

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК: 338.9+51(575.3)

НИГОРАИ ЗАЙДУЛЛО
ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ПОТОКОВ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ НА
БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
БАКТЕРИЙ RHIZOBIUM PHASEOLI IS TAAS-80 TJ И BACILLUS MEGATERIUM
VAR. PHOSPHATICUM

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D)
доктора по специальности 6D060500 – Ядерная физика (6D060504 - Прикладная
ядерная физика)

Душанбе- 2023

Диссертация выполнена на кафедре ядерной физики физического факультета Таджикского национального университета.

Научный руководитель: **Махсудов Барот Исломович** – доктор физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой ядерной физики Таджикского национального университета.

Официальные оппоненты: **Полвонов Сатимбой Ражапович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ядерной физики Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

Баротов Бахтиёр Бурхонович – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательским отделом Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана.


Ведущая организация: Физико-технический институт имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Защита диссертации состоится «28» ноября 2023 года, в 14:00 часов на заседании диссертационного Совета 6D.КАО-056 при Таджикском национальном университете по адресу: 734025, РТ, г. Душанбе, поселок Буни Хисорак, учебный корпус корпус №16, физический факультет, 206 аудитория.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте www.tnu.tj и в Центральной научной библиотеке Таджикского национального университета по адресу 734025, г. Душанбе, проспект 17

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета
6D.КАО-056, к. ф.-м. н., доцент



Исломов З.З.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и необходимость проведения исследования. В настоящее время стремительно развиваются разделы науки, относящиеся к прикладным задачам ядерной физики. Это связано с широким применением ядерного излучения в медицине и биофизике. Составной частью этих исследований можно также назвать ядерную биотехнологию производства микроудобрений, которая может быть использована для увеличения быстрого действия удобрений, содержащих органические вещества для дальнейшего их применения в технологии гарантированного производства сельхозпродуктов.

Исходя из этого, исследование воздействия тепловых нейтронов на различные характеристики биологических систем представляется важной научной задачей прикладной ядерной физики, которая приведёт к разработке новых способов использования достижений ядерной биотехнологии для улучшения качества микроудобрений. На основании достаточно простого биологического строения бактерий, в настоящем диссертационном исследовании исследовано изменение характеристики бактерий при воздействии на них тепловых нейтронов, в качестве основных объектов исследования выбраны штаммы бактерии рода *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, также предложен новый способ изучения влияния малых потоков тепловых нейтронов на свойства биологических объектов.

Степень изученности научной проблемы, теоретические и методологические основы исследований. При изучении воздействия ионизирующих излучений на изменение свойств различных материалов органического и неорганического происхождения был выявлен эффект так называемых “малых доз”. Соответственно, незначительные дозы радиационных ионизирующих излучений оказывают положительное воздействие на свойства материалов, улучшая их. В частности, авторы [1] изучили воздействие γ -излучения на характеристики инжекционных полупроводниковых лазеров.

Поскольку в кристаллических решётках твёрдых тел и компонентах биологических макромолекул не происходит изменений электронных конфигураций входящих в их состав атомов при воздействии на них тепловых нейтронов, вероятность структурных изменений в этих объектах является чрезвычайно низкой. Поэтому механизмы, согласно которым нейтроны малых энергий (<1 эВ) воздействуют на характеристики различных биологических или не биологических сред, исследованы слабо и недостаточно.

Взаимодействие нейтронов с различными веществами происходит в том случае, когда ядра атомов осуществляют радиационный захват нейтронов, которые составляют данное вещество [2]. Помимо этого, выявлены ряд процессов, которые связаны с упругим и/или неупругим рассеянием нейтронов в атомных ядрах веществ. Исходя из этого, в биологических объектах вероятности структурных превращений нейтронно-стимулированных типов находятся в зависимостях от сечений захватов нейтронов различными атомными ядрами различных веществ. По мнению [3], сечения захватов тепловых нейтронов атомными ядрами значительно выше по сравнению с нейтронами высоких энергий.

Изучению воздействия тепловых нейтронов на характеристики биологических систем посвящено достаточно большое количество работ, но в целом данная проблема является слабоизученной [4, 5]. Известным фактом является то, что практически все биологические объекты постоянно подвержены влиянию на них малых потоков тепловых

нейтронов, особенно это характерно при полётах в космическом пространстве или в стратосфере. Биологические объекты на земной поверхности облучаются за счёт тепловых нейтронов, это происходит в результате взаимодействия атмосферы с космическими лучами, после данного взаимодействия возникают различные элементарные частицы, в том числе возникают нейтроны (в виде широких атмосферных ливней). Исходя из этого, исследование воздействия тепловых нейтронов на различные характеристики биологических систем представляет собой интересную научную задачу.

Так, авторами [5] исследовано воздействие малого потока тепловых нейтронов на биологические характеристики макромолекулы ДНК и их структурные трансформации, а также изучено влияние потока тепловых нейтронов на выживаемость в условиях комнатной температуры такого типа бактерий, как *Escherichia coli*. Из-за сложности данных биологических объектов практически остаются неизученными физические механизмы, которые приводят к эффектам гормезиса.

Основой для данного исследования послужили отечественные и иностранные научные труды авторов, которые работали по данному направлению, это научные труды таких учёных, как: А. П. Мамонтов, И. П. Чернов, К. Tanaka, М. Hoshi, W. Zhang, S. Endo, С. Р. Полвонов, К. Олимов, Г. П. Жижина, А. Г. Липсон, А. Ю. Цивидзе, А. М. Кузин Т. Д. Luchkey, К. N. Prasad и др.

Из отечественных авторов, которые проводили работы по взаимодействию ядерного излучения с веществом, в том числе изучении радиоизотопов состава биологических объектов, следует назвать В. Г. Гафурова, А.А. Саломова, Б. И. Махсудова, Я. Шукурова, О. Аббосова, Р. Маруфова, Т. Шукурова, Т.А. Ходжаев, С. Ф. Абдуллаева, Н. У. Муллоева и др.

Связь исследования с научными проектами и темами. Диссертационная работа выполнена в 2018-2021 гг. в соответствии с тематикой научных исследований кафедры ядерной физики Таджикского национального университета (ТНУ) по теме “Ядерное взаимодействие нейтронов с веществом”, №2241-03 от 25.06.16 г., 01 16 TJ 00666 от 23.11.2016 г.

Тема диссертационной работы соответствует Перечню, в который включены приоритетные направления научных и научно-технических исследований, выполняемые в течение 2015-2020 гг. Республике Таджикистан (Согласно Постановлению Правительства РТ № 765 от 04.12.2014 г.) и на период с 2021 по 2025 гг. (Согласно Постановлению Правительства РТ № 503 от 26.09.2020 г.).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования. Исследование воздействия тепловых нейтронов малого потока на изменение биологической активности и спектральных характеристик штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и штаммов бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Задачи исследования:

1. Разработка методики получения штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.
2. Исследование влияния малого потока тепловых нейтронов на биологическую активность бактерий.

3. Проведения модельного эксперимента влияния малого потока тепловых нейтронов на биологическую активность микроудобрений.

4. Исследование характеристик штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* спектральными методами.

5. С помощью исследования ИК-спектров поглощения, полученных для штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* определить возможные механизмы протекания ядерных реакций под действием тепловых нейтронов, приводящих к изменениям характеристик этих бактерий.

Объект исследования. Объектом исследования являются бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, а также изменения их характеристик под действием малого потока тепловых нейтронов.

Предметом исследования являются изменения биологической активности и спектральные характеристики, которые получены для штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* после их обработки тепловыми нейтронами.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые:

- **обнаружено** явление “нейтронного гормезиса” при взаимодействии тепловых нейтронов малых потоков на штаммы бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*;

- **исследованы** характеристики ИК-спектров, снятых для штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum*, которые находят применение в качестве составной части микроудобрений;

- **установлены** физические причины, приводящие к улучшению характеристик биологических активностей указанных бактерий при воздействии на них определённого потока тепловых нейтронов.

Теоретическая ценность исследования. Методом ИК-спектроскопии установлено, что улучшение характеристик биологических активностей указанных бактерий при воздействии на них определённого потока тепловых нейтронов зависит от протекающих в них ядерных реакций с радиационным захватом тепловых нейтронов более лёгкими ядрами. Выяснение роли составляющих биомолекул микроорганизмов в “нейтронном гормезисе” представляет ценность в детализации физического механизма обнаруженного эффекта.

Практическая ценность исследования. Полученные в работе экспериментальные результаты, а также обнаруженный эффект “нейтронного гормезиса” найдут применение в ядерной биотехнологии производства микроудобрений и могут быть использованы для увеличения быстродействия удобрений, содержащих органические вещества для дальнейшего их применения в технологии гарантированного производства сельхозпродуктов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Существует явление “нейтронного гормезиса”, связанное с уменьшением времени прорастания бактерий при их облучении малыми потоками тепловых нейтронов. Наилучший результат достигается при потоке тепловых нейтронов $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см², и в этом случае время прорастания бактерий уменьшается в 5-6 раз.

2. Характерные пики, наблюдаемые на ИК-спектрах, зарегистрированные для бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum*,

являются подтверждением двойственности и двучленности молекул указанных бактерий, соответственно в их состав входят алифатические и ароматические цепи.

3. Вероятно, что механизмом, оказывающим влияние на ИК-спектры бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, является эффект “нейтронного гормезиса”, а также влияние тепловых нейтронов, что выражается ядерными реакциями по радиационному захвату тепловых нейтронов атомными ядрами типа ${}^{14}_7\text{N}(n, p){}^{14}_6\text{C}$.

Достоверность полученных результатов обеспечивается наличием многократно повторяемых экспериментальных данных. С целью обеспечения надёжности данных физических параметров проводилось усреднение результатов измерения по стандартным методикам.

Соответствие паспорту научной специальности.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 6D060500-Ядерная физика (6D060504 - Прикладная ядерная физика), который утверждён Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан, основой которого являются экспериментальные и теоретические исследования, посвященные изучению взаимодействия ядерного излучения с веществом, радиационной безопасности человека и окружающей среды, использованию методов ядерной физики для анализа химических элементов состава вещества, а также определению роли мутировавших воздействий ядерного излучения в астрофизических ядрах. Значение научных и технических проблем данной специальности состоит в изучении прикладных основ структуры вещества ядерно-физическими методами и развитии применения ядерной физики в национальной экономике. Соответствие отмечается по следующим пунктам:

- влияние ядерного излучения на структуру вещества. Радиационные дефекты.
- нейтронная физика.
- химические и биологические эффекты под действием ядерного излучения.
- воздействие ядерного излучения на свойства бактерий, биомолекулы, клетки и все органы.
- использование радиационного излучения в науке и технике.

Личный вклад соискателя. Автор непосредственно участвовала в процессе выращивания бактерий, измерений времени активации выращенных бактерий, экспериментальных исследованиях спектральных характеристик изучаемых объектов, в компьютерной обработке полученных данных и анализе экспериментальных исследований по влиянию малых потоков тепловых нейтронов на свойства бактерий. Основные результаты диссертационной работы, их интерпретация и соответствующие заключения выполнены автором лично.

Апробация работы. Результаты данной диссертационной работы обсуждались на семинарах физического факультета и кафедры ядерной физики Таджикского национального университета (Душанбе, 2018-2021 гг.); а также были доложены на: Республиканской научно-практической конференции “Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики”, посвященной “20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования” (Душанбе, 19 февраля 2020); Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ (Душанбе, 20-27 апреля

2019 г.); Республиканской научно-практической конференции “Математическое и компьютерное моделирование физических процессов” (Душанбе, 25 октября 2019 г.); Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной “20-летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования на период 2020-2040 гг.” (Душанбе, 2020 г.); XV Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов “Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки” (Душанбе, 24 апреля 2020 г.); Научно-практической конференции “Проблемы и перспективы физики, техники и технологии полупроводников” (Худжанд, 2021 г.); Симпозиуме физиков Таджикистана, посвященном 85-летию академика Р. Марупова (Душанбе 25-26 ноября 2021 г.); Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ (Душанбе, 2021 г.).

Опубликованные результаты диссертации. Материалы диссертационной работы опубликованы в 10 научных изданиях, в том числе 4 статьи в аннотируемых журналах ВАК Республики Таджикистан, 6 тезисов в сборниках и материалах научных конференций и симпозиумов республиканского и международного формата.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации определена в соответствии с целями и задачами исследования и включает введение, четыре главы, заключение, список литературных источников (135) и приложение. Общий объём диссертации составляет 125 страниц компьютерного набора, количество рисунков 20, таблиц 10.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования, кратко излагается содержание предмета исследования. Формулируются основные цели и задачи диссертационного исследования, обосновываются научная новизна и практическая значимость. Приводятся основные положения, которые автор выносит на открытую защиту, обосновывается достоверность полученных автором результатов, указывается личный вклад автора.

В первой главе приводится обзор имеющихся литературных источников по влиянию ионизирующего излучения на свойства различных материалов, приводится анализ различных аспектов влияния нейтронов на свойства веществ и особенностей взаимодействия тепловых нейтронов с биологическими средами. Обосновывается необходимость проведения исследования по данной тематике.

Во второй главе приведена методика выращивания бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, ИК-спектрометрический метод исследования степени изменения спектральных характеристик исследуемых объектов и способ облучения бактерий тепловыми нейтронами. Приводятся характеристики изотопного источника нейтронов на основе Pu-Be, способы получения тепловых нейтронов, схема бака для получения тепловых нейтронов и возможные ядерные реакции радиационного захвата тепловых нейтронов лёгкими ядрами атомов состава органических веществ.

Третья глава посвящена результатам экспериментальных исследований влияния тепловых нейтронов на время активации бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и

Bacillus megaterium var. *Phosphaticum* в зависимости от величины потока тепловых нейтронов. Приводятся результаты анализа экспериментальных результатов по выявлению возможных механизмов влияния тепловых нейтронов на свойства биологических объектов, связанные с протеканием ядерных реакций радиационного захвата тепловых нейтронов ядрами атомов азота. Отдельно приводятся результаты модельного эксперимента по изучению влияния малых потоков тепловых нейтронов на биологическую активность гуминовых кислот, которые используются при выращивании различных сельхоз культур на примере арахиса.

Представители рода бактерий *Rhizobium* и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* обладают способностью аккумулировать атмосферный молекулярный азот, преобразовывать его в удобную форму для дальнейшего использования растениями. В качестве материала для исследования выбраны вышеуказанные бактерии, поскольку в их составе имеется значительное содержание атомов азота. Для сравнения экспериментальных результатов данный эксперимент повторно проводился для азотфиксирующей бактерии *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* осуществлялось выращивались согласно стандартным методиками из клубеньков фасоли и кукурузного рыльца. Азотфиксирующие клубеньки бобовых обладают способностью фиксировать из атмосферного воздуха азот и фосфор, переводя его в усвояемые для растений формы, проявляют высокие симбиотические способности, кроме того, эти штаммы бактерий оказывают стимулирующее действие на рост и развитие фасоли, повышают её урожайность.

Для каждого из опытов была проведена трехкратная повторность с целью получения более точных результатов. При облучении бактерий тепловыми нейтронами температура среды составляла 28°C, бактерии облучались в течение от одного до 72 часов с фиксацией получаемых данных каждый час.

На рис.1 приведены фото чашек Петри с пересевом облучённых образцов бактерий с различными временами облучения и времени пересева.



а

б

в

Рисунок 1. Пересев облучённых образцов бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ с различными временами облучения и времени пересева; а – длительность облучения 1 час, время пересева 14 часов; б - длительность облучения 3 час, время пересева 24 часов; в – длительность облучения 24 час, время пересева 18 часов.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты опытов, в которых исследовалась зависимость времени размножения бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus*

Vacillus megaterium var. *phosphaticum* от длительности облучения тепловыми нейтронами. На рисунках 2 и 3 приводятся результаты изучения влияния величины потока тепловых нейтронов на время прорастания бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Vacillus megaterium* var. *phosphaticum*. Показано, что наиболее оптимальным временем облучения является трёхчасовое облучение. Также необходимо отметить, что при стандартном режиме для полноценного роста бактерий необходимо 48 часов.

Таблица 1 - Зависимость времени размножения бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ от длительности облучения тепловыми нейтронами

№	Длительность облучения, ч	Поток облучения, нейтрон/см ²	№ опытов и время размножения, ч			Средний показатель, ч
			I	II	III	
0	-	-	49	47	48	48
1	1	1,8·10 ⁶	18	20	21	19,7
2	3	5,4·10 ⁶	8	12	10	10
3	8	1,44·10 ⁷	14	18	15	15,7
4	24	4,32·10 ⁷	21	20	16	19
5	48	8,64·10 ⁷	24	20	16	20
6	72	1,3·10 ⁸	Разрушение			

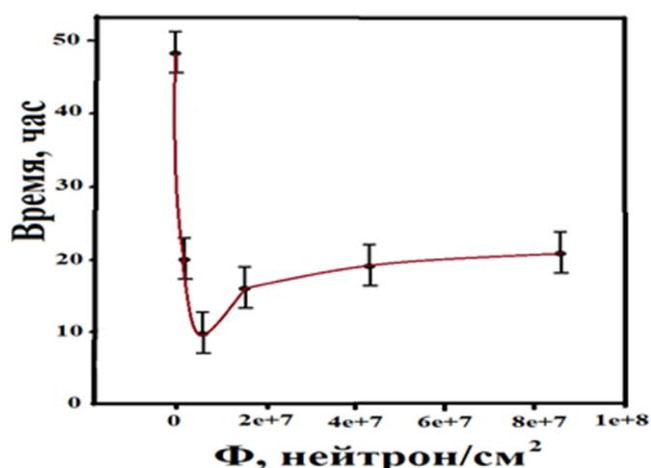


Рисунок 2 – Влияние величины потока тепловых нейтронов на время прорастания бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ

Таблица 2 - Зависимость времени размножения бактерий *Vacillus megaterium* var. *phosphaticum* от длительности облучения тепловыми нейтронами

№	Длительность облучения, ч	Поток облучения, нейтрон/см ²	№ опытов и время размножения, ч			Средний показатель, ч
			I	II	III	
0	-	-	43	47	45	45
1	1	1,8·10 ⁶	18	20	11	16,3
2	3	5,4·10 ⁶	8	12	8	9,3
3	8	1,44·10 ⁷	12	12	12	12
4	24	4,32·10 ⁷	15	18	14	15,6
5	48	8,64·10 ⁷	19	20	12	17
6	72	1,3·10 ⁸	Разрушение			

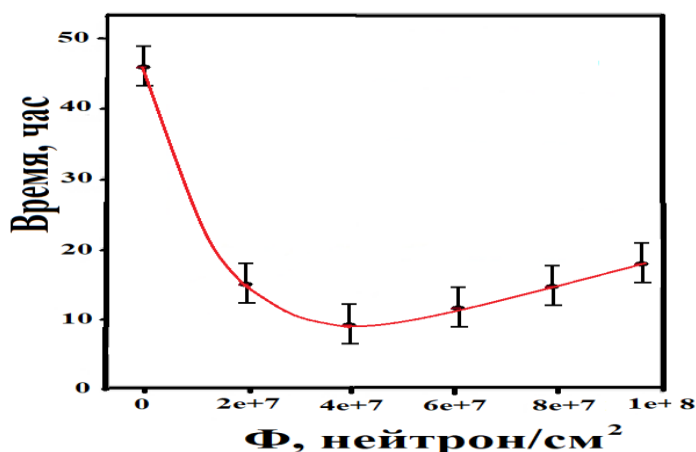


Рисунок 3 – Влияние величины потока тепловых нейтронов на время прорастания бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Анализ экспериментальных данных показывают, что после трёхчасового облучения время прорастания бактерий сокращается примерно в 5-6 раз, а именно составляет 8-12 часов. В течение этого времени (3 часа) указанные бактерии облучались потоками тепловых нейтронов мощностью $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см². Также необходимо констатировать, что изменение в 5-6 раз свойств биологических объектов под воздействием потока тепловых нейтронов обнаружено впервые, что определяет целенаправленный выбор объектов исследования.

Как уже было сказано, при экспериментальном изучении влияния малого потока тепловых нейтронов на состав различных веществ большую роль играет выбор вещества. Были выполнены опыты по изучению влияния облучённой гуминовой кислоты на биологическую активность семян арахиса. Изучалось распускание корней семян арахиса и их озеленение. Опыты были выполнены следующим образом. Брали гуминовую кислоту в количестве 350 мл, навеску делили на две одинаковые порции – образца. Первый образец, вес которого составлял 175 мл, подвергался в течение трёх часов облучению тепловыми нейтронами, мощность потока нейтронов была равна $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см². Вторым образцом не облучали. Далее оба образца смешивали со столовой водой (по 3 литра на каждый из образцов). Полученным раствором орошали семена арахиса.

Выбор арахиса был связан с тем, что данный вид растений имеет достаточно длительный период прорастания семян, поэтому имеется достаточная объективность наблюдения фаз прорастания в течение времени при условии, что семена арахиса поливались, как облучённым раствором гуминовых кислот, так и необлучённым раствором, который использовали в качестве эталонного образца.

Каждый опыт был проведён в трёхкратной повторности. В две чашки Петри было помещено по 5 штук семян арахиса. Ежедневно семена арахиса в первой чашке Петри поливались облучённым раствором гуминовой кислоты в количестве 50 мл, семена арахиса во второй чашке Петри поливались обычным эталонным раствором гуминовой кислоты также взятом в количестве 50 мл, как и для первого образца. В течение первых 4-х дней изменений с семенами арахиса не происходило, на 5-й день семена выпустили корешки. Причём в первом образце с облучёнными семенами количество корешков было 5, а во втором образце с необлучёнными семенами – всего 2 корешка, также в этом образце даже через 13 дней после обработки необлучённым раствором гумусовой кислоты прорастание корешков семян арахиса составило из пяти штук семян всего 3. На основании анализа данных можно заключить, что, полив семян облучённым раствором гуминовой кислоты благоприятно влияет на вегетацию корней арахиса – семена значительно раньше начинают выпускать корни по сравнению с образцами, которые поливались необлучённым раствором гуминовой кислоты.

После проращивания семян арахиса в чашках Петри через 2 недели они были посажены в горшки с землёй до полного прорастания и созревания семян. В данном опыте также первый образец поливался облучённым раствором гуминовой кислоты в количестве 50 мл, семена арахиса во втором горшке поливались обычным эталонным раствором гуминовой кислоты. После посадки в горшки в течение пяти дней с ними не происходило изменений, на 6-й день семена проросли зелёными ростками. Через 6 дней озеленение составило для облучённых семян – 1.5 см, для необлучённых – 1 см. При дальнейшем поливе через 13 дней стало видно, что семена, поливаемые облучённым раствором гуминовой кислоты, показали более значительный рост по сравнению с семенами, поливаемыми необлучённым раствором гуминовой кислоты – эти величины составили 9.0 см и 3.5 см, соответственно.

После анализа полученных результатов можно констатировать, что при облучении гуминовой кислоты тепловыми нейтронами малых потоков ($5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см²) и поливе её растворами семян арахиса для последних значительно сокращается время прорастания и быстрее происходит озеленение. Таким образом, обобщая в целом результаты данного эксперимента, показано, что при облучении тепловыми нейтронами указанных величин для семян арахиса значительно увеличивается их биологическая активность.

Четвертая глава посвящена результатам экспериментальных исследований ИК-спектров *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* и определена зависимость спектральных характеристик этих биологических объектов от величины потока тепловых нейтронов. Предметом исследований стали ИК - спектры бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* и оценка влияния малого потока тепловых нейтронов на спектральные характеристики этих бактерий предназначенных для применения в производстве микроудобрений. Обнаружено, что в некоторых полосах ИК-спектра бактерий при их облучении малыми потоками тепловых нейтронов происходят изменения оптической плотности.

Одним из обязательных условий для получения точных количественных результатов можно назвать правильную выборку на ИК-спектрах аналитических полос, по которым в дальнейшем будут идентифицироваться исследуемые вещества.

Известно, что биологическая эффективность бактерий зависит от их физико-химических характеристик и их молекулярных структур. Поэтому начальным этапом нашего диссертационного исследования являлось определение молекулярной структуры бактерий ИК-спектроскопическим методом.

Бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* при вступлении в симбиоз с растениями обладают способностью фиксации из атмосферного воздуха молекулярного азота и фосфора. Для нашего эксперимента важным фактором выбора этих видов бактерий являлось наличие в выбранных нами видах бактерий значительных количеств атомарного азота и фосфора.

На рисунке 4 в качестве примера приводится ИК-спектр бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ.

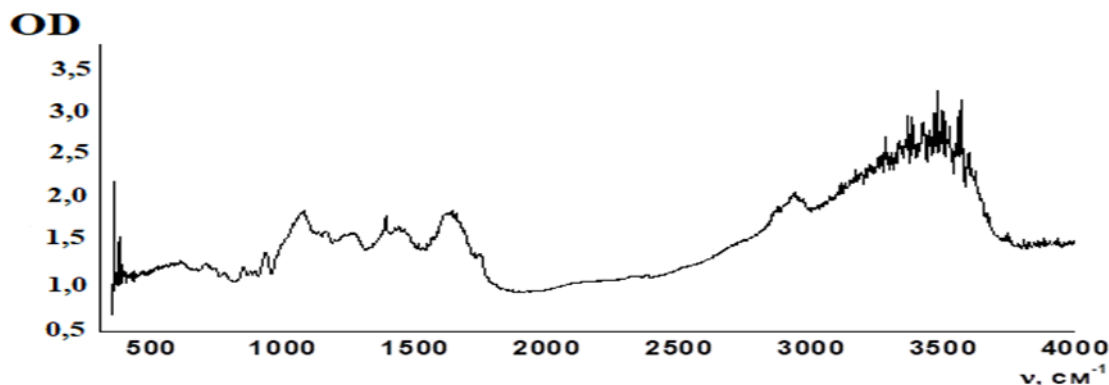


Рисунок 4 – Исходный ИК-спектр бактерий вида *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ.

Как видно из рисунка 4, в спектральной области от 4000 до 400 см^{-1} отмечается значительное количество полос с различными формами и интенсивностями, что позволяет предположить, что в составе рассмотренных бактерий присутствуют различные функциональные группы. На основании ИК-спектра, приведённого на рисунке 4, нами проведено обобщение и анализ данного спектра с определением индивидуальных полос поглощения и на их основании определением функциональных групп.

Такой же эксперимент был проведён для бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

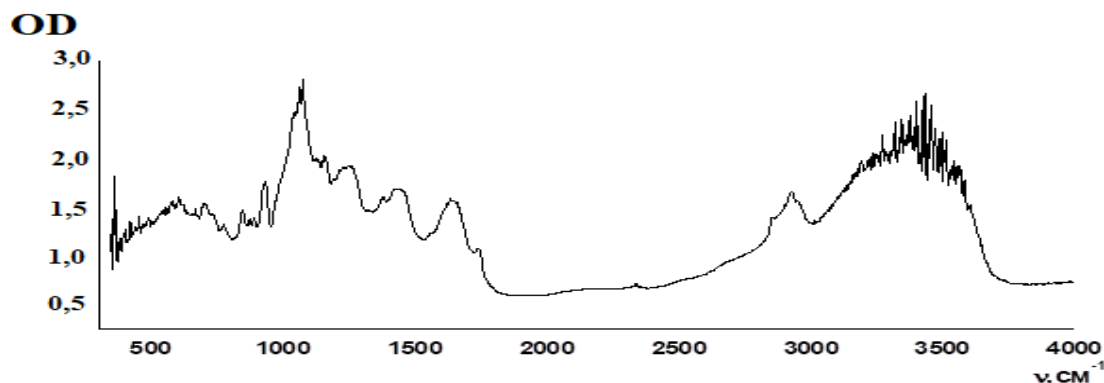
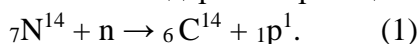


Рисунок 5 – Исходный ИК-спектр бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Сравнение ИК-спектров исследуемых бактерий (рисунки 4 и 5) показало, что основные интенсивные полосы присутствуют в ИК-спектрах обеих бактерий. Различия наблюдаются в некотором слабом сдвиге максимумов полос по частоте, а также в интенсивности полос. Например, в ИК-спектре *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (рисунок 5) слабая полоса, относящаяся к колебаниям C=O-групп проявляется в области 1740 см^{-1} , тогда как в спектре азотфиксирующих бактерий (рисунок 4) эта полоса проявляется в области 1730 см^{-1} . Интенсивность группы полос в области 1500-1000 см^{-1} в спектре бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ (рисунок 4) ниже, чем интенсивность широкой полосы при 1645 см^{-1} , тогда как в спектре *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (рисунок 5) интенсивность рассматриваемых полос намного выше интенсивности полосы 1645 см^{-1} . В спектре бактерии *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ (рисунок 4) интенсивность полосы 1384 см^{-1} выше интенсивности полосы 1425 см^{-1} , а в спектре бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (рисунок 5) интенсивность полосы 1384 см^{-1} ниже интенсивности полосы 1425 см^{-1} .

Различные колебания C-H-связи метильной группы (CH_3) в ИК-спектре исследованных нами бактерий проявляются в полосах поглощения 2960, 2891 и 1384 см^{-1} (рисунок 4). Полосы 2960 и 2891 см^{-1} перекрываются с другими близлежащими полосами, что затрудняет использовать изменения интенсивности этих полос при внешних воздействиях. Полоса 1384 см^{-1} находится на низкочастотном крыле группы полос при 1400 см^{-1} . Полоса 1384 см^{-1} достаточно интенсивная, узкая и чёткая, что позволяет получить конкретные результаты при измерении её интенсивности.

Полоса 1384 см^{-1} относится к симметричным деформационным колебаниям C-H-связи в метильной группе (CH_3). Рост оптической плотности полосы 1384 см^{-1} связан с увеличением концентрации метильных групп в изотопе C^{14} , то есть групп C^{14}H_3 , обусловленных ядерными реакциями типа (1).



Можно предположить, что при облучении тепловыми нейтронами одновременно протекает свободно радикальная реакция превращения метильной группы (CH_3) в другие, из-за потери водорода или других причин. В последствие наблюдается уменьшение интенсивности полосы 1384 см^{-1} .

Предположено, что наблюдаемые графики изменения оптической полосы при 1384 см^{-1} от потока тепловых нейтронов связаны с конкуренцией двух параллельных реакций (1) и вторичной свободно радикальной реакции уменьшения метильной группы (C^{14}H_3).

Чтобы количественно определить в ИК-спектрах интенсивность полос поглощения, а также относительную концентрацию функциональных групп в составе высокомолекулярных соединений, пользуются величинами относительной оптической плотности, так как в молекуле существует взаимосвязь между высокой интенсивностью полос поглощения и высокой концентрацией функциональных групп.

В данном исследовании по полученным ИК-спектрам представлена относительная количественная оценка, характеризующая концентрацию функциональных групп, оценка даётся согласно соотношению оптических плотностей полос поглощения (ОППП), характеризующих кислородсодержащие функциональные группы (νOH - при 3400 см^{-1} , $\nu_{\text{C-O}}$, C-O-C-групп при 1225 см^{-1} , $\nu_{\text{C-O}}$ – при 1035 см^{-1}) и оптических плотностей полос поглощения, которые характеризуют алифатические (2920 см^{-1}) и ароматические (1610 см^{-1}) структурные фрагменты. Обобщённые результаты данного исследования приводятся в таблице 4.

Таблица 4 - Отношение оптических полос поглощения ОППП (D)

Отношение оптических полос поглощения ОППП (D)	Значение
D_{3430}/D_{1635}	1.13
D_{1730}/D_{1645}	0.75
D_{1225}/D_{1645}	0.9
D_{1065}/D_{1645}	1.11
D_{2936}/D_{1645}	0.84
D_{3430}/D_{2936}	1.34
D_{1730}/D_{2936}	0.89
D_{1225}/D_{2936}	1.06
D_{1065}/D_{2936}	1.31
D_{1065}/D_{1730}	1.47
D_{1645}/D_{2936}	1.18

При сравнении исходных ИК-спектров бактерий с ИК-спектрами облучёнными тепловыми нейтронами бактерий при малых потоках наблюдается заметное повышение интенсивности полосы поглощения при 1384 см^{-1} . При дальнейшем увеличении облучения интенсивность этой полосы снижается. В качестве иллюстрации сказанного на рисунках 6.1 и 7.1 приведены ИК-спектры изученных нами бактерий после облучения тепловыми нейтронами при потоках $5.4 \cdot 10^6$ нейтрон/ см^2 в области частот 1384 см^{-1} .

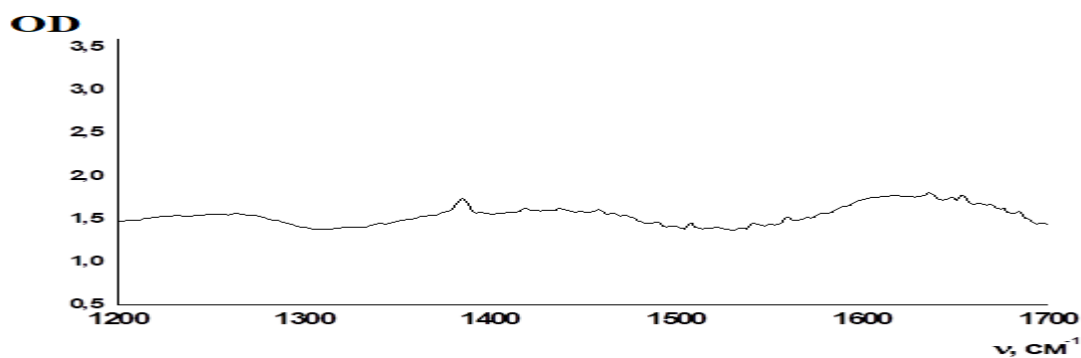


Рисунок 6 - Исходный ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ для области частот 1384 cm^{-1} .

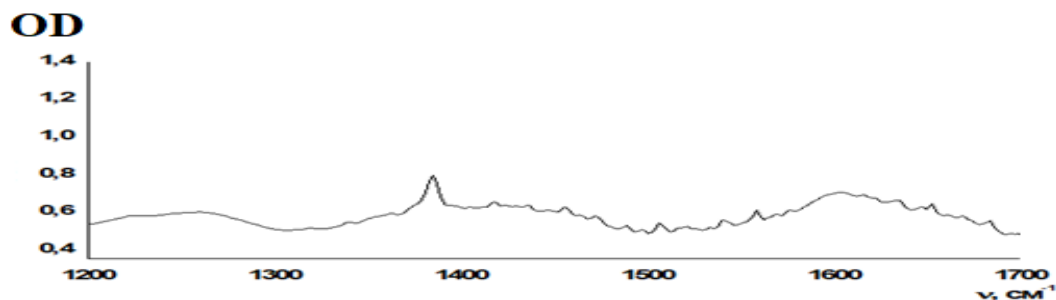


Рисунок 6.1 - ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ после облучения их тепловыми нейтронами при потоках $5.4 \cdot 10^6$ нейтрон/ cm^2 для области частот 1384 cm^{-1} .

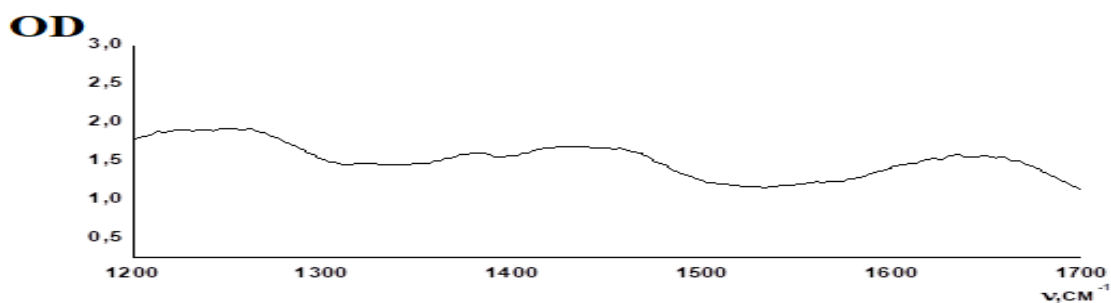


Рисунок 7 – Исходный ИК-спектр бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* для области частот 1384 cm^{-1} .

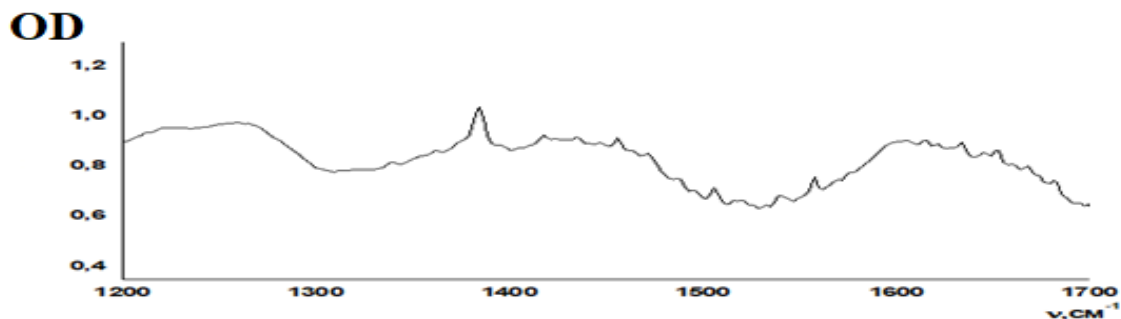


Рисунок 7.1 - ИК-спектр бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, облученные тепловыми нейтронами при потоках $5.4 \cdot 10^6$ нейтрон/ cm^2 для области частот 1384 cm^{-1} .

Исследована зависимость оптической плотности полосы при 1384 cm^{-1} , которая ответственна за деформационные колебания δCH -группы в ИК-спектрах бактерий видов

Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ (рисунок 8) и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (рисунок 9) от величин потоков тепловых нейтронов.

На основании сравнительного анализа ИК-спектров на рисунках 8 и 9 можно утверждать, что оптическая плотность полосы при 1384 см^{-1} для обоих видов бактерий увеличивается при определённых потоках тепловых нейтронов. Эта оптическая плотность данной полосы для обоих бактерий увеличивается, и далее эта зависимость после прохождения через максимум снова начинает снижаться. В этом случае происходит увеличение биологической активности исследуемых бактерий.

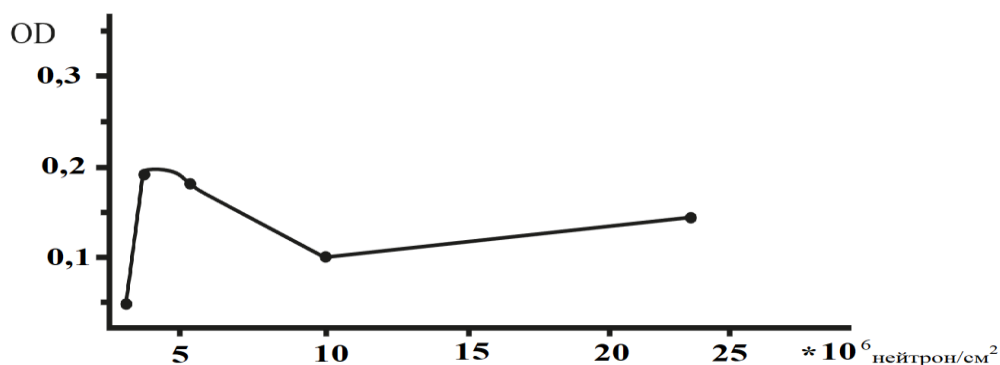


Рисунок 8 – Влияние величины потока тепловых нейтронов на изменение оптической плотности полосы поглощения 1384 см^{-1} в ИК-спектре *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ.

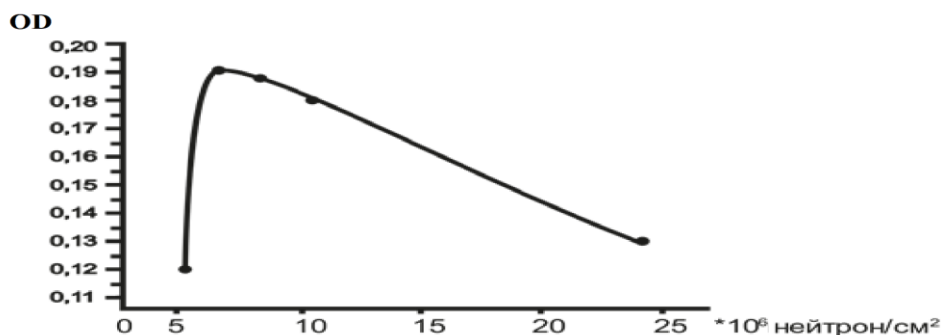


Рисунок 9 - Влияние величины потока тепловых нейтронов на изменение оптической плотности полосы поглощения 1384 см^{-1} в ИК-спектре *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Таким образом, на основании результатов, полученных в данном разделе, можно констатировать о наличии корреляции между повышением биологической активности и увеличением значений оптических плотностей отдельных полос поглощения в ИК-спектрах бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* после облучения их слабыми потоками тепловых нейтронов. Данная зависимость указывает на протекание ядерной реакции с радиационным захватом тепловых нейтронов $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$, что приводит к снижению содержания атомных ядер азота и увеличению за счёт этого содержания атомных ядер углерода. Исходя из этого, представляется перспективным искусственным путём увеличить содержание в биологических объектах атомов углерода и, тем самым увеличить биологическую активность исследуемых объектов - бактерий.

ВЫВОДЫ

Основные научные результаты диссертации:

В диссертации достигнута основная цель, заключающаяся в исследовании влияния малых потоков тепловых нейтронов на биологическую активность и спектральные характеристик биологических объектов на примере бактерий. В данной работе экспериментально показано, что основным механизмом, согласно которому осуществляется воздействие на биологические объекты малых потоков тепловых нейтронов, является ядерная реакция, в которой участвуют лёгкие атомные ядра, данная реакция также инициирует явление гормезиса. Явление гормезиса также проявляется при облучении малыми потоками тепловых нейтронов бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*. Определено, что время прорастания бактерий при инициировании явления гормезиса уменьшается в 5-6 раз при потоках тепловых нейтронов, составляющих $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см².

С помощью ИК-спектроскопических методов для бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* определены их полосы поглощения с основными характеристичными максимумами.

Отмечается корреляция между повышением биологической активности и увеличением значений оптических плотностей полосы поглощения при 1384 см^{-1} в ИК-спектрах бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* после облучения их слабыми потоками тепловых нейтронов. Изменение оптической плотности полосы поглощения при 1384 см^{-1} указывает на протекание ядерной реакции с радиационным захватом тепловых нейтронов $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$, что приводит к снижению содержания атомных ядер азота и увеличению за счёт этого содержания атомных ядер углерода. Исходя из этого, представляется перспективным искусственным путём увеличить содержание в биологических объектах атомов углерода и, тем самым увеличить биологическую активность исследуемых объектов - бактерий.

В данной диссертационной работе исследования экспериментального характера выполнены полностью и предлагаются следующие новые научные результаты:

1. Освоена методика выращивания бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и разработана методика выращивания бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* [1-А, 5-А].

2. Установлено, что при облучении бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* тепловыми нейтронами малого потока наблюдается эффект “нейтронного гормезиса”. Время прорастания бактерий при потоках тепловых нейтронов $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² уменьшается в 5-6 раз [2-А, 5-А, 7-А, 8-А].

3. Экспериментально доказано сокращение времени прорастания семян арахиса при обработке их раствором гуминовой кислоты, которая облучена малым потоком тепловых нейтронов $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² [4-А].

4. В ИК-спектрах бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* для полос поглощения определены их основные характеристичные максимумы. Наблюдаемые характеристичные пики подтверждают присутствие алифатических и ароматических цепей в бактериях, то есть эти два вида бактерий являются двучленными. Установлено, что в исследованных нами бактериях карбонильных и гидроксильных групп намного больше, чем алифатических и ароматических групп. Для бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ наблюдается

преобладание ароматической составляющей над алкильными, тогда как для бактерий *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* эти составляющие почти равны.

5. Показано что облучение изученных бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* малыми потоками тепловых нейтронов приводит к изменению интенсивности основных ИК-полос поглощения. Наблюдается заметное уменьшение гидроксильных групп по сравнению с ароматическими и алкильными фрагментами.

6. Показано, что оптическая плотность полосы поглощения при 1384 см⁻¹ от продолжительности облучения, возрастая в начале облучения, далее уменьшается.

7. Отмечается корреляция между повышением биологической активности и увеличением значений оптических плотностей полосы поглощения при 1384 см⁻¹ в ИК-спектрах бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* после облучения их малыми потоками тепловых нейтронов. Изменение оптической плотности полосы поглощения при 1384 см⁻¹ указывает на протекание ядерной реакции с радиационным захватом тепловых нейтронов $^{14}_7\text{N}(n,p)^{14}_6\text{C}$, что приводит к снижению содержания атомных ядер азота и увеличению за счёт этого содержания атомных ядер углерода. Искусственное увеличение содержания атомных ядер углерода увеличит биологическую активность исследуемых объектов - бактерий [1-А, 2-А, 3-А, 7-А, 8-А, 10-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

На примере изменения характеристик бактерий видов *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, облучённых тепловыми нейтронами, предложен новый способ изучения влияния малых потоков тепловых нейтронов на свойства биологических объектов, который приведёт к разработке новых способов использования достижений ядерной биотехнологии для улучшения качества микроудобрений.

Полученные в работе экспериментальные результаты, а также обнаруженный эффект “нейтронного гормезиса” найдут применение в ядерной биотехнологии производства микроудобрений, и могут быть использованы для увеличения быстродействия удобрений, содержащих органические вещества для дальнейшего их применения в технологии гарантированного производства сельхозпродуктов.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИИ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК
при Президенте Республики Таджикистан**

[1-А]. **Нигораи, З.** Эффекты при взаимодействии малых потоков тепловых нейтронов с веществом / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. - 2020. - № 1. - С. 94-106.

[2-А]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на скорость роста бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, К. Х. Салимов, З. Нигораи // Доклады НАН Таджикистана. - 2020. - Т. 63. - № 11-12. - С. 723-726.

[3-А]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, Н. У. Муллоев, З. Нигораи // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. - Т. 64. - № 7-8. - С. 406-412.

[4-А]. **Нигораи, З.** Влияние тепловых нейтронов на биологическую активность гуминовых кислот / З. Нигораи // Кишоварз - Теоретический и научно- практический журнал «Земледелие». - 2021. - Т. 93. - № 4. - С. 20-24.

Статьи, опубликованные в материалах международных и республиканских конференций:

[5-А]. **Нигораи, З.** Влияние тепловых нейтронов на свойства бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, К. Х. Салимов, З. Нигораи // Республиканская научно-практическая конференция «Математическое и компьютерное моделирование физических процессов». – Душанбе, 2019. - С.108-110.

[6-А]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики», посвящённая «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. - С. 215-218.

[7-А]. **Нигораи З.** Сравнительный анализ влияния малых потоков тепловых нейтронов на свойства бактерий *phaseoli* и *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Республиканская научно-теоретическая конференция профессорско- преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященная «20-Летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», 2020. - Т. 1. - С. 64.

[8-А]. **Нигораи, З.** Сравнительное изучение влияния малых потоков тепловых нейтронов на скорости активации бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80TJ и *phosphosphatium* / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы физики, техники и технологии полупроводников» в честь объявления 2020-2040 гг. «Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Худжанд: Изд-во Нури маърифат, 2021. - С. 144.

[9-А]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80TJ и *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, Н. У. Муллоев, З. Нигораи // Симпозиум физиков Таджикистана, посвящённый 85-летию академика Р. Марупова. – Душанбе, 2021. - С. 68-72.

[10-А]. **Нигораи, З.** ИК-спектроскопическое исследование бактерий / Б.И. Махсудов, Н.У. Муллоев, З. Нигораи // Республиканская научно-теоретическая конференция профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «20-Летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» (2020-2040). –Душанбе, 2021. - Т. 1. - С. 155-157.

Список использованных источников

1. Мамонтов, А. П. Эффект малых доз ионизирующего излучения / А.П. Мамонтов, И.П. Чернов. - Томск: Дельтаплан, 2009. – С. 288.
2. Махсудов, Б.И. Влияние тепловых нейтронов на излучательные характеристики InGaAsP/AlGaAs-гетеролазеров / Б.И. Махсудов // Квантовая электроника. – 2015. – Т. 45. - № 3. – С. 216-217.
3. Кузин, А.М. Радиоактивность среды обитания как необходимый фактор нормального существования и развития растений / А.М. Кузин // Физиология растений. – 1998. – Т. 45. - № 3. – С. 472-474.
4. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика / К.Н. Мухин. – М.: Атомиздат, 1974. – 366 с.
5. Effects of ^{252}Cf Neutrons, Transmitted through an Iron Block on Human Lymphocyte Chromosome / K. Tanaka, M. Hoshi, S. Sawada, N. Kamada // Intern. J. Radiat. Biol. - 1994. - V. 66. - P. 391-396.

ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

Бо ҳуқуқи дастнавис

УДК: 338.9+51(575.3)

НИГОРАИ ЗАЙДУЛЛО

**ТАЪСИРИ СЕЛИ КАМИ НЕЙТРОНҲОИ ҲАРОРАТӢ БА ФАЪОЛНОКИИ
БИОЛОГӢ ВА ХУСУСИЯТҲОИ СПЕКТРАЛИИ БАКТЕРИЯҲОИ RHIZOBIUM
PHASEOLI IS TAAS-80 TJ VA BACILLUS MEGATERIUM VAR. PHOSPHATICUM**

АВТОРЕФЕРАТИ

**диссертатсия барои дарёфти дараҷаи
илмии доктори фалсафа (PhD) – доктор
аз рӯи ихтисос 6D060500 – Физикаи ҳаста
(6D060504 – Физикаи ҳастаи татбиқӣ)**

Душанбе – 2023

Диссертатсия дар кафедраи физикаи ҳастаи факултети физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон омода гардидааст.

Рохбари илмӣ: **Махсудов Барот Исломович** – доктори илмҳои физика ва математика, дотсент, мудири кафедраи физикаи ҳастаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муқарризи расмӣ: **Полвонов Сатимбой Ражапович** – доктори илмҳои физика ва математика, профессор, мудири кафедраи физикаи ҳастаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ба номи Мирзо Улугбек

Баротов Бахтиёр Бурхонович – номзади илмҳои техника, мудири шубаи илмӣ-тадқиқотии Агентии бехатарии химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядрои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

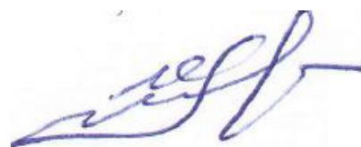
Муассисаи пешбар: Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия санаи «28» ноябри соли 2023 соати 14:00 дар ҷаласаи Шурои диссертатсионии 6D.КАО-056 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо суроғайи 734025, ҚТ, ш. Душанбе, маҳалаи Буни Хисорак, факултети физика, бинои таълимии №16, синфхонаи 206 баргузор мегардад.

Бо диссертатсия тавассути сомонаи www.tnu.tj ва дар китобхонаи марказии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон шинос шудан мумкин аст.

Автореферат рӯзи «_____» _____соли 2023 ирсол карда шудааст.

Котиби илмии Шурои диссертатсионии 6D.КАО-056, н.и ф.-м., дотсент



Исломов З.З.

ТАВСИФИ УМУМИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мубрамият ва зарурати гузарондани тадқиқот. Дар айни замон соҳаҳои илме, ки ба соҳаи физикаи ҳастаи табиқӣ алоқаманданд, бо суръати баланд инкишоф ёфта истодааст. Ин ба истифодаи васеи афканишоти ҳастай дар тиб ва биофизика вобаста мебошад. Қисми таркибии ин тадқиқот ба биотехнологияи ҳастаии истеҳсоли микронуриҳои минералӣ дахл дошта, онро барои зиёд кардани вақти таъсири микронуриҳои минералии дорои моддаҳои органикӣ буда, ки дар технологияи истеҳсоли кафолатноки маҳсулоти хоҷагии халқ истифода мебаранд.

Аз ин нуқтаи назар омӯхтани таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои системаҳои биологӣ вазифаи муҳимми илмии биофизика мебошад ва он боиси коркарди роҳҳои нави истифода бурдани комёбиҳои биотехнологияи ҳастай барои беҳтар намудани сифати микронуриҳо мегардад. Аз сабаби он ки бактерияҳо сохтори биологӣ нисбатан содда доранд, дар ин кор тағйирёбии хусусиятҳои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* дар зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ омӯхта шуда, усули нави омӯзиши таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои объектҳои биологӣ пешниҳод карда шудааст.

Дарачаи омӯхташудаи мавзӯи илмӣ, асосҳои назариявӣ ва методологии тадқиқот. Дар раванди омӯхтани таъсири афканиоти ионофар ба ҳосиятҳои моддаҳои гуногуни ғайриорганикӣ ва органикӣ падидаи «дозаҳои кам» кашф карда шуд. Дар дозаҳои ками афкашоти ионофар ҳосиятҳои гуногуни модда беҳтар мешаванд. Масалан, дар кори [1] таъсири гамма-афканишот ба ҳосиятҳои лазерҳои нимноқилии инъексионӣ омӯхта шудааст.

Бо назардошти он ки конфигуратсияҳои электронии атомҳои панҷараи кристаллии ҷисмҳои саҳт ва ҷузъҳои макромолекулаҳои биологӣ дар зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ тағйир намеёбанд, эҳтимоли тағйироти сохтории ин объектҳо ночиз ҳисоб карда мешавад. Аз ин лиҳоз механизми таъсири нейтронҳои энергияи камдошта (< 1 эВ) ба ҳосиятҳои муҳити гуногуни биологӣ ва ғайрибиологӣ ба қадри кофӣ омӯхта нашудааст.

Ҳангоми таъсири мутақобилаи нейтронҳо бо модда раванди рабоиши нейтронҳо аз ҷониби ҳастаи атомҳои, ки ин моддаро ташкил медиҳанд, ба амал меояд [2]. Ба ғайр аз ин, дар ҳастаи атомҳои равандҳои гуногун ба амал меоянд, ки ба пароканиши чандир ва ғайричандир нейтронҳо алоқаманданд. Аз ин рӯ, эҳтимолияти табдилёбии сохтории нейтронӣ дар объектҳои биологӣ аз буриши басомади рабоиши нейтронҳо аз ҷониби ҳастаҳои гуногуни атомии модда вобаста аст. Мувофиқи [4] буриши басомади рабоиши нейтронҳои ҳароратӣ аз ҷониби ҳастаҳои атомҳои нисбат ба нейтронҳои энергияи зиёд дошта хеле баландтар аст.

Як қатор корҳо [4, 5] ба омӯзиши таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои сохторҳои биологӣ бахшида шуда буданд, вале ин масъала пурра омӯхта нашудааст. Маълум аст, ки ҳамаи объектҳои биологӣ дар вақти парвозҳо дар стратосфера ва фазои кайҳон доимо ба таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ дучор мешаванд. Объектҳои биологӣ дар сатҳи Замин зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ қарор мегиранд, ки дар натиҷаи ҳамтаъсиротҳои нурҳои кайҳонӣ бо ҳастаҳои атомҳои атмосфера пайдо шудаанд. Натиҷаи ин ҳамтаъсирот ба пайдоиши зарраҳои гуногун, аз он ҷумла нейтронҳои ҳароратӣ, меорад (сели васеи атмосферӣ). Аз ин нуқтаи назар омӯзиши таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои системаҳои биологӣ проблемаи илмии ҷолиб мебошад.

Хамин тавр, муаллифони [6] таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратро ба хосиятҳои биологии макромолекулаи ДНК ва табдили сохтори онҳоро омӯхтаанд ва инчунин, таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба зиндамони бактерияҳои *Escherichia coli* дар ҳарорати хонагӣ омӯхта шудааст. Аз сабаби мураккабии ин объектҳои биологӣ, механизми физикие, ки ба падидаи гормезис оварда мерасонад, амалан омӯхта нашудаанд.

Асоси ин тадқиқотро асарҳои илмии ватанӣ ва хориҷии муаллифоне, ки дар ин самт фаъолият намудаанд, ташкил медиҳанд, инҳо асарҳои илмии олимон: Мамонтов А.П., Чернов И.П., Tanaka K., Hoshi M., Zhang W., Endo S., С. Р. Полвонов, К. Олимов, Жижина Г.П., Липсон А.Г., Цивидзе А.Ю., Кузин А.М., Luchkey T.D., Prasad K.N. ва ғ.

Аз ҷумлаи муаллифони ватанӣ, ки оид ба таъсири мутақобилаи афканишоти ҳастай бо моддаҳо, аз ҷумла омӯзиши радиоизотопҳои дар таркиби объектҳои биологӣ кор бурдаанд, мебоҷад номбар кард: Ғафуров В.Г., Саломов А., Махсудов Б.И., Шукуров Я., Аббосов О. Маъруфов Р., Шукуров Т., Хоҷаев Т.А., Абдуллоев С.Ф., Муллоев Н.У. ва ғайра.

Робитаи тадқиқот бо лоиҳаҳо ва мавзуҳои илмӣ.

Кори диссертатсионӣ солҳои 2018-2021 мутобиқи мавзуи тадқиқоти илмии кафедраи физикаи ҳастаи ДМТ дар мавзуи «Таъсири мутақобилаи ҳастаии нейтронҳо бо модда» № 2241-03 25.06.16 01 16 ТҶ00666 аз 23.11. 2016 анҷом дода шудааст.

Мавзуи кори диссертатсионӣ ба Номгуи самтҳои афзалиятноки тадқиқоти илмӣ ва илмию техникӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2015-2020 (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 4 декабри соли 2014 №765) ва барои солҳои 2021-2025 (қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 26 сентябри соли 2020 № 503), зербанди яқум, мувофиқ аст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАДҚИҚОТ

Мақсади тадқиқот. Омӯзиши таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолнокии биологӣ ва хусусиятҳои спектралии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Вазифаҳои тадқиқот:

1. Коркарди усули ба ҳосил намудани штамми бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.
2. Омӯзиши таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолнокии биологии бактерияҳо.
3. Гузаронидани таҷрибаи намунавии таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолнокии биологии микронуриҳо.
4. Омӯзиши хусусиятҳои спектралии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.
5. Муайян намудани механизмҳои имконпазири реаксияҳои ҳастай дар зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ тавассути спектрҳои фурӯбурди соҳаи ИС, ки ба тағйирёбии хусусиятҳои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* оварда мерасонанд.

Объекти тадқиқот. Объекти тадқиқот бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, инчунин тағйир ёфтани хосиятҳои онҳо дар зери таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ мебошанд.

Мавзуи тадқиқот – ин тағйирот дар фаълнокии биологӣ ва хусусиятҳои спектралӣи бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* ҳангоми таъсири мутақобила бо нейтронҳои ҳароратӣ мебошад.

Навгонии илмӣ тадқиқот дар он аст, ки бори аввал:

- падидаи «гормезиси нейтронӣ» ҳангоми таъсири мутақобилаи сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* муайян карда шуд;

- хусусиятҳои спектралӣи соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, ки барои истифода дар истеҳсоли микронуриҳо омӯхта шудаанд;

- сабабҳои физикие, ки ба беҳтар шудани параметрҳои фаълнокии биологӣи бактерияҳо баъди таъсири сели муайяни нейтронҳои ҳароратӣ оварда мерасонанд, муқаррар карда шудаанд.

Аҳамияти назариявӣ тадқиқот. Бо усули спектроскопияи соҳаи ИС муайян карда шудааст, ки беҳтар шудани бузургҳои фаълнокии биологӣи бактерияҳо бо амалишавии реаксияҳои ҳастаии радиатсионӣ бо рабоиши нейтронҳои ҳароратӣ аз ҷониби ҳастаҳои сабук вобастагӣ дорад. Омӯзиши мақоми биомолекулаҳои таркиби микроорганизмҳо дар «гормезиси нейтронӣ» барои тафсилоти механизми физикӣ аҳамияти калон дорад.

Аҳамияти амалии тадқиқот:

Натиҷаҳои таҷрибавӣ, ки дар диссертатсия пешниҳод шудаанд, инчунин мушоҳидаи падидаи «гормезиси нейтронӣ», ки дар биотехнологияи ҳастаӣ барои истеҳсоли микронуриҳои минералӣ истифода бурда мешавад ва барои зиёд намудани вақти фаълнокшавии нуриҳои минералии дорои моддаҳои органикӣ, ки минбаъд дар истеҳсоли кафолатноки маҳсулоти хочагии деҳот истифода бурдан мумкин аст.

Нуқтаҳои асосии ба Ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Кам шудани вақти фаълнокшавии бактерияҳо ҳангоми таъсир кардан бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ, ба ҳодисаи «гормезиси нейтронӣ» алоқаманд аст. Натиҷаи беҳтарин ҳангоми таъсири нейтронҳои ҳароратӣ бо сели $5,4 \cdot 10$ нейтрон/см² ба даст оварда мешавад ва дар ин сурат вақти фаълнокшавии бактерияҳо 5-6 маротиба кам мешавад.

2. Мушоҳидаи қуллаҳои хос дар спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* табиати духурагӣ доштани молекулаҳои ин бактерияҳоро, ки аз занҷирҳои хушбӯӣ ва алифатӣ иборатанд, тасдиқ мекунад.

3. Яке аз механизмҳои имконпазири таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба спектри ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, инчунин таъсири «гормезиси нейтронӣ», ин реаксияи ҳастаии радиатсионӣ рабоиши нейтронҳои ҳароратӣ аз ҷониби ҳастаҳои атомҳои нитрогени $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$ мебошад.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳо:

Эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада бо мавҷудияти маълумотҳои такроршавандаи таҷрибавӣ таъмин карда мешаванд. Барои таъмини эътимоднокии бузургҳои физикӣ натиҷаҳои андозагирӣ аз рӯи усулҳои стандартӣ ҳисоб карда шуданд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Диссертатсия ба нуқтаҳои зерини шиносномаи ихтисоси 6D060500 – Физикаи ҳаста (6D060504 – Физикаи ҳастаи татбиқӣ), ки аз ҷониби Комиссияи олии аттестатсионӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тасдиқ карда шудааст, ки асоси онҳо тадқиқоти таҷрибавӣю

назариявӣ мебошанд ва ба омӯзиши ҳамтаъсири афканишоти ҳаста бо модда, амнияти радиатсионии инсон ва муҳити зист, истифодаи усулҳои физикаи ҳаста барои таҳлили унсурҳои химиявии таркиби модда, инчунин муайян намудани нақши таъсири мутақобилаи ҳастаҳо дар ҳодисаҳои астрофизикӣ бахшидашударо дар бар мегирад, мувофиқат мекунад. Аҳамияти маъсалаҳои илмӣ ва техникаии ихтисоси мазкур аз омӯзиши асосҳои татбиқии сохти модда ва рушди татбиқи физикаи ҳаста дар иқтисоди миллӣ иборат мебошад. Самтҳои тадқиқот аз рӯи шиносномаи ихтисос:

- таъсири афканишоти ҳастаӣ ба сохтори модда. Нуқсҳои радиатсионӣ.
- физикаи нейтрон.
- таъсири химиявӣ ва биологии афканишоти ҳастаӣ.
- таъсири афканишоти ҳастаӣ ба биобактерияҳо, биомолекулаҳо, ҳуҷайраҳо, ба тамоми узвҳо.
- истифодаи афканишоти радиатсионӣ дар илм ва техника.

Саҳми шахсии доктараби дараҷаи илмӣ дар тадқиқот: Унвонҷӯй бевосита дар раванди парвариши бактерияҳо, ҷенкунии вақти фаъолшавии бактерияҳои парваришшуда, тадқиқоти таҷрибавии хосиятҳои спектралӣ объектҳои тадқиқшаванда, коркарди компютери маълумотҳои ба даст овардашуда ва таҳлили тадқиқоти таҷрибавӣ оид ба таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба хосиятҳои бактерияҳо иштирок кардааст. Натиҷаҳои асосии кори диссертатсия, тафсир ва хулосаҳои дахлдор аз ҷониби унвонҷӯй шахсан дода шудааст.

Тасвир ва амалисозии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои кори рисолаи мазкур дар семинарҳои факултети физика ва кафедраи физикаи ҳастаи ДМТ (Душанбе 2018-2021) муҳокима шудаанд; Натиҷаҳои асосии ин кор дар: конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ бахшида ба «20-солагии омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф» дар мавзӯи «Проблемаҳои муносири физикаи ҳолатҳои конденсӣ ва физикаи ҳаста» (Душанбе, 19 февралӣ 2020); Конференсияи ҷумҳуриявии илмию назариявии ҳайати профессору кормандони ДМТ (20-27 апрели соли 2019, ш. Душанбе); Конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалӣ дар мавзӯи «Моделсозии математикӣ ва компютери равандҳои физикӣ (Душанбе, 25 октябри 2019); Конференсияи ҷумҳуриявии илмию назариявии ҳайати профессору кормандони ДМТ бахшида ба «20-солагии омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф (2020-2040)» (2020 - Душанбе); Конференсияи XV-уми байналмилалӣ илмӣ-амалии олимони ва донишҷӯёни ҷавон дар мавзӯи «Мушкилоти муосир ва самтҳои ояндаи рушди инноватсионӣ илм» (Душанбе – 24 апрели 2020); Конфронси илмӣ-амалӣ бахшида ба эълони солҳои 2020-2040 “Бист соли омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф” дар мавзӯи “Мушкилот ва дурнамои физика, техника ва технологияи нимноқилҳо» (Хучанд – 2021); симпозиуми физикҳои Тоҷикистон бахшида ба 85-солагии академик Р.Маърупов (Душанбе, 25-26 ноябри соли 2021); Конференсияи ҷумҳуриявии илмию назариявии ҳайати профессору кормандони ДМТ бахшида ба «20-солагии омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф (2020-2040)» (Душанбе- 2021) маълумот дода шудаанд.

Интишори натиҷаҳои диссертатсия. Маводҳои кори диссертатсия дар 10 нашриҳои илмӣ, аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои тақризшавандаи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 6 тезису мақола дар маводи конференсияҳои илмию амалии байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ ба таърифи расидаанд.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.

Сохти диссертатсия мувофиқи мақсад ва вазифаҳои тадқиқот муайян карда шуда, аз муқаддима, чор боб, хулоса, рӯйхати адабиёт (135) ва замима иборат аст. Ҳаҷми умумии диссертатсия 125 саҳифаи чопи компютерӣ, 20 дона расм, 10 дона ҷадвал мебошад.

МАЗМУНИ АСОСИИ ДИССЕРТАТСИЯ

Муқаддима аҳамияти мавзӯи тадқиқотро асоснок намуда, мазмуни мавзӯи тадқиқотро мухтасар нишон медиҳад. Мақсад ва вазифаҳои кори диссертатсия мураттаб гардида, сохтори кори диссертатсионӣ оварда шудааст. Навоварии илмӣ ва аҳамияти амалии кор асоснок карда шудааст. Муқаррароти асосии ба ҳимоя пешниҳодшуда оварда шуда, эътимоднокии натиҷаҳои бадастомада асоснок карда шуда, саҳми шахсии муаллифи кори диссертатсионӣ нишон дода шудааст.

Дар боби якум тафсири адабиётҳои оиди таъсири афканишоти ионофар ба ҳосиятҳои модда ва дастгоҳҳои гуногун, ҷанбаҳои гуногуни таъсири нейтрон ба ҳосиятҳои моддаҳо ва хусусиятҳои таъсири мутақобилаи нейтронҳои ҳароратӣ бо муҳити биологӣ таҳлил карда шудааст. Зарурати гузаронидани тадқиқот оид ба ин мавзӯ асоснок карда шудааст.

Дар боби дуюм усули парвариши бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, усули спектрометрии соҳаи ИС барои омӯختани дараҷаи тағйирёбии нишондодҳои спектралӣ объектҳои тадқиқшаванда ва усули бо нейтронҳои ҳароратӣ нурборон кардани бактерияҳо нишон дода шудааст. Хусусиятҳои манбаи нейтронҳои изотопӣ дар асоси Pu-Be, усулҳои ҳосил кардани нейтронҳои ҳароратӣ, схемаи баки ҳосил намудани нейтронҳои ҳароратӣ ва реаксияҳои эҳтимолии ҳастаии радиатсионӣ рабӯиши нейтронҳои ҳароратӣ аз ҷониби ҳастаҳои сабуки атомҳои таркиби моддаҳои органикӣ дода шудааст.

Боби сеюм ба натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавӣ таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба вақти фаъолияти бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, вобаста ба бузургии сели нейтронҳои ҳароратӣ бахшида шудааст. Натиҷаҳои таҳлили таҷрибаҳо оид ба муайян кардани механизмҳои эҳтимолии таъсири нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои объектҳои биологӣ, ки бо амалишавии реаксияҳои ҳастаии радиатсионӣ рабӯиши нейтронҳои ҳароратӣ аз ҷониби ҳастаҳои атомҳои нитроген алоқаманданд, оварда шудаанд. Дар мисоли арахис, натиҷаҳои таҷрибаи намунавӣ оид ба омӯختани таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолияти биологии кислотаҳои гумини, ки дар парвариши зироатҳои гуногун истифода мешаванд, оварда шудаанд.

Намояндагони насли бактерияҳои *Rhizobium* ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* дорои қобилияти ҷамъ кардани нитрогени молекулавӣ атмосфера ва табдил додани он ба шакли қулай барои истифодаи минбаъдаи растаниҳо мебошад. Бактерияҳои дар боло зикршуда ҳамчун мавод барои тадқиқот интихоб карда шуданд, зеро онҳо дорои миқдори зиёди атомҳои нитроген мебошанд. Барои муқоисаи натиҷаҳои таҷрибавӣ ин таҷриба барои бактерияи нитрогензабткунандаи *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* тақриб карда шуд.

Бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* бо усули маълум аз лундаҷаҳои лубиё ва пупаки ҷуворимакка рӯнда шуданд. Ин бактерияҳо нитроген ва фосфори атмосфераро фаъолон рабӯиш карда, ба шакли барои растаниҳо ҳазмшаванда табдил медиҳанд, инчунин қобилияти баланди

симбиотикӣ доранд, илова бар ин, ин штаммҳои бактериявӣ афзоиш ва рушди растаниро хубтар таъмин мекунанд ва ҳосили баланди лубиёро таъмин карда метавонанд.

Барои ба даст овардани натиҷаҳои дақиқ, ҳар як таҷриба се маротиба такрор карда шуд. Нурборонкунии бактерияҳо бо нейтронҳои ҳароратӣ бо давомнокии 1-72 соат дар ҳарорати 28 °C гузаронида шуд. Мушоҳидаҳо ва ченкунии ҳар соат гузаронда мешуданд.

Дар расми 1 аксҳои зарфҳои озмоишӣ бо такроран шинондани намунаҳои бактерияҳои нурбороншуда бо вақтҳои гуногуни нурборонкунии ва вақти зиёдшавии онҳо оварда шудааст.



а

б

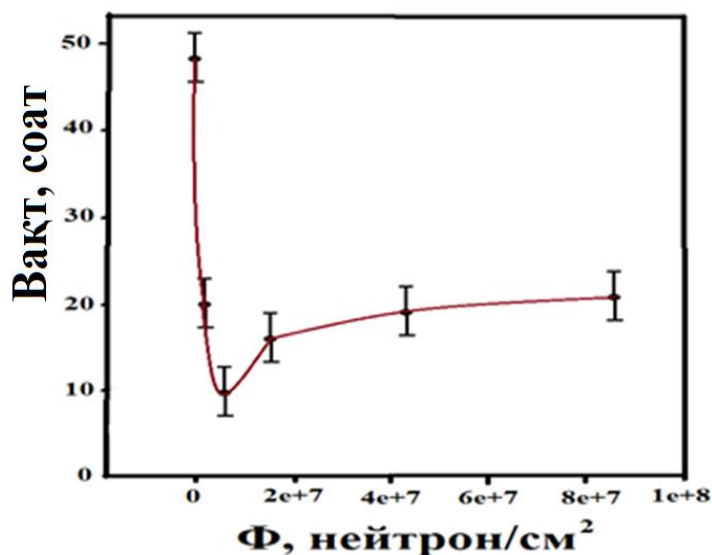
в

Расми 1. Кишти дубораи намунаҳои нурбороншудаи бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ бо мӯҳлатҳои гуногуни нурборонкунии ва такроран кишт шудани онҳо; а – 1 соат нурбороншуд, вақти кишти такрорӣ 14 соат; б - 3 соат нурбороншуд, вақти кишти такрорӣ 24 соат; в- 24 соат нурбороншуд, вақти кишти такрорӣ 18 соат.

Дар ҷадвали 1 ва 2 натиҷаҳои таҷрибаҳо оварда шудаанд, ки дар онҳо вобастагии вақти зиёдшавии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* аз давомнокии таъсири нейтронҳои ҳароратӣ татқиқ карда шуд. Дар расмҳои 2 ва 3 натиҷаҳои омӯзиши таъсири сели нейтронҳои ҳароратӣ ба вақти сабзиши бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* оварда шудааст. Нишон дода шуд, ки давомнокии 3 соатаи нурборонкунии ба натиҷаҳои беҳтарин меорад. Инчунин бояд қайд кард, ки дар ҳолати стандартӣ барои афзоиши пурраи бактерияҳо 48 соат вақт лозим аст.

Ҷадвали 1 - Вобастагии вақти зиёдшавии бактерияи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ аз давомнокии нурборонкунии бо нейтронҳои ҳароратӣ.

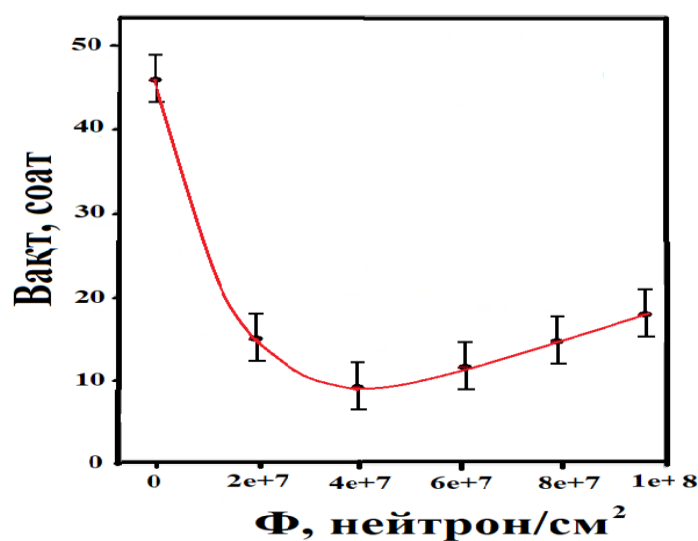
№	Вақти нурборонкунии, соат	Сели нурборонкунанда, нейтрон/см ²	№ таҷрибаҳо ва вақти нашъунамо, соат			Қимати миёна, соат
			I	II	III	
0	-	-	49	47	48	48
1	1	1,8*10 ⁶	18	20	21	19,7
2	3	5,4*10 ⁶	8	12	10	10
3	8	1,44*10 ⁷	14	18	15	15,7
4	24	4,32*10 ⁷	21	20	16	19
5	48	8,64*10 ⁷	24	20	16	20
6	72	1,3*10 ⁸	Вайроншавӣ			



Расми 2 - Вобастагии вақти зиёдшавии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ аз давомнокии нурборонкунӣ бо нейтронҳои ҳароратӣ

Ҷадвали 2 - Вобастагии вақти зиёдшавии бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* аз давомнокии нурборонкунӣ бо нейтронҳои ҳароратӣ

№	Вақти нурборонкунӣ, соат	Сели нурборонкунанда, нейтрон/см ²	№ таҷрибаҳо ва вақти нашъунамо, соат			Қимати миёна, соат
			I	II	III	
0	-	-	43	47	45	45
1	1	1,8*10 ⁶	18	20	11	16,3
2	3	5,4*10 ⁶	8	12	8	9,3
3	8	1,44*10 ⁷	12	12	12	12
4	24	4,32*10 ⁷	15	18	14	15,6
5	48	8,64*10 ⁷	19	20	12	17
6	72	1,3*10 ⁸	Вайроншавӣ			



Расми 3 - Вобастагии вақти зиёдшавии бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* аз давомнокии нурборонкунӣ бо нейтронҳои ҳароратӣ

Таҳлили маълумотҳои таҷрибавӣ нишон медиҳад, ки баъди 3 соат нурборон кардани бактерияҳо муҳлати нашъунамои бактерияҳо тақрибан 5-6 баробар кам мешавад, яъне ба 8-12 соат омада мерасад. Дар ин муддат (3 соат) ин бактерияҳо бо сели нейтронҳои ҳароратии $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² нурборон карда шуданд. Инчунин қайд кардан лозим аст, ки 5-6 маротиба тағйир ёфтани хосиятҳои объектҳои биологӣ дар зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ бори аввал ошкор карда шуд, ки ин ба интихоби мақсадноки объектҳои тадқиқот вобаста аст.

Тавре дар боло зикр гардид, дар омӯзиши таҷрибавии таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ бо моддаҳои гуногун, интихоби модда нақши муҳим мебозад. Барои омӯختани таъсири кислотаи гуминии нурбороншуда ба фаълонокии биологӣ тухмии арахис таҷрибаҳо гузаронда шуданд. Реша кардани тухмии ин растани ва сабзиши онҳо омӯхта шуд. Таҷрибаҳо ба таври зерин гузаронда шуданд. Дар рафти таҷриба 350 мл кислотаи гумин гирифта шуд. Он ба ду қисм баробар тақсим карда шуд. Қисми якум, ки ба 175 мл баробар аст, бо нейтронҳои ҳароратӣ 3 соат бо сели $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² нурборон карда шуд. Қисми дуюм бетағйир монд. Ҳам қисмҳои якум ва ҳам дуюм бо 3 литр оби ошомиданӣ омехта карда шуданд. Ин маҳлул барои обёрии тухмии арахис истифода мешуд.

Сабаби интихоби чормағзи заминӣ дар он буд, ки ин навъи растанӣ давраи хеле тӯлонии нашъунамои тухмӣ дорад, аз ин рӯ, дар мушоҳидаи марҳилаҳои нашъунамо дар ин давра объективияти кофӣ мавҷуд аст, ба шарте ки тухмии чормағзи заминӣ ҳам бо маҳлули кислотаи гуминии нурбороншуда ва маҳлули кислотаи гуминии нурбороннашуда, ки он ҳамчун намунаи истинод истифода шудааст, об дода шаванд.

Таҷрибаҳо се маротиба такрор шуданд. Тухмии арахис 5 донагӣ дар ду зарфи Петрӣ гузошта шуд. Ҳар рӯз ба зарфи якуми Петрӣ 50 мл маҳлули нурбороншудаи кислотаи гуминӣ ва ба зарфи дуюми Петрӣ 50 мл маҳлули нурбороннашудаи кислотаи гуминӣ об дода мешавад. Таҷриба нишон дод, ки тухмӣ дар 4 рӯзи аввал тағйир наёфт, дар рӯзи 5-ум ба реша кардан шуруъ кард. Ғайр аз ин, дар намунаи якум тухмии бо маҳлули нурбороншуда шумораи решаҳо 5 дона ва дар намунаи дуюм тухмии бо маҳлули нурбороннашуда ҳамаги 2 реша, инчунин дар ин намуна, ҳатто 13 рӯз пас бо маҳлули нурбороннашудаи кислотаи гумини обшорӣ кардан ҳам, нашъунамои решаҳои тухмии арахис аз панҷ тухмӣ ҳамагӣ 3-тоаш рӯид тамом. Дар асоси таҳлили маълумотҳо ба чунин хулоса омадан мумкин аст, ки бо маҳлули нуридори кислотаи гуминӣ об додан ба растани решаҳои арахис таъсири мусбат мерасонад – тухмии ин растани назар ба намунаҳое, ки бо маҳлули нурбороннашудаи кислотаи гуминӣ об дода шуда буданд, хеле барвақттар ба сабзидани реша шуруъ мекунанд.

Пас аз нашъунамои тухмии арахис дар зарфҳои Петрӣ, пас аз 2 ҳафта дар тубакҳои бо хок кишт шуданд, то он даме, ки тухмӣ сабзида ва пурра пухта шавад. Дар ин таҷриба намунаи аввал низ бо маҳлули нурбороншудаи кислотаи гуминӣ дар ҳаҷми 50 мл об дода шуд, тухмии намунаи дуюм бо маҳлули анъанавии кислотаи гуминӣ об дода шуд. Дар муддати панҷ шабонарӯз бо онҳо (намунаи 1 ва 2) дигаргунӣ ба амал наомадааст, дар рӯзи 6-ум намунаҳо ба сабзидан шуруъ намуданд. Баъди 6 рӯз сабзиш барои тухмии бо маҳлули нурбороншудаи кислотаи гуминӣ 1,5 см ва барои тухмии бо маҳлули нурбороннашудаи кислотаи гуминӣ 1 см шуд. Баъди 13 рӯз маълум шуд, ки тухмии бо маҳлули нурбороншудаи кислотаи гуминӣ обпошидашуда нисбат ба тухмии бо маҳлули

нурбороншудаи кислотаи гумий обпошидашуда нашъунамои бештар нишон медиҳад - ин нишондодҳо мутаносибан 9,0 ва 3,5 см мебошанд.

Пас аз таҳлили натиҷаҳои бадастомада метавон гуфт, ки ҳангоми бо нейтронҳои ҳароратии сели кам ($5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см²) нурборон кардани кислотаи гуминӣ ва бо маҳлулҳои нурбороншудаи кислотаи гуминӣ тухмии арахисро об додан мӯҳлати нашъунамои он хеле кам мешавад ва сабзиши он зуд ба амал меояд. Ҳамин тариқ, натиҷаҳои ин таҷрибаро дар маҷмӯъ ҷамъбаст намуда, нишон додан мумкин, ки ҳангоми бо нейтронҳои ҳароратӣ нурборон кардани тухмии арахис фаъолнокии биологии онҳо ба таври назаррас меафзояд.

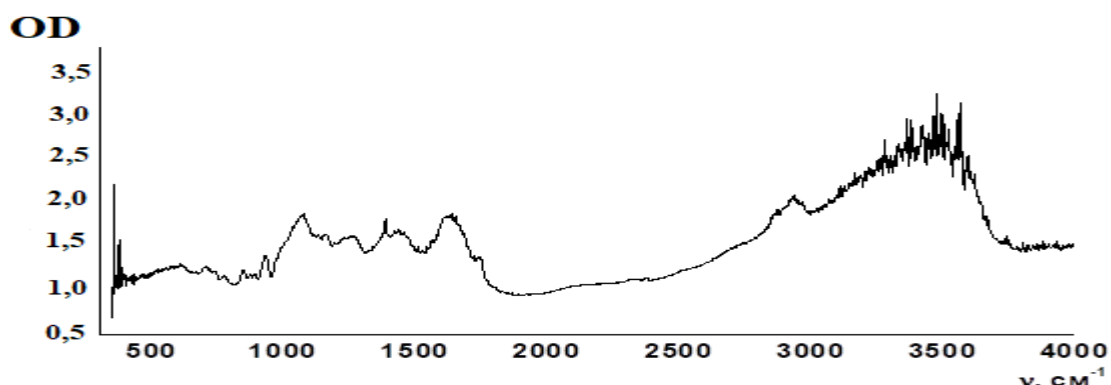
Боби чорум ба натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавии спектрҳои соҳаи ИС-и *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* бахшида шуда, инчунин вобастагии хосиятҳои спектралӣ ин объектҳои биологӣ вобаста ба таъсири сели нейтронҳои ҳароратӣ муайян карда шудааст. Объекти тадқиқот спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* ва арзёбии таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба хусусиятҳои спектралӣ ин бактерияҳо, ки барои истеҳсоли микронуриҳои минералӣ пешбинӣ шудаанд мебошанд. Муқаррар карда шудааст, ки дар баъзе бандҳои спектри соҳаи ИС-и бактерияҳо ҳангоми нурборон кардани онҳо бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ тағйироти зичии оптикӣ ба амал меояд.

Яке аз шартҳои ба даст овардани натиҷаҳои дақиқи микдорӣ интиҳоби дурусти бандҳои аналитикӣ дар спектрҳои соҳаи ИС мебошад, ки ба воситаи онҳо моддаҳои омӯхташаванда баъдан муайян карда мешаванд.

Маълум аст, ки сохтори молекулавӣ ва хосиятҳои физикию химиявии бактерияҳо фаъолнокии биологии онҳоро муайян мекунанд. Ба ин муносибат дар ин кор дар аввал бо усули спектроскопияи соҳаи ИС сохти молекулавии пайвастагиҳои химиявӣ, ки бактерияҳоро ташкил медиҳанд, тадқиқ карда шуд.

Бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, пас аз ворид шудан ба симбиоз бо растаниҳо, қобилияти дар худ нигоҳдории нитроген ва фосфорро аз ҳавои атмосфера дорад. Барои таҷрибаи мо, омили муҳими интиҳоби ин намудҳои бактерияҳо мавҷудияти микдори зиёди нитроген ва фосфор дар намудҳои интиҳобшудаи бактерияҳо буд.

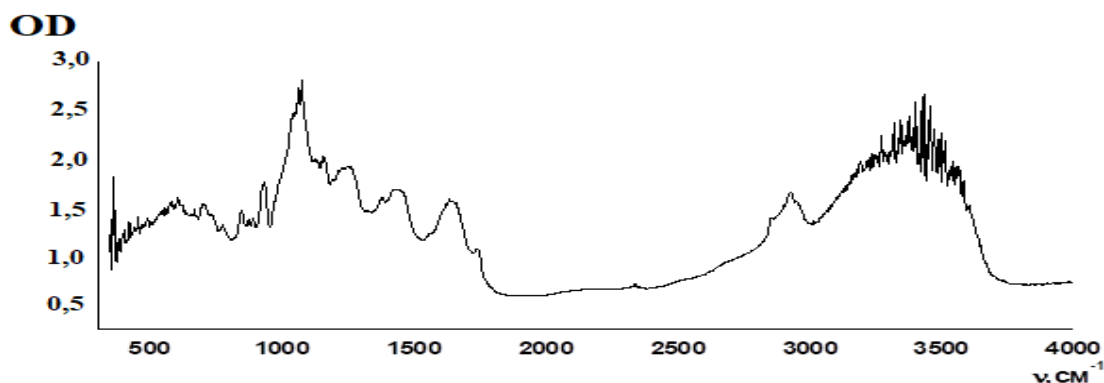
Барои мисол, дар расми 4 спектри соҳаи ИС-и *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ нишон дода шудааст.



Расми 4 – Спектри ибтидоии соҳаи ИС-и бактерияи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ.

Чи тавре ки аз расми 4 дида мешавад, дар соҳаи спектралӣ аз 4000 то 400 cm^{-1} шумораи зиёди бандҳои шаклу интенсивияти гуногун дошта мушоҳида карда мешаванд ва ин нишон медиҳад, ки бактерияҳои баррасишаванда гурӯҳҳои гуногуни функционалӣ доранд. Дар асоси спектри соҳаи ИС, ки дар расми 4 нишон дода шудааст, бандҳои инфиродии абсорбсия муаян карда шуда, дар асоси онҳо таҳлили гурӯҳҳои функционалӣ гузаронида шудааст.

Ин таҷриба инчунин барои бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* гузаронида шуд.

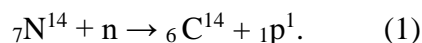


Расми 5 - Спектри ибтидоии соҳаи ИС-и бактерияи *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Муқоисаи спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои омӯхташуда (расми 4 ва 5) нишон дод, ки бандҳои асосии интенсивӣ дар спектрҳои соҳаи ИС-и ҳарду бактерияҳо мавҷуданд. Тафовут дар каме ивазшавии максимумҳои банд дар басомад, инчунин дар тағйирёбии интенсивияти бандҳо мушоҳида мешавад. Масалан, дар спектри соҳаи ИС-и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (расми 5) як банди сусти марбут ба лаппишҳои гурӯҳҳои $\text{C}=\text{O}$ дар соҳаи 1740 cm^{-1} пайдо мешавад, дар ҳоле ки дар спектри бактерияҳои нитроген нигоҳдоранда (расми 4) ин банд дар минтақаи 1730 cm^{-1} пайдо мешавад. Интенсивияти гурӯҳи бандҳо дар минтақаи $1500 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ дар спектри бактерияи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ (расми 4) аз интенсивиятнокии банди васеъ 1645 cm^{-1} пасттар аст, дар ҳоле ки дар спектри *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (расми 5), интенсивияти бандҳои баррасӣ шуда назар ба интенсивияти банди 1645 cm^{-1} хеле баландтар аст. Дар спектри бактерияи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS – 80 TJ (расми 4), интенсивиятнокии банди 1384 cm^{-1} нисбат ба интенсивиятнокии банди 1425 cm^{-1} ва дар спектри бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (расми 5), интенсивияти банди 1384 cm^{-1} нисбат ба интенсивияти 1425 cm^{-1} пасттар аст.

Дар бандҳои абсорбсионии 2960 , 2891 ва 1384 cm^{-1} лаппишҳои гуногуни пайвандии С-Н гурӯҳи метил (CH_3) дар спектри ИС-и бактерияҳои тадқиқкардаи мо пайдо мешаванд (расми 4). Бандҳои 2960 ва 2891 cm^{-1} бо дигар бандҳои наздик ба ҳам мепайвандад, ки ин истифодаи тағйирёбии интенсивияти ин бандҳоро дар зери таъсири омилҳои беруна душвор месозад. Банди 1384 cm^{-1} дар боли басомади пасти гурӯҳи бандҳо дар 1400 cm^{-1} ҷойгир аст. Банди 1384 cm^{-1} ба қадри кофӣ пуринтенсивият, борик ва равшан аст, ки ин имкон медиҳад, ки ҳангоми чен кардани интенсивияти он натиҷаҳои мушаххас ба даст оварда шаванд.

Банди 1384 cm^{-1} ба лаппишҳои симметрии деформатсионии пайванди С-Н дар гурӯҳи метил (CH_3) дахл дорад. Баландшавии зичии оптикӣ банди 1384 cm^{-1} бо зиёд шудани консентратсияи гурӯҳҳои метил дар изотопи C^{14} , яъне гурӯҳҳои C^{14}H_3 аз ҳисоби реаксияҳои ҳастаии навъи (1) алоқаманд аст.



Тахмин кардан мумкин аст, ки ҳангоми нурборон кардан бо нейтронҳои ҳароратӣ дар як вақт реаксияи радикали озоди табилии гурӯҳи метил (CH₃) ба дигарҳо бо сабаби гум шудани гидроген ё дигар сабабҳо ба амал меояд. Минбаъд камшавии интенсивияти банди 1384 см⁻¹ мушоҳида карда мешавад.

Фарз карда мешавад, ки графикҳои мушоҳидашудаи тағйири банди оптикӣ дар 1384 см⁻¹ аз сели нейтронҳои ҳароратӣ ба рақобати ду реаксияи параллелӣ (1) ва реаксияи радикалии озоди дуҷумдараҷаи камшавии гурӯҳи метил (C¹⁴H₃) алокаманданд.

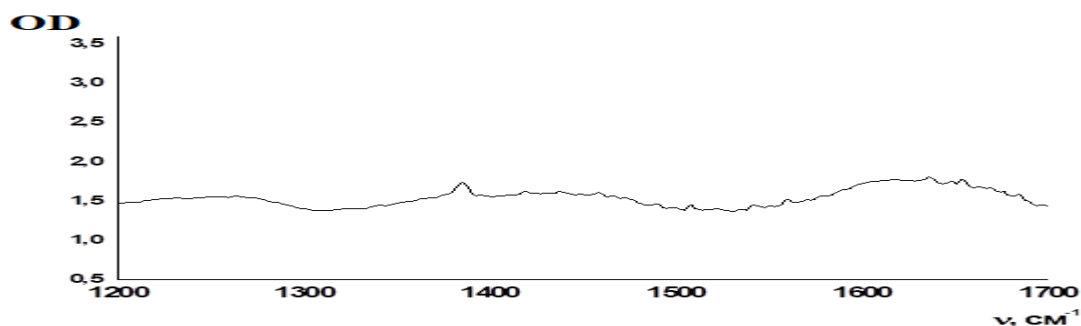
Барои ба таври миқдорӣ муайян кардани интенсивиятнокии бандҳои абсорбсия дар спектрҳои соҳаи ИС, инчунин консентратсияи нисбии гурӯҳҳои функционалӣ дар таркиби пайвастагиҳои макромолекулаҳо, зичии нисбии оптикӣ истифода мешаванд, зеро дар молекула байни интенсивияти баланди бандҳои фурӯбурд ва консентратсияи баланди гурӯҳҳои функционалӣ робита вучуд дорад.

Дар ин тадқиқот аз рӯи спектри соҳаи ИС ба даст овардашуда арзёбии нисбии миқдорӣ, ки консентратсияи гурӯҳҳои функционалиро тавсиф мекунад, арзёбӣ аз рӯи таносуби зичии оптикӣ бандҳои фурӯбурд (ЗОБФ), ки гурӯҳҳои функционалии дорои оксигендор (νOH - дар 3400 см⁻¹, νC=O- дар 1720 см⁻¹, νC-O, C-O-C – гурӯҳ дар 1225 см⁻¹, νC-O - дар 1035 см⁻¹) ва зичии оптикӣ бандҳои фурӯбурд, ки порчаҳои сохтори алифатикӣ (2920см⁻¹) ва хушбӯи (1610см⁻¹)-ро тавсиф мекунанд. Натиҷаҳои ҷамъбастии ин тадқиқот дар ҷадвали 4 оварда шудаанд.

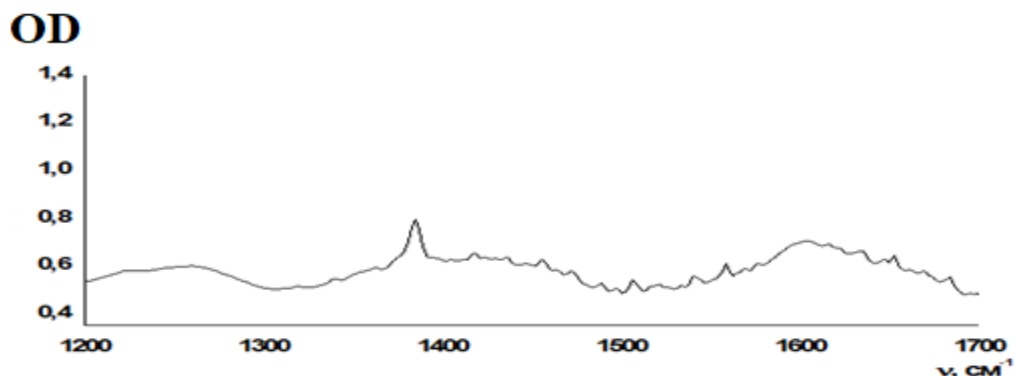
Ҷадвали 4 – Таносуби зичии оптикӣ бандҳои фурӯбурд (ЗОБФ)

Зичии оптикӣ бандҳои фурӯбурд (ЗОБФ)	Қиматҳо
D ₃₄₃₀ /D ₁₆₃₅	1.13
D ₁₇₃₀ /D ₁₆₄₅	0.75
D ₁₂₂₅ /D ₁₆₄₅	0.9
D ₁₀₆₅ /D ₁₆₄₅	1.11
D ₂₉₃₆ /D ₁₆₄₅	0.84
D ₃₄₃₀ /D ₂₉₃₆	1.34
D ₁₇₃₀ /D ₂₉₃₆	0.89
D ₁₂₂₅ /D ₂₉₃₆	1.06
D ₁₀₆₅ /D ₂₉₃₆	1.31
D ₁₀₆₅ /D ₁₇₃₀	1.47
D ₁₆₄₅ /D ₂₉₃₆	1.18

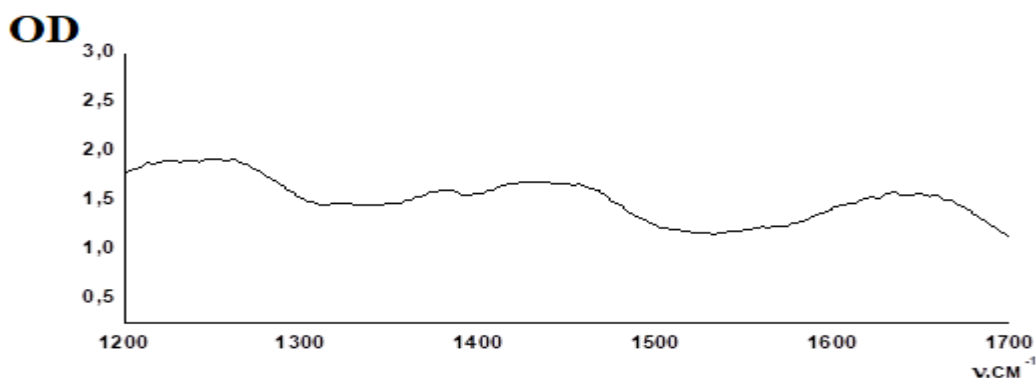
Ҳангоми муқоиса кардани спектрҳои ибтидоии ИС-и бактерияҳо бо спектрҳои ИС-и бактерияҳои бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ нурбороншуда зиёдшавии интенсивияти банди фурӯбурд дар 1384 см⁻¹ мушоҳида карда мешавад. Бо афзоиши минбаъдаи сели афканишот, интенсивияти ин банд кам мешавад. Дар расмҳои 6.1 ва 7.1 спектрҳои ИС-и бактерияҳое, ки пас аз нурборонкунӣ бо нейтронҳои ҳароратӣ бо сели 5,4*10⁶ нейтрон/см² дар ҳудуди басомади 1384 см⁻¹ омӯхтаем, оварда шудаанд.



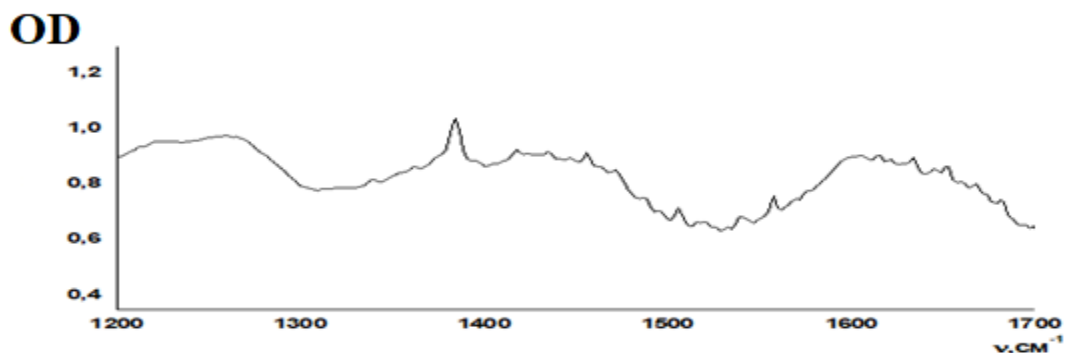
Расми 6 - Спектри ибтидоии соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ барои ҳудуди басомади 1384 cm^{-1} .



Расми 6.1 - Спектри соҳаи ИС -и бактерияи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ пас аз нурборон кардан бо нейтронҳои ҳароратӣ бо сели $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/ cm^2 дар ҳудуди басомади 1384 cm^{-1}



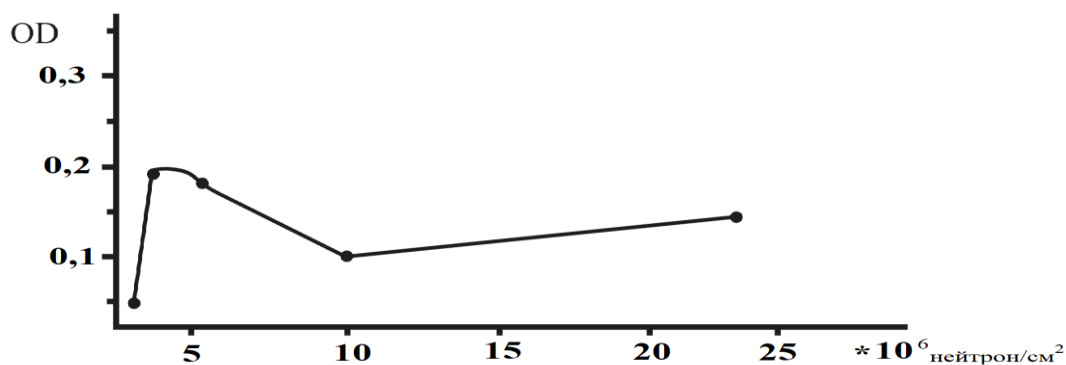
Расми 7 - Спектри ибтидоии соҳаи ИС-и бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* барои ҳудуди басомади 1384 cm^{-1}



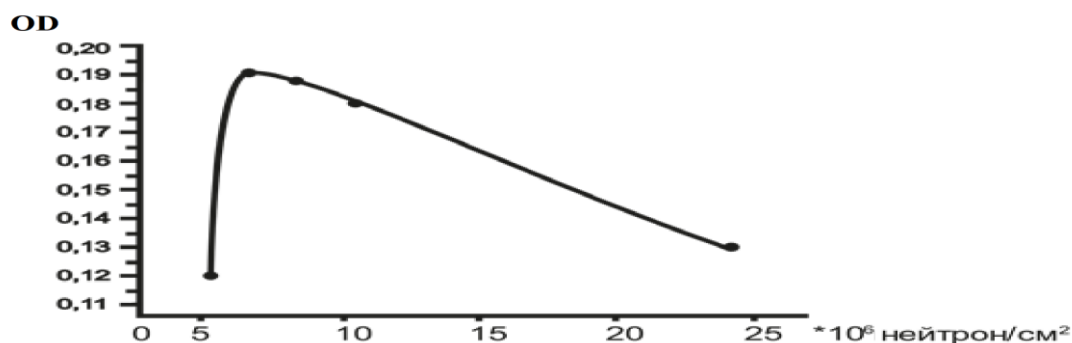
Расми 7.1 - Спектри соҳаи ИС -и бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* пас аз нурборон кардан бо нейтронҳои ҳароратӣ бо сели $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/ cm^2 дар ҳудуди басомади 1384 cm^{-1}

Вобастагии зичии оптикии банди 1384 см^{-1} омӯхта шуд, ки барои лаппишҳои қачшавии гурӯҳи $\delta\text{СН}$ дар спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои навъи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ (расми 8) ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* (расми 9) аз бузургии сели нейтронҳои ҳароратӣ масъул аст.

Дар асоси таҳлили муқоисавии спектрҳои ИС дар расмҳои 8 ва 9 метавон гуфт, ки зичии оптикии банди 1384 см^{-1} барои ҳар ду намуди бактерияҳо дар сели муайяни нейтронҳои ҳароратӣ зиёд мешавад. Ин зичии оптикии банди мазкур барои ҳарду бактерия зиёд мешавад ва баъд ин вобастагӣ пас аз гузаштан аз ҳадди аксар боз коҳиш меёбад. Дар ин ҳолат, афзоиши фаъолнокии биологии бактерияҳои омӯхташуда мушоҳида мешавад.



Расми 8 – Таъсири бузургии сели нейтронҳои ҳароратӣ ба тағйирёбии зичии оптикии банди фурубурди 1384 см^{-1} дар спектри соҳаи ИС-и *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ



Расми 9 - Таъсири бузургии сели нейтронҳои ҳароратӣ ба тағйирёбии зичии оптикии банди фурубурди 1384 см^{-1} дар спектри соҳаи ИС-и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*

Ҳамин тавр, дар асоси натиҷаҳои дар ин бахш бадастомада метавон гуфт, ки байни афзоиши фаъолнокии биологӣ ва афзоиши зичии оптикии бандҳои алоҳидаи фурубурд дар спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои навъи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS -80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* пас аз нурборон кардан бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ алоқамандӣ вучуд дорад. Ин вобастагӣ ба пайдоиши реаксияи ҳастай бо рабобиши радиатсионӣ аз тарафи нейтронҳои ҳароратӣ $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$ шаҳодат медиҳад, ки боиси кам шудани ҳастаҳои атоми нитроген ва зиёд шудани ҳастаҳои атоми карбон мегардад. Аз ин бармеояд, ки бо роҳи сунӣ зиёд кардани атомҳои карбон дар таркиби объектҳои биологӣ ба баланд бардоштани фаъолнокии биологии объектҳои тадқиқшуда – бактерияҳо меорад.

ХУЛОСАҶО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

Мақсади асосии диссертатсия омӯзиши таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолнокии биологӣ ва хусусиятҳои спектралии объектҳои биологӣ бо истифода аз бактерияҳо буд. Бо усули таҷрибавӣ нишон дода шудааст, ки механизми асосии таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба объектҳои биологӣ, ки ба ҳодисаи гормезис оварда мерасонад, реаксияи ҳастай бо иштироки ҳастаҳои сабук мебошад. Ҳодисаи гормезис ҳангоми таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* мушоҳида мешавад. Муайян карда шуд, ки вақти фаъолшавии бактерияҳо зерин таъсири сели нейтронҳои ҳароратии $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² 5—6 маротиба кам мешавад.

Тавассути спектроскопияи соҳаи ИС, барои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* хусусиятҳои асосии максимумҳои бандҳои фурубурд муайян карда шуданд.

Дар байни афзоиши фаъолнокии биологӣ ва зиёд шудани зичии оптикӣ банди фурубурди 1384 см^{-1} дар соҳаи ИС-и спектрҳои бактерияҳои навъи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* пас аз нурборон кардан бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ тағйирёбӣ дида мешавад. Тағйирёбии зичии оптикӣ банди фурубурди 1384 см^{-1} бо сабаби ба амал омадани реаксияи ҳастай бо рабӯи нейтронҳои ҳароратӣ $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ рух медиҳад, ки ин боиси кам шудани ҳастаҳои атоми нитроген ва зиёд шудани ҳастаҳои атоми карбон дар таркиби бактерияҳо мебошад. Аз ин брассеод, ки ин беҳтарин роҳи сунъии зиёд кардани атомҳои карбон дар таркиби объектҳои биологӣ ва бо ҳамин баланд бардоштани фаъолнокии биологии объектҳои тадқиқшуда — бактерияҳо мебошад.

Дар ин диссертатсияи тадқиқоти характери таҷрибавӣ дошта пурра анҷом дода шуда, натиҷаҳои нави илмӣ зерин пешниҳод карда шудаанд:

1. Усули парвариши бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ аз худ карда шуд ва усули парвариши бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* пешниҳод карда шуд [1-А, 5-А].

2. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми нурборон кардани бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* бо нейтронҳои ҳароратӣ сели кам, ҳодисаи “гормезиси нейтронӣ” мушоҳида мешавад. Вақти фаъолшавии бактерияҳо зерин таъсири сели нейтронҳои ҳароратии $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² 5-6 маротиба кам мешавад [2-А, 5-А, 7-А, 8-А].

3. Ба таври таҷрибавӣ муқаррар карда шуд, ки ҳангоми нурборон кардани маҳлули кислотаи гуминӣ бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ $5,4 \cdot 10^6$ нейтрон/см² муҳлати нашъунамои тухмии чормағзи заминӣ кам мешавад [4-А].

4. Максимумҳои асосии бандҳои фурубурд дар спектрҳои соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* муайян карда шудаанд. Қул्लाҳои хоси мушоҳидашуда табиати биномии молекулаҳои бактериявиро, ки аз занҷирҳои хушбӯӣ ва алифатӣ иборатанд, тасдиқ мекунанд. Барои бактерияҳои омӯхташуда бартарияти максималии гурӯҳҳои гидроксил ва карбонил нисбат ба қисми хушбӯӣ ва алифатикӣ мушоҳида мешавад. Барои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ бартарии максималии қисми хушбӯӣ бар алифатикӣ мушоҳида мешавад, барои бактерияҳои *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, ин чӯзҳо тақрибан баробаранд.

5. Нишон дода шуд, ки бактерияҳои нурбороншудаи омӯхташудаи *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба тағйирёбии интенсивияти асосии бандҳои фурӯбурди ИС оварда мерасонад. Камшавии назарраси гурӯҳҳои гидроксил дар муқоиса бо гурӯҳҳои ароматӣ ва алкилӣ мушоҳида мешавад.

6. Нишон дода шудааст, ки зичии оптикӣ банди фурӯбурди 1384 см^{-1} аз давомнокии вақти нурборонкунӣ вобаста буда, дар аввал зиёд ва баъд кам мешавад.

7. Байни фаъолнокии биологӣ ва зичии оптикӣ банди фурӯбурди 1384 см^{-1} дар спектри ИС бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* баъди нурборонкунӣ бо сели ками нейтронҳои ҳароратӣ тағйирот мушоҳида мешавад. Тағйирёбии зичии оптикӣ банди фурӯбурди 1384 см^{-1} бо сабаби ба амал омадани реаксияи ҳастай бо рабиши нейтронҳои ҳароратӣ $^{14}_7\text{N}(n, p)^{14}_6\text{C}$ рух медиҳад, ки ин боиси кам шудани ҳастаҳои атоми нитроген ва зиёд шудани ҳастаҳои атоми карбон дар таркиби бактерияҳо мебошад. Бо роҳи сунъӣ зиёд кардани атомҳои карбон ба баланд бардоштани фаъолнокии биологии объектҳои тадқиқшуда – бактерияҳо оварда мерасонад [1-А, 2-А, 3-А, 7-А, 8-А, 10-А].

ТАВСИЯҲО ОИД БА ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲО

Дар мисоли тағйирёбии ҳосиятҳои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* дар зери таъсири нейтронҳои ҳароратӣ усули нави омӯхтани таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба ҳосиятҳои объектҳои биологӣ пешниҳод карда шудааст, ки он боиси кор карда баромадани роҳҳои нави истифода бурдани комёбиҳои биотехнологияи ҳастай барои беҳтар намудани сифати нуриҳои минералӣ мегардад.

Натиҷаҳои таҷрибавии дар рафти кор ба даст оварда шуда, инчунин ҳодисаи мушоҳида шудаи «гормези нейтронӣ» дар биотехнологияи ҳастай барои истеҳсоли нуриҳои минералӣ истифода бурда мешаванд, ки барои зиёд кардани суръати таъсири нуриҳои минералии дорои моддаҳои органикӣ ва барои минбаъд истифода бурдани онҳо дар технологияи истеҳсоли кафолатдори маҳсулоти хоҷагии қишлоқ истифода бурда мешавад.

ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ

Мақолаҳо дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:

[1-М]. **Нигораи, З.** Эффекты при взаимодействии малых потоков тепловых нейтронов с веществом / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. - 2020. - № 1. - С. 94-106.

[2-М]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на скорость роста бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, К. Х. Салимов, З. Нигораи // Доклады НАН Таджикистана. - 2020. - Т. 63. - № 11-12. - С. 723-726.

[3-М]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ и *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, Н. У. Муллоев, З. Нигораи // Доклады НАН Таджикистана. - 2021. - Т. 64. - № 7-8. - С. 406-412.

[4-М]. **Нигораи, З.** Влияние тепловых нейтронов на биологическую активность гуминовых кислот / З. Нигораи // Кишоварз - Теоретический и научно- практический журнал «Земледелие». - 2021. - Т. 93. - № 4. - С. 20-24.

**Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳои
ҷумҳуриявӣ ва байналмилалӣ нашршуда:**

[5-М]. **Нигораи, З.** Влияние тепловых нейтронов на свойства бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, К. Х. Салимов, З. Нигораи // Республиканская научно-практическая конференция «Математическое и компьютерное моделирование физических процессов». – Душанбе, 2019. - С.108-110.

[6-М]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80 TJ / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физики», посвящённая «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Душанбе, 2020. - С. 215-218.

[7-М]. **Нигораи З.** Сравнительный анализ влияния малых потоков тепловых нейтронов на свойства бактерий *phaseoli* и *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Республиканская научно-теоретическая конференция профессорско- преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященная «20-Летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», 2020. - Т. 1. - С. 64.

[8-М]. **Нигораи, З.** Сравнительное изучение влияния малых потоков тепловых нейтронов на скорости активации бактерий *Rhizobium* IS TAAS-80TJ и *phosphosphatium* / Б. И. Махсудов, З. Нигораи // Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы физики, техники и технологии полупроводников» в честь объявления 2020-2040 гг. «Двадцатилетием изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования». – Худжанд: Изд-во Нури маърифат, 2021. - С. 144.

[9-М]. **Нигораи, З.** Влияние малых потоков тепловых нейтронов на ИК-спектр бактерий *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80TJ и *phosphaticum* / Б. И. Махсудов, Н. У. Муллоев, З. Нигораи // Симпозиум физиков Таджикистана, посвящённый 85-летию академика Р. Марупова. – Душанбе, 2021. - С. 68-72.

[10-М]. **Нигораи, З.** ИК-спектроскопическое исследование бактерий / Б. И. Махсудов, Н. У. Муллоев, З. Нигораи // Республиканская научно-теоретическая конференция профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «20-Летию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования» (2020-2040). – Душанбе, 2021. - Т. 1. - С. 155-157.

Адабиёти истифода шуда:

1. Мамонтов, А. П. Эффект малых доз ионизирующего излучения / А. П. Мамонтов, И. П. Чернов. - Томск: Дельтаплан, 2009. – С. 288.

2. Махсудов, Б.И. Влияние тепловых нейтронов на излучательные характеристики *InGaAsP/AlGaAs*-гетеролазеров / Б. И. Махсудов // Квантовая электроника. – 2015. – Т. 45. - № 3. – С. 216-217.

3. Кузин, А. М. Радиоактивность среды обитания как необходимый фактор нормального существования и развития растений / А. М. Кузин // Физиология растений. – 1998. – Т. 45. - № 3. – С. 472-474.

4. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика / К. Н. Мухин. – М.: Атомиздат, 1974. – 366 с.

5. Effects of ²⁵²Cf Neutrons, Transmitted through an Iron Block on Human Lymphocyte Chromosome / К. Tanaka, М. Hoshi, S. Sawada, N. Kamada // Intern. J. Radiat. Biol. - 1994. - V. 66. - P. 391-396.

АННОТАТСИЯ

рисолаи илмии Нигораи Зайдулло дар мавзуй «Таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолияти биологӣ ва хусусиятҳои спектрии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*», барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD) – доктор аз рӯи ихтисоси 6D060500 – Физикаи ҳаста (6D060504 – Физикаи ҳастаи татбиқӣ)

Калимаҳои калидӣ: спектри соҳаи ИС, нейтронҳои ҳароратӣ, реаксияи ҳастаӣ, бактерияҳо, гормезис, *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Мақсади тадқиқот. Омӯзиши таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба фаъолияти биологӣ ва хусусиятҳои спектралии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*.

Объекти тадқиқот. Объекти тадқиқот бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, инчунин тағйир ёфтани хосиятҳои зерини таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ мебошанд.

Мавзуй тадқиқот – ин тағйирот дар фаъолнокии биологӣ ва хусусиятҳои спектралии бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* ҳангоми таъсири мутақобила бо нейтронҳои ҳароратӣ мебошад.

Навгони илмии тадқиқот дар он аст, ки бори аввал:

- падидаи «гормезиси нейтронӣ» ҳангоми таъсири мутақобилаи сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* муайян карда шуд;

- хусусиятҳои спектралии соҳаи ИС-и бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, ки барои истеҳсоли микронурҳои истифода мешаванд омӯхта шудаанд;

- сабабҳои физикие, ки ба беҳтар шудани бузургиҳои фаъолнокии биологии бактерияҳо баъди таъсири сели муайяни нейтронҳои ҳароратӣ оварда мерасонанд, муқаррар карда шудаанд.

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

Дар мисоли тағйирёбии хосиятҳои бактерияҳои *Rhizobium phaseoli* IS TAAS-80 TJ ва *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* дар зерини таъсири нейтронҳои ҳароратӣ усули нави омӯختани таъсири сели ками нейтронҳои ҳароратӣ ба хосиятҳои объектҳои биологӣ пешниҳод карда шудааст, ки он боиси кор карда баромадани роҳҳои нави истифода бурдани комёбиҳои биотехнологияи ҳастаӣ барои беҳтар намудани сифати нуриҳои минералӣ мегардад.

Натиҷаҳои таҷрибавие, ки дар рафти кор ба даст оварда шудаанд, инчунин ҳодисаи мушоҳидаи шудаи «гормезиси нейтронӣ» дар биотехнологияи ҳастаӣ барои истеҳсоли нуриҳои минералӣ истифода бурда мешаванд, ки барои зиёд кардани суръати таъсири нуриҳои минералии дорой моддаҳои органикӣ ва барои минбаъд истифода бурдани онҳо дар технологияи истеҳсоли кафолатдори маҳсулоти хоҷагии деҳот истифода бурда мешавад.

Соҳаи истифодабарӣ: физикаи ҳастаи амалӣ, микробиология, соҳаи кишоварзӣ

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Нигораи Зайдулло, на тему «*Влияние малых потоков тепловых нейтронов на биологическую активность и спектральные характеристики бактерий Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ и Bacillus megaterium var. phosphaticum*», представленной на соискание ученой степени доктора философии (Ph.D) доктора по специальности 6D060500 – Ядерная физика (6D060504 - Прикладная ядерная физика)

Ключевые слова: ИК - спектр, тепловые нейтроны, ядерная реакция, бактерии, гормезис, *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*.

Цель исследования. Исследование воздействия тепловых нейтронов малого потока на изменение биологической активности и спектральных характеристик штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и штаммов бактерий *Bacillus megaterium var. phosphaticum*.

Объект исследования. Объектом исследования являются бактерии *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, а также изменения их характеристик под действием малого потока тепловых нейтронов.

Предметом исследования являются изменения биологической активности и спектральные характеристики, которые получены для штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и *Bacillus megaterium var. phosphaticum* после их обработки тепловыми нейтронами.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые:

- **обнаружено** явление “нейтронного гормезиса” при взаимодействии тепловых нейтронов малых потоков на штаммы бактерий *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и *Bacillus megaterium var. phosphaticum*;

- **исследованы** характеристики ИК-спектров, снятых для штаммов бактерий *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и *Bacillus megaterium var. Phosphaticum*, которые находят применение в качестве составной части микроудобрений;

- **установлены** физические причины, приводящие к улучшению характеристик биологических активностей указанных бактерий при воздействии на них определённого потока тепловых нейтронов.

Рекомендации по практическому использованию результатов:

На примере изменения характеристик бактерий видов *Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ* и *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, облучённых тепловыми нейтронами, предложен новый способ изучения влияния малых потоков тепловых нейтронов на свойства биологических объектов, который приведёт к разработке новых способов использования достижений ядерной биотехнологии для улучшения качества микроудобрений.

Полученные в работе экспериментальные результаты, а также обнаруженный эффект “нейтронного гормезиса” найдут применение в ядерной биотехнологии производства микроудобрений, и могут быть использованы для увеличения быстродействия удобрений, содержащих органические вещества для дальнейшего их применения в технологии гарантированного производства сельхозпродуктов.

Область применения: прикладная ядерная физика, микробиология, сельское хозяйство

ANNOTATION

dissertation work by Nigorai Zaydullo, on the topic “*Influence of low thermal neutron fluxes on the biological activity and spectral characteristics of the bacteria Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. Phosphaticum*”, submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D) Doctorate in 6D060500 - Nuclear Physics (6D060504 - Applied Nuclear Physics)

Keywords: IR spectrum, thermal neutrons, nuclear reaction, bacteria, hormesis, Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ, Bacillus megaterium var. phosphaticum.

Purpose of the work. Investigation of the effect of low-flux thermal neutrons on changes in the biological activity and spectral characteristics of bacterial strains Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and bacterial strains Bacillus megaterium var. phosphaticum.

Object of research. The object of study is the bacteria Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. phosphaticum, as well as changes in their characteristics under the influence of a small flux of thermal neutrons.

The subject of the study is the changes in biological activity and spectral characteristics obtained for bacterial strains Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. phosphaticum after their treatment with thermal neutrons.

The scientific novelty of the study lies in the fact that for the first time:

- the phenomenon of “neutron hormesis” was discovered during the interaction of thermal neutrons of low fluxes on bacterial strains Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. phosphaticum;
- characteristics of IR spectra taken for bacterial strains Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. Phosphaticum, which are used as an ingredient in microfertilizers;
- established physical causes leading to an improvement in the characteristics of the biological activities of these bacteria when exposed to a certain flux of thermal neutrons.

Recommendations about practical use of results:

On the example of changes in the characteristics of bacteria of the species Rhizobium phaseoli IS TAAS-80 TJ and Bacillus megaterium var. phosphaticum irradiated with thermal neutrons, a new method for studying the effect of low thermal neutron fluxes on the properties of biological objects is proposed, which will lead to the development of new ways to use the achievements of nuclear biotechnology to improve the quality of microfertilizers.

The experimental results obtained in the work, as well as the detected “neutron hormesis” effect, will find application in nuclear biotechnology for the production of microfertilizers, and can be used to increase the speed of fertilizers containing organic substances for their further use in the technology of guaranteed production of agricultural products.

Application area: applied nuclear physics, microbiology, agriculture