

УДК: 502.7, 581.52:632.15, 614.73 615.322.  
ББК 26.233

**ВЛИЯНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ НА  
МОЛЕКУЛЯРНУЮ ДИНАМИКУ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП  
КАПЕРСА КОЛЮЧЕГО**

**Умаров Насимджон Негматович** - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики и МПФ ГОУ “ХГУ имени академика Бабаджана Гафурова”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Юсупов Изатулло Ходжаевич** - кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией молекулярной спектроскопии ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ, e-mail: [usupizat@yandex.ru](mailto:usupizat@yandex.ru).

**Абдуманнонов Абдуали**

- доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики ХНЦ НАНТ, e-mail: [abdualu53@mail.ru](mailto:abdualu53@mail.ru)

**Кадыров Абдулахат Лакимович** - доктор физико-математических наук, профессор кафедры электроники ГОУ «ХГУ имени академика Б.Гафурова», e-mail: [abdulakhatkadirov@gmail.com](mailto:abdulakhatkadirov@gmail.com)

**Абдуллаев Сабур Фузайлович** - доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова НАНТ, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com).

**Абдуманнонова Фирюза Абдуалиевна** – научный сотрудник лаборатории физики Худжандского научного Центра НАН Таджикистана, e-mail: [firuzatiens@mail.ru](mailto:firuzatiens@mail.ru).

**ТАЪСИРИ РАДИОНУКЛИДҲО БА  
ДИНАМИКАИ МОЛЕКУЛАВИИ  
ГУРУҲҲОИ ФУНКЦИОНАЛИИ  
КАБАР**

**Умаров Насимҷон Негматович** - номзади илмҳои физика-математика, дотсенти кафедраи физикаи назариявӣ ва МТФ МДТ-и “ДДХ ба номи академик Бобоҷон Гафуров”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Юсупов Изатулло Хочаевич** - номзади илмҳои физика-математика, мудири лабораторияи спектроскопияи молекулавиИ Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ, e-mail: [usupizat@yandex.ru](mailto:usupizat@yandex.ru).

**Абдуманнонов Абдуали**

- доктори илмҳои физика-математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи МИХ АМИТ, e-mail: [abdualu53@mail.ru](mailto:abdualu53@mail.ru)

**Қодиров Абдулахат Лакимович** - доктори илмҳои физика-математика, профессори кафедраи электроникаи МДТ-и “ДДХ ба номи академик Бобоҷон Гафуров”, e-mail: [abdulakhatkadirov@gmail.com](mailto:abdulakhatkadirov@gmail.com)

**Абдуллоев Сабур Фузайлович** - доктори илмҳои физика-математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Абдуманнонова Фирӯза Абдуалиевна** - корманди илмии лабораторияи физикаи МИХ АМИ ҚТ, e-mail: [firuzatiens@mail.ru](mailto:firuzatiens@mail.ru).

**INFLUENCE OF RADIONUCLIDES  
ON MOLECULAR DYNAMICS OF  
FUNCTIONAL GROUPS OF CAPER  
PRICKLY**

**Umarov Nasimjon Negmatovich** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Physics and the MTPH of the PEI “KSU named after academic Bobojon Gafurov”, e-mail: [nasimchon-74@mail.ru](mailto:nasimchon-74@mail.ru).

**Yusupov Izatullo Khodzhaevich** - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Spectroscopy, Physico-technical Institute named after S.U. Umarova NANT, e-mail: [usupizat@yandex.ru](mailto:usupizat@yandex.ru).

**Abdumanonov Abduali**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, the Head Physics Laboratory in Khujand Science Center NANT, e-mail: [abdualu53@mail.ru](mailto:abdualu53@mail.ru)

**Kadirov Abdulakhat Lakimovich** - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Electronics of the PEI "KSU named after academic Bobojon Gafurov", e-mail: [abdulakhatkadirov@gmail.com](mailto:abdulakhatkadirov@gmail.com)

**Abdullaev Sabur Fuzailovich** - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Atmospheric Physics Laboratory S.U. Umarov Physical Technical Institute National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: [sabur.f.abdullaev@gmail.com](mailto:sabur.f.abdullaev@gmail.com)

**Abdumanonova Firuza Abdualievna** - Researcher Physics Laboratory, Khujand Scientific Center, National Academy of Sciences of Tajikistan, e-mail: [firuza-tiens@mail.ru](mailto:firuza-tiens@mail.ru).

**Ключевые слова:** радионуклиды, спектроскопия, спиновый зонд, вращательная подвижность, колебания функциональных групп.

Методами гамма-радиометрических и спиновых зондов исследовано влияние радионуклидов на вращательную подвижность зондов, присоединённых к гидроксильным группам образцов растения каперса колючего. Установлено, что радионуклиды способствуют увеличению вращательной подвижности спиновых зондов. Установлено, что при комнатной температуре в модифицированных образцах происходит изменение движений спинового зонда с временем корреляции  $\tau_c \leq 10^{-8}$  с в целом, а спектры электронного парамагнитного резонанса сужаются, что свидетельствует об увеличении подвижности нитроксильного фрагмента. В результате ИК-спектроскопического анализа выявлено, что при взаимодействии растения с радионуклидом происходит изменение положения максимумов полос поглощения валентных колебаний функциональных групп ОН, СН, СН<sub>2</sub> и других. Установлено, что энергия межмолекулярных взаимодействий гидроксильных групп уменьшается, о чём свидетельствуют смещения максимумов полос поглощения в низкочастотную область от 20 до 40 см<sup>-1</sup>.

**Вожаҳои калидӣ:** радионуклидҳо, спектроскопия, нишонаҳои зондӣ, ҳаракати чархзанандагӣ, лапшиши гуруҳҳои функционалӣ.

Бо усулҳои гамма-радиометрӣ ва нишонаҳои зондӣ таъсири радионуклидҳо ба ҳаракати чархзанандагӣ зондҳои, ки ба гуруҳҳои гидроксилӣ пайваст шудааст омӯхта шудааст. Муайян карда шуд, ки радионуклидҳо ба афзоиши ҳаракати чархзанандагӣ нишонаҳои зондӣ мусоидат мекунад. Муайян карда шуд, ки дар ҳарорати хонагӣ дар намунаҳои модификатсияшуда ҳаракати нишонаи зондӣ бо вақти коррелясионӣ  $\tau_c \leq 10^{-8}$  с тағйир меёбад, ва спектрҳои резонанси парамагнитии электронӣ тангтар мешаванд, ки ин аз афзоиши ҳаракатнокӣ фрагментӣ нитроксилӣ шаҳодат медиҳад.

Дар натиҷаи таҳлили спектроскопияи инфрасурх, маълум гардид, ки ҳангоми боҳамтаъсири растани ва радионуклидҳо мавқеи максимуми тасмаҳои лапшиши валентии гуруҳҳои функционалии ОН, СН, СН<sub>2</sub> ва дигарон тағйир меёбад. Муайян карда шуд, ки энергияи таъсири мутақобилаи байни молекулави гуруҳи гидроксилӣ коҳиш меёбад, ки ин аз 20 то 40 см<sup>-1</sup>, ба самти басомади хурд ҷой иваз кардани максимуми гуруҳҳо шаҳодат медиҳад.

**Key words:** radionuclides, spectroscopy, spin bore, rotational mobility, vibration of functional groups.

Using a gamma-radiometric method that one of spin bores, the effect of radionuclides on rotational mobility of the formers attached to hydroxyl groups of prickly caper paragons of plants was studied. It has been established that radionuclides contribute to an increase of rotational mobility of spin bores. It is found out that at room temperature in the modified samples there happen retardation of the spin label motions with a correlation

time  $\tau_c \leq 10_c^{-8}$  and, in general, the electron paramagnetic resonance specters become narrower, indicating an to increase in the mobility of a nitroxyl fragment. The result of IR-spectroscopy analysis it was revealed that by interaction of the plant with a radionuclide there takes place an alteration of the state of maximums relating to the stripes absorbing valency vacillations of functional groups OH, CH, CH<sub>2</sub> and others. It was found that the energy of intermolecular interactions of hydroxyl groups decreases, as it is evidenced by the shift of the absorption stripes maximum into the plot with low frequency (20–40 cm<sup>-1</sup>).

Известно, что уровни техногенного воздействия способны увеличивать величину генетической изменчивости и нарушать присущие интактным популяциям закономерности саморазвития растений. Степень влияния радиации на биологических объектах зависят от дозы поглощения и уровня загрязнения местности, а доза поглощения складывается за счёт внешнего и внутреннего облучения [1-3].

Когда внешняя среда загрязнена тяжелыми металлами и радионуклидами, естественно растения вынуждены поглощать эти техногенные выбросы. Радионуклиды, находясь в структуре растений, по-видимому, пагубно влияют на процесс развития растений. И, поэтому процесс нормального развития растений, который заложен генетически, нарушается. В результате, процесс структурообразования, и как следствие, биохимический состав всех органов растений существенно изменяется. Анализ литературы показывает, что влияние внутреннего облучения на структуры, и как следствие, на биохимические свойства биоматериалов, получаемые из растений, систематически не изучено, и поэтому является актуальной задачей современной науки.

В работе исследуются влияния радионуклидов на молекулярную динамику функциональных групп каперса колючего (КК) (*Capparis spinosa*), произрастающего на территории хвостохранилища Дигмай.

Для определения влияния радионуклидов на молекулярную динамику функциональных групп в работе использовался метод инфракрасной (ИК) спектроскопии и спиновых зондов, а также, для определения содержания радионуклидов, гамма-радиометрический анализ.

Составные части каперса колючего отобраны в фазе цветения с хвостохранилища Дегмая. Координаты место сбора; точка-I (С40° 13' 27", В 69° 37' 46"), точка-II (С40° 13' 30", В 69° 38' 02").

Концентрация радионуклидов в образцах растений определена гамма-радиометрическим методом, при этом измерения проводились с помощью гамма-спектрометра на базе детектора из чистого германия GGX-1020 производства фирмы «Канберра» (США) согласно методике [3, 4].

Радиометрическая съёмка производилась с помощью приборов типов МКС, ДКС и АТ1123.

Для определения частоты вращательной подвижности в работе использовалось метод спиновых зондов. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), с применением спиновых меток и зондов при изучении биообъектов заключается в использовании искусственных и некоторых природных парамагнитных соединений. Эти соединения вводят в исследуемый объект в качестве молекулярных меток и зондов. Наблюдая за сигналами парамагнитных меток и зондов можно проследить за структурными перестройками биополимеров, молекулярной подвижности различных биофизических систем [5-9]. Листья и стебли растений были модифицированы нитроксильным радикалом (1) и сняты спектры ЭПР на радиоспектрометре РЭ–1306 согласно методике [6-8].

Для выяснения влияния радионуклидов на колебания функциональных групп проводился ИК-спектроскопический анализ. Спектры поглощения записывались с помощью спектрометра Фурье (IRAffinity-1). Образцы для анализа приготовлены согласно методике [10-13].

Открытое хвостохранилище радиоактивных элементов «Дигмай» расположено в Дигмайской впадине, её эксплуатация началась с 1963 г., площадь 90 га, полезный объём хранилища 194х10<sup>5</sup>м<sup>2</sup>, мощность экспозиционной гамма-дозы на поверхности составляет 650–2000 мкР/ч, количество хранящихся отходов примерно составляет 20,8 млн. тонн. По оценкам радиометрических измерений суммарная активность хвостохранилища составляет около 4218 Ки. Средняя мощность гамма-излучений на поверхности составляет около 13,6 мкЗв/час. Уровень радиации на поверхности хвостохранилища достигает до 15 мкЗв/час, а на расстоянии 1.5–2 км от центра 15–40 мкР/час. По оценкам специалистов содержание урана в хвостохранилище «Дигмай» составляет 0.003–0.006% [14].

Изучение содержания радионуклидов в почвах и растениях позволяет оценить распределение и миграции радионуклидов в природе, так как растения, произрастающие в таких хвостохранилищах участвуют в круговороте радионуклидов. Изучение содержания радионуклидов в структуре растений в зависимости от активности почвы, а также влияние радионуклидов на молекулярную динамику функциональных групп растений является важной задачей [15, 16].

Образцы КК собраны внутри хвостохранилища Дигмай с разным радиационным фоном местности (640 мкР/час точка-I и 40мкР/час точка-II). Содержание радионуклидов в составе растений в зависимости от радиационного фона показаны в табл. 1.

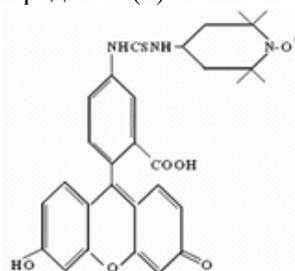
Таблица 1

Количество содержания радионуклидов в листьях и стеблях каперса колючего в месте произрастания

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

Можно видеть, что в зависимости от места произрастания листья и стебли КК по разному поглощают радионуклиды 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.

В работах [5-7] указано, что 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)

На рис. 1 приведены ЭПР-спектры составных частей КК. Спектры представляют наложения двух сигналов (быстро- и медленно вращающихся). Увеличение ширины спектра означает об уменьшении частоты вращения молекул, связанные зондом. Сильную заторможенность вращательной подвижности спинового зонда, характеризует неоднородность аморфных областей в местах локализации зонда около гидроксильных групп.

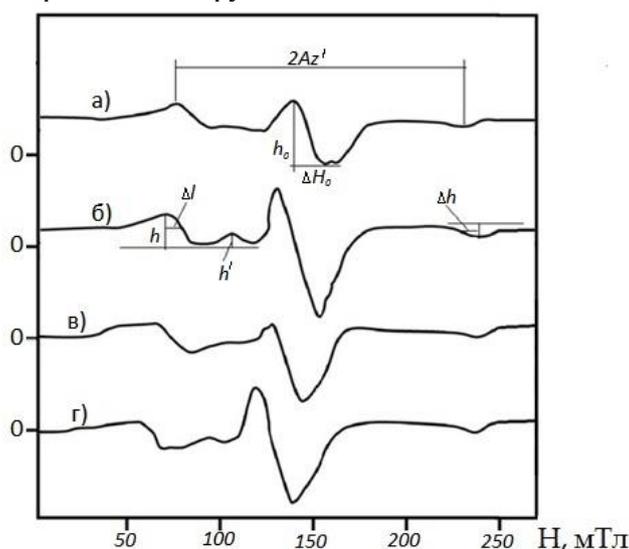


Рис.1. ЭПР-спектры листьев и стеблей каперса колючего от места произрастания: а) листья из точки-I; б) листья из точки-II; в) стебли из точки-I; г) стебли из точки-II

Вращательная подвижность связанная к радикалу молекулы влияет на формы спектра. В результате сравнения формы спектра можно оценить время корреляции вращательных движений  $\tau_c$  радикала в диапазоне  $5 \cdot 10^{-11}$ – $10^{-7}$ с, а также частоту вращательных подвижностей нитроксильного радикала вокруг положения равновесия [6-9].

Сужение вида спектра, очевидно, связано с влиянием радионуклидов на количество гидроксильных групп. Время корреляции спинового зонда определено по методике [6-8] согласно формуле (2)

$$\tau_c = 8 \cdot 10^{-10} \left( 1 - \frac{2A_{zz}}{2A_{zz}^{\infty}} \right)^{-1,6} c. \quad (2)$$

В табл. 2 приведены спектральные характеристики листьев и стеблей КК модифицированных нитроксильным радикалом из разных мест произрастания. Параметры вращательной диффузии радикала, присоединённого к фрагментам образцов, а именно, спектральные параметры ширины  $\Delta H_0$ ,  $\Delta H_{+1}$ ,  $\Delta H_{-1}$ , соответственно, центрального, низко полного и высоко полного компонентов спектра, а также интенсивности компонентов изменяются в зависимости от образцов (рис. 2). Видно, что по мере роста количество радионуклидов (а, в) уменьшаются все спектральные параметры модифицированных образцов.

При более детальном описании молекулярной динамики структуры КК следует учесть отличительные особенности этого биообъекта, которые определяются наличием в составе растений большого числа гидроксильных групп. Эти группы образуют меж- и внутримолекулярные водородные связи.

Таблица 2

Параметры спектров ЭПР модифицированных нитроксильным радикалом листьев и стеблей каперса колючего от дозы радиации

Название образцов	$\Delta l, Гс$	$\Delta h, Гс$	$\Delta H_0, Гс$	$2A'_{z'}, Гс$	$h'/h$	$\tau_c \cdot 10^8, с$	$\nu \cdot 10^8, 1/с$
а) I-листья (640 мкР/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

Примечание:  $\Delta l$ -низкополный компонент спектра,  $\Delta h$ -высоко полный компонент,  $\Delta H_0$ -ширина центрального компонента,  $2A'_{z'}$ - расстояние между экстремумами спектра,  $h'/h$ -отношение амплитуд низкопольных линий слабо иммобилизованных зондов,  $\tau_c$ - время корреляции,  $\nu$ - частота вращения спиновых зондов

Известно, что биообъекты, содержащие гидроксильную группу, имеют характеристическую частоту O–H, лежащую в пределах  $3200\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует основному валентному колебанию этих связей [10-13].

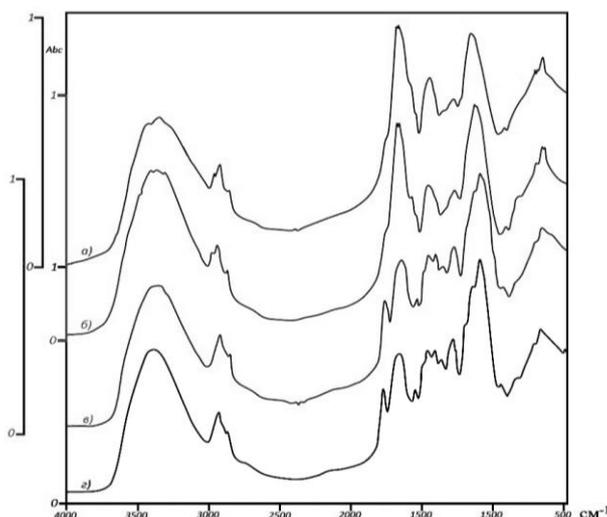


Рис.2. ИК-спектры листьев и стебли каперса колючего; а) листья из точки-I; б) листья из точки-II; в) стебли из точки-I; г) стебли из точки-II

На рис. 2 (спектры а, б) приведены ИК-спектры листьев КК из разных мест произрастания. Из рисунков видно, что радионуклиды непосредственно влияют на количество гидроксильных групп, о чём свидетельствует изменение интенсивности.

Смещение максимумов полос поглощения до  $40\text{ см}^{-1}$  ( $3368$  до  $3327\text{ см}^{-1}$ ) в области  $3600\text{--}3000\text{ см}^{-1}$  свидетельствует об изменении меж- и внутримолекулярных взаимодействий гидроксильных групп. Максимумы полос поглощения появляются в области  $2950$ ,  $2890$  и  $2850\text{ см}^{-1}$  (в области метильных и метиленовых групп). 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  $20\text{ см}^{-1}$  ( $3332\text{--}3354\text{ см}^{-1}$ ). В области метильных и метиленовых групп частоты полосы поглощения появляются в области  $2940$ ,  $2890$  и  $2845\text{ см}^{-1}$ . Это говорит об изменении меж- и внутримолекулярных взаимодействий гидроксильных и метильно-метиленовых групп.

Можно полагать, что радионуклиды уменьшают энергию межмолекулярных взаимодействий ОН-групп, о чём свидетельствуют сдвиги максимумы полос поглощения в низкочастотную область спектра до  $40\text{ см}^{-1}$  для листьев и  $20\text{ см}^{-1}$  для стеблей.

Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что количество радионуклидов влияет на концентрацию спинового зонда введённого в макромолекулы листьев и стеблей КК; параметр  $h/h_0$ , 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  $R \geq 640\text{ мкР/ч}$  для подопытных растений, структурные изменения сопровождается ростом вращательной подвижности радикала; радионуклиды больше накапливаются в листьях; выявлено, что радионуклиды уменьшают меж-и внутримолекулярное взаимодействия гидроксильных групп; определено, что радионуклиды усиливают подвижность нитроксильных радикалов, присоединённых к гидроксильным группам.

Полученные характеристики растений, основанные на ИК и ЭПР спектроскопии, можно использовать для развития технологии пищевой промышленности, для целенаправленной модификации препаратов растительного происхождения и др. отраслей, а также для обоснованного экомониторинга среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин А.И. Стимулирующие действие ионизирующего излучения на биологические процессы. Москва: Атомиздат.- 1977. -183 с.
2. Гераськин С.А. Хроническое радиационное воздействие на популяции растений // Тезисы докладов VI-съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). Москва. - 2010. - Т. 2. - С. 12.
3. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др. Динамика распределения тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в образцах почвы и пылевого аэрозоля юга Таджикистана // Оптика атмосферы и океана.- 2014. - Т. 27.- № 03. - С. 207–214.
4. Абдуллаев, С.Ф., Маслов, В.А., Назаров, и др. Изотопный состав почв Таджикистана. Ученые записки ХГУ им. академика Б. Гафурова. Естественные и эконом. науки. – Худжанд.- 2017.- №2 (41).- С. 60–65.
5. Лихтенштейн Г.И., Ямаути Дж., Накаудзи С. и др. Нитроокислы: Применение в химии, биомедицине и материаловедении. WILEY-VCH, Вайнхайм.- 2008. - С. 66–92.
6. Юсупов И.Х., Бахдавлатов А.Д, Алидодов Т., Умаров Н., Марупов Р. Исследование молекулярной структуры растения донник лекарственный (*Melilotus officinalis*L.) методом спиновых меток // ДАН РТ.- 2015. - Т. 58.- №4. - С. 309–315.
7. Юсупов И.Х., Умаров Н.Н., Марупов Р. Исследование конформационной подвижности в структуре лекарственного растения репейника (*Arctium tomentosum*Mill.) методом спиновых меток // ДАН РТ. - 2016. - Т.59.- № 9–10.- С. 392–398.
8. Фрид Д.Ж. Метод спиновых меток. Теория и применение. М.: Наука.- 1979. - 97 с.
9. Юсупов И.Х., Умаров Н.Н., Марупов Р. Влияние пестицидов на молекулярную структуру растения подорожника ланцетового (*Plantago lanceolata*L.)// Ученые записки ХГУ. - 2019. - №4 (51).- С. 25–30.
10. 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.) Rausch под действием антропогенных факторов // Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология. - 2009. - Выпуск 13.- С. 211–220.

11. 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.
12. Умаров Н.Н., Шукуров Т., Юсупов И.Х., Марупов Р. Исследования влияния дозы радиационного фона на спектральные характеристики лекарственного донника (*Melilotus officinoalis* L.) методом ИК- и ЭПР- спектроскопии // Ученые записки ХГУ 2016.- №4 (39). - С. 52–60.
13. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. МГУ имени М.В. Ломоносова, Справочные материалы. Москва.- 2012. - 68 с.
14. Мирсаидов И.У. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов и сырьевых материалов. Душанбе: Дониш.- 2014. - 106 с.
15. Березина Н.А., Афанасьева Н. Экология растений. - М.: Издательский центр «Академия».-2009. - 400 с.
16. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов-на-Дону: Издательство «Феникс».- 2001. - 576 с.

## REFERENCES

1. Kuzin A.I. Stimulating effect of ionizing radiation on biological processes. Moscow: Atomizdat.- 1977.183 p.
2. Geraskin S.A. Chronic radiation impact on plant populations // Abstracts of the VI Congress on radiation research (radiobiology, radioecology, radiation safety). Moscow. - 2010.-Vol. 2.- P. 12.
3. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I. et al. Dynamics of the distribution of heavy metals and radioactive isotopes in soil and dust aerosol samples in the south of Tajikistan // Atmosphere and Ocean Optics.- 2014. - Vol. 27.- № 03.- PP. 207–214.
4. Abdullaev S.F., Maslov V.A., Nazarov B.I. et al. Isotopic composition of soils in Tajikistan // Scientific notes KSU named after acad. B. Gafurov. Natural and economy. science. - Khujand. - 2017.- № 2 (41).- PP. 60-65.
5. Lichtenstein G.I., Yamauchi J., Nakatsuzi S. et al. Nitroxyls: Application in chemistry, biomedicine and materials science // WILEY-VCH, Weinheim. 2008.- PP. 66–92.
6. Yusupov I.Kh., Bakhdavlatov A.D., Aldidodov T.M., Umarov N., Marupov R. Investigation of the molecular structure of the plant clover medicinal (*Melilotus officinalis* L.) by the method of spin labels // ДАН РТ.- 2015.- V. 58.- № 4.- PP. 309-315.
7. Yusupov I.Kh., Umarov N.N., Marupov R. Investigation of conformational mobility in the structure of a medicinal plant of the burdock (*Arctium tomentosum* mill.) By the method of spin labels // ДАН РТ.- 2016.- V.59.- № 9-10.- PP. 392–398.
8. Fried D.Zh. The method of spin labels. Theory and application. Moscow, 1979, 97 p.
9. Yusupov I.Kh., Umarov N.N., Marupov R. Effect of pesticides on the molecular structure of the plantain plantain lanceolata (*Plantago lanceolata* L.) // Scientific notes KSU named after acad. B. Gafurov. Natural and economy. science. Khujand. - 2019. - №. 4 (51). - PP. 25-30.
10. Ilyashenko N.V., Dementieva S.M., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M., Ilyashenko V.D. Using the Fourier method - IR spectroscopy to study changes in the chemical composition of *Potentilla erecta* (L.) Raeusch under the influence of anthropogenic factors // Bulletin of TvSU. Series Biology and Ecology.- 2009.- Vol. 13.- PP. 211-220.
11. Umarov N., Davlatmamadova S. Sh., Shukurov T., Usmonov A, Marupov R. Investigation of the molecular properties of leaves of *Melilotus officinalis* (*Melelotus officinalis* (L.) Pall.), By IR spectroscopy // ДАН РТ.- 2014.-Т.57.- № 1.- PP. 32-36.
12. Umarov N.N., Shukurov T., Yusupov I. Kh., Marupov R. Investigation of the effect of the dose of radiation background on the spectral characteristics of the medicinal sweet clover (*Melilotus officinoalis* L.) by IR and EPR spectroscopy // Scientific notes KSU named after acad. B. Gafurov. Natural and economy. science. Khujand.-2016.-№ 4 (39).- PP. 52-60.
13. Tarasevich B.N. IR spectra of the main classes of organic compounds. Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Reference materials. Moscow. 2012 .- 68 p.
14. Mirsaidov I.U. Physicochemical bases for obtaining uranium concentrates from waste and raw materials. Dushanbe: Donish.- 2014 .- 106 p.
15. Berezina NA, Afanasyeva N. Plant ecology. - M. : Publishing Center "Academy" .-2009. - 400 p.
16. Korobkin V.I., Peredelsky L.V. Ecology. Rostov-on-Don: Phoenix Publishing House.- 2001 .-576 p.