

УДК: 538.9,53.043,539.6

DOI: 10.65599/II4246

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИРОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Н.Н. Умарзода¹, С.Ф. Абдуллозода², А.Д. Бахдавлатов², К. Рузиев²¹ГОУ «ХГУ имени академика Б. Гафурова²Физико-технический институт имени С.У. Умарова НАНТ

В настоящей работе методом ИК-спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа исследовано влияние накопленных тяжёлых металлов на физико-химические свойства листьев амаранта (*Amaranthus*), собранного в Согдийской области. Выявлено наличие гидроксильных, метильно-метиленовых и других групп в биомолекулах природных соединений. Наблюдаются смещения максимумов полос поглощения, изменения оптической плотности и полуширины полос поглощения. Установлено, что тяжёлые металлы влияют на межмолекулярные взаимодействия функциональных групп, физико-химические свойства и формирование молекулярной структуры биоматериала.

Ключевые слова: межмолекулярные взаимодействия, инфракрасная спектроскопия, тяжёлые металлы, рентгенофлуоресцентный анализ, амарант, функциональная группа.

ТАДҚИҚИ ТАЪСИРИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗИН БА ХОСИЯТҲОИ СПЕКТРАЛИИ ПАЙВАСТАГИҲОИ ТАБИИ РАСТАНИҒИ БО УСУЛИ СПЕКТРОСКОПИЯИ ИНФРАСУРҲ

Н.Н. Умарзода, С.Ф. Абдуллозода, А.Д. Бахдавлатов, К. Рузиев

Дар кори мазкур бо усули спектроскопияи инфрасурх ва рентгенофлуоресенсӣ таъсири металлҳои вазини фурӯбурда ба хосиятҳои физикӣ-химиявии баргҳои матинҷ (*Amaranthus*), ки дар вилояти Суғд ҷамъоварӣ шудаанд, омӯхта шудааст. Мавҷудияти гурӯҳҳои ҳидроксилӣ, метилию-метиленӣ ва дигар дар биомолекулаҳои пайвастагиҳои табиӣ ошкор карда шуд. Тағйирёбии максимуми фурӯбурд, тағйироти бузургии зичии оптикӣ, нимвасеғии бандҳои фурӯбурд мушоҳида карда мешавад. Муайян намуда шуд, ки миқдори металлҳои вазин ба боҳамтаъсири байнимолекулавӣ гурӯҳҳои функционалӣ, хосияти физика-химиявӣ ва ташаккулёбии сохтори молекулавӣ бимаводҳо таъсир мерасонад.

Калидвожаҳо: боҳамтаъсири байнимолекулавӣ, спектроскопияи инфрасурх, металлҳои вазин, таҳлили рентгенофлуоресентӣ, матинҷ, гурӯҳи функционалӣ.

EXPLORATION OF HEAVY METALS INFLUENCE UPON SPECTRAL CHARACTERISTICS OF NATURAL FLORAL COMPOUNDS BY IR SPECTROSCOPY METHOD

N.N. Umarzoda, S.F. Abdullozoda, A.D. Bakhdavlatov, K. Ruziev

The present work dwells on the investigation of the influence of amassed heavy metals on the physico-chemical properties of the leaves of an amaranthus (*Amaranthus*) collected in the Sughd region by the method of IR- spectroscopy and florescent analysis. We elicited the presence of hydroxyl, methyl-methylene, and other groups in biomolecules of natural compounds. There are observed the shifts of absorption stripes maximums, alterations of optical density and absorption of demiwidh of stripes. It is established that heavy metals affect biomaterial interactions of functional groups, physico-chemical properties and formation of a molecular structure of e biomaterial.

Keywords: intermolecular interactions, infra-red spectroscopy, heavy metals, X-ray fluorescence analysis, amaranthus, functional group.

Введение

Как известно, микроэлементы, в частности, тяжёлые металлы (ТМ) находятся во всех частях экологической системы и играют важную роль для формирования свойств и структуры биоматериалов. Перенос ТМ в экологическую систему и их участие в биохимических и биофизических процессах зависят от концентрации в почве и атмосфере земной поверхности.

Априори высокого уровня загрязнения окружающей среды ТМ может привести к экологическому стрессу, который может препятствовать производству экологически чистой продукции.

Из научной литературы данной области известно, что загрязнение окружающей среды вызывается техногенной деятельностью и антропогенным воздействием человека, другими особенностями накопления элементов на поверхности почв [1, 2]. В связи с этим можно сказать, что ТМ играют важную роль в загрязнении биосферы и это безусловно носит локальный характер.

В работах [3-6] исследован характер изменений свойств и структуры некоторых видов растений, произрастающих в Таджикистане под воздействием радиации, концентрации радионуклидов и других внешних факторов. В этих работах показано, что свойства растений, в зависимости от среды произрастания, влияют на структуру и спектральные характеристики спектра поглощения. Внешние факторы, как фоновое

излучение, количество радионуклидов, пестициды и др. также могут влиять на спектроскопические свойства и молекулярную структуру растительных соединений. Согласно работам [4, 5] воздействие фонового излучения в зоне произрастания влияет на формирование структуры и концентрации функциональных групп, таких как гидроксильные метильные карбоксильные и C=H, C=C и C-S группы.

Материалы и методы

В данной работе с помощью метода ИК-спектроскопии изучено влияние содержания ТМ и места прорастания на молекулярную структуру и спектральные свойства листьев амаранта. Образцы для исследования были взяты из различных регионов Северного Таджикистана: Бободжангафуровского района и города Худжанда.

Исследование проводилось на ИК-спектрометре TJ 270-30A Infrared Spectrometer TJ, а обработка осуществлялась в стандартной программе Microsoft Excel - 2016.

На рисунке 1 показан инфракрасный спектр листьев амаранта в диапазоне волновых чисел 4000 - 400 см⁻¹, полученный вблизи автомагистрали, ведущей в в Худжанд и в саду «Арбоб», расположенном в Бободжангафуровском районе.

Результаты

Из рисунка 1 видно, что в области частот поглощения гидроксильных групп наблюдается максимальная линия (спектр 1) при 3420 и 3390 см⁻¹, соответствующая межмолекулярным и внутримолекулярным связям этой группы. Образцы, собранные в саду дворца «Арбоб»-а показывают широкую полосу около 3385 см⁻¹. Эти линии отличаются по интенсивности и положению максимума полос поглощения относительно спектра 1.

Согласно спектрам, образец, собранный в саду Арбоб демонстрирует более высокую интенсивность, что указывает на большее количество функциональных групп. В диапазоне волновых чисел 3000 – 2800 см⁻¹ для этих образцов наблюдаются слабые полосы поглощения, связанные с метильными и метиленовыми группами.

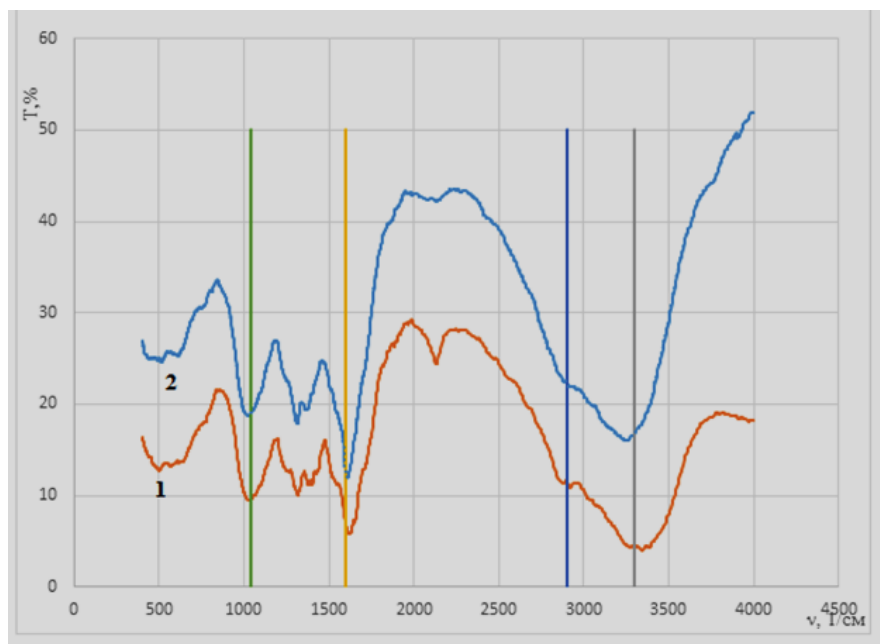


Рисунок 1– Инфракрасные спектры листьев амаранта в области 4000 - 400 см⁻¹:
1). г. Худжанд, 2). Бободжангафуровский район

Таблица 1–Положения максимальных полос поглощения листьев амаранта

№	Образцы из города Худжанда	Образцы из Бободжангафуровского района
1.	3420	3385
2.	2958	2960
3.	2922	2920
4.	1734	1760

Окончание таблицы №1

5.	1610	1600
6.	1450	1430
7.	1384	1370
8.	1040	1030
9.	500	495

Однако в диапазоне 1800-400 см⁻¹ наблюдается несколько полос поглощения, соответствующих деформационным колебаниям следующих групп; ОН, СН, С = О, С – О – Н, С = С, С = N, значение которых приведено в таблице 1.

В таблице 2 представлены данные о спектральных характеристиках листьев амаранта, таких как положения максимумов полос поглощения, оптическая плотность и полуширина полос поглощения из разных мест произрастания.

На основании данных таблицы 2, изменения в полосах поглощения в области гидроксильных групп, таких как положения максимума поглощения, оптическая плотность и полуширина полос поглощения, указывают на различия в физико-химических свойствах растительных соединений исследованных образцов. Вероятно, эти изменения обусловлены наличием ТМ в составе почвы и экологических условий места обитания растений.

Таблица 2–Зависимость спектральных характеристики листьев амаранта от места произрастания

Места произрастания	$\nu_{\text{макс}}, 1/\text{см}$	$\nu_{1/2}, 1/\text{см}$	D
г. Худжанд	3420	700	1,7
Бободжангафуровский район	3385	820	1,1

В данной работе для определения концентрации ТМ в пробах почв и растительных соединениях использовался метод рентгенофлуоресценции. Известно, что распределение ТМ в дисперсионной системе почв и растительных соединений обусловлено множеством факторов [7, 8]. Степень загрязнения среды ТМ может привести к экологическому стрессу, который влияет на физико-химические и межмолекулярные взаимодействия, что ставит под угрозу создание безопасной биопродукции.

Таблица 3 –Зависимость концентрации тяжёлых металлов от места сбора листьев растений и пробы почв, мг/кг

Место сбора образцов	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe ₂ O ₃ , %	MnO	Cr	V	TiO ₂ %
1-Худжанд, листья	104,5	4,36	3,6	88,7	50,4	3,37	-	1,84	87,1	63,4	16,8	0.33
1-почва	108,1	19,2	12,7	154,2	49,3	26,2	2,34	2,78	89,2	63,6	6,79	0.35
2-Бободжонгафуровский район, листья	101,2	-	3,4	67,1	50,1	2,90	-	1,68	87,3	64,1	18,4	0.33
2-почва	106,5	15,4	10,9	121,3	49,9	20,8	1,56	2,53	89,6	63,6	10,2	0.34

В таблице 3 показаны количества ТМ в дисперсионной системе почвы и листьев растений в зависимости от места произрастания. Видно, что такие элементы как стронций, свинец, цинк, медь, никель и кобальт в большем количестве присутствуют в образцах, взятых около автомагистрали города Худжанда, тогда как оксид марганца, хром и ванадий в большем количестве обнаружены в образцах из Бободжангафуровского района.

Согласно данным, представленным в таблице 3, видно, что медь и ванадий накапливаются листьями в большем количестве, чем в почве, на что указывают пробы; это объясняется зависимостью от типа растений и экологического состояния среды произрастания.

На рисунке 2 представлены данные о коэффициенте биологического поглощения (КБП) **образцов растительного материала**. Из рисунка 2 видно, что в зависимости от экологических условий некоторые элементы больше накапливаются в растениях. Согласно [9, 10], когда $KBP > 1$ микроэлемент больше накапливается в растениях, если $KBP < 1$ растения им мало поглощаются; очевидно, накопленные микроэлементы влияют на межмолекулярное взаимодействие функциональных групп природных соединений, о чём свидетельствуют изменения спектральных характеристик ИК-спектров.

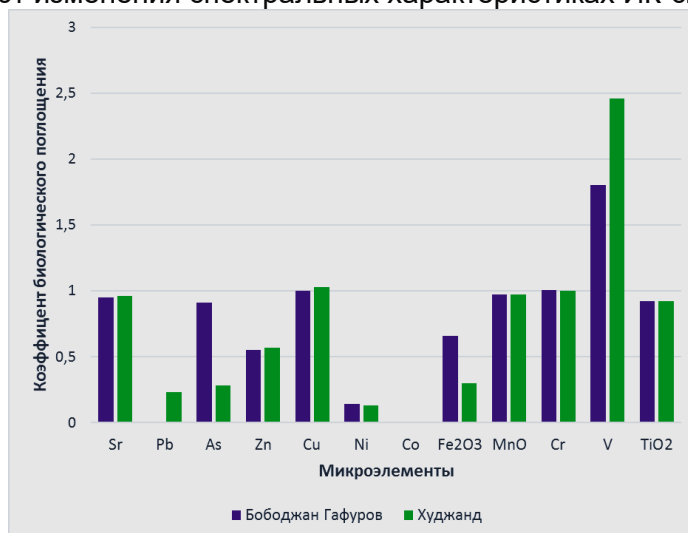


Рисунок 2 – Коэффициент биологического поглощения амаранта

Заключение

1. Определено, что максимальность полос поглощения и интенсивность спектров поглощения зависят от концентрации тяжёлых металлов и экологического состояния места произрастания;
2. Установлено, что межмолекулярное взаимодействие биомолекул растительного происхождения зависит от количества тяжёлых металлов;
3. Выявлено, что изменения спектральных характеристик приведёт к изменению физико-химических и биофизических свойств функциональных групп биомолекул листьев биоматериала;
4. Изменения межмолекулярного взаимодействия и физико-химических свойств зависит от изменения положения максимумов полос, интенсивности и оптической плотности биомолекул природных соединений;
5. Из результатов исследования также можно сделать вывод, что с помощью ИК-спектроскопии можно изучать индивидуальные спектры различных морфологических соединений.

Рецензент: Абдуллаев А. – д.б.н., профессор, член-корр, зав. лабораторией биохимии фотосинтеза Института ботаники, физиологии и генетики растений ИАНТ.

Литература

1. Ильин В.Б., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска// Агрохимия, 2000. - № 1. - С. 66-73.
2. Соколов Э. М., Панарин В. М., Рылеева Е. М. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Экология и промышленность России, 2008. - № 11. - С. 102-106.
3. Шукуров Т., Джураев А.А., Хаитова З.М., Джураев Ан.А., Марупов Р. Спектроскопические свойства одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) средней ИК – области частот. - ДАН РТ, 2007. - Т. 50. - №7. - С. 607-612.
4. Умаров Н., Давлатмамадова С.Ш., Шукуров Т., Усмонов А., Марупов Р. Исследование молекулярных свойств листьев донника лекарственного (*Melelotus officinalis* (L.) Pall.), методом ИК – спектроскопии. ДАН РТ, 2014. - Т. 57. - № 1. - С. 32-36.
5. Усмонов А., Шукуров Т., Умаров Н. Исследование влияния радиационных излучений и экологии местности на спектроскопические характеристики лекарственного растения полына метельчатого методом ИК-спектроскопии. Полын метельчатая- *Artemisia scoparia* Waldst.et.kit. Современные проблемы

математических и естественных наук в мире / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Казань, 2015. - С. 38-43.

6. Ильяшенко Н. В., Дементьева С. М., Хижняк С. Д., Пахомов П. М., Ильяшенко В. Д. Использование метода Фурье – ИК спектроскопии для изучения изменений химического состава *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. под действием антропогенных факторов. Вестник ТвГУ. Серия Биология и экология, 2009. - Вып. 13. - С. 211-220.

7. Умаров Н.Н., Абдуманов А., Шукуров Т., Абдуллаев С.Ф. Влияние содержания тяжелых металлов на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев // Экосистемы. 2021, Выпуск 26. - С. 148-157.

8. Ширкин Л. А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды. – Владимир: Издательство Владимирского государственного университета. - 2009. - 65 с.

9. Абдуллаев С.Ф., Сафаралиев Н.М., Партоев К. Исследование биологического поглощения тяжелых металлов растением-фиторе медиантом – топинамбуром (*Helianthus tuberosus* L//Химическая безопасность, 2019. - Т. 3. - № 1. - С. 110-117.

10. Дегтярёв А.П. Коэффициенты биологического накопления как основа биохимической классификации химических элементов. Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2024. - Т. 16. - № 1. С. 5-19.

11. Бозоров, Ш. А. Моделирование закономерностей изменения показателей процесса пластического течения металла при прокатке высоких полос в скрепленных валках / Ш. А. Бозоров, Б. Н. Одиназова, М. Х. Саидов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. - 2020. - №2(50). - С. 66-73. EDN: WYNBXJ

МАЪЛУМОТ ОИД БА МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-AUTHORS BACKGROUND

TJ	RU	EN
Умарзода Насим Нёмат	Умарзода Насим Нёмат	Umarzoda Nasim Nemat
номзади илмҳои физикаю математика, мудири кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт	к.ф.-м.н., заведующий кафедры общей физики и твёрдого тела	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of General Physics and Solid State,
МДТ “Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Бобоҷон Ғафуров”, шаҳри Хучанд, Ҷумҳурии Тоҷикистон.	ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжана Гафурова», г. Худжанд, Республика Таджикистан.	SEI “Khujand State University named after Academician Bobojan Gafurov”, Khujand, Republic of Tajikistan.
E-mail: nasimchon-74@mail.ru		
TJ	RU	EN
Абдуллозода Сабур Фузайл	Абдуллозода Сабур Фузайл	Abdullozoda Sabur Fuzayl
Доктори илмҳои физикаю математика, профессор	доктор физико-математических наук, профессор	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
ИФТ ба номи С.У. Умарови АМИТ	ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ	PhTI named after S.U. Umarov
E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com ORCID Id: 0000-0003-3468-6939		
TJ	RU	EN
Бахдавлатов Асратбек Давлатбекович	Бахдавлатов Асратбек Давлатбекович	Bakhdavlatov Asratbek Davlatbekovich —
номзади илмҳои техникаю мудири лабораторияи спектроскопияи молекулавӣ	кандидат технических наук заведующий лабораторией молекулярной спектроскопии	Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Spectroscopy
Институти физикаю техники ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.	—Физико-технический институт имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан.	S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan.
E-mail: asratbek53@mail.ru		
TJ	RU	EN
Рузиев Комилджон Алишерович	Рузиев Комилджон Алишерович	Ruziev Komiljon Alisherovich
Ходими илмӣ	Научный сотрудник	Research Fellow
Институти физикаю техники ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон	Физико-технический институт имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.	S. U. Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan
E-mail: komil.ruzueff@yandex.com		