, И.В. Свойства древесины как материала, подвергаемого сушке и термической модификации: гигроскопичность древесины / И.В. Соколов // Международный научный журнал «Вестник науки». - 2024. - № 12(81). - Т. 5 - Ч. 2. - С. 383-390.

337. Гороховский, А.Г. Моделирование процесса сушки пиломатериалов / А.Г. Гороховский, В.В. Побединский, Е.Е. Шишкина, Е.В Побединский // «Лесной журнал». - 2020. - № 1. - С. 154-166.

338. Оболенская, А.В. Химия древесины и полимеров / А.В. Оболенская, В.П. Щеголев // М.: Лесная промышленность. - 1980. - 168 с.

339. Кононов, Г.Н. Древесина как химическое сырье: история и современность / Г.Н. Кононов, В.Д. Зайцев //. Лесной вестник. - 2020. - Т. 24. - №1. - С. 74-89.

340. Древесина. Метод определения коэффициентов поперечной деформации: ГОСТ 16483.29-73. – Введ. 01.01.1975. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. - 1999. - 6 с.

341. Кречетов, И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов // М.: Лесная промышленность. - 1980. - 432 с.

342. Платонов, А.Д. Теоретические основы сушки древесины после предварительной термохимической обработкой / А.Д. Платонов // Научный

журнал КубГАУ. - 2012. - №77(03). - С.1-10. http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/11.pdf.

343. Флеминг, М.Р. Микроволновое облучение древесного упаковочного материала для уничтожения азиатского усача / М.Р. Флеминг, К. Хувер, Дж.Дж. Яновяк // Лесная промышленность. - 2003. - Т.53. - №1. - С. 46-51.

344. Окресс, Э. СВЧ – энергетика. Применение энергии сверхвысоких частот в промышленности / Э. Окресс // Пер. с англ. М.: Мир. - 1971. - Т.2. - 272 с.

345. Гафуров, Х. Моделирование распределения тепла в неоднородностях тел при заданных граничных условиях / Х. Гафуров, Ф.Х. Гафуров // Международная конференция «Перспективы развития физической науки», г. Душанбе, 14 апреля. - 2017. - С.120-124.

346. Будкевич, Е.В. Древесина сосновых. Анатомическое строение и ключи для определения родов и видов / Е.В. Будкевич // АН СССР; Ботанический институт им. В. Л. Комарова; ответственный редактор А.А. Яценко-Хмелевский. - Л.: Изд-во АН СССР. - 1961. - 152 с.

347. Григорьев, М.А. Материаловедение для столяров, плотников и паркетчиков / М.А. Григорьев //: Учебное пособие для ПТУ. - М.: Высшая школа. - 1989. - 223 с. - ISBN 5-06-000345-0.

348. Терентьева, Э.П. Химия древесины, целлюлозы и синтетических полимеров / Э.П. Терентьева, Н.К. Удовенко, Е.А. Павлова // Часть 2. - Санкт-Петербург. - 2015. - 84 с.

349. Ашкенази, Е.К. Анизотропия механических свойств древесины и фанеры / Е.К. Ашкенази // М. : Лесная промышленность. - 1978. - 223 с.

350. Кречетов, И.В. Сушка и защита древесины / И.В. Кречетов //: Учебник для техникумов. М.: Лесная промышленность. - 1987. - 328 с.

351. Саидов, Х.С. Философия границы / Х.С. Саидов // Материалы международной конференции «Межцивилизационное взаимодействие на евразийском пространстве: история, современные тенденции и перспективы» г. Душанбе, 13 февраля. - 2015. - С. 281-282

352. Ғафуров, Х. Таҳқиқи таъсири микромавҷҳо ба протсесси хушконидани чӯб / Х. Ғафуров // Маводи конфронси илмию амалии анъанавии ДДҲБСТ "Рушди илми муосир дар Тоҷикистон" назария ва амалия. Хуҷанд. - 27.04.2017. - С. 85-88.

353. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков // М.: «Энергия». - 1968. - 472 с.

354. Эдвадс, Ч.Г., Пенни Д.Э. Дифференциальные уравнения и краевые задачи / Ч.Г. Эдвадс, Д.Э. Пенни // 3-е издание, Пер.с англ. М.: ООО «И.Д.Вильямс». - 2008. - 1104 с.

355. Кетков, Ю.Л. MATLAB 7: программирование, численные методы / Ю.Л. Кетков, А.Ю. Кетков, М.М. Шульц // СПб.: БХВ-Петербург. - 2005. -752 с.

356. Бадриев, И.Б. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде MATLAB / И.Б. Бадриев, В.В. Бандеров, О.А. Задворнов // Казань: Казаньский государственный университет. - 2010. - 113 с.

357. Рындин, Е.А. Решение задач математической физики в системе MATLAB / Е.А. Рындин, И.Е. Лысенко // Таганрог: Изд-во ТРТУ. - 2005. - 62 с.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ СОИСКАТЕЛЯ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монография:

[1-А] Умаров, Н.Н. Спектроскопия природных растительных соединений по инфракрасным спектрам поглощения [Текст] / Н.Н. Умаров, А. Усмонов, Т. Шукуров, Р. Марупов // Худжанд: Нури маърифат. - 2021. - 188 с. - ISBN 978-999-75-77-83-2.

[2-А] Умаров, Н.Н. Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса природных растительных соединений [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, [Р. Марупов] // Худжанд: Дабир. - 2024. - 162 с. - ISBN 978-99985-66-28-6.

Статьи, опубликованные в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[3-А] Умарзода, Н.Н. Исследование влияния тяжёлых металлов на спектральные характеристики природных растительных соединений методом ИК-спектроскопии [Текст] / Н.Н. Умарзода, С.Ф. Абдуллозода, А.Д. Бахдавлатов, К. Рузиев // Политехнический вестник ТТУ. Серия Интелект. Инновации. Инвестиции. - 2026. - № 2 (74) - С.25-29. - ISSN 2520-2235**.**

[4-А] Умарзода, Н.Н. Влияние атмосферной температуры и влажности на вращательную подвижности настоя листьев подорожника ланцетного (Plantago Lanceolate L.) в спиртовом растворе [Текст] / Н.Н. Умарзода // Международный научно-исследовательский журнал. - 2026. - №5(167). - С. 1-9. - ISSN 2227-6017

[5-А] Умаров, Н.Н. Влияние метеорологических параметров на спектральные характеристики природных соединений [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллозода // СВЕТОЧ НАУКИ (международный научный журнал). - 2025. - №1 (05). - С. 77-89. - ISSN 3078-395X.

[6-А] Муродӣ, Х.Г. Истифодаи микромавҷҳо дар раванди стерилизатсия кардани таркиби биомаводҳо [Текст] / Х.Г. Муродӣ, Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллозода // ФУРӮҒИ ИЛМ (Маҷаллаи байналмиллалии илмӣ) - 2025. - №4(08). - С. 30-35. - ISSN 3078-395X.

[7-А] Муродӣ, Х.Г. Таъсири ҳароратии микромавҷ ба диэлектрики ғайриякҷинса дар мисоли масолеҳи чӯбӣ [Текст] / Х.Г. Муродӣ, Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллозода // Вестник. Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. Серия естественных наук. - 2025. - Т. 1. - №4(51). - С. 81-91. - ISSN 2709-6238**.**

[8-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на взаимодействие активных радикалов и гидроксильных групп [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев // Учёные записки. Серия естественных и экономических наук. Худжанд. - 2024. - №1 (68). - С. 53-58. - ISSN 2077-4974**.**

[9-А] Умаров, Н.Н. Математическое моделирование процесса взаимодействия активных радикалов с гидроксильными группами [Текст] / Н.Н.

Умаров, С.Ф. Абдуллаев // Вестник. Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. Серия естественных наук. - 2024. - Т 1. - №1 (37). - С. 46-54. - ISSN 2709-6238**.**

[10-А] Бахдавлатов, А.Д. Сравнительный анализ влияния тепловых нейтронов на семена хлопчатника и спектральные характеристики растений [Текст] / А.Д. Бахдавлатов, И.Х. Юсупов, А.Г. Сафаров, Н.Н. Умаров // Вестник. Бохтарского государственного университета имени Носири Хусрава. Серия естественных наук. Бохтар. - 2024.- 2/2(123). - С. 40-44. - ISSN 2663-6417.

[11-А] Умаров, Н.Н. Применение модели Лотки-Вольтера для изучения взаимодействий двух параметров в биоматериале [Текст] / Н.Н. Умаров // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2023. - №2 (65). - С. 42-48. - ISSN 2077-4974**.**

[12-А] Умаров, Н.Н. Влияние тяжёлых металлов на вращательную подвижность биомолекул тростника обыкновенного [Текст] / Н.Н. Умаров // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2022. - № 3 (62). - С. 65-70. - ISSN 2077-4974**.**

[13-А] Умаров, Н.Н. Влияния радиации на прочность стебля тростника [Текст] / Н.Н. Умаров, [А. Абдуманонов], Х.А. Тошходжаев, С.Ф. Абдуллаев, // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. - 2022. - №1. - С.131-140. - ISSN 2413-452X.

[14-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на динамические параметры вращения спиновой метки в биоматериалах [Текст] / Н.Н. Умаров // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2022. - № 2 (61). - С. 25-29. - ISSN 2077-4974**.**

[15-А] Умаров, Н.Н. Исследования содержания тяжелых металлов в почве и растениях каперса колючего (Capparis spinosa L.) и полыни горкой (Artemisia absinthium L.) методом рентгенофлуоресцентного анализа [Текст] / Н.Н. Умаров // Экосистемы. - ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» г. Симферополь. - 2022. - №29. - С. 43-50. - ISSN 2414-4738**.**

[16-А] Умаров, Н.Н. Распределениие содержания тяжёлых металлов в полыни горкой и почве Согдийской области Республики Таджикистан [Текст] / Н.Н. Умаров // Химическая безопастность. 2022. - Т.6. - №1. - С.79-84. - ISSN 2541-9811.

[17-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на механические свойства листьев растений [Текст] / Н.Н. Умаров, А.Д. Бахдавлатов, И.Х. Юсупов, Х.А. Тошходжаев, [А.Абдуманонов] // Политехнический вестник ТТУ. Серия Интелект. Инновации. Инвестиции. - 2021. - №4 (56) - С.44-47. - ISSN 2520-2235**.**

[18-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на механическую прочность стебля тростника [Текст] / Н.Н. Умаров // Политехнический вестник ТТУ. Серия Интелект. Инноватсия. Инвеститсия. - 2021. - №3(55). - С. 26-28. - ISSN 2520-2235**.**

[19-А] Умаров, Н.Н. Влияние содержания тяжёлых металлов на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев [Текст] / Н.Н. Умаров, А. Абдуманонов, Т. Шукуров, С.Ф. Абдуллаев // Экосистемы. ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» г. Симферополь. - 2021. - №26. - С. 78-83. - ISSN 2414-4738.

[20-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на колебание функциональных групп тростника обыкновенного [Текст] / Н.Н. Умаров // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2021. - №4 (59). - С. 44-49. - ISSN 2077-4974**.**

[21-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на молекулярную динамику функциональных групп каперса колючего [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, А. Абдуманонов, А.Л. Қодиров, С.Ф. Абдуллаев, Ф.А. Абдуманнонова // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2021. - №3 (58). - С. 29-35. - ISSN 2077-4974**.**

[22-А] Умаров, Н.Н. Исследования содержания тяжёлых металлов в составе полыни горкой (Arteisia absinthium l.) произрастающей в Бободжан Гафуровском районе [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев, Ш.Х Халифаева //

Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2021. - №2 (57). - С. 58-63. - ISSN 2077-4974**.**

[23-А] Умаров, Н.Н. Исследование влияние экологических условий на вращательную динамику настоя подорожника большого методом спиновой метки [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов // Политехнический вестник ТТУ. Серия Интелект. Инноватсия. Инвеститсия. - 2020. - №3(51). - С. 10-13. - ISSN 2520-2235**.**

[24-А] Умаров, Н.Н. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и молекулярную динамику растительных природных соединений [Текст] / Н.Н. Умаров, Т. Шукуров, С.Ф. Абдуллаев // Экосистемы. ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» г. Симферополь. - 2020. - № 24. - С. 152-157. - ISSN 2414-4738**.**

[25-А] Умаров, Н.Н. Влияние тяжелых металлов на колебательную динамику функциональных групп каперсы колючей [Текст] / Н.Н. Умаров // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд 2020. - № 3 (54). - С. 21-24. - ISSN 2077-4974**.**

[26-А] Умаров, Н.Н. Влияние пестицидов на молекулярную структуру растения подорожника ланцетового (Plantago lanceolata. l.) [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, Р. Марупов // Учёные записки. Серия естественные и экономические науки. Худжанд. - 2019. - №4(51). - С. 25-30. - ISSN 2077-4974**.**

[27-А] Юсупов, И.Х. Молекулярно-динамические и физико-механические характеристики лекарственного репейника [Текст] / И.Х. Юсупов, Н.Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2017. - Т.60. - №5-6. - С. 230-235. - ISSN 0002-3469.

[28-А] Юсупов, И.Х. Исследование радиационной зависимости молекулярно-динамические и физико-механические характеристик лекарственного репейника методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, Н.Н. Умаров, Р. Марупов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, 2017.- №1/4. С. 117-121. - ISSN 2413-452X.

[29-А] Умаров, Н.Н. Изучение свойств составных частей дикорастущего лекарственного растения подорожника ланцетового (Plantago lanceolata L.)

методом ЭПР спектроскопии [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2016. - Т.59. - №7-8. - С. 329-333. - ISSN 0002-3469.

[30-А] Юсупов, И.Х. Исследование конформационной подвижности в структуре лекарственного растения репейника (Arctium tomentosum Mill.) методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, Н. Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2016. - Т.59. - №9-10. - С.392-398. - ISSN 0002-3469.

[31-А] Умаров, Н.Н. Исследования влияния дозы радиационного фона на спектральные характеристики лекарственного донника (Melilotus officinoalis L.) методом ИК- и ЭПР- спектроскопии // Н. Н. Умаров, Т. Шукуров, И.Х. Юсупов, Р. Марупов // // Учёные записки ХГУ, 2016. - №4 (39). - С.52-60. - ISSN 2077-4974**.**

[32-А] Юсупов, И.Х. Исследование молекулярной структуры растения донник лекарственный (Melilotus officinalis L.) методом спиновых меток / И.Х. Юсупов, А.Д. Бахдавлатов, Т. Алидодов, Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2015. - Т.58. - №4. - С. 309-315. - ISSN 0002-3469.

[33-А] Юсупов, И.Х. ЭПР-спектроскопических свойств листьев репейника (Arctium tomentosum Mill.) в зависимости от радиационного фона местности / И.Х. Юсупов, Н.Н. Умаров, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2015. - Т.- 58. - № 9. - С. 813-818. - ISSN 0002-3469.

[34-А] Умаров, Н.Н. Исследование молекулярных свойств листьев донника лекарственного (Melilotus officinalis (L.) Pall.) методом ИК-спектроскопии [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, А. Усмонов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2014. -Т 57. - №1. - С. 32-36. - ISSN 0002-3469.

[35-А] Умаров, Н. Влияние экологических факторов на молекулярное структурообразование корней донника лекарственного (*Melilotus officinalis* (L.) Pall / Н. Умаров, С.Ш. Давлатмамадова, Т. Шукуров, А. Усмонов, Р. Марупов // ДАН РТ. - 2014. -Т. 57. - №3. - С. 215-219. - ISSN 0002-3469.

Статьи, опубликованные в других изданиях:

[36-А] Умаров, Н.Н. Влияния дозы радиации и места произрастания на формирование водородной связи лекарственного репейника (Arctium tomentosum Mill.) [Текст] / Н.Н. Умаров, Т. Шукуров, А. Усмонов // v-международной конференции «Современные проблемы физики». - Душанбе, 2016. - С.108-110.

[37-А] Юсупов, И.Х. Влияние пестицидов на вращательную подвижность спин-меченных образцов подорожника [Текст] / И.Х. Юсупов, Н.Н. Умаров, Р. Марупов // Материалы международной конференции "Актуальные проблемы современной физики" посвященной 80 - летию памяти Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, доктора физико-математических наук, профессора Нарзиева Бозора Нарзиевича, (18 апреля 2018 г.). - Душанбе, 2018. - С.153-155.

[38-А] Умаров, Н.Н. Изучение хвойных деревьев по показателям поглощении методом инфракрасной спектроскопии [Текст] / Н.Н. Умаров, М.А. Джурабаева, Я.Р. Хомидов, А. Усмонов, Т. Шукуров // Республиканское научно-практической конференции. (19 февраля 2020 г.). - Душанбе, 2018. - С.171-174.

[39-А] Умаров, Н.Н. Содержания тяжелых металлов в составе хвойных деревьев Северного Таджикистана [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев, М.А. Джурабаева, Т. Шукуров // Маводи конференсияи Ҷумҳуриявии илмию амали бахшида ба "Солхои 2020-2040 -Бистсолаи омузиш ва рушди фанхои табиатшиноси, дақиқ ва риёзи дар сохаи илму маориф" дар мавзуи "Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди саноатикунониии Ҷумхурии Тоҷикистон". (29-30 апрели соли 2020). - Хучанд, 2020. - С. 116-118.

[40-А] Умаров, Н.Н. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и колебательную динамику функциональных групп каперсы колючего (Capparis Spinosa) [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев, Т. Шукуров // Маводи конференсияи Ҷумҳуриявии илмию амали бахшида ба "Солхои 2020-2040 - Бистсолаи омузиш ва рушди фанхои табиатшиноси, дақиқ ва риёзи дар сохаи илму маориф" дар мавзуи "Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди

саноатикуноииии Ҷумхурии Тоҷикистон" (29-30 апрели соли 2020). - Хучанд, 2020. - С.118-119.

[41-А] Умаров, Н.Н. Исследования влияния радионуклидов на вращательную подвижность функциональных групп стеблей каперса колючего [Текст] / Н.Н. Умаров // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации - современные концепции» (19 июня 2020 г.). -Москва, 2020. - С. 172-175.

[42-А] Умаров, Н.Н. Влияние тяжелых металлов на вращательную подвижность функциональных групп листьев каперса [Текст] / Н.Н. Умаров И.Х. Юсупов, Т Давлатшоев С.Ф. Абдуллаев // Материалы VII международной конференции «Современные проблемы физики». (Душанбе 9-10 октябрь 2020 г.). - С. -139-142.

[43-А] Умаров, Н.Н. Влияние экологического условия окружающей среды на молекулярную динамику настой листьев подорожника большого [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов // Материалы VII международной конференции «Современные проблемы физики». (9-10 октябрь 2020). - Душанбе, 2020. - С. 151-154.

[44-А] Умаров, Н.Н. Исследование содержания тяжелых металлов в почвах и растений методом рентгенофлуоресцентного анализа [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов // Материалы VII международной конференции «Современные проблемы физики». (9-10 октябрь 2020 г.). - Душанбе, 2020. - С. 328-223.

[45-А] Умаров, Н.Н. Исследование влияние внешних условий на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев [Текст] / Н.Н. Умаров, А. Абдуманонов, С.Ф. Абдуллаев // Конференсияи илмӣ амалии ҷумҳуриявӣ "Рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ: роҳҳои татбиқи натиҷаҳои онҳо дар истеҳсолот. - Хуҷанд, 2021. - С.192-196.

[46-А] Умаров, Н.Н. Применения модели Лотки-Вольтера для изучения взаимодействий двух параметров в биоматериале [Текст] / Н.Н. Умаров // VIII

Международной конференции «Современные проблемы физики». (21-22 октября 2022 г.). - Душанбе, 2022. - С. 182-185.

[47-А] Умаров, Н.Н. Распределение тяжёлых металлов в почвах и биомолекулах растений [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, С.Ф. Абдуллаев // Международная конференция на тему «Роль физики в развитии науки, просвещения и инновации» посвященная «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)». - Душанбе, 2022. - С.180-185.

[48-А] Умаров, Н.Н. Исследование влияние тяжёлых металлов на вращательную подвижность биомолекул тростника методом спиновых меток [Текст] / Н.Н. Умаров, И.Х. Юсупов, С.Ф. Абдуллаев // VIII Международной конференции «Современные проблемы физики». (Душанбе 21-22 октября 2022 г.). - С.186-190.

[49-А] Умаров, Н.Н. Применение логистической модели для прогноза концентрации тяжёлых металлов в почвах [Текст] / Н.Н. Умаров, М.Н. Рахматов, С.Ф. Абдуллаев // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан. (25-26 августа 2023 г.). - Душанбе, 2023. - С. 136-140.

[50-А] Умаров, Н.Н. Применение логистического уравнения Ферхюльста для прогноза количества тяжёлых металлов в почве [Текст] / Н.Н. Умаров, Х. Гафуров, С.Ф. Абдуллаев // Материалы международной научной конференции «Современные проблемы физики конденсированного состояния», посвящённой 75 годовщине основания Таджикского национального университета и 80-летию со дня рождения Заслуженного работника Таджикистана, профессора Туйчиева Шарофидина (24-25 октября 2023 г.). - Душанбе, 2023. - С.140-144.

[51-А] Умаров, Н.Н. Методы определения разрывной прочности полимеров [Текст] / Н.Н. Умаров, Ф.Джалилов, М. Ниёзова, Дж. Джалилова // Материалы республиканской научно-практической конференции «Вклад ученых

точных наук в развитие индустриализации страны». (18 октября 2023 г.). - Худжанд, 2023. - С.74-79.

[52-А] Умаров, Н.Н. Влияние внешних факторов на эффективное энергии активации в биоматериалах [Текст] / Н.Н. Умаров, К.С. Козиев, Н.О. Махмудбоева // Материалы республиканской научно-практической конференции “Вклад ученых точных наук в развитие индустриализации страны” (18 октября 2023 г.). - Худжанд, 2023. - С. 83-86.

[53-А] Умаров, Н.Н. Использование модели Лотки-Вольтера для изучения взаимодействия двух параметров в биоматериалах [Текст] / Н.Н. Умаров // Материалы международной научной конференции «Тенденции развития физики конденсированных сред». (30-31 октября 2023 г.). - г.Фергана, Узбекистан, 2023. - С. 66-69.

[54-А] Умаров, Н.Н. Использование логистического уравнения для прогноза количества тяжёлых металлов в почве [Текст] / Н.Н. Умаров, Х.Гафуров, С.Ф. Абдуллаев // Материалы международной научной конференции «Тенденции развития физики конденсированных сред» (30-31 октября 2023 г.). - г.Фергана, Узбекистан. - С. 37-40.

[55-А] Умаров, Н.Н. Применение дифференциальных уравнений для моделирования взаимодействия ОН-групп и активных радикалов [Текст] / Н.Н. Умаров, М.Н. Рахматов, С.Ф. Абдуллаев // «Современные проблемы математики и её преподавания». Международная научно - практическая конференция (Худжанд 21-22 июня 2024 г). - С. 164-168.

[56-А] Умаров, Н.Н. Хосияти металлҳои вазнин дар системаҳои хоку растанӣ, вобаста аз муҳити сабзиш [Текст] / Н.Н. Умаров, Н.О Махмудбоева, С.Ф. Абдуллозода // Конференсияи байналмиллалии “Масъалаҳои муосири физика” бахшида ба 60-солагии Институт (11-12 октябри соли 2024) (ИФТ ба номи С.У.Умарови АМИТ). - Душанбе, 2024. - С. 376-381.

[57-А] Умаров, Н.Н. Влияние раствора медного купороса на механические свойства биоматериалов [Текст] / Н.Н. Умаров, Ф.М. Мирзоходжаев, С.М.

Искандарова // Научный журнал «Тенденции развития науки и образования». - №110. - 2024. - С. 85-88.

[58-А] Умаров, Н.Н. Влияние радионуклидов на взаимодействие активных радикалов и гидроксильных групп [Текст] / Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллозода, Н.О. Махмудбоева //«Современые проблемы физики конденсированного состояния», Республиканской научно-практической конференции (20-21 мая 2024 г.). - Худжанд, 2024. - С. 51-55.

[59-А] Умаров, Н.Н. Механические свойства биоматериалов / Н.Н. Умаров, С.М. Искандарова, Ф.М. Мирзоходжаев //«Современые проблемы фундаментальной и прикладной физики» Республиканской научно-практической конференции (24-25 октября 2025 г.). - Худжанд, 2025. - С. 39-42.

[60-А] Умаров, Н.Н. Влияния метеорологических параметров на вращательную динамику настоя листьев подорожника ланцетного [Текст] / Н.Н. Умаров, М.Н. Рахматов, С.Ф. Абдуллаев // «Проблемы и перспективы развития физических наук». Международной научно-практической конференции (11-12 марта 2025 г.). - Худжанд, 2025. - С. 292-299.

[61-А] Умаров, Н.Н. Изучения содержание тяжёлых металлов и спектроскопические характеристики функциональных групп структуры хвойных деревьев [Текст] / М.О. Джурабаева, Н.Н. Умаров, С.Ф. Абдуллаев // «Проблемы и перспективы развития физических наук». Международной научно-практической конференции (11-12 марта 2025 г.). - Худжанд, 2025. - С.287-292.

[62-А] Умаров, Н.Н. Исследование влияния тяжёлых металлов на спектральные характеристики природных растительных соединений методом ИК-спектроскопии [Текст] / Н.Н. Умаров, А.Д. Бахдавлатов, К. Рузиев // «Актуальные проблемы физики и техники». Международной научно-практической конференции. (10-11 октября 2025 г.). - Душанбе, 2025. - С. 253-257.

[63-А] Муроди, Х.Г. Истифодаи усулҳои рақамӣ дар равандҳои гармигузаронӣ [Текст] / Х.Г. Муроди, Н.Н. Умарзода, С.Ф. Абдуллозода // «Состояние и перспективы развития современной физики». Международной

научно-практической конференции (14 января 2026 г.). - Душанбе, 2026. - С. 425-430.

[64-А] Муроди, Х.Г. Таъсири тавоноии микромавҷӣ ба раванди хушк намудани биомаводҳо [Текст] / Х.Г. Муроди, Н.Н. Умарзода, С.Ф. Абдуллозода // «Современные проблемы физики конденсированного состояния». Международной научно-практической конференции (6 февраля 2026 г.). - Душанбе, 2026 - С.172-176.

[65-А] Умарзода, Н.Н. Применение уравнения Ферхюльста для прогноза концентрации тяжёлых металлов в почвах и растительных материалах [Текст] / Н.Н. Умарзода, Х.Г. Муроди, С.Ф. Абдуллозода // «Проблемы развития современной физики и материаловедения» Международной научно-практической конференции (15-16 мая 2026 г.). - Худжанд, 2026. - С. 87-91.

[66-А] Умарзода, Н.Н. Применение численных методов в процессах теплопроводности [Текст] / Н.Н. Умарзода, Х.Г. Муроди, Ф.Х. Саидова, С.Ф. Абдуллозода // «Проблемы развития современной физики и материаловедения» Международной научно-практической конференции (15-16 мая 2026 г.). - Худжанд, 2026. - С. 110-113.

[67-А] Умарзода, Н.Н. Вобастагии хосиятҳои механикии биомаводҳо аз омилҳои радиатсионӣ [Текст] / Н.Н. Умарзода, С.М. Искандарова, С. Рачабов, Г. Ҳошимова // «Проблемы развития современной физики и материаловедения» Международной научно-практической конференции (15-16 мая 2026 г.). - Худжанд, 2026. - С. 304-307.

Благодарности

Выражаю искреннюю благодарность своим научным консультантам Абдуллозода С.Ф. и Муроди Х.Г. за их постоянную поддержку и консултации при работе над диссертацией, всему коллективу ФТИ им. С.У. Умарова особенно, директора института Зарифзоду А.К. и заведующий лаборатории молекулярной спектроскопии Бахдавлатову А.Д. за поддержку в проведении экспериментальных работ, моему школьному учителю физики Зарипову М. за то, что он пробудил во мне тягу к физическим наукам, сотрудникам физического факультета ТНУ профессоров Комилзода К., Максуд Б. и др. за прочитания диссертации и полезные советы, коллективу физико-технического факультета ГОУ «ХГУ имени академика Бободжона Гафурова», своей семье, особенно матери, жене и сыновьям за всестороннюю моральную поддержку.

Приложение

«УТВЕРЖДАЮ»
Начальник Главного управления охраны
окружающей среды Согдийской области
Сухроб Холзода
от « 22 » « 05 » 2026 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, ниже подписавшиеся: представители по охране окружающей среды в Согдийской области составили настоящий документ, чтобы заявить, что результаты научного исследования докторской диссертации доцента ГОУ «ХГУ имени академика Бободжона Гафурова» Умарзода Н.Н. на тему «Комплексное исследование физических свойств природных растительных соединений», были реализованы и внедрены для мониторинга окружающей среды.

1. На основе исследование в составе дисперсионные системы почве и некоторых дикорастущих растений, и деревьев, произрастающих в Северном Таджикистане определены различных элементов методом рентгенофлуоресцентного анализа. Определены концентрация тяжёлых металлов и интенсивность перехода в составных частях растительного материала с почвы.
2. Для прогноза и предсказания распределения тяжёлых металлов в почве и образцов растительного происхождения применены метод наименьших квадратов, которое надёжно дополняет экспериментальных результатов.
3. Методом изотопного анализа определены миграция некоторых радионуклидов в почве и растений, определены концентрации радионуклидов в растениях и почвах из хвостохранилища Дегмай и в окрестностях шахтных вод горы Могол-Тау.
4. Исследовано влияние метеорологических параметров на свойства и спектральные характеристики природных растительных соединений.
5. Данные по концентрациям тяжёлых металлов: Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe_2O_3, MnO, Cr, V и TiO_2, и радионуклидов в составных частях

и почвах Северного Таджикистана являются критерием степени загрязнения территории региона. При экомониторинге окружающей среды следует учитывать степень загрязнённости природных растительных соединений и почвы тяжёлими металлами, а также вклад антропогенных и техногенных источников, расположенных в исследуемом регионе;

Накопленные тяжёлых металлов и радионуклидов в биомолекулах растений имеет целый ряд негативных последствий, которые распространяется далеко за пределы самого растения. Например для растений: а) нарущается роста и развития, б) снижается устойчивости к развития, в) изменение биохимического состава, г) репродуктивные нарушения (снижется качество семян и их всхожеств).

Мониторинг такого рода можно применять для защиты и охраны природы, а также определить растений для фиторемедианта и реабилитации почв от некоторых загрязнённых тяжёлых металлов.

Результаты исследования позволяют быстро определить наличие тяжелых металлов в почве и растительного материала. Использование математических уравнений для определения и прогнозирования количества металлов в почве и растениях можно применяет для мониторинга окружающей среды.

Результаты данного исследования полезны для региональных и городских управлений охраны окружающей среды, занимающихся эколого-санитарными службами, при прогнозировании экологического состояния окружающей среды.

Начальник отдела экологического мониторинга, анализа и информации **Дадобоев А.**

Ведущий специалист **Каримов Б.**

Ведущий специалист **Бегматов Н.**

УТВЕРЖДАЮ»

Директор Худжандского Научного центра
Национальной Академии наук Таджикистана
_____ Эгамов Мухтор Хасанович
«__» 05 2016 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, ниже подписавшиеся: сотрудники лаборатории физики интродукции и дендроиндикации растений Худжандского научного центра Национальной Академии наук Таджикистана, расположенного в городе Худжанда, северо-восточная промышленная зона Согдийской области, Республики Таджикистан, настоящим подтверждается, что методы и результаты научного исследования докторской диссертации доцента ГОУ «ХГУ имени академика Бободжона Гафурова» Умарзода Н.Н. на тему «Комплексное исследование физических свойств природных растительных соединений», были применены в деятельности вышеуказанных лабораторий Научного центра.

Применённые методы и результаты были реализованы и внедрены в процессах выполнения магистерских работ по специальности физики, биотехнология и биоэкология Научного центра. В диссертационной работе Умарзода Н.Н. установлено, что:

- изменения межмолекулярного взаимодействия функциональных групп природных растительных соединений под влиянием радиационного фона; концентрация тяжёлых металлов, радионуклидов, пестицидов и метеорологических параметров;

- влияния гамма-излучения и количества тяжёлых металлов, радионуклидов на физико-механические свойства природных растительных соединений;

- эффективность метода микроволновой сушки и стерилизации природных растительных соединений, обеспечивающего сохранение качества и свойства биоматериала;

- с применением математических уравнений Лодки-Вольтера и Ферхюльста моделировано взаимодействие активных радикалов с гидроксильными группами в структуре природных растительных соединений;

- распределения тяжёлых металлов в почвах и образцов растительного материала;

- распределения тепла в древесных материалах с применением уравнения теплопроводности.

Предложенные методы определение взаимодействия двух или более параметров уравнением Лодка Вольтера, распределения тяжёлых металлов в дисперсионные системы почвы и растительных материалов уравнением Ферхюльста а также методом наименьших квадратов применяются для прогноза и предсказанные физико-механические свойства биоматериалов и композиционных материалов в процессе проведения научно-экспериментальных работ лаборатории.

Заведующий лаборатории физики
Худжандского Научного центра,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Каримов С.К.

Заведующий лаборатории интродукция
и дендроиндикация растений,
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник Мухамедов А.Х.

Старший научный сотрудник лаборатории
интродукции и дендроиндикации растений
кандидат технических наук Бахтиеров З.Б.

Подписи Каримова С.К., Мухамедова А.Х. и Бахтиерова З.Б. заверяю:

Инспектор ОК ХНЦ НАНТ Рахимова Т.Дж.

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор Горно-металлургического
института Таджикистана, профессор
_____Давлатзода Давлат Сангин
от «26» 06 2026 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, ниже подписавшиеся: представители высшего учебного заведения Горно-металлургического института Таджикистана, расположенного в городе Бустон Согдийской области, Республики Таджикистан, составили настоящий документ, чтобы заявить, что результаты научного исследования докторской диссертации доцента ГОУ «ХГУ имени академика Бободжона Гафурова» Умарзода Н.Н. на тему «Комплексное исследование физических свойств природных растительных соединений» были применены в процесс преподавания физики по всем специальностям, изучающим курс общей физики. Методы и научные результаты диссертационной работы также применяются для проведения лабораторных работ по механике, молекулярной физике и оптике.

Одновременно эти результаты были реализованы и внедрены в процессах выполнения семестровых бакалаврских и магистерских работ. В диссертационной работе Умарзода Н.Н. установлено, что:

- изменения значения частоты, оптическая плотность, интегральная интенсивность функциональных групп при влиянии различных уровней радиационного фона, концентрации тяжёлых металлов, радионуклидов и пестицидов;

- для исследуемых образцов как биоматериалов выявлены значения эффективной энергии активации вращательной диффузии и межмолекулярного взаимодействия функциональных групп при воздействии внешних факторов и показана её корреляция с энергией механического разрушения;

- механическая прочность образцов растительного происхождения зависит от мощности радиационного фона, времени экспозиции облучения, концентрации медного купороса, микроволны и других внешних факторов;

- с применением уравнения Лодки-Вольтера и Ферхюльста можно определить взаимодействие двух или более параметров в структуре образцов растительного происхождения и временной зависимости распределения тяжёлых металлов;

- рекомендован мощность СВЧ – микроволны для сушки и стерилизации биоматериалов, а также выявлены уравнения распределения температуры в исследованных образцах.

Также предложенные методы определения и влияния концентрации тяжёлых металлов и радионуклидов на межмолекулярные взаимодействия, частота вращения, а также определение механической прочности, долговечности пиломатериалов и моделирования физических процессов уравнением Лодки-Вольтера и Ферюльста и метода наименьших квадратов применяется в процессе проведения занятий по физике, находящихся в ведении кафедры естественно-научных дисциплин Горно-металлургического института Таджикистана.

Начальник учебного управления,
к.т.н., доцент Осими Окил

Декан факультета электромеханики,
к.ф.м. н., и.о профессора кафедры
естественно-научных дисциплин Козизода К.С.

Декан факультета горного дела,
к.т.н., доцент Махмудов Х.А.

Заведующий кафедры естественно-научных
дисциплин, д.т.н., и. о. профессора Ходжизода С.К.