

**Міжгалузевий науково-інженерний центр
з фізики живого та мікрохвильової резонансної терапії "Відгук"
при Кабінеті Міністрів України**

На правах рукопису

Литвинов Григорій Сергійович

**Динаміка енергетичних станів ієрархічних структур живого
при ускладненні будови та під дією екологічних факторів**

Спеціальність 03.00.02 - біофізика

Автореферат на здобуття наукового ступеня
доктора фізико-математичних наук

Київ - 1993

43 29.275
Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Міжгалузовому науково-інженерному центрі з фізики живого та мікрохвильової резонансної терапії "Відгук" при Кабінеті Міністрів України

Науковий консультант доктор фізико-математичних наук, професор, академік АН України Михайло Павлович Лисиця

Офіційні опоненти:

1. Доктор фізико-математичних наук, професор, член-кореспондент АН України Михайло Улянович Білий
2. Доктор фізико-математичних наук Юрій Борисович Гайдідей
3. Доктор біологічних наук Світлана Михайлівна Кочубей

Провідна організація Інститут фізики АН України

Захист відбудеться 9 "березня" 1994 р. на засіданні спеціалізованої ради Д.173.01.01, МНІЦ "Відгук", м.Київ, вул.Володимирська 61-6.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці МНІЦ "Відгук", м.Київ, вул.Володимирська 61-6.

Автореферат розісланий 3/ січня 1994 року

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

В.М.Харкянен

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00756687 (\$)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Завдяки глибокому проникненню ефективних фізичних методів у сучасну практику досліджень атомно-молекулярної та макроскопічної структури матерії, сьогодні досить різнобічно досліджені закономірності формування просторової структури живого від найнижчих рівнів ієрархії до організмів вищих рівнів організації.

Проте, стає дедалі зрозумілішим, що логіка інтегрального підходу до вирішення проблем пізнання фундаментальної специфіки живого потребує детального вивчення не тільки і не стільки речової будови, скільки енергетичної (електромагнітної) структури. З огляду на це однією з кардинальних проблем сучасного природознавства є проблема еволюції речової форми матерії у процесі її взаємодії з полями та випромінюваннями, джерела яких приховані у самій матерії, що розвивається, або знаходяться у навколишньому космічному просторі. У фізичній науці ця проблема конкретизується через дослідження взаємодії електромагнітного поля з речовиною різних рівнів організації. Зокрема, у формуванні послідовної фізичної картини матеріального світу та встановленні фундаментальних закономірностей функціонування біологічних систем надзвичайно плідними виявилися дослідження впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) на властивості біологічних речовин.

На сучасному етапі істотні результати в галузі радіаційної фізики живого досягнуті при використанні високоенергетичного випромінювання (гамма, рентгенівського та ультрафіолетового), енергія квантів якого, перевищуючи в сотні й тисячі разів середню енергію теплового руху, є достатньою для розриву міжатомних зв'язків або ж - для іонізації та електронного збудження біологічних молекул, що приводить до різноманітних фотохімічних реакцій у живих системах. Поряд з цим останнім часом зростає інтерес вчених та практиків до досліджень у дальньому інфрачервоному та мікрохвильовому діапазонах, де енергія квантів на один-два порядки менша від енергії теплового руху і відповідає міжмолекулярним та конформаційним коливанням біомолекул, клітинних органел і клітин.

Особливого значення роботи щодо взаємодії мікрохвильового та дальнього інфрачервоного з біологічними системами набувають у зв'язку із запропонованими О.С.Давидовим (1979) та Г.Фрьоліхом (1980) теоріями резонансних ефектів у біологічних системах. Залучення їх з метою фізичної інтерпретації специфіки живого та життєдіяльності з позицій квантової механіки і нелінійної електродинаміки дає значні результати.

Слід відзначити, що найвичерпніші дослідження енергетичної структури елементів живого проведені в ультрафіолетовому діапазоні електромагнітного поля. Певні досягнення одержано також при дослідженнях коливальних енергетичних станів. Так, досліджено деякі аспекти формування коливальних спектрів амінокислот, білків та нуклеїнових кислот кремних біологічних об'єктів (F.Parker, 1971, 1983; P.Carey, 1982). Разом з тим у фізиці живого до цього часу бракує або ж зовсім відсутні експериментальні систематичні дослідження змін коливальних енергетичних станів біологічних та передбіологічних структур у зв'язку з ускладненням фізико-хімічної будови ієрархічних елементів живого аж до клітини. Відомі у цій галузі труднощі обумовлені як трудомісткістю підготовки препаратів, так і суто спектроскопічними проблемами, що виникають при вивченні складних біооб'єктів. Актуальною є також необхідність проведення досліджень не тільки на різних рівнях організації, а й в умовах, наближених до природних, тобто під впливом різних зовнішніх фізичних та біологічних (екологічних) факторів - температури, вологості, агрегатного стану, електромагнітних та магнітних полів, складу живильного середовища, біологічної взаємодії та різного біологічного походження об'єктів.

Нарешті, надзвичайно важливими видаються спектроскопічні дослідження для послідовної фізичної інтерпретації резонансних станів біологічних об'єктів та пов'язаних з ними електромагнітних переходів у системах вищих рівнів складності, включаючи й людину. Це обумовлено тим, що спектральні дослідження дають пряму інформацію про енергетичну структуру об'єктів, знання якої є базою для пояснення механізмів первинної рецепції та поширення електромагнітного випромінювання у живій речовині. Поряд з цим спектроскопічні дослідження цінні тим, що, подібно до біологічних об'єктів, які мають специфічно високу функціональну чутливість до слабких зовнішніх впливів, параметри спектральних ліній (особливо пов'язаних з коливально-обертальними рухами молекул) дуже чутливі до факторів зовнішнього середовища. Слабкі взаємодії у біосистемах характеризуються енергіями у мікрохвильовому діапазоні електромагнітного випромінювання. Останнім часом необхідність і перспективність використання спектроскопічних підходів та методів для пізнання закономірностей ефектів мікрохвильового випромінювання видаються особливо актуальними у зв'язку з активним розвитком мікрохвильової резонансної терапії хвороб людини, успіхи та величезне соціальне значення якої переконливо продемонстровані зусиллями вчених та практиків (С.Андрєєв, М.Білий, С.Сітько, 1984; А.Мкртчян, С.Сітько, 1990).

Мета дослідження: встановити закономірності формування спектрів енергетичних станів біологічних структур, що входять до складу живого на різних рівнях його ієрархії, а також виявити особливості їх змін під дією зовнішніх фізичних та біологічних факторів.

Основні завдання роботи:

1. Дослідити параметри коливальних та коливально-обертальних спектрів в еволюції будови об'єктів: починаючи з органічних вуглеводневих сполук і найпростіших передбіологічних рівнів організації живого (мономерів біополімерів), через надмолекулярні комплекси (нуклеопротейди) до живих клітин.

2. Вивчити вплив біологічних факторів на коливальні спектри біосистем макромолекулярного і надмолекулярного, клітинного рівнів організації живого, зокрема, визначити роль біологічного походження (вищо- та штамутворення), активності метаболічних процесів, біологічної взаємодії біосистем різних рівнів складності (білок-нуклеїнова кислота, вірус-клітина, вірус-тканина) у формуванні структури коливальних спектрів.

3. Дослідити методами оптики та спектроскопії характерні зміни енергетичних станів біооб'єктів під дією таких екологічних фізичних факторів, як кристалічне поле, температура, вологість, зовнішнє постійне магнітне поле, електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону.

Наукова новизна. Проведено систематичні дослідження енергетичних станів органічних сполук, передбіологічних та біологічних структур від найнижчого (амінокислоти, нуклеотиди) до організменного (клітини) рівнів складності під впливом різних зовнішніх (екологічних) факторів. Зокрема, вперше:

- експериментально встановлено закономірності впливу кристалічного поля на Раман-спектри органічних сполук і мономерів біомолекул. Виконано порівняльні дослідження впливу агрегатного стану і температури, вивчено параметри Давидовського розщеплення рівнів коливальних станів у кристалах, утворених центросиметричними і нецентросиметричними молекулами.

- проаналізовано зв'язок величини екситонного розщеплення з параметрами кристалічної структури, розраховані значення дипольних та квадрупольних моментів переходів у Раман-спектрах;

- виявлено, що зміни відносної інтенсивності Раман-ліній внутрішньомолекулярних та ґраткових коливань з температурою та агрегатним станом речовини не описуються Больцманівською залежністю;

- досліджено Раман-спектри ґраток молекулярних кристалів. На підставі досліджень Давидовського розщеплення та ґраткових коливань уточнені дані рентгеноструктурного аналізу про місцеві групи симетрії ряду кристалів. Вивчено енергетичні стани монокристалів амінокислот у діапазоні гіперакустичних фононів;

- експериментально досліджено комплексний прояв комбінованого резонансу Бете - Давидова - Фермі на моделях молекулярних кристалів бензолу, сірковуглецю та чотирихлористого вуглецю;

- вивчено коливальні спектри біологічних об'єктів молекулярного, надмолекулярного (вірусні ДНК та РНК нуклеопротейди), клітинного (бактеріальні та тваринні клітини) і тканинного рівнів організації. Досліджено динаміку коливальних спектрів передбіологічних та біологічних структур у міру ускладнення структурно-функціональної організації та при взаємодії біологічних автономних систем;

- розроблено методику, визначено умови, необхідні для експериментального дослідження спектрів Раман-розсіювання живих клітин у процесі активного метаболізму;

- експериментально доведено, що на структуру коливальних спектрів впливають як ієрархічна структурно-функціональна складність біоб'єкта, так і його біологічне походження;

- вивчено дію температури і агрегатного стану на параметри коливальних спектрів біоб'єктів;

- створено базу нових даних з коливальних спектрів більш, як 40 об'єктів різних рівнів організації;

-досліджено дію постійного магнітного поля на просторову структуру і коливальні інфрачервоні спектри вірусів та клітин;

-досліджено вплив електромагнітного поля мм-діапазону на спектри електронних і коливальних станів біополімерів;

- виміряно поляризаційні залежності ефектів міліметрового поля в інфрачервоних спектрах монокристалів амінокислот. На підставі експериментальних даних визначені зміни явного виду тензорів діелектричної сприйнятливості монокристалів, що містять у собі біомонімери (α -гліцин та тригліцинсульфат), в інфрачервоному діапазоні під дією міліметрового електромагнітного поля;

- вивчено зміни діелектричних властивостей (показника заломлення) нативних розчинів плазми крові під дією мм-випромінювання.

Практична значимість. Розроблені у дисертації методики диференціації штамів вірусів та бактерій за спектрами інфрачервоного поглинання можуть найти застосування у наукових дослідженнях та практичній діяльності установ мікробіологічного та вірусологічного профілів для експрес-діагностики штамів. Дослідження впливу вірусних інфекцій на спектри інфрачервоного поглинання листя рослин покладені в основу винаходу і прийняті як практичні рекомендації з діагностики фітовірусних інфекцій.

Результати досліджень використано автором при викладанні курсів "Вірусологія", "Біофізика вірусів", "Молекулярна біологія вірусів" студентам біологічного факультету Київського університету ім.Тараса Шевченка і можуть повсюдно використовуватися у лекційних курсах з біофізики, молекулярної біології, біохімії, мікробіології, вірусології для студентів, аспірантів, викладачів факультетів підвищення кваліфікації, університетів, медичних та сільськогосподарських вузів.

Положення, що виносяться на захист. Окрім конкретних результатів, наведених у розділах "Новизна" та "Основні висновки", автор захищає такі узагальнені положення.

1. Структура коливальних енергетичних станів біологічних об'єктів макромолекулярного та вищих рівнів складності займає діапазон від міліметрового до ближнього інфрачервоного і формується як неадитивна суперпозиція електромагнітних переходів нижчих рівнів структурно-функціональної організації.

2. Параметри спектрів (інтенсивність і напівширина спектральних ліній та смуг) біооб'єктів мономірного рівня близькі до відповідних параметрів органічних сполук. Для біополімерів, гетерогенних макромолекулярних комплексів, клітин і тканин, незважаючи на велику складність коливальних спектрів, можна вказати на елементи енергетичної структури, специфічні для об'єктів неоднакової біологічної природи, таксономічних груп і чутливі до зовнішніх умов.

3. Енергетичні коливальні стани живих клітин змінюються залежно від активності метаболізму і стадії розвитку.

4. Біологічні об'єкти різних рівнів організації сприйнятливі до слабого постійного магнітного поля і низькоенергетичного випромінювання міліметрового діапазону, що виявляється через зміни спектральних характеристик смуг Раман-спектрів, інфрачервоного поглинання та люмінесценції. Ефекти міліметрового поля у біооб'єктах мають

резонансний характер і виявляються уже на рівні упорядкованих сукупностей простих біомолекул.

5. Відгук нативних розчинів біомолекул і кристалів біомономерів на міліхвильове збудження супроводжується змінами діелектричних властивостей біооб'єктів.

Апробація роботи.

Матеріали дисертації обговорювалися на наукових семінарах кафедри вірусології та конференціях професорсько-викладацького складу біологічного факультету Київського університету ім.Тараса Шевченка, наукових семінарах Тимчасового наукового колективу "Отклик" при АН і ДКНТ СРСР, Міжгалузевого науково-інженерного центру з фізики живого та мікрохвильової резонансної терапії "Відгук" при КМ України, наукових семінарах відділу теорії багатьох часток Інституту теоретичної фізики АН України, наукових семінарах Інституту біофізики АН Росії (Пушино).

Результати досліджень, викладені у дисертації, були представлені і опубліковані у працях більш як 50 наукових форумів міжнародного та вітчизняного рівня, у тому числі на:

- Республіканському симпозіумі "Біохімічні механізми регуляції генетичної активності" (Україна. Канів, 1984);

- 4-му з'їзді Українського мікробіологічного товариства (Україна. Донецьк, 1984);

- 5-, 6- і 7-й Всесоюзних конференціях з спектроскопії біополімерів (Україна. Харків, 1984, 1988, 1991);

- 20-му Всесоюзному з'їзді з спектроскопії (Україна. Київ, 1988);

- 10-й Національній конференції з молекулярної спектроскопії з міжнародною участю (Болгарія. Благоевград, 1988);

- 2-й Всесоюзній конференції "Актуальні питання клінічної мікробіології у неінфікованій клініці" (СРСР. Барнаул, 1988);

- 6-й координаційній раді з спектроскопії полімерів (СРСР. Мінськ, 1989);

- 1-му Всесоюзному симпозіумі з міжнародною участю "Фундаментальні та прикладні аспекти застосування мм-випромінювання у медицині" (Україна. Київ, 1989);

- 5-му Міжнародному симпозіумі з оптичної спектроскопії (Німеччина. Айзенах, 1989);

- 3-му європейському конгресі з фотобіології (Угорщина. Будапешт, 1989);

- 19-му та 21-му європейському конгресах з молекулярної спектроскопії (Німеччина. Дрезден, 1989; Австрія. Відень, 1992);

- 3-й Міжнародній конференції "Застосування лазерів у науках про життя" (СРСР. Москва, 1990);

- 2-му Всесвітньому конгресі з теоретичної органічної хімії (Канада. Торонто, 1990);

- Всесоюзному симпозіумі "Іонні канали у біологічних системах (СРСР. Москва, 1990);

- Всесоюзній конференції з біокомп'ютингу (СРСР. Москва, 1991);

- 1-му Українському симпозіумі "Фізика і техніка міліметрових та субміліметрових хвиль" (Україна. Харків, 1991);

- 5-му та 6-му європейських конгресах з спектроскопії біологічних молекул (Англія. Йорк, 1991; Греція. Лутракі, 1993);

- 13-й Міжнародній конференції з Раман-спектроскопії (Німеччина. Вюрцбург, 1992);

- 1-му конгресі європейської асоціації з біоелектромагнетизму (Бельгія. Брюсель, 1992);

- Міжнародному симпозіумі з електромагнітної сумісності (Польща. Вроцлав, 1992);

- 1-му Всесвітньому конгресі з електрики та магнетизму у біології та медицині (США. Флоріда, 1992);

- Міжнародному симпозіумі з лазерів, волокон та клінічних зображень у медицині "Біомедична оптика'93" (США. Лос Анджелес, 1993);

- 18-й Міжнародній конференції з інфрачервоних та міліметрових хвиль (Англія. Есекс, 1993);

- Міжнародній конференції з міліметрових та субміліметрових хвиль та їх застосувань (США. Сан-Дієго, 1994).

Публікації. Основні результати роботи викладені у 86 публікаціях (у тому числі в 45 зарубіжних), включаючи 39 статей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація обсягом ⁶²367 сторінок складається із вступу, п'яти глав, висновків; має малюнків, ⁵³таблиць, список авторських робіт та список цитованих джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першій главі описано об'єкти та методи досліджень.

Як матеріали досліджень використовувались об'єкти різного походження в еволюції їх фізико-хімічної будови та біологічних функцій.

Органічні вуглеводневі сполуки: сірковуглець (CS_2), чотирихлористий вуглець (CCl_4), бензол (C_6H_6), моногалогідзаміщені бензоли ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-Cl}$, -F , -Br , -I), парагалогідзаміщені бензоли (пара- C_6H_4 , -Cl_2 , -Br_2 , -BrCl), диметилбензол (толуол, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), орто-, мета-, пара- диметилбензоли (о-, м-, п- ксілоли, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$), нафталін (C_{10}H_8), діфеніл ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}$), толан ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}$), транс-стільбен (транс-дифенілетилен, $\text{C}_{14}\text{H}_{12}$).

Мономери біомакромолекул: водні розчини полікристали та монокристали амінокислот α -гліцину, β -аланіну, L-гістидину гідрохлориду, L-тірозину, D,L-триптофану); основи нуклеїнових кислот (аденинмонофосфат).

Біополімери: білки (яєчний та сироватковий альбуміни, білки вірусів тютюнової мозаїки та крапчастості гвоздики), нуклеїнові кислоти (ДНК із еритроцитів птахів, РНК вірусів тютюнової мозаїки та крапчастості гвоздики).

Нуклеопротейди: РНК-вміщуючі віріони фітовірусів тютюнової мозаїки та крапчастості гвоздики; ДНК-вміщуючі віріони бактеріофагів (λ , T4, C_λ), вірусу денсонуклеозу комара, ірідовірусів кровососних (*Aedes aegypti*, *Aedes cantans*, *Aedes fluorescens*, *Aedes flavescens*, *Aedes vexans*, *Culizeta morsitans*).

Клітини: бактерії *Escherichia coli* (різні штами), T- і B-лімфоцити.

Тканини: Епідерміс і цілісне листя здорових вірусифікованих рослин соняшника, гвоздики, томатів, петунії, тютюну; плазма крові донорів та пацієнтів з різними патологіями.

Всі досліджувані зразки ретельно очищувались, чистота контролювалась з використанням фізико-хімічних методів (люмінесцентна та абсорбційна спектrophотометрія, електронна мікроскопія).

Методи досліджень: спектроскопія комбінаційного розсіяння світла (Раман-спектроскопія), спектроскопія інфрачервоного відбиття та поглинання, люмінесценція, ультрафіолетова спектроскопія, подвійне променезаомлення, міліхвильова спектроскопія, голографічна інтерферометрія, спектроскопія Манделштам-Брілюєнівського розсіяння світла, експериментальні та аналітичні вірусологічні та мікробіологічні методи.

У другій главі наводяться результати експериментального вивчення та теоретичних розрахунків, що характеризують закономірності впливу кристалічного поля і температури на коливальні Раман-спектри органічних сполук.

При переході від рідкого до кристалічного стану спостерігалась поява спектра коливань кристалічних ґраток, зміщення частот, звуження, перерозподіл відносних інтенсивностей і розщеплення ліній внутрішньомолекулярних коливань. Встановлено, що у кристалів, молекули яких мають постійний дипольний момент, ці трансформації помітніші, ніж у бездипольних, що збігається з теоретичними передбаченнями. Зокрема, дослідження параметрів Давидовського розщеплення рівнів коливальних станів у кристалах, утворених центросиметричними та нецентросиметричними молекулами, показали, що величина розщеплень для об'єктів з центром інверсії в середньому у 3-5 разів менша, ніж для нецентросиметричних. Для більшості вивчених кристалів екситонне розщеплення зареєстровано вперше.

Досліджено зв'язок величини Давидовського розщеплення з параметрами кристалів. Розраховано, що відсутність у Раман-спектрі екситонних розщеплень може обумовлюватися геометричними факторами, зокрема, збільшенням відстані між взаємодіючими молекулами. У квадруполь-квадрупольному наближенні одержано явний вираз для розрахунку матричних елементів резонансної взаємодії молекул у кристалах просторової симетрії P_{21}/a і P_{vca} . На підставі експериментальних величин Давидовського розщеплення розраховано моменти коливальних переходів у Раман-спектрах, які для квадрупольних переходів набувають значень від 0,5 до 4×10^{-8} од. CGSE, а для дипольних (фторбензол) - 0,4 деб.

Досліджено вплив близькості смуг електронного поглинання на відносну інтенсивність ліній компонентів екситонного розщеплення у кристалах бензолу та нафталіну. Встановлено, що із збільшенням частоти збуджуючого світла (наближенням до електронного резонансу) спостерігається неоднакове зростання інтенсивності різних екситонних компонентів Раман-ліній. Розрахунки показали, що цей факт пов'язаний із різним спектральним розташуванням відповідних смуг електронного поглинання.

Експериментально вивчено прояв комбінованого резонансу Бете - Давидова - Фермі на моделях молекулярних кристалів бензолу, сірковуглецю та чотирьохлористого вуглецю. Виявлені зміни структури спектрів цих речовин при фазовому переході рідина-кристал

інтерпретуються зняттям виродження та проявом екситонних станів. Спостережуване у кристалі бензолу розщеплення двічі вироджених смуг на 4 компоненти (замість 8 за теоретико-груповим аналізом) математично обґрунтовується достатньою величиною енергії екситонної взаємодії лише двох із чотирьох молекул елементарної комірки кристалу.

Для кристалічного CS_2 обчислено константи ангармонійності резонуючих за Фермі коливань. Досліджено частотну залежність відношення інтенсивності ліній основного тону і обертопу у твердому сірковуглєці (при 77 К) і рідкому CCl_4 . Згідно з розрахунками експериментальні залежності обумовлені різницями параметрів смуг електронного поглинання, що відповідають різним коливанням.

У третій главі представлені результати вивчення коливальних спектрів біооб'єктів мономірного, макромолекулярного та надмолекулярного рівнів організації.

Коливальні спектри амінокислот детально вивчено у водному розчині, полі- та монокристалічних станах при кімнатній та низьких температурах. Спектри комбінаційного розсіювання водних розчинів амінокислот за своїми параметрами наближені до спектрів сполук, що містять вуглеводень. Так, кількості основних коливань збігаються з даними теоретико-групових розрахунків, значення напівширин ліній різних коливань варіюються у широкому інтервалі - від кількох одиниць до кількох десятків см^{-1} , істотно відрізняючись залежно від походження коливань. Відносно менші напівширини властиві для С-Н валентних та деформаційних, а також N-H, С-С та С-Н валентних коливань, що можна зрозуміти, якщо врахувати екранування та відносну ізолюваність цих рухів. На відміну від цього у напівширин ліній, пов'язаних із деформаційними N-H, деформаційними і валентними COO^- коливаннями були значно більші типові значення: 25-40 см^{-1} і вище. Найширшими (близько 80 см^{-1}) у Раман-спектрах виявилися лінії, що відповідають деформаційним коливанням зв'язків атомів у NH_3^+ групі. Таку значну ширину цієї лінії можна пояснити сильною взаємодією зарядженої NH_3^+ групи з гідроксилом і протоном води і COO^- групами сусідніх молекул, що, природно, викликає дисипацію енергії розмивання рівня і розширення лінії КР. Додаткове неоднорідне розширення можливе також через потрійне виродження N-H деформаційних коливань.

Вимірювання ступеня деполаризації ліній свідчать про те, що більшість спостережуваних коливань розчинених амінокислот є високополаризованими, що не співпадає з теоретичними уявленнями, за якими половина всіх коливань має бути деполаризованою. Можливо, при порівнянні теоретичних та експериментальних поляризаційних даних треба

враховувати не симетрію молекули гліцину в цілому, а симетрію окремих атомних груп - C_{3v} для NH_2^+ і C_{2v} для COO^- групи.

При переході від розчинів амінокислот до твердої фази у Раман-спектрах відбуваються зміни, подібні до тих, що встановлені для органічних молекулярних кристалів. Так, у кристалах біополімерів спостерігається розщеплення ліній внутрішньомолекулярних коливань. Величини Давидовського розщеплення істотно розрізняються для різних коливань - від 2 до 20 cm^{-1} .

При зниженні температури від 300 до 1,8 K у спектрах КР гліцину спостерігалися трансформації, також аналогічні виявленим для кристалів органічних вуглеводневих та галоїдзаміщених сполук. Зростали частоти ґраткових і внутрішньомолекулярних коливань, зменшувалися їх напівширини, перерозподілялися інтенсивності та виникали нові лінії, що не спостерігалися при кімнатній температурі. Відносна зміна частоти ліній ґраткових коливань при переході до гелієвої температури становила 6-20%, що на порядок вище, ніж для внутрішньомолекулярних (0,5-1%). Звуження ліній кристалічних ґраток було у 2-3 рази більшим, ніж для внутрішньомолекулярних, що цілком природно, адже параметри міжмолекулярних коливань чутливіші до змін зовнішніх умов. Напевне, затухання міжмолекулярних коливань в основному визначається орієнтаційною взаємодією при лібраціях молекул у кристалічному полі, які сильно залежать від температури.

Поряд з основними у спектрах внутрішньомолекулярних і ґраткових коливань проявлялися лінії, обумовлені процесами комбінованих переходів із збуджених станів, що відповідають сумарним, різницеvim або обертонам.

Процеси змішування на низьких частотах досить імовірні, оскільки заселеність збуджених станів обернено пропорційна енергії рівня частот. Так, заселеність рівня з частотою 100 cm^{-1} при 300 K всього лише в 1,7 рази менша, ніж основного, незбудженого стану. Крім того, у кристалічних ґратках діють значні (до 10^5 В/см) поля, а кристали амінокислот до того ж утворені із заряджених молекул, що також значно підвищує ймовірність нелінійних процесів.

Визначено структуру електромагнітних внутрішньомолекулярних та міжмолекулярних переходів у поляризованих спектрах поглинання, відбиття та Раман-розсіяння монокристалів амінокислот α -гліцину, β -аланіну, L-гістидину, D,L-триптофану. Кількісні дослідження показали, що спектри ґраткових коливань кристалів біомонімерів розташовані у межах 8-250 cm^{-1} . Число спостережуваних коливань не завжди відповідає

рентгеноструктурним даним. Спектральні характеристики низькочастотних ліній у Раман- і ДІЧ-спектрах наближені до цих показників для внутрішньомолекулярних коливань. Напівширини при кімнатній температурі становлять $2\text{--}10\text{ см}^{-1}$, інтенсивність деяких смуг перевищує інтенсивність внутрішньомолекулярних коливань. При зниженні температури відбувається значне звуження (іноді у 4-5 разів), перерозподіл інтенсивностей і збільшення частот коливань, що становить 8-10% основної частоти. У кристалах з водневими зв'язками у низькочастотних межах ($150\text{--}250\text{ см}^{-1}$) лінії ґраткових коливань перекриваються з лініями деформаційних внутрішньомолекулярних коливань. У деяких випадках виявляється зняття альтернативної заборони і тоді у КР та ІЧ спектрах кристалів, що мають центр інверсії, виявляються коливання, заборонені у першому наближенні теорії.

Методом Мандельштам-Брилюєнівського розсіяння досліджено енергетичні стани монокристалів амінокислот у межах гіперакустичних фононів. Виявлено резонансні рівні енергії на частотах в інтервалі від 5 до 25 ГГц для основних тонів і відповідно від 10 до 50 ГГц - для перших обертонів, що проявляються з помітною інтенсивністю.

Вплив біологічного походження на коливальні спектри біологічних макромолекул досліджувався на моделях білків, нуклеїнових кислот та нуклепротеїдів вірусної природи.

Проведені порівняльні дослідження спектрів ІЧП білків, рибонуклеїнових кислот (РНК) і цілісних віріонів спірального вірусу тютюнової мозаїки (ВТМ) та ікосаедричного вірусу крапчастості гвоздики (ВКГ). Спектри білків і нуклеїнових кислот досліджуваних вірусів налічують понад 50 смуг напівшириною від 10 до 400 см^{-1} та найістотніше розрізняються у спектральних інтервалах $1000\text{--}1300\text{ см}^{-1}$ і $1500\text{--}1700\text{ см}^{-1}$. При переході від гомогенних полімерів до їх нуклеопротеїнових комплексів спостерігалися відповідні трансформації їх спектрів: збільшення кількості смуг (до 90), ускладнення структури, збільшення напівширини, виникнення квазібезперервного континууму поглинання, особливо в інтервалах 450-800, 900-1700, $2600\text{--}4000\text{ см}^{-1}$, реєстрованого як фон, інтенсивність якого плавно змінювалась у спектрі. Загальна кількість спостережуваних смуг узгоджується з їх кількістю, розрахованою на основі коливань атомів пептидного остова та інших атомних груп, що найчастіше зустрічаються, а також коливань атомних груп нуклеотидів РНК з припущенням квазівиродження частот коливань у бокових радикалах. Параметри спектрів ІЧП корелюють з особливостями біологічної будови макромолекул та нуклеопротеїдних комплексів, пов'язаних з біологічним походженням.

Зокрема, спостерігався зв'язок інтенсивностей смуг ІЧП з процентним складом основ РНК та амінокислотних залишків. Разом з тим виявлено кореляцію відношення інтенсивностей ІЧП характерних білкових та нуклеїновокислотних смуг з відносним вмістом білок-РНК в ікосаедричному та спіральному віріонах.

Знайдено спектральні інтервали, де спектр вірусного нуклеопротеїду задовільно описується суперпозицією спектрів окремих складових. Так, смуги, що відповідають валентним коливанням PO_2^- -зв'язку нуклеїнових кислот (частоти близько 1080 см^{-1} та 1250 см^{-1}), а також смуги амід 2 (1530 см^{-1}) і 3070 см^{-1} (Фермі-резонанс $2 \times \text{амід} 2$ з NH-валентними коливаннями) білка мало збурюються присутністю другого молекулярного компонента вірусів. Ці смуги можуть використовуватися для аналітичних оцінок відносного складу білків та нуклеїнових кислот, але за нормованої вологості, оскільки встановлена залежність тонкої структури та інтенсивності смуг ІЧП в інтервалах $1100\text{--}1250$, $1550\text{--}1650$, $3300\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ від вологості зразків. Проведені за допомогою ЕОМ розкладання спектрів вірусів за методом диференційних моментів задовільно узгоджуються з експериментальними даними за окремими їх макромолекулярними компонентами.

У цілому спектри ІЧП, вірусів тютюнової мозаїки та крапчастості гвоздики мають багато спільного, але при кількісному аналізі спектральних характеристик смуг ІЧП цих двох фітовірусів, що належать до різних типів просторової симетрії і вміщують різні абсолютні й відносні кількості білка і РНК, виявляються значні відмінності. Так, у них помітно відрізняються форми смуг поглинання, утворюваних групами коливань, що перекриваються за частотою в інтервалі $450\text{--}750\text{ см}^{-1}$.

Достовірно диференціюються за формою та напівшириною складні мажорні смуги, що відповідають симетричним валентним коливанням атомів O-P-O групи у полімерному ланцюгу нуклеїнових кислот та близьким до них за частотою валентним коливанням P-O-C групи, а також C-O валентним коливанням рибози. Зокрема, максимум поглинання для цієї смуги у ВТМ знаходиться поблизу 1105 см^{-1} , а для ВКГ - 1090 см^{-1} , причому, напівширини їх також відмінні: відповідно 86 і 102 см^{-1} для ВТМ і ВКГ.

Досить істотно відрізняються параметри характеристичних смуг білків - амід 1, амід 2. Частоти центральних максимумів смуг коливань амід 1 дорівнюють 1667 та 1640 см^{-1} , а амід 2 - 1550 та 1538 см^{-1} відповідно для ВТМ і ВКГ. Нарешті, слід вказати на відмінності у характеристиках смуг, максимуми яких для обох вірусів знаходяться поблизу частоти 3300 см^{-1} ,

яка відповідає коливанням білка амід А, обумовлених валентними розтягуваннями N-H зв'язку пептидної групи. Незважаючи на її величезну і близьку для обох об'єктів напівширину ($360-380\text{ см}^{-1}$ при вологості близько 70%) реєструється достовірна відмінність у частотному положенні максимумів - 3300 см^{-1} і дублет $3290/3310\text{ см}^{-1}$ відповідно для ВТМ і ВКГ. Розрізняються також відносна інтенсивність і форма високочастотного крила цієї смуги.

При аналізі впливу взаємодії білокнуклеїнова кислота виявляються значні зміни частоти і форми деяких смуг ІЧП, обумовлені формуванням цілісного нуклеопротейду з білка та РНК. Так, для ВТМ у смузі фосфат 2 при переході від вільної РНК до упакованої в капсид спостерігаються зміни дублета $1090-1105\text{ см}^{-1}$: перерозподіл інтенсивностей і достовірна зміна частоти центрального максимуму з 1090 до 1085 см^{-1} , що приводить у кінцевому рахунку до зміни її форми. Форма і структура смуги антисиметричного PO_2 (фосфат 1) коливання, навпаки, помітно не змінюються при упакованні РНК у білковий капсид. Однак, при цьому змінюється відношення пікової інтенсивностей смуг фосфат 1 і фосфат 2: у вільному стані воно дорівнює 2,0, а у зв'язаному - 3,0, тобто, ймовірно, при утворенні віріону за рахунок взаємодії білокнуклеїнова кислота у дипольний момент переходу, що відповідає PO_2 коливанню, змінюється порізному для симетричного і антисиметричного руху. Значення напівширин цих смуг зменшуються при переході до віріону із 100 до 90 см^{-1} у фосфату 2 і з 68 до 55 см^{-1} у фосфату 1. Смути з частотами 1407 і 1470 см^{-1} у білка не змінюють напівширин, які у віріоні та у вільному білку мають значення близько 36 см^{-1} . На противагу цьому напівширини інших смуг ІЧП РНК і білка збільшуються у 1,5-2 рази, наприклад, для смуг РНК з частотами 870 , 965 , 1000 см^{-1} та амиду 2, амід 1 - у білка. Слід зазначити, що спостережувані зміщення максимуму поглинання та збільшення напівширини смуги амід 2 з 74 до 85 см^{-1} при переході до віріону може обумовлюватися перекриттям частот амід 2 білка і групи смуг в інтервалі $1590-1690\text{ см}^{-1}$ РНК.

Зміни у спектрах ІЧП при утворенні цілісних вірусів із молекулярних компонентів, аналогічні описаним для ВТМ, характерні для ВКГ. Так, перерозподіляються інтенсивності компонентів і форма смуги фосфат 2, збуджуються смуги фосфат 1 і фосфат 2, розширюються смуги амід 1 і амід 2.

В результаті досліджень, проведених при різній вологості препаратів, виявлено, що поведінка різних смуг ІЧП істотно відрізняється. Найчутливіші до вологості у ВТМ виявилися смуги 630 , 696 , 1120 , 1405 ,

1540, 1652, 3065 см^{-1} та вся високочастотна смуга білків, а також фосфат 1, фосфат 2, 1380 та 1490 см^{-1} , смуги в інтервалі 1600-1700, 2800-3600 см^{-1} та смуги РНК. Зміна вологості призводить до перерозподілу інтенсивностей, до збільшення напівширин і зміщення частот коливань. На відміну від цього зміни температури в інтервалі 310-80 К не викликали помітних змін параметрів більшості смуг поглинання препаратів віріонів. Показовим є факт незмінюваності при зниженні температури напівширин основних смуг та компонентів розщеплень складних смуг поглинання, отже, не відбувалося й помітного поліпшення розділення їх структури. Це, ймовірно, є свідченням неоднорідного характеру розширення коливальних смуг біополімерів, про що згадувалося раніше. Виняток становлять смуги С-С коливань ВТМ з частотами 870 і 945 см^{-1} , напівширини яких з 30 і 25 см^{-1} звужувалися до 25 і 18 см^{-1} в результаті зниження температури з 300 до 80 К. Як зазначалося раніше, саме ці коливання були чутливими до утворення віріону з білка і РНК. Крім того, у триплеті С-Н валентних коливань відбувалося зміщення частот максимумів і перерозподіл інтенсивностей. При зниженні температури до 80 К максимум смуги 2880 см^{-1} зміщувався на 2885 см^{-1} , 2945 - на 2940 см^{-1} , а 2965 - на 2972 см^{-1} . Максимальною за піковою інтенсивністю при 300 К була смуга на частоті 2965 см^{-1} , а при 80 К - на 2940 см^{-1} . В цілому це викликало перебудову спектра в інтервалі 2800-3000 см^{-1} .

Дослідження групи вірусних нуклеопротеїдів, геном яких представлений одно- і дволанцюжковою дезоксирибонуклеїновою кислотою проводились на моделях вірусів бактерій (фаги λ , C_Δ , *E.coli* sp.) та вірусів комах (вірус денсонуклеозу комара, іридовіруси різних штамів).

Виявилось, що спектри цих біоб'єктів дуже подібні як за кількістю смуг, так і за напівширинами та частотою. Поряд з цим при детальнішому аналізі виявляються відмінності, які можна достовірно зареєструвати. Так, спектр представника бактеріофагів C_Δ відрізняється за формою і параметрами компонентів в інтервалі 400-800 см^{-1} від спектрів вірусу комах та від інших бактеріофагів (λ і Т4Д). Виявлено відмінності і в спектрах, що відповідають валентним коливанням цукровофосфатного остова ДНК, і в групі смуг, що відповідають деформаційним коливанням N-H та валентних С-H зв'язків, а також у структурі поглинання сукупності смуг, розташованих на низькочастотному крилі інтенсивного поглинання з максимумом поблизу 3000 см^{-1} .

Основні відмінності у коливальній енергетичній структурі ВДК і ВРК зводяться до таких. В інтервалі валентних коливань з участю протонів найсильніший мінімум припадає на 2949 см^{-1} у ВДК і 2937 см^{-1} - у ВРК

Ae. cantans, причому у ВРК відносна інтенсивність цієї смуги у 2 рази вища, ніж у ВДК. Число компонентів структури ІЧ поглинання у цьому інтервалі в обох об'єктах однакове - 5 смуг. Однак у ВДК тут спостерігається один чіткий мінімум, - інші 4 компоненти реєструються як слабка структура крил, а у ВРК *Ae. cant.* виявляється чіткий квартет смуг та один слабкий мінімум на крилі. Ці відмінності коригуються з наявністю ліпідів у ВРК та їх відсутністю у ВДК. Структуру ліпідів, як відомо, складають виключно С-Н зв'язки, характеристична частота яких потрапляє в обумовлений нами інтервал. В інтервалі 1390-1470 см^{-1} інтенсивності поглинання у спектрі порівнюваних нуклеопротейдів істотно перерозподілені, неоднакові для рівня однієї енергії. Розрізняються також форми і структури смуг симетричного і антисиметричного валентного коливання фосфодіефірного зв'язку. Помітні відмінності в інтервалі деформаційних коливань - у ВДК тут спостерігається добра, чітка структура, а у ВРК - широкі розмиті смуги із слабо вираженими максимумами.

Аналіз експериментальних даних за спектрами ІЧП різних штамів іридовірусів дає можливість зробити висновки про те, що спектри ІЧП розрізняються достовірно в межах від 900 до 1350 см^{-1} і що відмінності проявляються найістотніше і у повній сукупності параметрів (частота, відносна інтенсивність, напівширина і форма смуги) для коливань Р-О зв'язку нуклеїнової кислоти геномів штамів вірусів. Це стосується і смуг поглинання, що відповідають симетричним Р-О коливанням з частотами 1087, 1068 і 1063 см^{-1} для штамів *Ae. vex.*, *Ae. flav.*, *Cul. mors.*, а також для смуг, що відповідають симетричним коливанням Р-О зв'язків цукрофосфатного остова (частоти 1242, 1238 і 1246 см^{-1}). Для цих смуг спостерігаються також відмінності щодо відносної інтенсивності. Критерієм диференціації може бути і напівширина смуги на частотах антисиметричного коливання Р-О зв'язку штамів *Ae. vex.*, *Ae. flav.*, *Cul. mors.*, що дорівнюють відповідно 70, 80, 105 см^{-1} . Розрізняються також форми смуг поглинання досліджуваних штамів.

Слід зазначити також, що помітні відмінності зареєстровані при порівнянні параметрів спектрів ІЧ поглинання ДНК- та РНК-геномних вірусів. Ці відмінності виявляються, зокрема, у частотах і більшою мірою у формі та відносній інтенсивності смуг, коригуючи з біохімічним складом. Спектри вірусних ДНК та РНК відрізняються тонкою структурою смуг, що відповідають коливанням атомів фосфодіефірних зв'язків та складних смуг, обумовлених валентними С=О та деформаційними N-H коливаннями.

У четвертій главі наведені і обговорюються дані щодо коливальних спектрів клітин та тканин в залежності від біологічних і фізичних факторів неелектромагнітної природи.

Вивчено детальну структуру енергетичних станів бактеріальних клітин *Escherichia coli* у різних умовах. Результати досліджень енергетичного спектру *E.coli* штам В в межах електронних переходів (інтервал довжин хвиль 0,2-0,4 мкм) свідчать, що в ультрафіолетовому спектрі поглинання бактерії присутня одна інтенсивна безструктурна смуга з максимумом біля 258 нм значної (до 35 нм) напівширини.

У видимому та найближчому ІЧ діапазоні (інтервал 0,4-2,5 мкм) смуг поглинання першого порядку не виявлено, хоча мають місце невеликі широкі підйоми-спади екстинкції. Загальні риси спектру енергетичних станів клітини *E.coli* В у ближньому ІЧ діапазоні схожі з такими для складних нуклеопротейдів. Для спектру характерна наявність груп порівняно інтенсивних (мажорних) смуг, максимумами яких розташовані в інтервалах 500-800, 900-1800 та 2700-3400 см^{-1} . Число мажорних смуг ІЧ поглинання доходить до 40, кожна з них має складну тонку структуру із 3-5 і більше компонентів, так що в цілому кількість спостережуваних смуг доходить до 100. Напівширина смуг поглинання складає від декількох см^{-1} (для низькочастотних коливань) до десятків см^{-1} для деформаційних коливань (700-900 см^{-1}) і сотень см^{-1} - для валентних коливань за участю протону.

У дальньому інфрачервоному діапазоні (40-400 см^{-1}) спостерігається більше 30 смуг невисокої інтенсивності з напівширинами від 2-3 до 10-15 см^{-1} , що відповідають внутрішньо- та міжмолекулярним коливальним рухам білків, нуклеїнових кислот та атомних груп, що входять до їх складу. У субміліметровій, низькочастотній області звертають на себе увагу смуги з частотами 278, 228 см^{-1} (амід 7 білка) та потужний максимум на 72 см^{-1} , обумовлений квазікристалічними, конформаційними коливаннями НК як цілого.

Дослідження загального та особливого у спектрах ІЧ поглинання різних штамів бактерії *E.coli*, виділених від хворих в хірургічній клініці, вказують на достовірні відмінності у деяких спектральних інтервалах спектрів штамів за числом смуг, їх спектральним положенням і відносній інтенсивності. Найчітко відмінності проявляються в інтервалі 700-1400 см^{-1} і свідчать про те, що кожний штаб має тут характерну форму спектра поглинання у даному інтервалі частот. Розроблено методику та пристрої, досліджено спектри Раман-розсіяння живих клітин у процесі активного

метаболізму. Як виявилось, спектри КР живих бактерій є динамічними: їх параметри (хвильові числа, кількість, інтенсивність та напівширини смуг, форми контурів) істотно залежать від стадії розвитку та активності обміну, детермінованих зовнішніми та внутрішніми факторами, які впливають на швидкість та напрямок біосинтетичних процесів, що є істотною та незвичною для традиційної спектроскопії комбінаційного розсіяння особливістю. У стані неактивного метаболізму ($T = 298 \text{ K}$, збіднене живильне середовище) спектри представлені 5-6 низькоінтенсивними стабільними лініями живильного середовища і води. В оптимальних фізіологічних умовах ($T = 310 \text{ K}$, повне живильне середовище) в інтервалі внутрішньомолекулярних коливань ($100\text{-}2600 \text{ cm}^{-1}$) в спектрах спостерігалось більше 80 ліній різної інтенсивності та напівширини ($5\text{-}30 \text{ cm}^{-1}$). При цьому помітна тенденція до прояву на початку життєвого циклу клітин (0-30 хвилин) ліній деформаційних коливань молекул білків та нуклеїнових кислот ($200\text{-}900 \text{ cm}^{-1}$), у середині циклу (30-60 хвилин) - ліній валентних коливань білків, нуклеїнових кислот та ліпідів ($900\text{-}2200 \text{ cm}^{-1}$) і в кінці циклу, перед поділом клітини (60-90 хвилин) - лінії валентних коливань нуклеїнових кислот та неідентифікованих низькочастотних коливань. Виявлено також вплив відомої у біології сезонності ритмів на активність метаболізму та спектри КР бактерій. В результаті визначено умови, необхідні для експериментальних досліджень динамічних Раман-спектрів живих бактерій. Показано, що для підсилення інтенсивності спектрів Раман-розсіяння живих клітин необхідне їх знаходження у процесі активного метаболізму. Синхронізація розвитку клітин приводила до збільшення інтенсивності спектрів. Всі фактори, що знижують активність біосинтезу, зменшують інтенсивність розсіювання аж до порогової. Таким чином, з'ясовано причини розбіжностей, отриманих різними авторами. Спостережувані закономірності узгоджуються з раніше опублікованими та якісно інтерпретуються на основі теорії резонансних ефектів у біологічних молекулах та клітинах, що вказує на роль екситонних, солітонних та інших резонансних електромагнітних станів у живих системах та їх молекулярних компонентах.

Дослідження експресії біологічної взаємодії у коливальній структурі проведено на моделі вірус-клітина: бактеріофаг Т4Д-клітина *E.coli* В. Встановлено, що на етапі адсорбції ІЧ спектри найдостовірніше відрізняються в межах деформаційних коливань нуклеїнових кислот ($400\text{-}500 \text{ cm}^{-1}$) та симетричного коливання PO_2 зв'язку ($1080\text{-}1110 \text{ cm}^{-1}$).

Дослідження спектрів ІЧ поглинання клітин Т- і В- лімфоцитів вказують, що вони мають багато спільного із спектрами клітин іншого походження. Поряд з цим встановлено, що спектри Т- і В- лімфоцитів

відрізняються між собою тонкою структурою смуг в інтервалах 950-1300 см^{-1} (коливання ДНК) і 2800-3000 см^{-1} (коливання з участю протона білків, ліпідів та ліпопротеїдів). Разом з тим виявлені достовірні відмінності у структурі спектрів ІЧ поглинання в цих інтервалах для зразків від здорових та хворих людей. Спектри В-лімфоцитів в зоні N-H та C-H валентних коливань є складнішими, ніж Т-лімфоцитів, для В-лімфоцитів налічується 9 смуг, а для Т-клітин - тільки 5. Відрізняється й загальна форма поглинання у вказаних спектральних інтервалах для цих двох типів імунокомпетентних клітин. У процесі лікування аж до одужання відбувався перерозподіл інтенсивностей смуг та зміщення ІЧ частот, в той час як загальне число рівнів переходів залишилося незмінним.

Динаміка коливальних інфрачервоних спектрів біологічних тканин під впливом біологічних факторів вивчалася на моделях фітовірус-рослинна тканина. Агентами, що викликають патологічний інфекційний процес, слугували вірус тютюнової мозаїки та вірус крапчастості гвоздики. Було виявлено, що інфікування рослин томата, тютюну, петунії, соняшника, гвоздики призводить до істотних змін у спектрі ІЧ поглинання тканин епідермісу та цілісних листків на різних ярусах. Вплив інфекції проявлявся на п'ятий-сьомий день з моменту зараження і виражався у зміні форми, структури, перерозподілі інтенсивностей смуг. Найбільш явно ця динаміка спостерігалась в інтервалі 900-1700 см^{-1} , де знаходяться характеристичні коливання білків та нуклеїнових кислот.

Із порівняння результатів з ДНК-вміщуючих нуклеопротеїдів та клітин випливає, що при переході від нуклеопротеїдів до клітин не спостережуваний спектр коливань істотно не ускладнюється. Напівширини різних смуг поглинання також не істотно змінювались при переході від біополімерів до вірусів та клітин. При переході до спектрів тканин помітна тенденція до зникнення тонкої структури смуг. Це означає, що експериментально реєстрована електромагнітна структура в ІЧ діапазоні в основному формується вже на рівні гетерогенних надмолекулярних комплексів і при подальшому ускладненні фізико-хімічної будови рівні енергії змішуються.

Таким чином, досліджено динаміку коливальних спектрів передбіологічних та біологічних структур зв'язку з ускладненням їх структурно-функціональної організації і під впливом біологічних та фізичних факторів неелектромагнітної природи.

На підставі результатів, представлених у другій, третій та четвертій главах, створена база нових даних з коливальних спектрів більш ніж 40 об'єктів різних рівнів організації, для більшості з них у широкому

спектральному інтервалі - від коливань кристалічних ґраток та конформаційних коливань ($20-200\text{ см}^{-1}$) до валентних коливань за участю протону ($2500-3500\text{ см}^{-1}$).

П'яту главу присвячено вивченню впливу фізичних факторів електромагнітної природи на коливальні спектри та діелектричні властивості біоб'єктів.

Досліджено дію постійного магнітного поля з індукціями до 2.0 Тл на коливальні ІЧ спектри вірусів і клітин. Виявлено, що під впливом постійного магнітного поля змінюються форми та поляризація смуг ІЧ поглинання, обумовлених коливаннями фосфодієфірних зв'язків нуклеїнових кислот у вірусів. Експерименти з подвійного променезаломлення вказують на індуковану ПМП орієнтацію вірусних часток у розчині. Істотних змін у спектрах білків та цілісних бактеріальних клітин не спостерігалось. Ефекти постійного магнітного поля зареєстровані також за змінами структури і форми на електронних мікрофотографіях та за зниженням біологічного титру (інфекційності).

Ефекти ПМП при індукціях в інтервалі $0.1-0.4\text{ Тл}$ можуть бути зумовлені змінами енергетичної структури молекул білків і ДНК внаслідок взаємодії зовнішнього ПМП з електронами, що мають власні магнітні моменти, і меншою мірою - з ядрами атомів (аномальний ефект Зеемана). В результаті виникають упорядковуючі сили, відмінні за напрямком від тих, що формували щільну упаковку білкових молекул капсиду, відростку та інших відомих структурних компонентів бактеріофага Т4. Це повинно приводити до розщільнення структури та порушення термодинамічно та механічно вигідної, стійкої (поза дією експериментальних ПМП), еволюційно закріпленої конформації фага і повинно проявитися у збільшенні розмірів, що підтверджується експериментально спостережуванним набуханням голівок бактеріофагів. При більш високих індукціях ($0.8-2.0\text{ Тл}$) дестабілізуюча дія ПМП посилюється за рахунок того, що поряд з ефектом Зеемана стає ще й істотнішим орієнтуючий ефект поля на молекули білків та ДНК, що зростає пропорційно квадрату індукції. Магнітні моменти кожної із білкових субодиниць та ДНК віріону орієнтовані у просторі відповідно до законів щільної упаковки, а зовнішнє ПМП примушує їх повернутися та розташуватися впорядковано, знову ж таки, порушуючи природну структуру віріону. Нарешті, причина деструкцій віріонів, що проявляються у відокремленні хвостових відростків від головок, може заключатися в тому, що віріони взаємодіють з ПМП як ціле. Вірусній частинці можна поставити у відповідність деякий сумарний магнітний момент, пов'язаний з анізотропією форми віріона. У природних

умовах віріони та їх магнітні моменти у рідкому середовищі розташовані рівновірогідно за всіма напрямками. При накладанні зовнішнього ПМП для часток, неколінеарних з полем, виникає обертовий момент, що орієнтує їх у полі. Якщо врахувати, що повороти віріонів відбуваються не у вакуумі, а у рідкому середовищі з ненульовою в'язкістю, то стає зрозумілою можливість відламування хвостових відростків у місці їх приєднання до голівки, що і спостерігалось в електронному мікроскопі.

Досліджено дію низькоенергетичного електромагнітного поля мм-діапазону на спектри коливальних станів біомономерів і макромолекул в полікристалічному та монокристалічному стані (α -гліцин, β -аланін, L-гістидин, L-тирозин, L-триптофан, яєчний альбумін, вікна і внутріклітинна ДНК).

Мм-поле, незважаючи на надто малу енергію квантів, виявилось здатним викликати величезні трансформації в енергетичній структурі. Виявлено такі основні риси ефектів мм-поля в енергетичній структурі біоб'єктів різної складності.

- Перерозподіл інтенсивностей у спектрах електронних і коливальних переходів внаслідок підсилення одних і ослаблення інших смуг.

- Зміна форми та структури смуг, виявлення переходів, що не спостерігалась при відсутності мм-поля при заданій геометрії ах(поляризації) та інших зовнішніх умов реєстрації.

- Нетепловий характер ефектів, наявних при потужностях менше 1 мВт/см² при незмінній (з точністю до $\pm 0,1$ K) температурі зразків.

- Значна залежність ефектів мм-поля від:

- а) частоти (енергії) збуджуючого випромінювання (резонанс за мм-випромінюванням);

- б) фізико-хімічної природи смуг (резонанс за фізико-хімічним походженням переходу);

- в) взаємної орієнтації вектора мм-поля і монокристалів (кутовий синхронізм);

- г) поляризації спостережуваного спектрального сигналу (поляризаційна залежність);

- д) потужності опромінення в інтервалі нетеплової (0,1-10 мВт/см²) дії.

- Акумуляція та запам'ятовування ефектів мм-поля для переходів з прямою або віртуальною участю електронних станів (комбінаційне розсіювання, люмінесценція), вплив мм-випромінювання на кінетичні

характеристики (час життя) таких переходів; відсутність акумуляції та запам'ятовування ефектів для коливальних переходів у спектрах ІЧ відбиття.

Резонансний характер дії проявлявся через наявність ефектів тільки поблизу селективних частот мм-поля. Кількість спостережуваних резонансів у діапазоні 37-53,5 ГГц для монокристалів амінокислот становить кілька десятків. Напівширина резонансів у спектрі дії характеризувався величинами $(40 - 80) \pm 5$ МГц. Для різних коливань розрізнялись резонансні частоти мм-випромінювання, що викликали перебудову коливального спектру.

Досліджено поляризаційні залежності ефектів мм поля в ІЧ спектрах монокристалів амінокислот. Встановлено, що поляризаційні індикатрис ефектів мають овальну чи гантелеподібну форму. Форма та нахил поляризаційних індикатрис змінюються під дією поля. На підставі експериментальних даних виявлені зміни тензорів діелектричного сприйняття монокристалів, що містять біомономери (α -гліцин і тригліцинсульфат), в інфрачервоному діапазоні спектру під дією електромагнітного поля міліметрового діапазону.

При опроміненні вільної вологої ДНК спостерігалось звуження смуг антисиметричного О-Р-О коливання та складної смуги з частотою максимуму поблизу 1660 см^{-1} (C-O, C-C, C-N валентні та C-P деформаційні коливання) на 25-30 см^{-1} при початковій напівширині відповідно 90 і 160 см^{-1} .

Смуга симетричного О-Р-О коливання звужувалась на 10 см^{-1} (при початковій напівширині 130 см^{-1}). При опромінюванні сухих плівок ДНК звуження смуг були значно меншими і не перевищували 5-20 см^{-1} . Спостерігався також перерозподіл інтенсивностей смуг ІЧ поглинання вільної ДНК. У спектрах ІЧП сухих плівок клінічних штамів *E. coli* для характеристичних коливань ДНК зміни параметрів під дією мм випромінювання виявились аналогічними змінами для сухих плівок вільної ДНК. Для внутрішньоклітинної ДНК *Dunaliella viridis* встановлено, що опромінювання на частоті 37,50 ГГц призводить до звуження смуги ІЧП з частотою 1080 см^{-1} на 25 см^{-1} і збільшенню її інтенсивності на 25%. Спостережувані ефекти, очевидно, не пов'язані з відомим впливом на спектри ІЧ поглинання висушування зразків, що обумовлює перехід ДНК із В- в А-форму та подальше розупорядкування. Із одержаних нами даних випливає, що мм випромінювання викликає зміни параметрів ІЧП ДНК, протилежні тим, які спостерігаються із зниженням вологості препаратів.

При вивченні спектрів люмінесценції монокристалу білка яєчного альбуміну з нативною домішкою полієнів виявлено, що в міру збільшення експозиції зростає в $(1,4 \pm 0,04)$ рази інтенсивність смуги на 360 нм при майже незмінній інтенсивності смуги на 450 нм. Акумуляція виявлення ефекту триває близько однієї години, а зникнення його відбувається значно повільніше (24 години) після вимкнення поля. Оборотність (відновлення форми спектру після припинення мм-опромінювання) та стабільність інтенсивності смуги на 450 нм свідченням відсутності внеску у спостережуваний ефект фотохімічних і термохімічних процесів, що викликають деструкцію досліджуваних хромофорів.

З використанням голографічної інтерферометрії досліджено зміни показника заломлення нативних розчинів плазми крові під дією мм-випромінювання. У реальному масштабі часу зареєстровано динаміку змін показника заломлення у макроскопічному об'ємі водного розчину плазми крові. Помічено акумуляцію ефекту та його зворотність у часі. Максимум змін в інтерференційній картині наставав через 6-7 хвилин після початку опромінювання, вихідна картина відновлювалась через 5-6 хвилин після зняття поля. Ефект проявлявся у плавній зміні (зменшенні) числа смуг інтерференції у полі зору, за яким розраховувалося збільшення показника заломлення, яке досягало величини 1×10^{-4} . Температурні ефекти в обраній схемі експерименту мали зворотний знак, під їх впливом показник заломлення зменшувався на величину 2×10^{-5} . Виявлені зміни показника заломлення плазми крові можуть обумовлюватися упорядковуючою дією міліметрового поля на систему біомолекули - розчинник, що викликає зростання внеску орієнтаційної поляризованості в діелектричну проникливість середовища на макроскопічних відстанях.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Для об'єктів, молекули яких мають постійний дипольний момент, вплив переходу рідина-кристал на параметри коливальних спектрів відчутніший, ніж для бездипольних, що узгоджується з теоретичними передбаченнями.

2. Відсутність у спостережуваному Раман-спектрі екситонних розщеплень може бути пов'язана з геометричними факторами, зокрема, із збільшенням відстані між взаємодіючими молекулами.

3. Зміни відносної інтенсивності Раман-ліній внутрішньомолекулярних та ґраткових коливань з температурою і агрегатним станом речовини не визначаються Больцманівською залежністю, що обумовлено, очевидно,

анізотропними деформаціями електронних конфігурацій молекул при утворенні щільної упаковки у молекулярних кристалах і анізотропією змін структури кристалів при охолодженні.

4. При ускладненні фізико-хімічної структури об'єктів біологічного походження найістотніші трансформації коливального спектру мають місце при переході з мономірного на макромолекулярний і гетерогенний надмолекулярний рівні організації живого, збільшення числа смуг спостережуваного спектру коливань при переході від нуклеопротейдів до клітин і тканин не відбувається.

5. Особливістю більшості смуг ІЧ поглинання біологічних об'єктів макромолекулярного і вищих рівнів організації є неоднорідне розширення та тонка структура, обумовлені, очевидно, нееквівалентним силовим оточенням однакових атомних груп у різних місцях пептидного і фосфатного ланцюгів, а також близькістю групових частот атом-атомних зв'язків у білках і нуклеїнових кислотах.

6. Для біологічних структур надмолекулярного і вищих рівнів організації характерна наявність квазіконтинууму електромагнітних переходів, що включає енергетичні стани від міліметрового до близького інфрачервоного діапазонів електромагнітного випромінювання.

7. Умовами, необхідними для експериментального спостереження динамічних Раман-спектрів живих бактерій з максимальною інтенсивністю є їх синхронізація та високоактивний метаболічний стан. Всі фактори, що знижують активність біосинтезу, зменшують інтенсивність Раман-ліній аж до порогової.

8. Для біомономерів перехід у твердий стан і вплив температури на параметри коливальних спектрів в основному подібні до таких для органічних вуглеводневих сполук. На відміну від цього для біооб'єктів вищих рівнів складності (білки, нуклеїнові кислоти, нуклеопротейди) ефекти агрегатного стану і температури не такі значні, що може пояснюватись домінуванням факторів неоднорідності полів у біополімерних ланцюгах, що мають відносно стабільну просторову і електромагнітну структуру вже у розчині, а також їх слабкими змінами при кристалізації. Виняток складають енергетичні переходи, пов'язані з водневими зв'язками і кристалізаційною водою: низькочастотні коливання у далекому інфрачервоному діапазоні, коливання фосфодієфірних зв'язків нуклеїнових кислот, ОН коливання кристалізаційної води у білках і нуклеїнових кислотах.

9. На структуру коливальних спектрів впливають як ієрархічна структурно-функціональна складність біооб'єкта, так і біологічна природа (вид, штам), умови життєдіяльності, процеси реалізації чужородноі генетичної інформації і неінфекційні патологічні процеси. Патологічні стани змінюють параметри коливальних спектрів клітин і тканин рослинного і тваринного походження. Отримані результати вказують на значні потенційні можливості ІЧ спектроскопії для використання у діагностичних і класифікаційних цілях.

10. Під впливом постійного магнітного поля змінюються форми смуг ІЧ поглинання, обумовлених коливаннями фосфодієфірних зв'язків нуклеїнових кислот, відбувається орієнтація анізотропних нуклеопротейдів у водному розчині, порушується їх просторова структура і біологічна функція. Суттєвих змін у спектрах білків і цілісних бактеріальних клітин Уюсцдш не спостерігається.

11. Електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, незважаючи на низьку енергію квантів, при дії на резонансних частотах може викликати значні трансформації енергетичної структури біооб'єктів різних рівнів організації. Ефекти резонансного мм-поля прооявляються в перерозподілі інтенсивностей у спектрах електронних і коливальних переходів, змінах кінетики переходів, форми і структури смуг.

12. Міліхвильове поле спричиняє зміни елементів тензорів діелектричного сприйнятливості монокристалів амінокислот в інфрачервоному діапазоні спектра, а також ініціює макроскопічні зміни показника заломлення природних водних розчинів біомолекул. Таким чином, одним із ланцюгів механізму дії мм-випромінювання на електромагнітні стани є вплив на діелектричні властивості об'єктів, що визначають в свою чергу інтенсивності електромагнітних переходів.

За час досліджень, результати яких викладені у дисертації, автору довелось співпрацювати з багатьма вченими - фізиками, хіміками, біофізиками, біохіміками, вірусологами, - без доброзичливого ставлення яких проведені трудомісткі дослідження широкого кола об'єктів, особливо унікальних біологічних, навряд чи були б можливими.

Автор вдячний колективам різних наукових установ, які проявили інтерес і надали конкретну допомогу у процесі виконання експериментів при обговоренні результатів - кафедрі нелінійної оптики і кафедрі вірусології Київського університету ім. Тараса Шевченка, відділу оптики

Інституту напівпровідників АН України та відділу теорії систем багатьох частинок Інституту теоретичної фізики АН України.

Вважаю своїм обов'язком висловити глибоку вдячність науковому консультанту, академіку М.П.Лисиці, директору МНІЦ "Відгук" професору С.П.Сітьку, академіку А.А.Бойку, доктору ф.-м.наук О.О.Серікову, доктору ф.-м.наук В.В.Обуховському, доктору ф.-м.наук В.М.Харкянену, кандидату ф.-м.наук Л.Й.Бережинському, кандидату хім.наук Л.Ф.Авраменко.

Надихаючим прикладом для автора слугували основоположні ідеї академіка О.С.Давидова, що знайшли підтвердження в цій роботі.

Всебічну підтримку при виконанні досліджень, оформленні статей та рукопису дисертації надали співробітники відділу біомедичної фізики Інституту фізики живого МНІЦ "Відгук" ст.н.с. Г.І.Довбешко, Г.В.Понежа, н.с. Т.А.Ботте, Л.І.Мацейко, І.В.Горбенко, О.Р.Федорович, Л.В.Нечеса, яким автор висловлює свою щирю подяку.

**ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В
РОБОТАХ:**

1. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Частотная зависимость интенсивности антистоксовых компонентов линий комбинационного рассеяния света //Опт. и спектроскоп. - 1970. - т.29, №6 - С.1070-1074.

2. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Тонкая структура спектра комбинационного рассеяния кристаллического CCl_4 //Опт. и спектроскоп. - 1971. - т.30, №1. - С.97-99.

3. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Проявление Давыдовского расщепления в спектре комбинационного рассеяния нафталина. //Опт. и спектроскоп. - 1971. - т.30, №3. - С.437-441.

4. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Зависимость величины Давыдовского расщепления в спектрах комбинационного рассеяния от параметров элементарной ячейки кристалла //Опт. и спектроскоп. - 1971. - т.31, №2. - С.234-242.

5. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Давыдовское расщепление в спектрах комбинационного рассеяния парадигалоидзамещенных бензола //Опт. и спектроскоп. - 1972. - т.32, №1. - С.69-75.

6. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Экситонные эффекты в спектрах комбинационного рассеяния бензола и его моногалоидзамещенных //Опт. и спектроскоп. - 1972. - т.32, №3. - С.535-543.

7. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Влияние экситонных состояний на спектр комбинационного рассеяния метилпроизводных бензола //Опт. и спектроскоп. - 1972. - т.32, №4. - С.908-914.

8. Литвинов Г.С. Влияние экситонных состояний на спектры спонтанного комбинационного рассеяния света: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. - Киев, 1971. - 21 с.

9. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Влияние резонанса Ферми, Бете- и Давыдовского расщеплений на тонкую структуру комбинационного рассеяния сероуглерода. //Опт. и спектроскоп. - 1973. - т.34, №3. - С.466-470.

10. Кондиленко И.И., Коротков П.А., Литвинов Г.С. Проявление экситонных состояний в спектрах спонтанного комбинационного

рассеяния света // В кн.: "Современные проблемы оптики и ядерной физики" под ред. академика А.С.Давыдова. - Киев: Наукова думка, 1974. - С.97-108.

11. Литвинов Г.С. Спектр инфракрасного поглощения фага λ . //Сб. "Актуальные вопросы бактериофагии и прикладной иммунологии". - Тбилиси, 1984. - С.135-138.

12. Литвинов Г.С., Токарчук Л.В. Влияние постоянного магнитного поля на инфекционный титр вирусов бактерий //Сб. "Актуальные вопросы бактериофагии и прикладной иммунологии". - Тбилиси, 1984. - С.226-228.

13. Буцацкий А.П., Литвинов Г.С., Подрезова Л.М., Бунич-Рамезова Е.А. Влияние физических и химических факторов на иридовирус комара //Микробиол.ж-л. - 1986. - т.48, №2. - С.55-57.

14. Влияние постоянного магнитного поля на свойства вируса табачной мозаики и чувствительность серологических реакций /А.А.Бойко, Н.В.Тайкова, Г.С.Литвинов и др. //Респ. межвед. сб. "Проблемы общей и молек. биологии". - Киев, 1987. - №6. - с.4-7.

15. Litvinov G.S., Knyazeva N.A., Kondratjuk E.A., Smirnova S.A., Boiko A. The sunflower viral diseases diagnostics //Intern. Sunflower Associat: Novi Sad, Yugoslavia, July 25 to 29, 1988. - vol. 11, P.10-15.

16. Диагностика вирусных болезней подсолнечника /А.А.Бойко, Н.А.Князева, Г.С.Литвинов и др. - Киев: КГУ, 1989. - 30 с.

17. Авторское свидетельство № 1507253 от 15 мая 1989 г. А01G7/00G01№21/35. Способ обнаружения вирусных болезней растений /Г.С.Литвинов, А.А.Бойко, Е.А.Кондратюк, (СССР).

18. Спектры комбинационного рассеяния бактерий E.coli В в различных метаболических состояниях /В.В.Артамонов, М.П.Лисица, Г.С.Литвинов и др.// ДАН УССР, сер.А. - 1988. - №9. - С.42-45.

19. Литвинов Г.С. Особенности спектра инфракрасного поглощения фага C_d бактерии E.coli //Тез.докл. VI конф. по спектроскопии биополимеров, Харьков, 1988. - С.193-194.

20. Dovbeshko G.I., Litvinov G.S., Strouk V.I. Infrared Absorption Peculiarities of the Biological Systems on Different Organizations Levels // Recent developments in molecular spectroscopy. - World Scientific, Singapore, 1988. - P.674-686.

21. Литвинов Г.С. Влияние миллиметрового излучения на спектральные характеристики полос инфракрасного поглощения свободной и

внутриклеточной ДНК // I Всес. симп. с межд. участ. "Фундамент. и прикл. аспекты прим. мм ЭМИ в медицине": Труды, Киев, 1989. - С.31-33.

22. Литвинов Г.С. Особенности спектров комбинационного рассеяния живых бактерий *E.coli* В в активном и неактивном метаболических состояниях //I Всес. симп. с межд. участ. "Фундамент. и прикл. аспекты прим. мм ЭМИ в медицине": Труды, Киев, 1989. - С.41-44.

23. Литвинов Г.С., Довбешко Г.И. Колебательные спектры системы вирус-клетка //Сб. "Спектроскопия неметаллических кристаллов". - Киев5 Наукова думка, 1990. - С.171- 175.

24. Литвинов Г.С. Индуцированные миллиметровым излучением изменения в колебательных спектрах β -аланина //ДАН УССР, сер.А. - 1990. - №11. - С.49-52.

25. Raman Scattering Spectra of Living Bacteria at Different Stages of Development /V.V.Artamonov, M.P.Lisitsa, G.S.Litvinov at al.//Experimental Technique of Physics. - 1991. - No.39.- P.1-6.

26. Litvinov G.S. Belokur E.L. Dovbeshko G.I. Protein/nucleic acid ratio influence upon the nucleoprotein electronic and vibrational spectra //Spectrosc. of Biological Molec.Ed.by R.E.Hester and R.B.Griling.The Rojal Society of Chemistry. - York, England, 1991. - P.371-372.

27. Литвинов Г.С., Ботте Т.А., Довбешко Г.И. Колебательные спектры биологических молекул и клеток в низкочастотном диапазоне //Сб. "Спектроскопия молекул и кристаллов". - Киев: Наукова думка, 1991. - С.293-297.

28. Бережинский А.И. Довбешко Г.И. Лисица М.П. Литвинов Г.С. Воздействие миллиметрового излучения на спектр инфракрасного отражения монокристалла β -аланина //Биополимеры и клетка. - 1991. - т.7, №3. - С.77-82.

29. Литвинов Г.С. Особенности спектров инфракрасного поглощения РНК-содержащих фитовирусов спирального и кубического типов симметрии //Биополимеры и клетка. - 1991. - т.7, №5. - С.23-27.

30. Литвинов Г.С. Инфракрасные колебательные спектры фитовирусов и их молекулярных компонентов //Биополимеры и клеткаю - 1991. - т.7, №6. - С.32-47.

31. Литвинов Г.С., Ботте Т.А., Довбешко Г.И. Колебательные спектры некоторых аминокислот в низкочастотной области //Биополимеры и клетка. - 1991. - т.7, №6. - С.48-57.

32. Бережинский А.И., Довбешко Г.И., Лисица М.П., Литвинов Г.С. Колебательные спектры кристаллического β -аланина в ближней и дальней инфракрасной области //Биополимеры и клетка. - 1991. - т.7, №6. - С.57-64.

33. Бережинський А.Ш., Гридіна Н.Я., Довбешко Г.І., Лисиця М.П., Литвинов Г.С. Голографічна інтерферометрія плазми крові, що знаходиться під дією міліметрового випромінювання //ДАН України, серія А. - 1991. - №12. - С.45-48.

34. Litvinov G.S. Belokour Ye.L. Dovbeshko G.I. Experimental and computer modelling of vibrational spectra of heterogenous complexes of biological macromolecules //Journal of Molecular Structure. - 1992. - No.267. - P.61-66.

35. Litvinov G.S., Berezhinsky L.I., Dovbeshko G.I., Lisitsa M.P. Mm-wave field effects upon optical properties of aminoacid crystals //Proceedings of Inter. Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility. - Wroclaw, Poland, 1992. - Part 1. - P.63-66.

36. Андреев Е.А., Бережинский А.И., Довбешко Г.И., Лисица М.П., Литвинов Г.С. Резонансный отклик колебательных переходов в кристаллах аминокислот на воздействие миллиметрового излучения //Биополимеры и клетка. - 1992. - т.8, №1. - С.43-46.

37. Литвинов Г.С., Полищук В.П., Бойко А.А. Изменение структуры и биологических свойств бактериофага Т4 под воздействием постоянного магнитного поля //Биополимеры и клетка. - 1992. - т.8, №1. - С.46-51.

38. Litvinov G.S. Glycine aminoacid Raman spectra in various states at different temperatures //XIIIth Intern. Conf. on Raman Spectroscopy, Wurzburg, Germany, Sep., 1992. - Abstract. - P58-59.

39. Berezhinsky L.I., Gridina N.Ya., Dovbeshko G.I., Lisitsa M.P., Litvinov G.S. Coherent macroscopic changes in blood plasma under mm-wave resonance irradiation //Electro-Magnetobiology, USA, 19936 (in press).

40. Бережинский А.И., Гридина Н.Я., Довбешко Г.И., Лисица М.П., Литвинов Г.С. Визуализация действия мм-излучения на плазму крови //Биофизика. - 1993. - т.38, №2. - С.225-230.

41. Dovbeshko G.I., Berezhinsky L.I., Lisitsa M.P., Litvinov G.S. Nonlinear optical properties of biomolecules and biocrystals under weak electromagnetic field //SPIE. - Vol 1890, Biomolecular Spectroscopy III. - 1993. - P.135-140.

42. Berezhinsky L.I., Gridina N.Ya., Dovbeshko G.I., Lisitsa M.P., Litvinov G.S. Coherent macroscopic changes in blood plasma mm-wave resonance irradiation //SPIE. - Vol 1890, Biomolecular Spectroscopy III. - 1993. - (in print).

43. Dovbeshko G.I., Gridina N.Ya., Litvinov G.S. Application of T- and B-lymphocytes Infrared Spectroscopy for the diagnostic purposes //5th European Conference on the Spectroscopy of Biological Molecules, Loutraki, Greece, Sept. 1993. - p.

44. Бережинский Л.И., Довбешко Г.И., Литвинов Г.С., Обуховский В.В. Перестройки в поляризованных ИК спектрах глицин-содержащих кристаллов под действием миллиметрового излучения //Опт.и спектроскоп. - 1992. - т.75, №3. - С.628-636.

45 Litvinov G.S., Berezhinsky L.I., Dovbeshko G.I., Lisitsa M.P. Energy states of bioobjects under mm-wave field action //Physics of the Alive. - 1993 - vol.1, No.1. - P.38-61.

46. Berezhinsky L.I., Dovbeshko G.I., Litvinov G.S., Obukhovsky V.V. Rearrangements in polarized vibrational spectra of glycine-containing crystals under millimeter wave irradiation effect //Proc of 18 Int.Congr.on Infrared and Millimeter waves, Essex, U.K., 6-10 Sept. 1993. - P.386-387.

47. Berezhinsky L.I., Dovbeshko G.I. , Lisitsa M.P., Litvinov G.S., Matseiko L.I.. Infrared spectroscopy detection of millimetre wave effect upon biomolecules //Proc of 18 Int.Congr.on Infrared and Millimeter waves, Essex, U.K., 6-10 Sept. 1993. - P.382-383.

48. Ботте Т.Л., Довбешко Г.И., Литвинов. Г.С. Колебательные спектры биологических молекул и клеток в низкочастотном диапазоне //В сб. "Оптическая спектроскопия". - Киев: Ин-т физики АН Украины, 1993. - Ч.II. - С.230-235.

49. Dovbeshko G.I., Litvinov G.S., Berezhinsky L.I., Lisitsa M.P. Millimeter wave radiation effect on β -alanine vibrational spectra //Molecular materials. - 1993 - V.3, No.1, P. 135-141.

50. Berezhinsky L.I., Dovbeshko G.I., Lisitsa M.P. , Litvinov G.S. Resonance response of vibrational transitions in aminoacidcrystals to millimeter radiation //Intern. Conf. on millimeter and submillimeter waves and applications, San Diego, USA, 1994. Proceedings, vol.2250. - P.302.

51. Litvinov G.S., Dovbeshko G.I. L-histidine energetic spectrum in millimeter and submillimeter ranges //Intern. Conf. on millimeter and submillimeter waves and applications, San Diego, USA, 1994. Proceedings, vol.2250. - P.300.

Підп. до друку. 19. 01. 94. Формат 60 × 84 $\frac{1}{4}$ Папір офс.
Друк. офс. Умовн. друк. арк. 1, 8. Обл.-вид. арк. 1, 3. тир. 100
Зам. 4-2023.

Київська книжкова друкарня наукової книги. Київ, Репіна, 4.

460281

AB 29.275