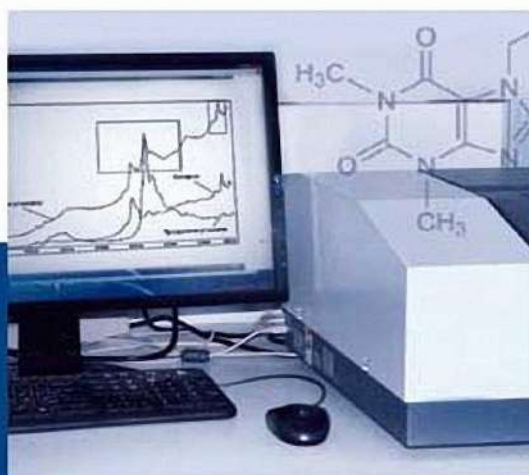


ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

# ИК-СПЕКТРОМЕТРИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

А. С. Саушкина  
Н. И. Котова  
Б. А. Чакчир



E.LANBOOK.COM

**А. С. САУШКИНА, Н. И. КОТОВА,  
Б. А. ЧАКЧИР**

# **ИК-СПЕКТРОМЕТРИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**

*Учебное пособие*

Издание третье, стереотипное



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
МОСКВА  
КРАСНОДАР  
2020

УДК 615.1  
ББК 52.8я73

**С 21** Саушкина А. С. ИК-спектроскопия в фармацевтическом анализе : учебное пособие для вузов / А. С. Саушкина, Н. И. Котова, Б. А. Чакчир. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 180 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-8114-5706-9**

Учебное пособие составлено в соответствии с программой для студентов, обучающихся по специальности 33.05.01. «Фармация». Оно может быть полезным для провизоров, проходящих повышение квалификации или переподготовку по специальности «Фармацевтическая химия и фармакогнозия», магистров, адъюнктов, аспирантов, молодых специалистов, занимающихся контролем качества лекарственных средств, лиц, интересующихся проблемой использования метода ИК-спектроскопии в фармацевтическом анализе, а также в курсе «Выявление фальсифицированных лекарственных средств».

Учебное пособие содержит примеры и иллюстрации, отражающие использование ИК-спектроскопии в фармацевтическом анализе для оценки качества фармацевтических субстанций по показателям «Подлинность», «Чистота», «Количественное определение», идентификации ингредиентов готовых лекарственных форм (ГЛФ) и выявления фальсифицированной и недоброкачественной продукции.

Для выработки умений использования ИК-спектроскопии для идентификации фармацевтических субстанций и ингредиентов ГЛФ, интерпретации ИК-спектров, выявления фальсифицированных и контрафактных ЛС в учебном пособии приведены варианты соответствующих заданий и ответы для самопроверки.

Пособие снабжено необходимыми приложениями и списком использованной литературы.

УДК 615.1  
ББК 52.8я73

#### **Рецензенты:**

*С. З. УМАРОВ* — доктор фармацевтических наук, профессор кафедры военно-медицинского снабжения и фармации Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова;

*А. Е. ПОЛОВИНКО* — кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры управления и экономики фармации, фармацевтической технологии, фармацевтической химии и фармакогнозии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова.

**Обложка**  
*Ю. В. ГРИГОРЬЕВА*

© Издательство «Лань», 2020  
© Коллектив авторов, 2020  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2020

*Посвящается Александру Семеновичу Гинзбергу*



Александр Семенович Гинзберг (1870–1937)  
российский химик, фармацевт, педагог, доктор химических наук, профессор

В 1897 г. А. С. Гинзберг защитил в Военно-медицинской академии диссертацию на звание магистра фармации «О продуктах перехода пинена в ряд моноциклических соединений и о реакции Собrero».

С 1898 по 1919 г. работал приват-доцентом кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии Военно-медицинской академии и заведовал кафедрой фармацевтической химии и фармакогнозии Женского медицинского института.

Один из организаторов и первый директор первого в России Петроградского химико-фармацевтического института (ныне Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет).

## ВВЕДЕНИЕ

В современной нормативной документации (национальных государственных фармакопеях: российской, американской, белорусской, британской, казахской и др.; региональных и международной) для оценки качества фармацевтических субстанций различной химической природы по фармакопейным показателям «Подлинность», «Испытания на чистоту», «Количественное определение» и идентификации ингредиентов лекарственных препаратов широко используют метод ИК-спектromетрии.

В Российскую государственную фармакопею этот метод впервые был включен в 1968 г. (ГФ, X издание) в раздел «Общие методы физико-химического, химического и биологического исследования» и раздел «Подлинность» некоторых фармацевтических субстанций. Сейчас этот метод включен практически в каждую фармакопейную статью Российской государственной фармакопеи в качестве одного из способов идентификации путем сравнения ИК-спектров анализируемых фармацевтических субстанций с ИК-спектрами стандартных образцов или приведенными в нормативной документации эталонными спектрами.

Авторы учебного пособия выражают глубокую благодарность и признательность за оказанную консультативную помощь и предоставленную возможность использования архивных образцов ИК-спектров фармацевтических субстанций и готовых лекарственных средств директору аналитического центра, начальнику ИЛЦККЛС СПХФА, доктору фармацевтических наук, доценту И. И. Тернинко; химику-аналитику аналитического центра ИЛЦККЛС СПХФА Л. Н. Зинчук, заведующей лабораторией спектральных анализов, провизору-аналитику ЦККиСЛС (МО РФ) Н. К. Дукельской.

# 1. МЕТОД ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ

Метод ИК-спектроскопии относится к физико-химическим методам анализа. Он основан на поглощении энергии электромагнитного излучения структурными фрагментами молекул исследуемого вещества, вследствие которого возникают инфракрасные (колебательные) спектры.

Электромагнитное излучение подразделяют на диапазоны в зависимости от энергии частиц света, длин волн и типов переходов молекул из одного энергетического состояния в другое (табл. 1).

Таблица 1

Диапазоны электромагнитного излучения

Излучение	Длина волны	Энергия/частота	Переход
Гамма-лучи	$<0,1 \text{ \AA}$	$>100 \text{ кэВ}$	Ядерный
Рентгеновские лучи	$0,1\text{--}20 \text{ \AA}$	$0,6\text{--}120 \text{ кэВ}$	Внутренние электроны
Ультрафиолетовое излучение	$1\text{--}400 \text{ нм}$	$3 \text{ эВ} \text{ — } 1,2 \text{ кэВ}$	Внешние электроны
Видимый свет	$400\text{--}800 \text{ нм}$	$1,5\text{--}3 \text{ эВ}$	Внешние электроны
Инфракрасный свет	$0,8\text{--}500 \text{ мкм}$	$12\,500\text{--}20 \text{ см}^{-1}$	Колебания молекул
Микроволновое излучение	$1\text{--}300 \text{ мм}$	$1\text{--}300 \text{ ГГц}$	Вращение молекул
Радиоволны	$0,5\text{--}30 \text{ м}$	$10\text{--}600 \text{ МГц}$	Ядерный спин

**ИК-спектры** представляют собой зависимость пропускания ( $T$ , %) или поглощения ( $A$ ) светового потока от длины волны ( $\lambda$ ) или частоты колебаний ( $\nu$ ) (рис. 1А, Б).

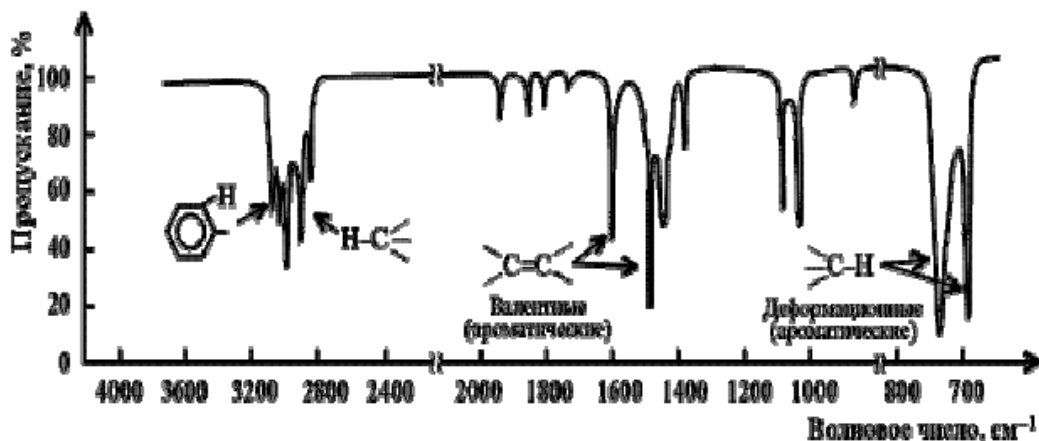


Рис. 1А

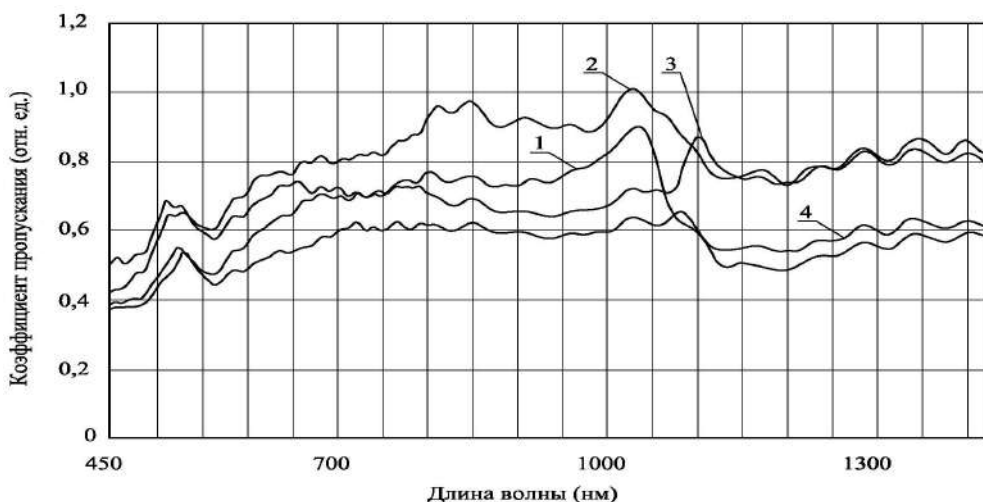


Рис. 1Б

ИК-спектры: А — толуол в диске калия бромида (средняя ИК-область);  
 Б — фармацевтические субстанции: 1 — амисульприд, 2 — тиаприд,  
 3 — сульпирид, 4 — метаклопрамид (ближняя ИК-область).

Молекулы веществ высокоизбирательны по отношению к частоте поглощаемого излучения и захватывают фотоны только определенной частоты, поэтому характер поглощения зависит от строения молекулы и энергии электромагнитного излучения. При облучении молекулы вещества взаимодействуют с электромагнитным излучением, изменяя свое энергетическое состояние (рис. 2).

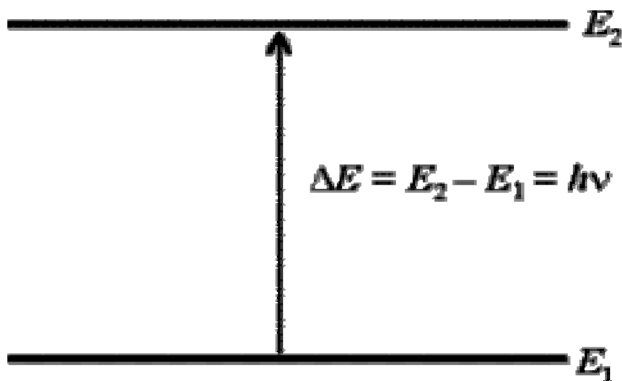


Рис. 2

Энергетические состояния молекулы вещества

Поглощение инфракрасного излучения изменяет дипольные моменты колебательных и вращательных движений ядер атомов в молекулах или ионах и вызывает **валентные** или **деформационные** колебания (рис. 3).



Рис. 3

Валентные и деформационные колебания метиленовой группы

**Валентные** колебания обозначают буквой  $\nu$  ( $\nu \text{ C}=\text{C}$ ;  $\nu \text{ C}=\text{O}$ ;  $\nu \text{ C}=\text{N}$ ). Они возникают в области больших частот  $4000\text{--}1400 \text{ см}^{-1}$  и заключаются в изменении длины связи (сжатие или растяжение) между ядрами атомов вдоль линии связи без отклонения от межъядерной оси. Число валентных колебаний равно числу связей в молекуле.

**Деформационные** колебания обозначают буквой  $\delta$ . Они имеют более низкую частоту, чем валентные ( $< 1400 \text{ см}^{-1}$ ), так как их возбуждает меньшая энергия. Деформационные колебания отражают изменения межсвязевых углов в плоскости и вне плоскости колебания.

Порознь валентные и деформационные колебания встречаются только у линейных или у высокосимметричных нелинейных молекул и ионов. Наиболее часто наблюдаются **смешанные валентно-деформационные** колебания многоатомных молекул или ионов.

При наложении полос поглощения отдельных атомов наряду с указанными колебаниями возникают **скелетные колебания** ( $800\text{--}1500 \text{ см}^{-1}$ ), **колебания отдельных групп** ( $> 1500 \text{ см}^{-1}$ ), **обертоны**, **полосы резонансного взаимодействия**, **составные полосы**.

ИК-спектры называют колебательными или молекулярными, так как ИК-излучение наиболее часто влияет на колебательные движения.

ИК-спектры отражают сложный набор различных колебаний, каждое из которых проявляется в узком интервале частот. Общее число линий (полос поглощения) в спектре зависит от числа атомов в молекуле. Однако в ряде случаев число полос в спектре меньше рассчитанного из-за симметричности молекулы и наложения колебаний с одинаковыми частотами. Это приводит к появлению в спектре одной суммарной полосы поглощения вместо 2–3.

В **инфракрасном спектре** различают **ближнюю** ( $12500\text{--}4000 \text{ см}^{-1}$ ), **среднюю** ( $4000\text{--}400 \text{ см}^{-1}$ ) и **дальнюю** ( $400\text{--}50 \text{ см}^{-1}$ ) области. Эти условные термины



отражают расположение области инфракрасного излучения относительно области видимого света.

В фармацевтическом анализе наиболее часто используют среднюю область ИК-спектра (глава 2), однако выявленные чрезвычайная информативность, возможность математической обработки, использования статистических подходов и другие достоинства показали высокую перспективность ИК-спектрометрии в ближней области (глава 3).

## 2. СПЕКТРОМЕТРИЯ В СРЕДНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ

Использование в фармацевтическом анализе спектрометрии в инфракрасной области регламентировано ОФС «Спектрометрия в инфракрасной области» [19].

ИК-спектрометрия в средней инфракрасной области имеет следующие достоинства:

- специфична (дает информацию о функциональных группах в молекуле; их типе, взаимодействиях и ориентациях);
- селективна (позволяет различать изомеры благодаря области «отпечатков пальцев»);
- позволяет проводить качественный и количественный неdestructивный анализ фармацевтических субстанций и вспомогательных веществ в широком диапазоне концентраций, а также определять микроколичества примесей.

ИК-спектрометрия включает следующие стадии:

- подготовка образца к измерению ИК-спектра в зависимости от агрегатного состояния (ИК-спектры измеряют для твердых, жидких, газообразных соединений);
- регистрация спектра с помощью ИК-спектрометра;
- интерпретация ИК-спектра (анализ спектра, отнесение полос поглощения к определенным функциональным группам, связям, фрагментам структуры);
- решение аналитической задачи и оценка полученных результатов относительно требований НД (заключение).

### 2.1. Подготовка образца к измерению ИК-спектра

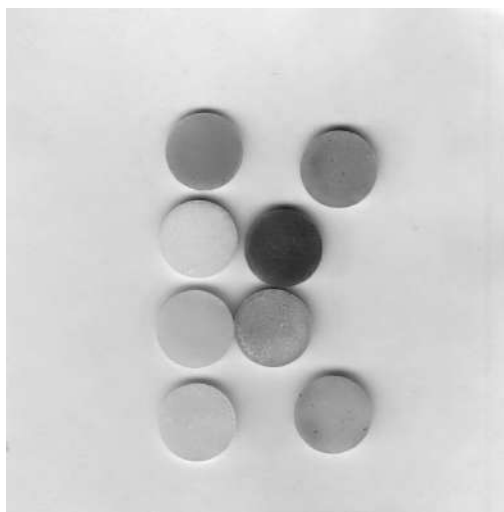
Подготовка образцов к измерению ИК-спектра является наиболее важным моментом ИК-спектрометрии. Она зависит от агрегатного состояния объекта исследования и целей исследования — проведение рутинных анализов по идентификации ЛВ или изучение структуры нового синтезированного БАВ, определение примесей или количественное определение.

Подготовка фармацевтических субстанций к измерению ИК-спектра описана в ОФС «Спектрометрия в инфракрасной области» и соответствующих частных фармакопейных статьях (ФС).

Образцы субстанций исследуют в твердом состоянии в виде дисков и пеллет, диспергированном в подходящем растворителе в виде суспензии (пасты), в виде пленки и др. [19–23, 27, 34, 41, 42, 53, 54].

**Диск** представляет собой спрессованную под давлением в специальном устройстве в тонкую пластину равномерную дисперсию (1:200) тонкоизмельченного порошка фармацевтической субстанции (1–3 мг) с сухим мелкоизмельченным порошком (150–200 мг) бромида калия (используют наиболее часто) или хлорида калия спектроскопического качества (рис. 4).

Образцы фармацевтической субстанции и калия бромида должны быть предварительно высушены в условиях, указанных в НД.



**Рис. 4**

Различные фармацевтические субстанции в дисках калия бромида

**Пеллеты**, используемые для измерения ИК-спектров, представляют собой покрытые оболочкой твердые частицы шарообразной формы размером от 2000 до 5000 мкм, содержащие тонкоизмельченный порошок анализируемой фармацевтической субстанции с добавлением или без добавления вспомогательных веществ (рис. 5).

**Суспензии (пасты)** представляют собой тщательно растертый в агатовой ступке (обычную ступку нельзя использовать, так как она имеет поры, в которых может содержаться вода) образец фармацевтической субстанции (5–20 мг) с 1–2 каплями подходящей иммерсионной жидкости. Наиболее часто используют вазелиновое масло (поглощает в области  $2900$  и  $1400\text{ см}^{-1}$ ).

Тонкий слой пробы помещают между двумя дисками из калия бромида, которые зажимают в специальном устройстве (кювете).



**Рис. 5**

Пеллеты сферической формы

**Растворы твердых веществ** наиболее удобны для получения спектров из-за отсутствия межмолекулярных взаимодействий. Так как в ИК-области поглощается любое вещество, то наиболее часто в качестве растворителей используют соединения простейшей структуры: хлороформ  $\text{CHCl}_3$ , четыреххлористый углерод  $\text{CCl}_4$ , сероуглерод  $\text{CS}_2$ , иногда вазелиновое масло, спектры которых имеют минимальное число полос.

**Пленки** представляют собой слой жидкой фармацевтической субстанции или раствора твердой фармацевтической субстанции:

- распределенный толщиной  $< 0,01$  мм между двумя солевыми пластинами, прозрачными для инфракрасного излучения, удерживаемый капиллярными силами;

- помещенный в кювету с толщиной  $0,01\text{--}0,05$  мм, прозрачную для инфракрасного излучения.

## 2.2. Регистрация ИК-спектра

Для аналитических целей в НД разных стран описано использование разных диапазонов ИК-спектра. Например, в Международной фармакопее, ГФ Белоруссии, Украины, Казахстана, Японии рекомендованы интервалы от  $4000$  до  $400\text{ см}^{-1}$  [20, 22, 23, 34, 54]. В Британской фармакопее используют интервалы от  $2000$  до  $400\text{ см}^{-1}$  [53], фармакопее США — от  $3500$  до  $650\text{ см}^{-1}$  [41], Европейской фармакопее — от  $4000$  до  $650\text{ см}^{-1}$ , в ряде случаев — от  $4000$  до  $200\text{ см}^{-1}$  [27, 42]. В ГФ РФ (13-е изд.) согласно ОФС рекомендован диапазон ИК-спектра от  $4000$  до  $400\text{ см}^{-1}$  [19].

Для регистрации ИК-спектров используют (рис. 6):

- инфракрасные спектрофотометры, снабженные оптической системой (призмой или дифракционной решеткой), выделяющей монохроматическое излучение в измеряемой области;

- спектрофотометры с Фурье-преобразованием.

Источником ИК-излучения служит керамический стержень, раскаляемый проходящим электрическим током. Для получения монохромного ИК-излучения используют призмы из монокристаллов солей. В приборах высокого класса применяют три призмы: из лития фторида ( $3800\text{--}2000\text{ см}^{-1}$ ), натрия хлорида ( $2000\text{--}700\text{ см}^{-1}$ ) и калия бромид ( $4000\text{--}700\text{ см}^{-1}$ ). Каждая из призм в своем диапазоне волновых чисел дает максимальное разрешение.

Система зеркал разделяет световой поток на два одинаковых луча, один из которых проходит через кювету с веществом, другой — через кювету сравнения. После прохождения через кюветы излучение поступает в монохроматор, выделяющий строго определенную частоту излучения. Интенсивности основного светового потока и луча сравнения, прошедшие через монохроматор, автоматически вычитаются одна из другой.



**A**



**B**



**C**



**D**

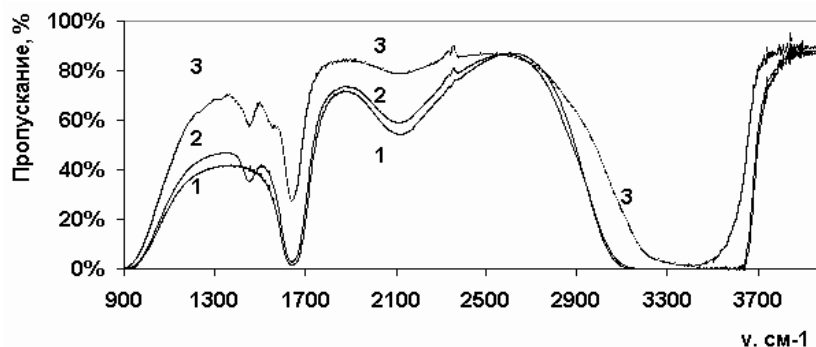
**Рис. 6**

ИК-спектрофотометры: А — ЮНИКО-1201; В — ИКС-40;

С — инфракрасный анализатор-спектрофотометр Спектран-119М;

Д — спектрофотометр Shimadzu (УФ-, видимый и ближний ИК-диапазон).

Анализируемый объект необходимо перед испытанием высушивать и защищать от влаги, так как вода поглощает ИК-излучение (рис. 7).



**Рис. 7**

БИК-спектры поглощения образцов воды очищенной, полученной разными способами (1–3)

Для повышения надежности результатов ИК-спектрометрии анализируемого образца необходимо предварительно каждый раз измерять фоновый спектр (спектр воздуха). Это позволяет учесть:

- колебания влажности воздуха;
- изменение газового состава в измерительном отсеке ( $\text{CO}_2$  поглощает ИК-излучение; двухатомные молекулы  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  не имеют ИК-спектров);
- постепенный «прогрев» прибора после включения.

### 2.3. Интерпретация ИК-спектров

ИК-спектроскопия является одним из методов, позволяющих установить и подтвердить структуру биологических активных веществ (БАВ), выделенных из ЛРС или впервые синтезированных [4, 12–14, 47, 50].

Для этого на ИК-спектре выявляют полосы поглощения, расшифровывают и интерпретируют их, относя к определенным функциональным группам, связям, фрагментам структур с помощью корреляционных таблиц характеристических частот (приведены в руководствах по ИК-спектроскопии).

При изучении взаимодействия веществ различного химического строения с ИК-излучением установлено, что многие атомные группы ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{NO}$ ,  $>\text{CO}$ ) и определенные связи ( $\text{C}-\text{H}$ ,  $\text{C}-\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{O}$ ) характеризуются строгим постоянством частот колебаний. Эти частоты называют **характеристическими** или групповыми (обозначают греческой буквой  $\nu$ ; см. Приложение 1 к данному пособию) [12, 15].

Положение характеристических полос различных функциональных групп на ИК-спектре практически не зависит от структуры несущего углеродного скелета. Это позволяет устанавливать их наличие в молекуле по свойственным им частотам поглощения и структуру исследуемого вещества.

Например, ароматическое кольцо проявляется в ИК-спектре умеренным пиком валентных колебаний  $\text{C}-\text{H}$  при  $3030\text{ см}^{-1}$  и интенсивным поглощением деформационных колебаний  $\text{C}-\text{H}$  в диапазоне  $(800-690)\text{ см}^{-1}$ . Другая характерная особенность ароматического кольца — валентные колебания ароматических углерод-углеродных связей — проявляется полосами при  $1600$  и  $1475\text{ см}^{-1}$ .

Карбонильная группа дает интенсивный сигнал валентных колебаний двойной связи  $\text{C}=\text{O}$  в интервале  $(1800-1650)\text{ см}^{-1}$ , положение которого зависит от природы заместителей при карбонильной группе. Установлены также характеристические частоты полос поглощения альдегидов, кетонов, амидов, сложных эфиров и др. (см. Приложение 1 к пособию).

При расшифровке ИК-спектров учитывают следующее:

- полосы поглощения исследуемого соединения по интенсивности пропуска следует ориентировочно подразделять на сильные (с), средние (ср), слабые (сл), очень слабые (оч. сл.), переменные (перем.);
- отсутствие характеристической полосы поглощения надежно доказывает отсутствие структурного фрагмента (функциональной группы);
- не все полосы поглощения удается интерпретировать, так как в ряде случаев они являются результатом наложения отдельных полос поглощения или маскируются другими более сильными полосами поглощения вследствие малой интенсивности;
- результаты расшифровки ИК-спектров являются достаточно обоснованными предположениями.

В справочной литературе приводят ИК-спектры индивидуальных фармацевтических субстанций и характеристические полосы поглощения, располагая их в порядке убывания интенсивности, начиная с самой интенсивной (рис. 8).

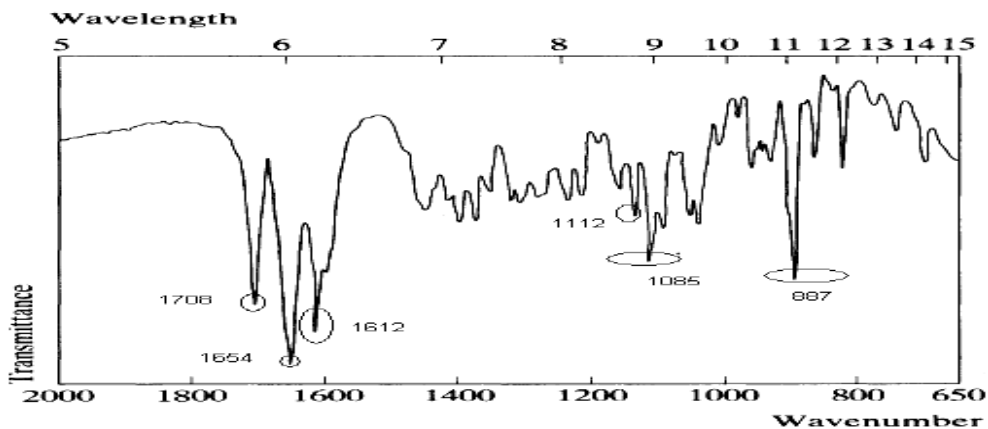


Рис. 8

Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **преднизолон** в диске калия бромид: 1654, 1612, 1708, 887, 1085, 1112  $\text{см}^{-1}$ .

Для соотнесения полос поглощения ИК-спектра и структурных фрагментов молекулы, ответственных за это поглощение, на ИК-спектре выявляют полосы поглощения и с помощью корреляционных таблиц характеристических частот (приведены в руководствах по ИК-спектроскопии) устанавливают их соответствие.

**ПРИМЕР:** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **преднизолон** в диске калия бромид 1654, 1612, 1708, 887, 1085, 1112  $\text{см}^{-1}$  (рис. 9).

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы преднизолон, ответственные за это поглощение.

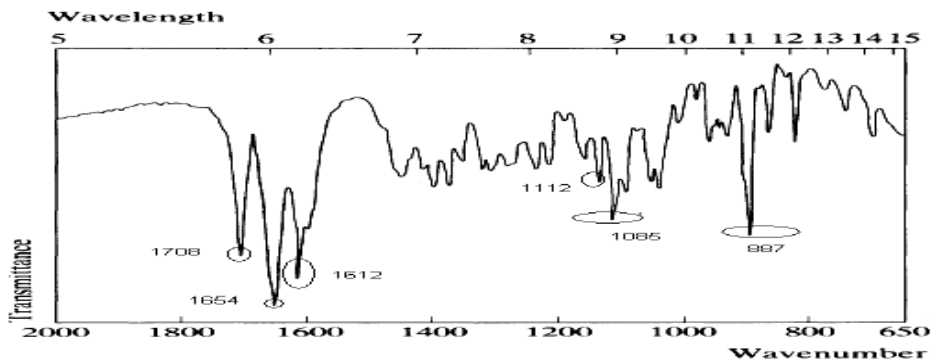
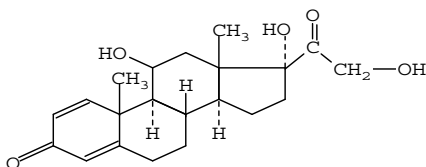


Рис. 9

Химическая формула и ИК-спектр преднизолон в диске калия бромид

**РЕШЕНИЕ и ОТВЕТ:** Соотнесение полос поглощения ИК-спектра и химической структуры преднизолона с данными справочной корреляционной таблицы (Приложение 1) показало следующее:

- полосы поглощения при 1654, 1612  $\text{см}^{-1}$  соответствуют группе  $\text{C}=\text{O}$ , сопряженной с хиноидной структурой;
- полоса поглощения при 1708  $\text{см}^{-1}$  — алифатическому кетону;
- полоса поглощения при 1085  $\text{см}^{-1}$  — первичному спирту;
- полоса поглощения при 1112  $\text{см}^{-1}$  — вторичному и третичному спирту;
- полоса поглощения при 887  $\text{см}^{-1}$  — циклической системе.

Объективно и надежно идентифицировать и интерпретировать ИК-спектры позволяют современные ИК-спектрофотометры, имеющие достаточно высокую чувствительность и большую разрешающую способность. Это позволяет различать на рисунке полосы поглощения практически любой интенсивности (вплоть до 0,5% по шкале пропускания) и разделять находящиеся рядом полосы в пределах 1  $\text{см}^{-1}$ . Одновременно соответствующие компьютерные программы позволяют интерпретировать спектры, даже относительно грубо зафиксированные самописцем. Воспроизводимость (относительное стандартное отклонение) ИК-спектрофотометров высокого класса обычно составляет 2–5%, включая погрешности пробоподготовки.

## **2.4. Идентификация фармацевтических субстанций методом ИК-спектрометрии**

Для оценки качества фармацевтических субстанций по показателю «Подлинность» необходимо:

- измерить ИК-спектр поглощения анализируемого образца в условиях, указанных в НД, и сравнить его с приведенным эталонным стандартным спектром. Полосы поглощения (минимумы пропускания и максимумы поглощения) в спектре испытуемого образца должны соответствовать по положению полосам поглощения в эталонном стандартном спектре;

- измерить в одинаковых условиях и сравнить ИК-спектры испытуемого и соответствующего стандартного образцов (СО), приготовленных аналогично. Положения значимых полос поглощения в спектрах испытуемой субстанции и СО должны соответствовать друг другу в пределах 0,5% от шкалы волновых чисел. Относительные величины полос обоих спектров должны согласовываться между собой.

При идентификации фармацевтических субстанций согласно частной ФС расшифровки ИК-спектров не требуется.

Согласно НД большинства стран ИК-спектры измеряют в области от 4000 до 400  $\text{см}^{-1}$  обычно в дисках калия бромида [19–23, 27, 34, 41, 42, 53, 54]. В некоторых случаях измеряют ИК-спектры растворов или суспензий анализируемых субстанций в органических растворителях. Например, согласно ФС 42-028-07, фенпивериния бромид идентифицируют по ИК-спектру суспензии субстанции в вазелиновом масле.



В НД некоторых стран для идентификации рекомендуется измерять ИК-спектры в области от 1300 до 600  $\text{см}^{-1}$ , которую иногда называют **фингерпринтной** (от *англ.* finger print — **отпечатки пальцев**). Область «**отпечатков пальцев**» отражает **уникальность** спектра отдельного вещества и является его индивидуальной характеристикой [4, 12, 15, 50].

Основная часть колебаний в фингерпринтной области обусловлена колебаниями углеродного скелета всей молекулы и трудно поддается расшифровке. В эту область попадают полосы поглощения, соответствующие деформационным колебаниям и колебаниям групп C–C, C=O, C–N. Сильное взаимодействие полос поглощения в этой области делает невозможным отнесение их к отдельным группам.

Идентификацию ИК-спектров затрудняет влияние многих субъективных и объективных факторов. К субъективным факторам относят различие ИК-спектров одного и того же ЛВ, измеренных двумя разными специалистами. Объективными факторами различия ИК-спектров испытуемого и СО одного и того же вещества являются качество растворителей, условия подготовки анализируемого образца к анализу, кристаллические формы вещества и др. [4, 7, 8, 32].

Исключить влияние объективных факторов при идентификации ЛВ методом ИК-спектроскопии позволяет часто рекомендуемый в НД способ сравнения параллельно измеренных в одинаковых условиях (растворитель, толщина слоя и др.) ИК-спектров испытуемого и стандартного (СО) образцов [19–23, 27, 34, 41, 42, 53, 54].

Стандартные ИК-спектры, используемые в аналитических целях, условно разделяют на три категории:

**I** — стандартные спектры веществ, полученные в строго определенных оптимальных условиях. Высокое качество стандартных спектров приравнивает их к физическим константам;

**II** — спектры сравнения (измерены на серийных спектрофотометрах в оптимальных условиях);

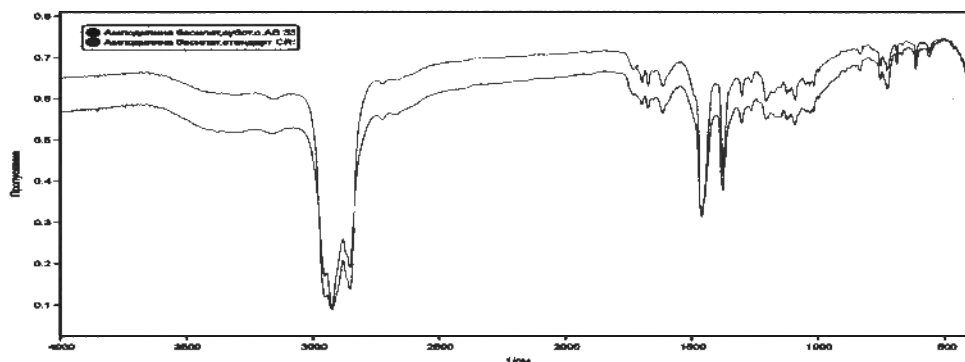
**III** — прочие спектры, приравненные к спектрам сравнения, хотя их качество несколько ниже [1].

Для идентификации анализируемых субстанций согласно НД (ГФ, ФС и др.):

– **сравнивают ИК-спектры анализируемой субстанции и стандартного образца** субстанции, измеренные параллельно в одинаковых условиях (агрегатное состояние, растворитель, толщина слоя и др.).

Этим способом согласно НД идентифицируют гормоны стероидной структуры, некоторые антибиотиков и др. (азитромицин, ацикловир, бромгексина гидрохлорид и др.).

Например, при идентификации амлодипина бесилата согласно НД (ФС 42-0214-07) ИК-спектр субстанции в диске калия бромида в области от 4000 до 400  $\text{см}^{-1}$  по положению полос поглощения должен соответствовать ИК-спектру СО амлодипина бесилата (рис. 10).

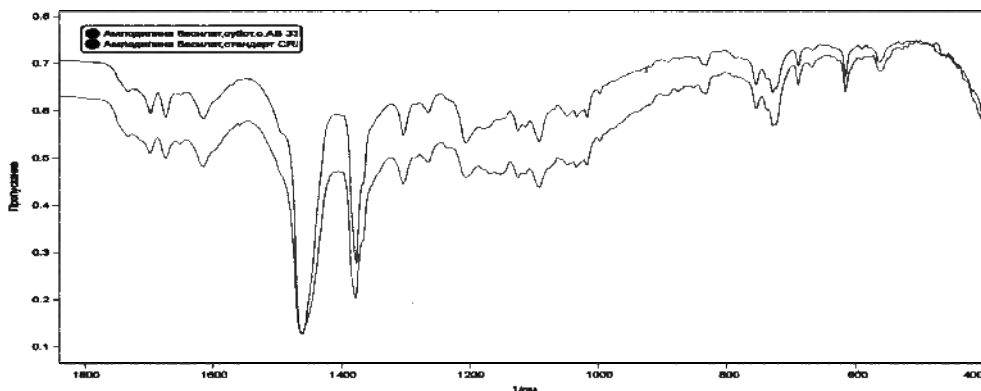


**Рис. 10**

ИК-спектры субстанции амлодипина бесилата АВ33 и СО амлодипина бесилата CR в дисках калия бромид в интервале

Иногда возникают сомнения в полном сходстве отдельных участков сравниваемых ИК-спектров, измеренных в интервале  $(4000\text{--}400)\text{ см}^{-1}$ .

В этом случае повысить надежность, достоверность и объективность оценки сходства или различия спектров позволяет изменение анализируемого диапазона. Наиболее часто для этого используют область «отпечатков пальцев» от  $2000\text{ до }400\text{ см}^{-1}$  (рис. 11). В связи с этим нами для заданий по применению ИК-спектроскопии в фармацевтическом анализе выбран указанный диапазон ИК-спектра.



**Рис. 11**

ИК-спектры субстанции амлодипина бесилата АВ33 и СО амлодипина бесилата CR в дисках калия бромид в интервале  $(2000\text{--}400)\text{ см}^{-1}$

Метод дает высокую точность идентификации фармацевтических субстанций. Недостатком является необходимость иметь соответствующие СО, что не всегда возможно из-за их высокой стоимости, неустойчивости под действием различных факторов и др:

– **сравнивают измеренный ИК-спектр анализируемой субстанции с приведенным в ФС эталонным спектром** (используется наиболее часто) или

эталонным стандартным спектром на электронном носителе. В этом случае необходимо строго соблюдать указанные в частной ФС условия и область измерения ИК-спектра.

При данном способе идентификации измеряют ИК-спектр анализируемого образца субстанции, определяют волновые числа полос поглощения (рис. 12) и сравнивают с положением полос поглощения на рисунке эталонного спектра (рис. 13).

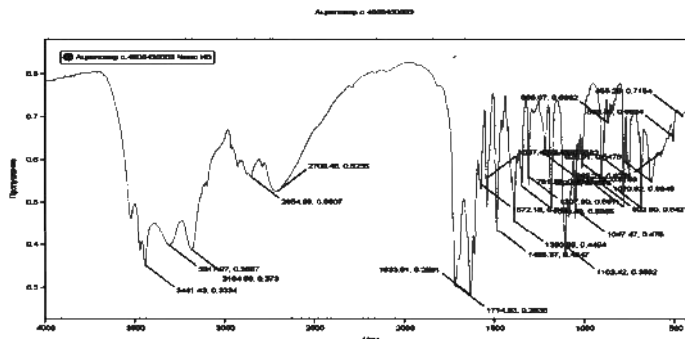


Рис. 12

ИК-спектр субстанции ацикловира (с. 4606430003) в диске калия бромида в интервале (4000–400)  $\text{см}^{-1}$

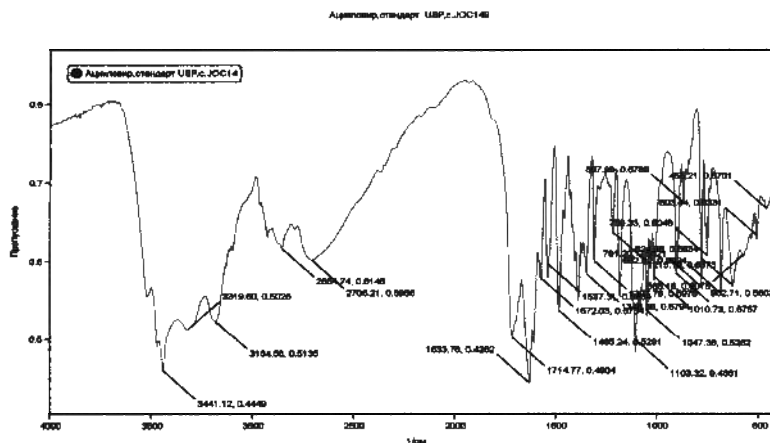


Рис. 13

Рисунок эталонного ИК-спектра ацикловира (USP, с. JOC149) в диске калия бромида в интервале (4000–400)  $\text{см}^{-1}$

Из-за близкого расположения полос поглощения в области «отпечатков пальцев» разрешается для повышения надежности сравнения ИК-спектров изменить масштаб и область сравнения (рис. 14, 15);

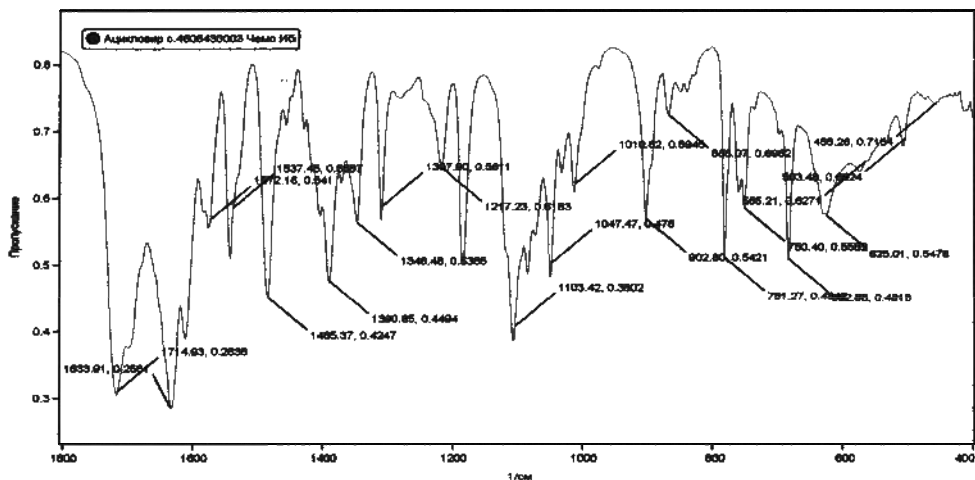


Рис. 14

ИК-спектр субстанции ацикловира (с. 4606430003) в диске калия бромида в интервале (2000–400)  $\text{см}^{-1}$

Ацикловир, стандарт USP, с. JOC149

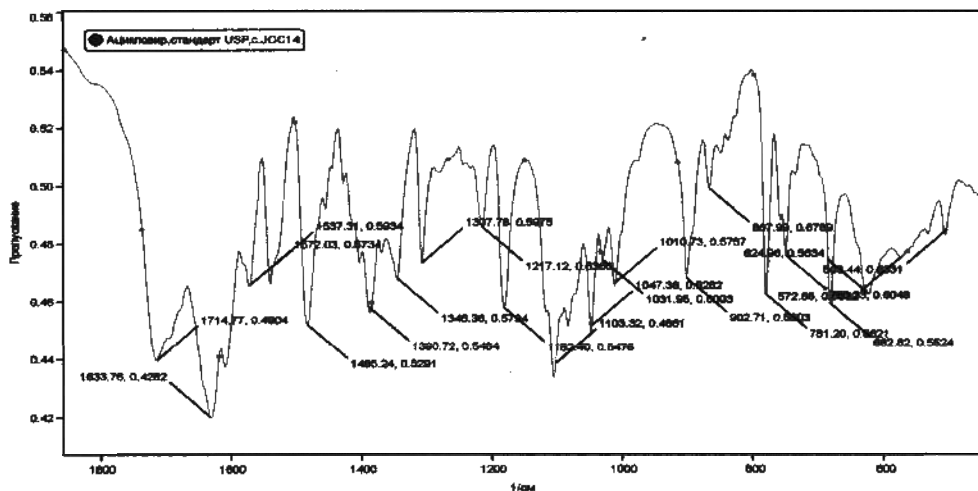
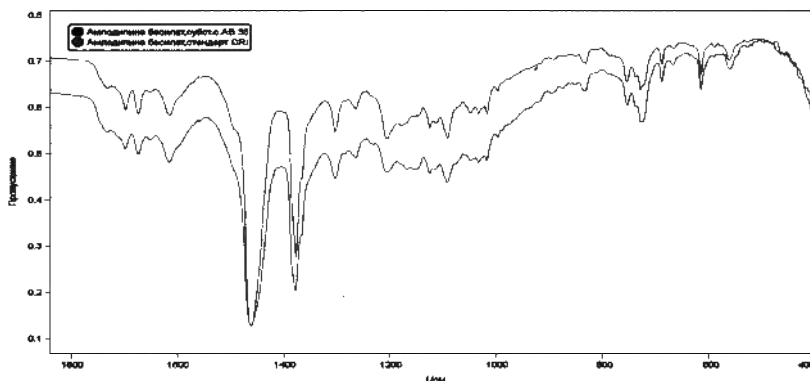


Рис. 15

Рисунок эталонного ИК-спектра ацикловира (USP, с. JOC149) в диске калия бромида в интервале (2000–400)  $\text{см}^{-1}$

– **сравнивают наиболее характерные фрагменты ИК-спектра**, чаще всего в области «отпечатков пальцев», в интервале от 2000 до 400  $\text{см}^{-1}$  (рис. 16). Эту область спектра рекомендуется использовать при идентификации фармацевтических субстанций в Британской фармакопее [48].



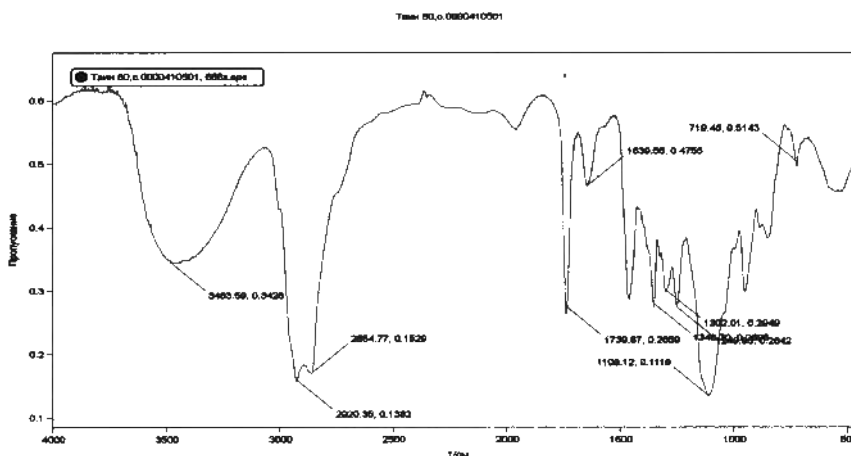
**Рис. 16**

ИК-спектры субстанции амлодипина бесилата АВ33 и СО амлодипина бесилата CR в дисках калия бромид в интервале (2000–400)  $\text{см}^{-1}$

Иногда в НД для установления подлинности рекомендовано измерить ИК-спектр анализируемого образца в соответствующем носителе (в дисках калия бромид, пеллетах, суспензии в вазелиновом масле и др.) в определенном интервале длин волн и сравнить с полосами поглощения, приведенными в НД.

Как правило, этим способом устанавливают подлинность веществ, используемых в качестве вспомогательных при изготовлении различных лекарственных форм. При этом способе идентификации измеренный ИК-спектр должен иметь полное совпадение длин волн всех полос поглощения с длинами волн, указанными в НД.

Например, ИК-спектр вспомогательного вещества твин-80 должен иметь полное совпадение всех полос поглощения при длинах волн 720, 1110, 1250, 1300, 1350, 1640, 1740, 2850, 2920, 3480  $\text{см}^{-1}$  (рис. 17).



**Рис. 17**

ИК-спектр вспомогательного вещества твин-80 (с. 0000410501) в диске калия бромид в интервале (4000–400)  $\text{см}^{-1}$

При любом из приведенных выше способов идентификации полное совпадение положения и относительных интенсивностей полос поглощения ИК-спектров анализируемого и стандартного образцов, измеренных в аналогичных условиях, или приведенного в НД (ГФ, ФС и др.) эталонного спектра объективно и надежно доказывает подлинность анализируемого объекта.

**ПРИМЕР:** Оцените качество субстанции ацетилсалициловой кислоты по показателю «Подлинность», используя приведенные ИК-спектры (рис. 18).

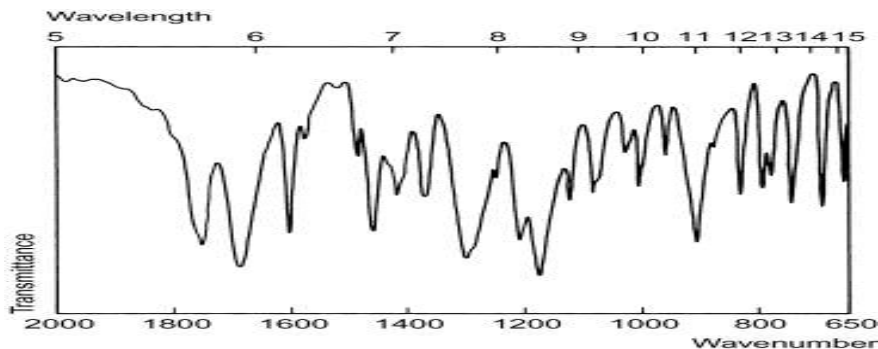


Рис. 18А

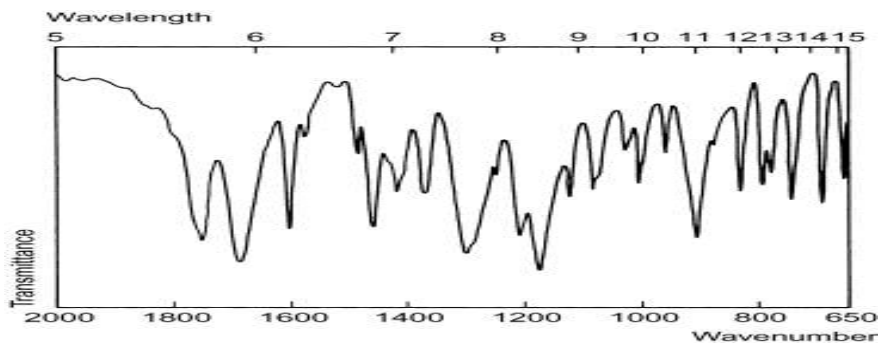


Рис. 18Б

ИК-спектр образца ацетилсалициловой кислоты (А); эталонный ИК-спектр ацетилсалициловой кислоты (Б) в дисках калия бромида

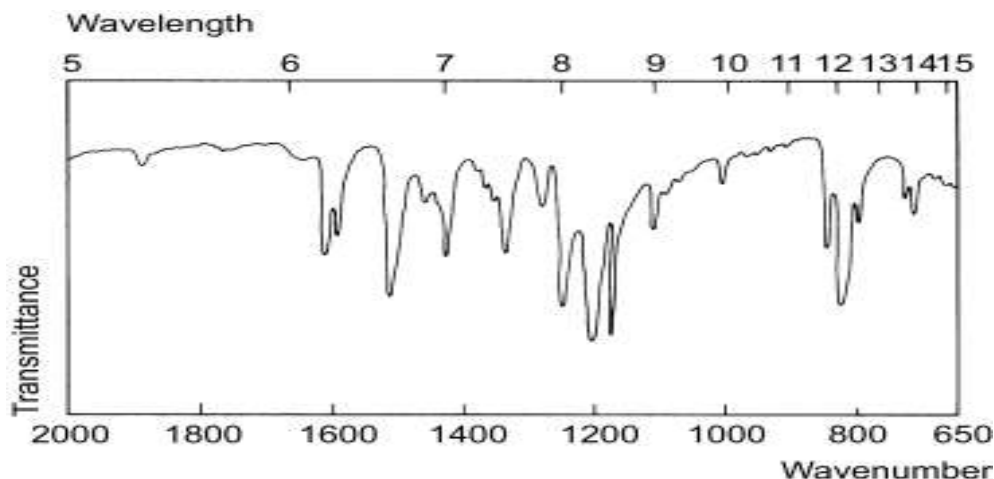
**РЕШЕНИЕ:** Согласно ФС 42-0220-07, при испытании подлинности ацетилсалициловой кислоты ИК-спектр субстанции в диске с калия бромидом по положению полос поглощения должен соответствовать эталонному спектру ацетилсалициловой кислоты (ГФ XII, Ч. 1, Приложение 1) [12, 15, 19].

Сравнение в одинаковом масштабе ИК-спектра анализируемой субстанции (А) и эталонного спектра ацетилсалициловой кислоты (Б) показало их полное совпадение по положению и интенсивности полос поглощения.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Образец ацетилсалициловой кислоты соответствует требованиям ФС 42-0220-07 по показателю «Подлинность».

В НД и справочной литературе приводятся эталонные ИК-спектры фармацевтических субстанций, измеренные в дисках калия бромида, пеллетах, суспензии в вазелиновом масле и др. Одновременно указывают характеристические полосы поглощения, располагая их в порядке убывания, начиная с наибо-

лее интенсивной. Например, характеристические полосы поглощения эталонного ИК-спектра диэтилстильбэстрола в диске калия бромида располагаются при длинах волн 1205, 1176, 833, 1250, 1512, 1610  $\text{см}^{-1}$  (рис. 19).

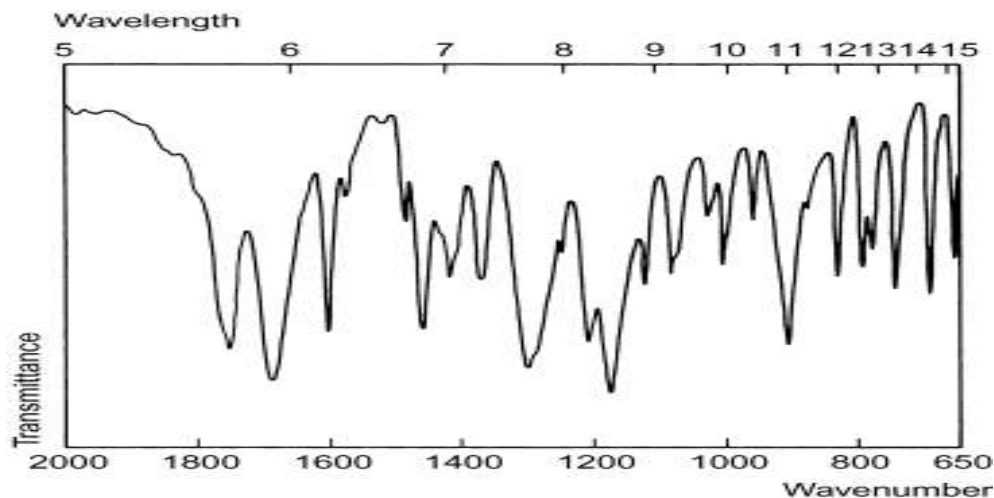


**Рис. 19**

ИК-спектр диэтилстильбэстрола в диске калия бромида

Характеристические полосы поглощения ИК-спектра могут быть использованы для идентификации анализируемой фармацевтической субстанции.

**ПРИМЕР:** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы органических кислот (табл. 2) по ИК-спектру (рис. 20).

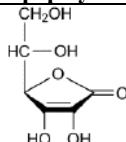
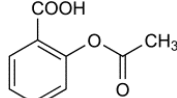

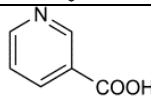
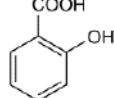


**Рис. 20**

ИК-спектр фармацевтической субстанции в диске калия бромида

Таблица 2

**Характеристики ИК-спектров некоторых фармацевтических субстанций  
из группы органических кислот**

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Аскорбиновая кислота		1026, 1111, 1312, 1136, 1653, 990
Ацетилсалициловая кислота		1183, 1688, 1305, 1755, 925, 1219
Бензойная кислота		709, 1689, 1296, 667, 935, 685
Никотиновая кислота		1300, 744, 1710, 1042, 694, 1180
Салициловая кислота		758, 1657, 1288, 1210, 1250, 1150

**РЕШЕНИЕ:** На ИК-спектре фармацевтической субстанции выявляют характеристические полосы поглощения, сравнивают их интенсивность и располагают в порядке убывания.

Приведенный ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции (рис. 20) имеет полосы поглощения при 1755, 1688, 1600, 1575, 1305, 1183, 1219, 925 см<sup>-1</sup>. Расположение выявленных полос поглощения в порядке убывания интенсивности отражает следующую закономерность: 1183, 1688, 1305, 1755, 925, 1219, 1600, 1575 см<sup>-1</sup>.

Сравнение расположения полос поглощения исследуемой фармацевтической субстанции с приведенными данными (табл. 2) позволяет идентифицировать ацетилсалициловую кислоту.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Исследуемый образец — ацетилсалициловая кислота.

Иногда при идентификации фармацевтических субстанций наблюдаются незначительные различия между измеренным ИК-спектром и эталонным ИК-спектром или ИК-спектром СО. Это явление обусловлено полиморфизмом (от греч. polymorphos — многообразный) [31].

**Полиморфизм** заключается в способности некоторых веществ образовывать в зависимости от способов и условий кристаллизации различную кристаллическую структуру из одних и тех же структурных фрагментов (полиморфные модификации), устойчивых при определенных внешних условиях (температуре и давлении) [7, 8, 17, 32, 40].

Полиморфные формы фармацевтических субстанций из-за различий в пространственном строении отличаются друг от друга температурой плавления,



растворимостью, стабильностью, биологической доступностью, а иногда характером и скоростью фармакологического действия [7, 17, 40].

В случае явления полиморфизма фармацевтические субстанции могут содержать в качестве примеси определенное количество другой полиморфной формы. Так как ИК-спектры ЛВ зависят не только от структуры молекулы, но и от формы кристаллов, то присутствие в фармацевтической субстанции примеси полиморфных форм искажает ИК-спектр, измеренный в твердом состоянии (диски, пеллеты).

Использование ИК-спектрометрии в анализе фармацевтических субстанций привело к изучению влияния полиморфизма на ИК-спектры и способов его минимизирования или исключения.

С этой целью в НД рекомендованы некоторые простые способы преодоления влияния полиморфизма, выявляемые при измерении ИК-спектров:

- при подготовке к испытанию образцы предварительно растирают с калия бромидом. Это позволяет разрушить некоторые полиморфные формы, неустойчивые к растиранию с калия бромидом;

- анализируют образцы в растворах или суспензиях. Например, согласно ФС, ИК-спектр субстанции фенпивериния бромида измеряют в вазелиновом масле [19].

Для идентификации фармацевтических субстанций, обладающих полиморфизмом, согласно ФС сначала измеряют ИК-спектр анализируемого образца и СО в твердом состоянии (дисперсия в таблетках калия бромида, пеллеты, суспензия в вазелиновом масле). При совпадении обоих спектров по всему диапазону длин волн подлинность испытуемого ЛВ считается установленной [19].

При выявлении расхождений в ИК-спектрах в НД рекомендуют параллельно измерить ИК-спектры испытуемого и стандартного образцов в растворах органических растворителей. Для некоторых фармацевтических субстанций предварительно проводят перекристаллизацию испытуемого и стандартного образцов из одного и того же растворителя в одинаковых условиях. Затем вновь готовят растворы образцов и измеряют ИК-спектры. Совпадение обоих спектров по всему диапазону считается окончательным подтверждением идентичности испытуемого ЛВ и СО.

Так, согласно ФС 42-0213-07, при несовпадении полос поглощения ИК-спектров в дисках калия бромида испытуемой субстанции азитромицина и СО азитромицина рекомендовано измерить ИК-спектры растворов субстанции и СО в хлористом метиле с концентрацией 90 г/л [19].

Согласно ФС 42-0223-07, при различии в ИК-спектрах субстанции бромгексина и СО бромгексина при идентификации в дисках калия бромида необходимо отдельно растворить в метаноле субстанцию и СО, упарить досуха и снова измерить ИК-спектры в дисках калия бромида [19].

При выявлении различий в ИК-спектрах испытуемого образца карбамазепина и СО карбамазепина, измеренных в дисках калия бромида, в ФС 42-0240-07 рекомендовано приготовить 8%-ные растворы субстанции и СО в хлороформе, очищенном от спирта, и вновь измерить ИК-спектры полученных растворов в кюветах из калия бромида с толщиной слоя 0,1 мм [19].

Согласно ФС 42-0274-07, при различии ИК-спектров в дисках калия бромида субстанции ранитидина гидрохлорида и СО ранитидина гидрохлорида необходимо по отдельности растворить образцы в минимальном количестве метанола. Оба раствора досуха выпарить на водяной бане при температуре 40°C при пониженном давлении и постоянном перемешивании. Остатки высушить в вакууме при 60°C в течение 1 ч. Вновь зарегистрировать ИК-спектры субстанции и СО в дисках калия бромида [19].

ИК-спектр является такой же физико-химической константой фармацевтической субстанции, как показатель преломления, температура плавления, температура кипения, удельное вращение и др. [4, 9, 10, 13, 14, 37]. Поэтому при использовании указанных физико-химических показателей для идентификации фармацевтической субстанции и их совпадении с приведенными в НД нормативами ИК-спектр можно не измерять.

И наоборот, согласно НД, при полном совпадении ИК-спектров исследуемой фармацевтической субстанции и эталонного спектра сравнения или спектра стандартного образца (СО) по положению полос, их конфигурации и интенсивности разрешается не измерять другие физико-химические константы анализируемой фармацевтической субстанции.

## **2.5. Идентификация фармацевтических субстанций в готовых лекарственных формах методом ИК-спектрометрии**

При идентификации фармацевтических субстанций в готовых лекарственных формах (ГЛФ) необходимо учитывать возможность поглощения ИК-излучения вспомогательными веществами, которые вносят определенный вклад в суммарный ИК-спектр и не позволяют добиться полного (100%) совпадения полос поглощения даже подлинного (нефальсифицированного) ЛС.

Некоторые очень слабые полосы поглощения ИК-спектра лекарственного вещества могут исчезать или появляться в виде артефактных полос малой интенсивности (**артефакт** — от *лат. arte* искусственно + *factus* сделанный — явление, процесс, предмет, свойство предмета или процесса, появление которого в наблюдаемых условиях по естественным причинам невозможно или маловероятно; **артефактный** — возникающий иногда вследствие воздействия на свойство предмета самих условий исследования или в результате технических погрешностей) [31].

Анализ отечественной и зарубежной нормативной документации показал, что подготовка ГЛФ к идентификации ингредиентов методом ИК-спектрометрии зависит от состава ЛС и количественного содержания определяемой фармацевтической субстанции.

Если вспомогательные вещества не поглощают ИК-излучение, на ИК-спектре ЛС прослеживаются полосы поглощения только фармацевтической субстанции, а полосы поглощения вспомогательных веществ отсутствуют или немногочисленны и имеют небольшую интенсивность. В этом случае для изме-

рения ИК-спектра используют навеску ЛС, содержащую около 5 мг (0,005 г) фармацевтической субстанции.

Некоторые ГЛФ содержат только ЛВ без наполнителей. Например, дозированные **порошки стрептоцида для наружного применения** в термосвариваемых пакетах по 2,0 или 5,0 г № 5; 10; 20; 50; 100 **капсулы теофиллина** и др.

В этом случае 3–5 мг содержимого пакетов или капсул прессуют с 300 мг калия бромида. Измеряют и сравнивают ИК-спектры анализируемого образца и СО субстанции в диске с калия бромидом в диапазоне длин волн, указанном в частной ФС [44, 46] (рис. 21).

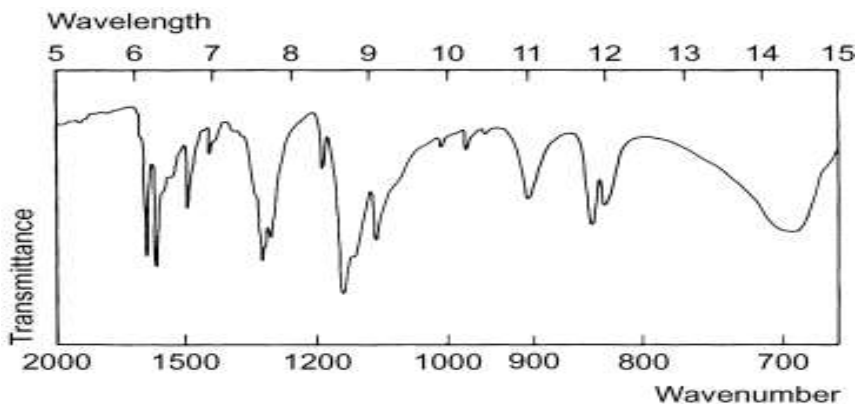


Рис. 21А

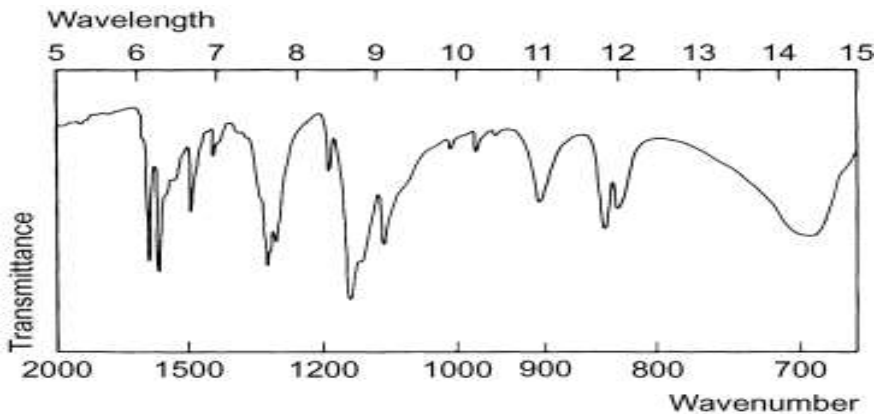


Рис. 21Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — стрептоцида, порошка для наружного применения по 5,0 г в термосвариваемых пакетах № 5 (с. 1140910);

Б — стандартного образца стрептоцида

Аналогично идентифицируют фармацевтические субстанции в некоторых таблетированных и капсулированных ЛС, если наполнители не имеют собственного поглощения в ИК-области спектра. Навеску порошка растертых таблеток, эквивалентную указанному в частной ФС количеству фармацевтической субстанции, диспергируют с калия бромидом в вибромельнице. Регистрируют ИК-спектр в указанном в частной ФС диапазоне [41–43, 45, 53, 54].

Для идентификации фармацевтических субстанций методом ИК-спектromетрии в присутствии наполнителей, имеющих собственное поглощение в аналитической области, действующие вещества в процессе пробоподготовки согласно НД предварительно выделяют из ГЛФ, используя способы, учитывающие их химические свойства [27, 41, 42, 53, 54].

Фармацевтические субстанции, представляющие собой соли азотистых оснований, извлекают из ГЛФ следующим образом:

- действующее вещество осаждают в виде азотистого основания, обрабатывая взвесь измельченной таблеточной массы смесью равных объемов 6 М раствора гидроксида аммония и воды. Осадок отфильтровывают, промывают до удаления следов использованных реактивов, сушат до постоянной массы при определенной температуре;

- для растворения вспомогательных веществ обрабатывают навеску измельченных таблеток соответствующим растворителем, фильтруют, отбрасывая промывные воды. Остаток на фильтре растворяют в 0,1 М растворе хлористоводородной кислоты, фильтруют. Фильтрат собирают в делительную воронку, подщелачивают 1 М раствором натрия гидроксида. Экстрагируют азотистое основание соответствующим органическим растворителем. Слой органического растворителя фильтруют через сухой фильтр в выпарительную чашку и выпаривают согласно указаниям ФС (осторожно нагревая на воздухе; в токе азота или при других условиях);

- извлекают фармацевтическую субстанцию из ГЛФ (капсул; раствора назального; раствора инъекционного и др.) теплым этанолом, выпаривают на кипящей водяной бане в токе воздуха досуха;

- навеску ГЛФ растворяют в воде, обрабатывают раствором калия карбоната (1:5), экстрагируют азотистое основание хлороформом. Хлороформ отгоняют. Полученный остаток сушат согласно методике ФС.

В качестве пробоподготовки таблеток гормональных ЛВ (тестостерон, тестолактон, триамцинолон и др.) к идентификации методом ИК-спектromетрии навеску измельченных таблеток настаивают с органическим растворителем (хлороформом, ацетоном и др.), фильтруют через стеклянный мелкопористый фильтр. Фильтрат смешивают с другим указанным в частной ФС органическим растворителем (чаще всего, гексаном). Перемешивают, оставляют для образования осадка или кристаллов (время указано в ФС и составляет от 30 мин до 4 ч и более). Образующиеся кристаллы или дисперсию кристаллов промывают последовательно порциями растворителя (согласно ФС — водой, гексаном и др.), сушат согласно методике ФС (на воздухе, в вакууме и др.).

Для идентификации методом ИК-спектromетрии фармацевтических субстанций в суспензиях для инъекций или приема внутрь:

- лекарственные вещества экстрагируют эфиром согласно методике ФС, фильтруют под вакуумом. Остаток на фильтре промывают небольшим количеством воды, сушат досуха по методике ФС (в течение 1 ч при 105°C; при умеренном нагревании в струе воздуха; на воздухе и др.);

– порцию суспензии обрабатывают водой, фильтруют. Остаток на фильтре промывают водой, растворяют в 0,1 М растворе хлористоводородной кислоты, фильтруют в делительную воронку. Подщелачивают 1 М раствором натрия гидроксида и экстрагируют соответствующим органическим растворителем. Полученное извлечение фильтруют через сухой фильтр в выпарительную чашку. Выпаривают органический растворитель согласно методике ФС (осторожно нагревая на воздухе; в токе азота и других в зависимости от физико-химических свойств ЛВ).

Для идентификации методом ИК-спектromетрии фармацевтических субстанций в растворах для внутреннего применения ЛС смешивают с растворителями, указанными в частной ФС (например, водой и 1 М раствором гидроксида натрия). Охлаждают смесь при температуре 4–5°C для образования осадка или кристаллов. Выпавшие кристаллы фильтруют под вакуумом через мембранный фильтр, промывают соответствующим растворителем, сушат согласно методике ФС — на воздухе и др.

Пробоподготовка к идентификации фармацевтических субстанций в аэрозолях для ингаляций включает охлаждение в течение 15–20 мин примерно до –75°C в смеси сухого льда и ацетона определенного количества полных баллончиков (как правило, 10). Затем осторожно срезают труборезом головку-клапан каждого баллончика. Дают постоять 15 мин, сливают содержимое каждого баллончика в общую емкость.

Для извлечения лекарственного вещества смешивают указанный в ФС объем объединенного содержимого аэрозольных баллончиков с органическим растворителем (как правило, с хлороформом). Полученное извлечение фильтруют через среднепористый стеклянный фильтр. Остаток на фильтре промывают несколько раз хлороформом, сушат, пропуская воздух через фильтр.

Для идентификации фармацевтических субстанций в ГЛФ методом ИК-спектromетрии используют и другие приемы пробоподготовки.

После соответствующей пробоподготовки измеряют ИК-спектр субстанции (выделенной в виде кристаллов, сухого остатка, экстракта в органическом растворителе и др.) в дисках калия бромида; суспензии в вазелиновом масле (обычно 10–15 мг в 2 каплях масла); хлороформном экстракте и др. [27, 41, 42, 53, 54].

ИК-спектры субстанций, выделенных из ГЛФ, должны иметь все полосы поглощения большой, средней и малой интенсивности и максимумы только при тех же длинах волн, что и измеренный параллельно спектр поглощения аналогичным образом обработанного СО соответствующей фармацевтической субстанции или прилагаемый рисунок эталонного спектра соответствующей субстанции.

Исчезновение или появление полос очень малой интенсивности (1–2% по шкале пропускания), или слияние полос, находящихся друг от друга на расстоянии менее (6–8) см<sup>-1</sup>, не является свидетельством подделки ГЛФ и не считается браком ГЛФ по показателю «Подлинность» [4, 9, 15].

При идентификации субстанций, выделенных из ГЛФ, отдельные полосы поглощения ИК-спектров могут сдвигаться относительно исходного эталонного ИК-

спектра в области  $(4000-2000) \text{ см}^{-1}$  на  $\pm(4-8) \text{ см}^{-1}$ , в области  $(2000-400) \text{ см}^{-1}$  на  $\pm(1-3) \text{ см}^{-1}$ . Некоторые полосы поглощения, находящиеся друг от друга на расстоянии нескольких  $\text{см}^{-1}$ , могут сливаться.

## **2.6. Испытания фармацевтических субстанций на чистоту методом ИК-спектromетрии**

В нормативных документах многих стран: Европейской фармакопее (Фармакопея ЕС 7,0), ГФ Российской Федерации (13-е изд.), ГФ Республики Беларусь (II изд.), ГФ Республики Казахстан (I изд.) и других метод ИК-спектromетрии рекомендован для контроля содержания посторонних примесей в некоторых субстанциях и анализа некоторых примесей в газах [19–23].

Для испытаний на чистоту фармацевтических субстанций метод непосредственной ИК-спектроскопии не всегда применим, так как полосы поглощения примесей могут налагаться на некоторые полосы поглощения основного вещества. Это может привести к усилению или слиянию отдельных полос поглощения основного вещества и быть принято за погрешности измерения.

Повысить чувствительность метода и выявить полосы поглощения примесей, менее заметные при обычных определениях, позволяет метод дифференциальной ИК-спектromетрии. Как и метод дифференциальной спектрофотометрии [13, 15], метод дифференциальной ИК-спектromетрии заключается во внесении в контрольную кювету раствора испытуемого образца равной или меньшей концентрации, чем анализируемый раствор. Такой способ измерения ИК-спектра позволяет компенсировать полосы поглощения основного вещества и выявить полосы поглощения примесей (рис. 22).

Согласно ГФ-13 (ОФС «Спектromетрия в инфракрасной области») и ГФ РБ-II (2.2.24. Абсорбционная спектрофотометрия в инфракрасной области), методом ИК-спектromетрии определяют чистоту некоторых газов по количественному содержанию углерода диоксида, азота (I) оксида (азота закись) и др. [19, 21].

Определение проводят в кювете, прозрачной для инфракрасного излучения и имеющей соответствующую длину оптического пути. Перед анализом из кюветы откачивают воздух, а затем заполняют ее анализируемым газом через кран или с помощью игольчатого клапана [19, 21–23]. При необходимости доводят давление в кювете до атмосферного, используя газ, прозрачный для инфракрасного излучения. Наиболее часто с этой целью используют азот или аргон.

Для исключения помех, вызываемых поглощением воды, углерода диоксида или других атмосферных газов, в канал сравнения помещают идентичную кювету, которую вакуумируют или заполняют газом, прозрачным для инфракрасного излучения. Методики количественного определения примесей в газах методом ИК-спектromетрии описаны в общих и частных ФС.

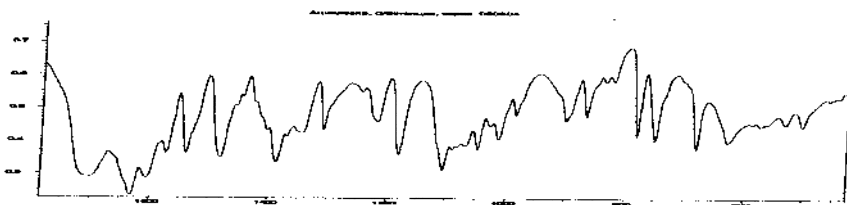


Рис. 22А

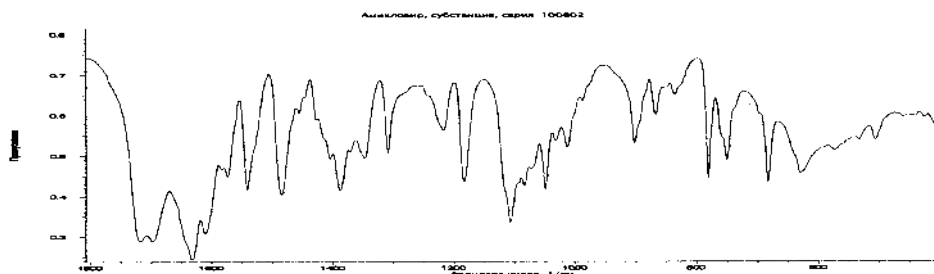


Рис. 22Б

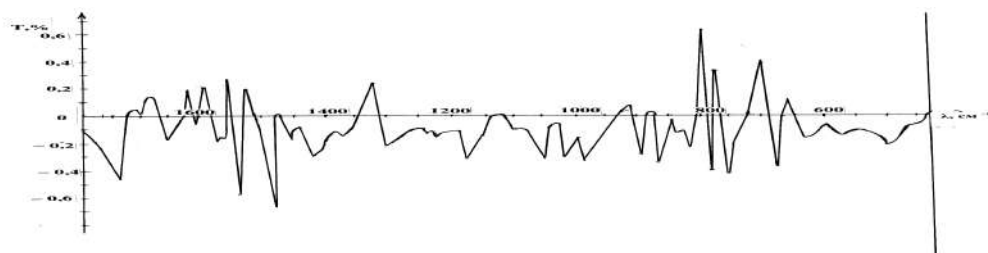


Рис. 22В

ИК-спектры поглощения анализируемого образца ацикловира (с. 080604) (А); стандартного образца (СО) ацикловира (с. 100802) (Б); дифференциальный ИК-спектр анализируемого образца ацикловира относительно СО (характеризует поглощение примесей) (В) в дисках калия бромида.

## 2.7. Количественное определение фармацевтических субстанций методом ИК-спектроскопии

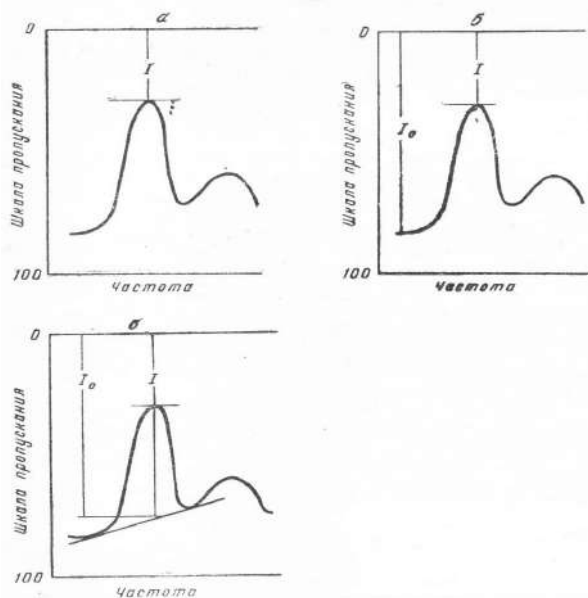
Впервые метод ИК-спектроскопии как способ количественного определения был включен в Фармакопею США (USP XVII). Количественное определение методом ИК-спектроскопии основано на соблюдении закона Бугера — Ламберта — Бера, т. е. на тех же положениях и законах, что в УФ- и видимой области спектра (УФ-спектрофотометрия и фотокolorиметрия). Подробно способы расчета описаны в руководствах (пособиях) по способам фармацевтического анализа методами фотометрии в УФ- и видимой области спектра [4, 14, 16, 24, 38, 48, 49].

Для количественного определения анализируемого объекта методом ИК-спектроскопии пропускание определяют способами абсолютного измерения; измерения по базовой точке и измерения по базовой линии (рис. 23).

Для минимизации погрешностей, обусловленных погрешностями установки аналитических длин волн, при количественном определении методом ИК-спектроскопии все измерения необходимо выполнять **точно при одних и тех же частотах для испытуемого и стандартного образцов**, даже если есть отклонения в спектре исследуемого вещества от стандартного спектра.

Погрешности, обусловленные небольшими погрешностями в установке частот измерений, будут наименьшими, если аналитические длины волн действительно соответствуют максимумам и минимумам.

Для получения наиболее точных результатов при количественном определении действующих веществ методом ИК-спектроскопии необходимо использовать способ расчета количественного содержания по поглощению стандартного образца и измерять поглощение испытуемого и стандартного образцов в одно и то же время и при одних и тех же условиях. Идентичность условий измерения позволяет получать результаты количественного определения с относительной погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ .



**Рис. 23**

Способы измерения пропускания: А — абсолютное измерение;  
Б — измерение по базовой точке; В — измерение по базовой линии.

Наилучшие результаты дают методики количественного определения в растворах. В качестве растворителей наиболее часто используют неполярные жидкости: сероуглерод, хлороформ, четыреххлористый углерод. Значительно реже используют пиридин и ДМФА. Так как каждый из этих растворителей имеет характерные полосы поглощения, пропускание раствора анализируемого образца для количественного определения измеряют в узкой части спектра, в



которой органические растворители имеют наибольшее пропускание, т. е. наименьшее поглощение [1].

Количественное определение твердых веществ в дисках с калия бромидом дает большие погрешности результатов, обусловленные неравномерностью распределения анализируемой субстанции в дисперсии, вызывающие отклонения от закона Бера [1, 16].

Для количественного определения фармацевтических субстанций индивидуально или в ГЛФ, из которых их трудно извлечь, может быть использован метод дифференциальной ИК-спектроскопии аналогично методу дифференциальной спектрофотометрии [14].

Например, для количественного определения ЛВ в масляных растворах контрольную кювету заполняют маслом, использованным для приготовления исследуемого масляного раствора. Измеряют ИК-спектр поглощения масляного раствора фармацевтической субстанции относительно ИК-спектра масла. Однако метод в таком варианте может быть использован только в условиях предприятия, выпускающего соответствующий масляный раствор. Для воспроизведения этого способа количественного определения в других контрольно-аналитических лабораторий (КАНЛ) или испытательных лабораториях контроля качества ЛС (ИЛККЛС) необходимо иметь образец определенного качества масла (той же серии) для сравнения.

В настоящее время метод ИК-спектроскопии в средней области спектра применяется для количественного определения фармацевтических субстанций и ингредиентов ГЛФ весьма ограниченно в связи с разработкой более универсальных методов, таких как БИК-спектроскопия, ГЖХ, ВЭЖХ и др.

Таким образом, метод ИК-спектроскопии в средней области позволяет анализировать практически все органические и неорганические вещества независимо от агрегатного состояния, цвета, формы кристаллов, молекулярной массы, растворимости и др.

Метод ИК-спектроскопии в средней области используют в фармацевтическом анализе для:

- установления структуры новых БАВ, получаемых химическим синтезом или выделяемых из природных объектов (животное или растительное сырье, продукты жизнедеятельности микроорганизмов);
- изучения строения метаболитов;
- идентификации фармацевтических субстанций (в том числе близкого химического строения, например гормонов) и ингредиентов ГЛФ.

В случае ГЛФ вспомогательные, корректирующие, стабилизирующие и другие вещества не должны подавлять спектр фармацевтической субстанции.

Если вспомогательные вещества не поглощают ИК-излучение в области поглощения ЛВ и их содержание не превышает 60–70%, то фармацевтические субстанции разрешено идентифицировать без предварительного выделения из ГЛФ. В остальных случаях необходимо предварительно выделять фармацевтические субстанции из ГЛФ;

- выявления фальсификатов ЛС (фармацевтических субстанций, ГЛФ и др.) [2, 3, 9];

- определения доброкачественности некоторых фармацевтических субстанций (испытания на чистоту). Содержание примесей в анализируемых фармацевтических субстанциях проявляется в появлении «лишних» полос, изменении формы, интенсивности и резкости отдельных полос;
- контроля веществ, используемых в фармацевтическом анализе в качестве государственных стандартных образцов (ГСО) [1];
- количественного определения примесей газов в некоторых газообразных лекарственных средствах [19, 21–23];
- контроля технологического процесса в промышленном производстве фармацевтических субстанций (полнота протекания реакций или процессов).

### 3. СПЕКТРОМЕТРИЯ В БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ (БИК-СПЕКТРОМЕТРИЯ)

В последние годы в мировой фармацевтической практике стал применяться метод ИК-спектроскопии в ближнем диапазоне (БИК-спектроскопия).

БИК-спектроскопия относится к инструментальным методам качественного и количественного анализа, который сочетает спектроскопию и статистические подходы при исследовании многофакторных зависимостей, в том числе хеометрию.

**Хеометрия** (от *англ.* chemistry — химия и metrics — измерение) — раздел аналитической химии, изучающий химические процессы с применением математических и статистических методов, как правило, с использованием ЭВМ [47, 48].

Хеометрия позволяет рассчитывать количественные характеристики или выявлять оптимальные условия химических процессов при ограниченном количестве экспериментальных данных, а также выявлять различного рода закономерности при большом количестве данных.

Метод БИК-спектроскопии был включен в фармакопею Евросоюза в 1997 г., США — в 2002 г.

В нашей стране метод БИК-спектроскопии включен в ГФ (13-е изд.) в ОФС «Спектроскопия в ближней инфракрасной области». Однако методики БИК-спектроскопического анализа ЛС находятся в стадии разработки, валидации и утверждения, поэтому пока ограниченно используются в контроле качества, хотя имеют большие перспективы в межоперационном производственном контроле, контроле качества готовой продукции, оценке качества продукции фармацевтического рынка (выявление фальсифицированной и контрафактной продукции) и др.

Спектроскопия в БИК-области основана на способности веществ поглощать электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 780 до 2500 нм (от  $12\,500$  до  $4000\text{ см}^{-1}$ ). Этот диапазон находится между средней ИК-областью с большими длинами волн и видимой областью с более короткими длинами волн (табл. 1).

Поглощение в БИК-диапазоне обусловлено, как правило, обертонами основных колебательных частот связей C–H, N–H, O–H и S–H и их комбинацией. В ряде случаев наиболее информативный диапазон находится в области от 1700 до 2500 нм (от  $6000$  до  $4000\text{ см}^{-1}$ ).

БИК-спектры измеряют с помощью ИК-спектрометров разных конструкций и технических возможностей (рис. 24) всегда относительно фона, используя следующие способы:

- измеряют поглощение (A) или пропускание (T) при прохождении излучения через образец;
- измеряют излучение, отраженное от образца или рассеянное (R);
- комбинируют первые два способа.

Для измерения БИК-спектров, как правило, не требуется специальная подготовка проб. БИК-спектры жидких образцов измеряют во флаконах или кюветах с подходящей длиной оптического пути (обычно 0,5–22 мм) с помощью оптоволоконных датчиков на пропускание (рис. 24).



Рис. 24

Фурье ИК-спектрометр МРА с оптоволоконными датчиками

БИК-спектры отражают зависимость соответствующей фотометрической величины: оптической плотности ( $A$ ); коэффициента пропускания ( $T$ ); коэффициента отражения ( $R$ ) и производных от них величин от длины волны или частоты излучения (рис. 25).

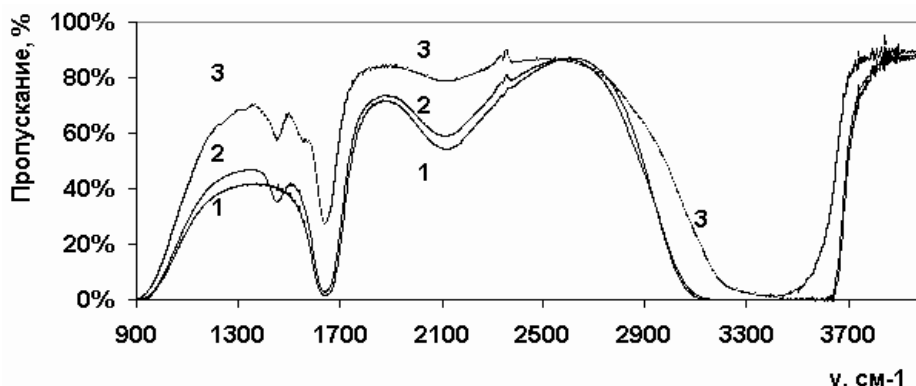


Рис. 25

БИК-спектры поглощения образцов воды очищенной, полученной разными способами (образцы 1–3)

Характер БИК-спектра и результаты анализа объекта исследования существенно зависят от наличия воды (рис. 25) и остаточных количеств растворителей, которые, как правило, также поглощают в этой области спектра. Поэтому в частных ФС указывают необходимость высушивания анализируемого образца перед испытанием.

БИК-спектры зависят от температуры анализируемого образца, так как она влияет на его пропускание и отражение. Изменение температуры при измерении БИК-спектра термолабильных веществ может существенно изменить

спектральные характеристики твердых образцов, содержащих воду, дисперсных систем, аморфных объектов и др.

Как и в случае ИК-спектрометрии в средней области, спектр анализируемого образца в БИК-области зависит от кристаллической структуры (полиморфизм). Это позволяет с помощью БИК-спектра различать кристаллические и аморфные формы соединений. При проведении анализа необходимо учитывать, какая кристаллическая модификация была использована в качестве стандартного образца или образца сравнения [7, 32, 40].

При измерении БИК-спектров твердых образцов важна однородность пробы, так как характер спектра сильно зависит от плотности и размера частиц (рис. 26).

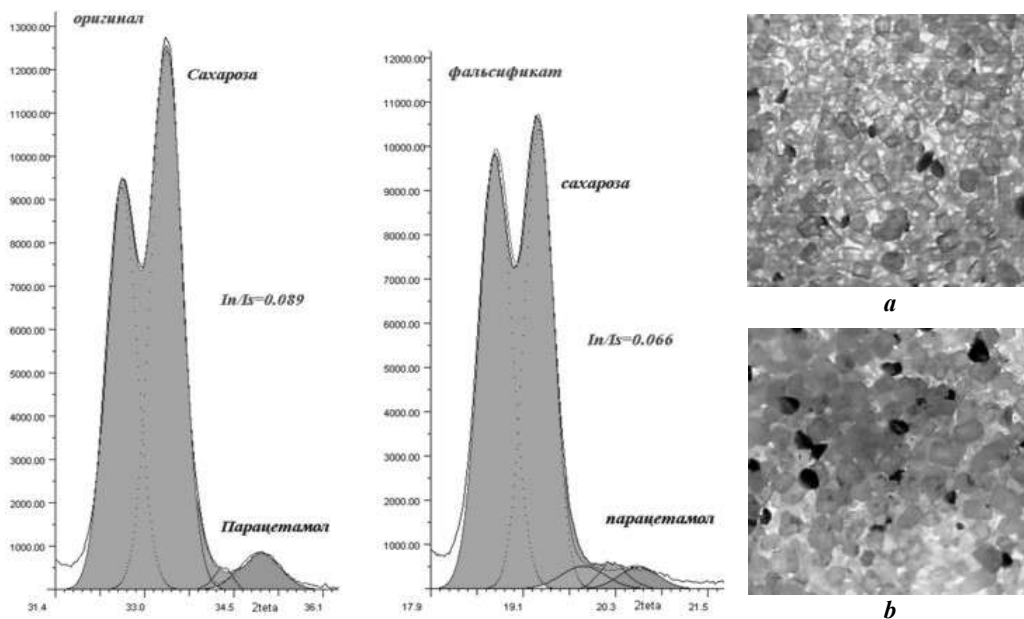


Рис. 26

Препарат «Терафлю»: спектры сахарозы различаются из-за различия гранулометрического состава образцов *a* и *б* (увеличено в 100 раз)

Кроме того, свойства образцов могут изменяться во времени и влиять на спектральные характеристики одних и тех же образцов. Это следует учитывать при построении калибровочных моделей для идентификации, оценки чистоты, изменений в процессе хранения, количественного анализа.

### 3.1. Идентификация фармацевтических субстанций методом БИК-спектрометрии в фармацевтическом, судебно-химическом и химико-токсикологическом исследованиях

При идентификации методом БИК-спектрометрии измеряют в одинаковых условиях БИК-спектры анализируемой фармацевтической субстанции и стандартного образца и определяют их сходство. Полное совпадение полос по-

глощения обоих БИК-спектров по положению и относительным интенсивностям объективно и надежно подтверждает подлинность анализируемой фармацевтической субстанции [4, 10, 11, 28].

Однако в ряде случаев в практике контрольно-аналитических, химико-токсикологических и судебно-химических лабораторий бюро СМЭ, наркологических больниц и других необходимо не просто идентифицировать, а дифференцировать ЛВ, имеющие близкие физико-химические характеристики вследствие сходства химических структур [28, 30, 36].

Для диагностики отравлений, вызванных применением ЛС по назначению врача, по неосторожности или другой причине, необходимо изучить БИК-спектры различных ЛС и выявить их характерные особенности [30].

Например, БИК-спектры поглощения нейролептиков производных бензаминов: амисульприда (солиан), сульпирида (эглонил, бетамакс, бетамак, веро-сульпирид, просульпин, эглек, депрал, догматил) и тиаприда (тиапридал, тридал), часто являющихся объектом судебно-химического и токсикологического исследования, весьма сходны (рис. 27).

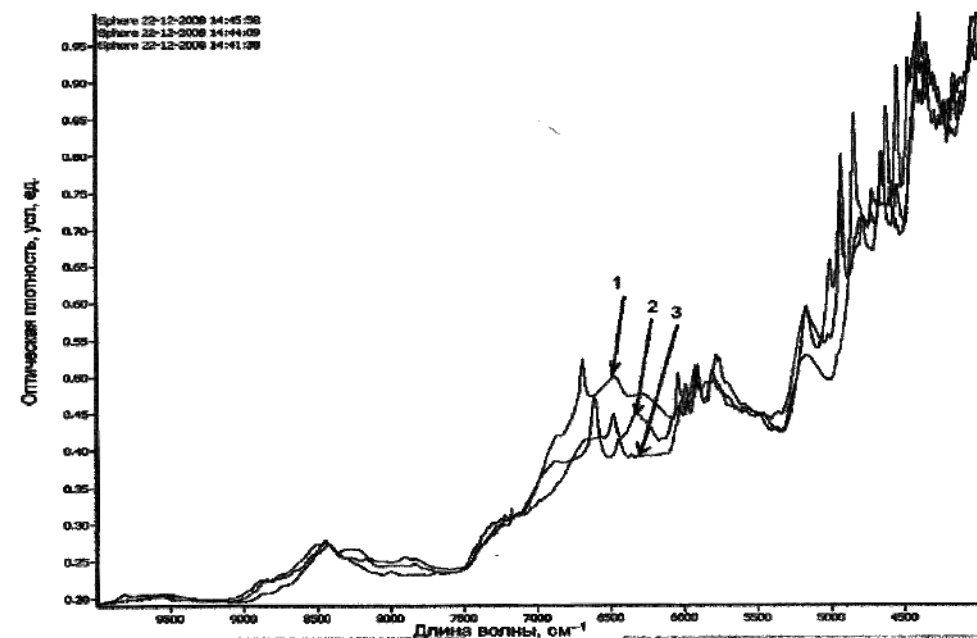


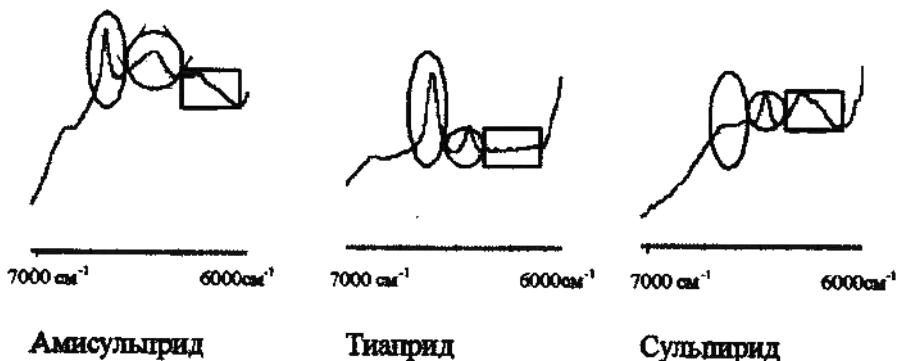
Рис. 27

БИК-спектры: амисульприда (1); 4 тиаприда (2); сульпирида (3)

В то же время для указанных фармацевтических субстанций диапазон ( $7000\text{--}6000$ )  $\text{см}^{-1}$  можно рассматривать как фингерпринтную область, в которой проявляются индивидуальные особенности их БИК-спектров (рис. 27, 28).

В области ( $6900\text{--}6100$ )  $\text{см}^{-1}$  (рис. 28) БИК-спектр амисульприда имеет два пика при  $6700$  и  $6480$   $\text{см}^{-1}$  и «плечо» в диапазоне ( $6250\text{--}6050$ )  $\text{см}^{-1}$ ; тиаприд — два пика при  $6650$  и  $6480$   $\text{см}^{-1}$  и «плечо» при ( $6350\text{--}6050$ )  $\text{см}^{-1}$ ; сульпирид — «плечо» при ( $6900\text{--}6800$ )  $\text{см}^{-1}$  и два пика при  $6480$  и  $6350$   $\text{см}^{-1}$ . Выявленные ха-

ракетные особенности БИК-спектров позволяют с достаточной вероятностью идентифицировать и дифференцировать указанные ЛВ.



**Рис. 28**

Характерные особенности БИК-спектров некоторых производных бензамидов

БИК-спектры измеряют с помощью аппаратуры, объединяющей устройство, регистрирующее БИК-спектры, и программное обеспечение, позволяющее хранить, передавать, статистически обрабатывать полученную первичную информацию согласно поставленным задачам (рис. 29).



**Рис. 29А**

БИК-анализатор ИнфраЛЮМ ФТ-20 (А); Фурье-ИК-спектрометр МРА, совмещенный с другими Фурье-БИК-спектрометрами (Б)

**Рис. 29Б**

Приборы для БИК-спектрометрии позволяют:

- быстро, достоверно и надежно проводить неразрушающий контроль качества однокомпонентных и многокомпонентных ЛС;
- с помощью библиотеки БИК-спектров выявлять контрафактные и фальсифицированные ЛС;
- решать необходимые аналитические задачи на месте и/или дистанционно;
- совмещать результаты с помощью современных телекоммуникационных систем с соответствующими базами данных.

Такое сочетание регистрирующих и математических функций повышает надежность и информативность оценки качества фармацевтической продукции отечественных и зарубежных производителей по показателям, включенным в НД (ГФ, ФС, ТУ, ГОСТ и др.), автоматизирует, ускоряет и удешевляет контроль.

В частности, метод БИК-спектрометрии в условиях заводского производства может быть использован на стадии входного контроля исходного сырья (фармацевтических субстанций, реактивов и др.), для идентификации фармацевтических субстанций в ГЛФ и др. Причем БИК-спектрометрия позволяет проводить контроль независимо от агрегатного состояния анализируемого объекта (твердое, жидкое, газообразное).

Для идентификации ЛС методом БИК-спектрометрии измеряют БИК-спектры анализируемой фармацевтической субстанции. Для учета возможных изменений свойств каждого вида анализируемых объектов регистрируют БИК-спектры нескольких партий (серий) ЛС, получаемых от разных производителей, дистрибьюторов, из разных климатических зон и др., соблюдая сходство условий измерений.

Для повышения информативности и надежности результатов и уменьшения влияния технических погрешностей исходные БИК-спектры предварительно обрабатывают методами векторной нормализации, мультипликативной коррекции, первой и второй производной и другими, включая комбинированные. Иногда вследствие математической обработки наблюдается потеря информации или появляются ошибки-артефакты, поэтому выбор математической модели и алгоритмов должен быть обоснован. БИК-спектры, являющиеся случайными выбросами (артефактами), не используют. Одновременно сохраняют первичные БИК-спектры без математической обработки для последующих измерений.

Затем подбирают оптимальную математическую модель и алгоритм сравнения отдельных БИК-спектров каждой фармацевтической субстанции, которые предварительно оптимизируют для всех анализируемых объектов и используют без изменения при последующих измерениях. С их помощью из всей совокупности БИК-спектров генерируют средний БИК-спектр каждого объекта, который включают в библиотеку БИК-спектров.

Библиотека содержит статистически достоверные БИК-спектры образцов, подлинность которых подтверждена стандартными методами, и гарантирует их уникальность (неповторимость).

Для близких объектов, неразличимых при выбранных параметрах (рис. 27), создают подбиблиотеки, в которых используют другие методы предварительной обработки спектров и алгоритмы анализа. Количество спектров в библиотеке не ограничивается, однако большое количество БИК-спектров может затруднить и удлинить идентификацию химически сходных веществ.

Метод идентификации и библиотеку обязательно валидируют (проверяют на надежность) в соответствии с выбранной математической моделью по **специфичности и устойчивости (робастности) результатов**.

**Специфичность** отражает индивидуальность спектра каждого объекта, включенного в библиотеку, позволяет положительно идентифицировать его



среди других объектов. При этом объекты, не включенные в библиотеку, идентифицируются отрицательно.

**Устойчивость (робастность)** заключается в **нечувствительности** к различным отклонениям и неоднородностям в выборке, связанным с теми или иными зачастую неизвестными объективными и субъективными причинами.

Таковыми причинами могут быть ошибки детектора, регистрирующего наблюдения, чьи-то случайные или намеренные попытки «подогнать» выборку для статистической обработки, ошибки оформления, вкравшиеся опечатки и многое другое.

**Устойчивость (робастность)** означает, что незначительные изменения условий (температура, влажность воздуха, вибрации, температура образца, степень уплотнения материала, глубина погружения зонда, толщина слоя и др.) не влияя на результаты и надежность идентификации.

Методика подготовки образцов к испытанию методом БИК-спектрометрии достаточно проста и требует всего нескольких минут. Она позволяет идентифицировать вещества даже при отсутствии соответствующего стандартного образца.

При оценке качества по показателю «Подлинность» (идентификация) в стандартных условиях измеряют БИК-спектр анализируемого ЛС. С помощью программного обеспечения сравнивают его с уникальными БИК-спектрами библиотеки. О результатах идентификации из библиотеки поступает официальное сообщение (рис. 30).

Hit №	Hit Quality	Threshold	Substance
1	0,01094	0,04674	Acetylsalicylic acid
2	0,18745	0,00888	Salicylic acid
3	0,25988	0,02077	Salicylamide
4	0,44652	0,01406	Collidon 25
5	0,45558	0,00491	Collidon 30

**Рис. 30**

Сообщение из библиотеки о результатах идентификации субстанций

Дистанционное измерение и обработку результатов измерений методиками БИК-спектрометрии обеспечивают высокоэффективные кварцевые оптоволоконные кабели и датчики, позволяющие быстро передавать информацию с низкой потерей передаваемого сигнала внутри таких волокон, не превышающей 0,1 дБ на 1 км оптоволокон. При этом они обладают прочностью, надежностью, достаточной дешевизной и другими достоинствами.

### **3.2. Оценка качества фармацевтических субстанций и таблетированных лекарственных форм по показателю «Количественное содержание» методом БИК-спектрометрии**

Для количественного определения фармацевтической субстанции в анализируемом образце методом БИК-спектрометрии используют способ калиб-

ровки, основанный на зависимости между изменениями интенсивности поглощения или отражения в спектре с изменениями свойств и/или состава веществ.

Предварительно регистрируют спектры образцов с известным химическим составом и/или свойствами, полученными стандартным методом. Затем создают калибровочную модель, выбирая оптимальные способ обработки спектров, спектральную область и математический алгоритм. Для количественного анализа преимущественно используют хемометрические алгоритмы из-за сильного перекрывания полос поглощения в области БИК-диапазона. Наиболее часто используют метод частных наименьших квадратов (МЧНК; англ. PLS), метод регрессии на главные компоненты (МРГК; англ. PCR) и др.

Хемометрические алгоритмы не допускают экстраполяции, поэтому область калибровочных концентраций должна превышать ожидаемый диапазон анализируемых концентраций или свойств и по возможности должна быть равномерно распределена внутри диапазона рабочих концентраций.

Спектры регистрируют при соблюдении одинаковых условий измерений и первичной обработки, которые предварительно оптимизируют для всех анализируемых объектов и используют без изменения при последующих измерениях.

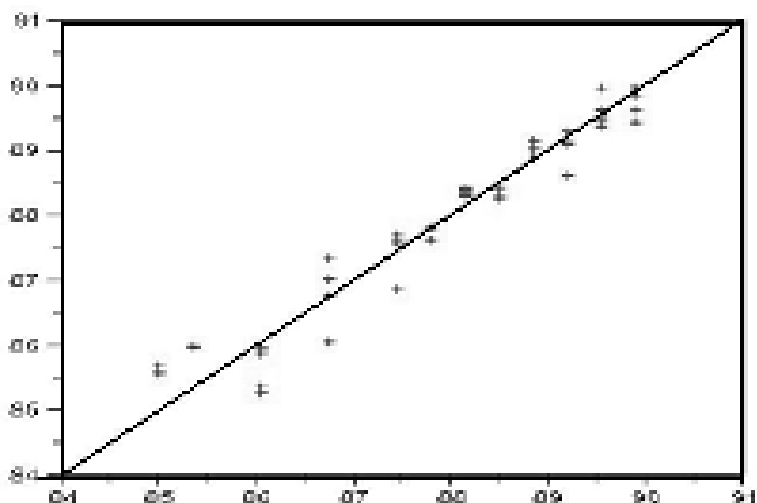
Данные БИК-спектрометрии хранят в электронном виде согласно требованиям программного обеспечения. При этом исходные спектры обязательно сохраняют без математической обработки для их возможного дальнейшего использования при оптимизации библиотек или методов.

Для оценки сходимости результатов количественного определения фармацевтических субстанций и действующих веществ в ГЛФ параллельно определяют действующее вещество валидованными методиками, приведенными в ФС, и методом БИК-спектрометрии. По полученным результатам строят градуировочный (калибровочный) график.

При высоком коэффициенте корреляции (**корреляция** — взаимосвязь, соотношение предметов, понятий или результатов) метод БИК-спектрометрии может быть использован для количественного определения фармацевтических субстанций и ГЛФ.

Например, градуировочный (калибровочный) график количественного определения ацетилсалициловой кислоты в таблетках, выполненного параллельно методами алкалометрии (методика ГФ-12) и БИК-спектрометрии, имеет коэффициент корреляции, равный 0,99 (рис. 31).

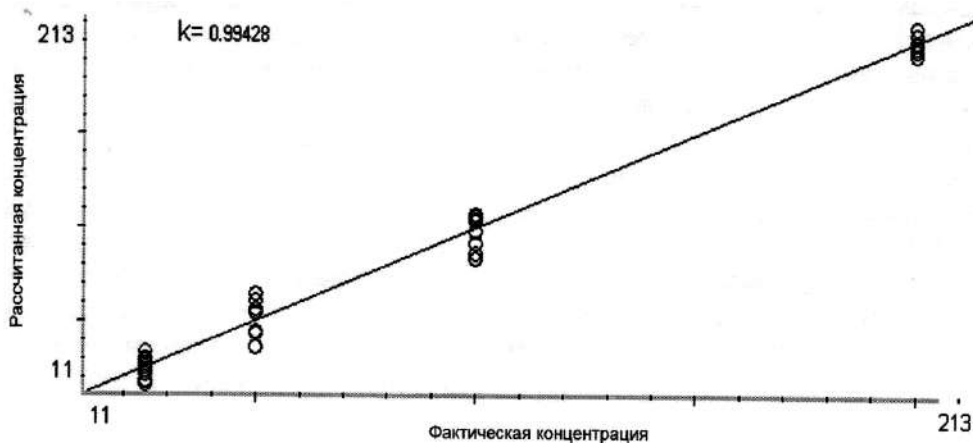
Программное обеспечение аппаратуры, используемой для БИК-спектрометрии, позволяет разрабатывать калибровочные модели для количественного определения действующих веществ с разной дозировкой в ГЛФ.



**Рис. 31**

Градуировочный (калибровочный) график количественного определения ацетилсалициловой кислоты в таблетках методом алкалиметрии и расчетным методом по БИК-спектру

Например, калибровочная модель количественного определения методом БИК-спектрометрии метопролола сукцината в таблетках метозок, содержащих соответственно 25, 50, 100, 200 мг действующего вещества, имеет коэффициент корреляции с результатами определения действующего вещества валидированными нормативными методами, равный 0,99 (рис. 32).



**Рис. 32**

Градуировочная (калибровочная) модель для таблеток метозок, содержащих соответственно 25, 50, 100, 200 мг метопролола сукцината

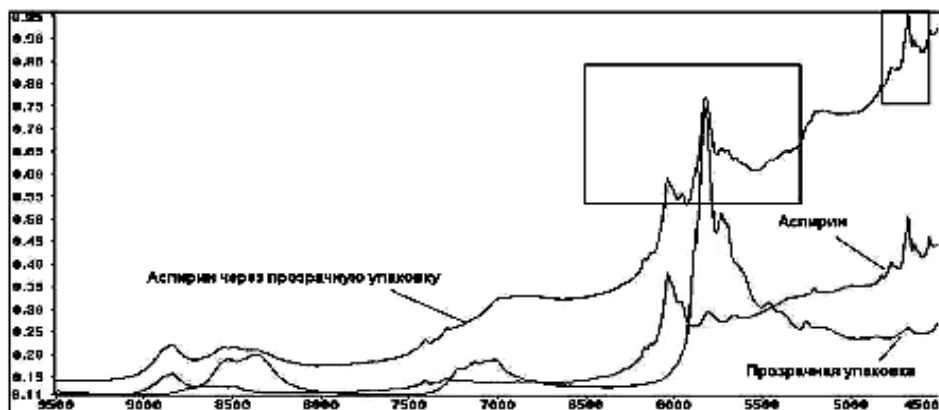
Метод БИК-спектроскопии позволяет проводить исследование количественного содержания активного ингредиента таблеток без нарушения прозрачной пластмассовой потребительской упаковки с помощью специально разработанных оптоволоконных датчиков разной конструкции (рис. 33).



**Рис. 33**

Прямое измерение количественного содержания субстанции в таблетках через прозрачную пластмассовую потребительскую упаковку

Такую возможность создает наличие на БИК-спектре активного вещества области, свободной от наложения поглощения прозрачной полимерной упаковки (рис. 34).



**Рис. 34**

БИК-спектры: СО ацетилсалициловой кислоты; анализируемого образца ацетилсалициловой кислоты, измеренный через прозрачную упаковку; прозрачной упаковки

Полосы поглощения ацетилсалициловой кислоты в интервале (6070–5900)  $\text{см}^{-1}$  и (4730–4580)  $\text{см}^{-1}$  свободны от наложения полос поглощения прозрачной пластиковой оболочки (рис. 34). Это позволило создать калибровочную модель и разработать методику БИК-спектрометрического количественного определения таблеток ацетилсалициловой кислоты в упаковке (рис. 35).

Сравнительная оценка результатов количественного определения ацетилсалициловой кислоты в таблетках, выполненных методами БИК-спектрометрии и валидированным фармакопейным методом алкаиметрии, показала их сходимость и высокую степень корреляции (рис. 35). Поэтому разработанная калиб-

ровочная модель может быть использована для количественного определения действующего вещества методом БИК-спектрометрии, не нарушая целостность упаковки. Среднеквадратичная погрешность определения ацетилсалициловой кислоты в таблетках через потребительскую упаковку составила 0,5% [36].

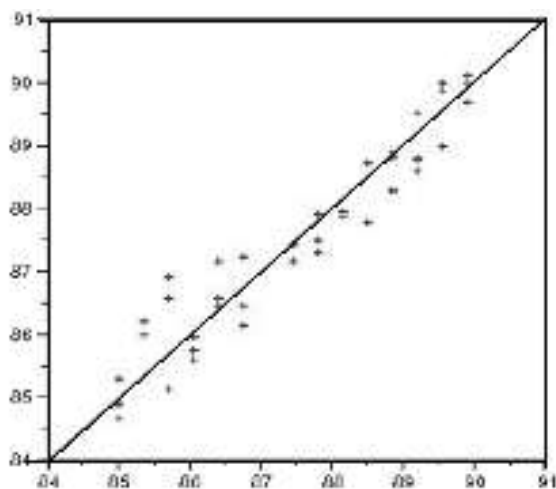


Рис. 35

Калибровочный график зависимости количественного содержания ацетилсалициловой кислоты в таблетках, определенного методом алкаиметрии (методика ГФ-12) и рассчитанного методом БИК-спектрометрии, измеренных через прозрачную упаковку с помощью оптоволоконных датчиков в режиме диффузного отражения

### 3.3. Определение показателя «Однородность дозирования» лекарственных средств методом БИК-спектрометрии

Метод БИК-спектрометрии позволяет контролировать не только качество конечного продукта, но и технологический процесс производства ЛС, в частности по показателю «Однородность дозирования» [29].

Однородность дозирования определяют для таблеток без оболочки, содержащих действующего вещества 0,05 г и менее, и таблеток, покрытых оболочкой, с содержанием действующего вещества 0,01 г и менее [19].

Учитывая незначительное содержание, количество действующего вещества в каждой дозе определяют физико-химическими методами, такими как ВЭЖХ, ГХ, УФ-спектрофотометрия и др. Указанные методы высокочувствительны, дают воспроизводимые результаты, но требуют выборки образцов с производственной линии, определенной пробоподготовки, довольно длительны и трудоемки.

Для количественного определения однородности дозирования измеряют БИК-спектры не менее 10 серий таблеток, соответствующих всем допустимым значениям количественного содержания. Для получения достоверных результатов измерения БИК-спектров таблетку без упаковки многократно сканируют с обеих сторон, меняя положение таблетки. С помощью заложенного в программу прибора статистического метода множественной линейной регрессии (отра-

жает концентрацию как функцию поглощения при разных частотах) рассчитывают количественное содержание действующего вещества в объекте исследования.

Для построения градуировочной (калибровочной) кривой определяют точное количественное содержание действующего вещества валидированным арбитражным методом (метод НД) и вводят в программу прибора. На основании рассчитанных математически и определенных валидированным арбитражным методом результатов количественного определения действующего вещества строят градуировочный (калибровочный) график зависимости спектрального отклика и содержания действующего вещества (рис. 36).

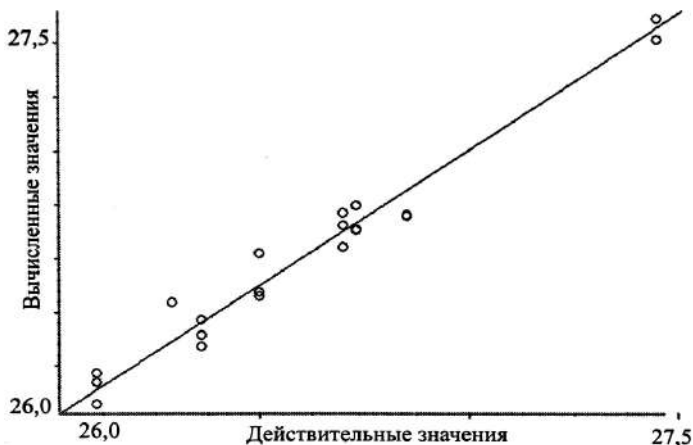


Рис. 36

Градуировочный (калибровочный) график количественного определения хлоропирамина гидрохлорида в таблетках «Супрастин» методами БИК-спектрометрии и УФ-спектрофотометрии

Градуировочный (калибровочный) график (рис. 36) отражает высокую корреляцию (сходимость) результатов определения однородности дозирования действующего вещества в таблетках методами БИК-спектрометрии и УФ-спектрофотометрии.

При серийном выпуске фармацевтической продукции оценивают стабильность (воспроизводимость) различных показателей качества. Одними из них являются количественное содержание действующего вещества и однородность дозирования. Метод БИК-спектрометрии позволяет оперативно оценивать указанные характеристики.

Для оценки результатов хемометрической обработки БИК-спектров используют прием **кластеризации (кластерный анализ** — математическая операция, позволяющая на основе множества показателей испытуемых объектов объединить их в один класс) (термин впервые ввел Тьюн в 1939 г.).

Кластерный анализ включает набор различных алгоритмов классификации. Он позволяет разбить огромный массив полученных результатов на кластеры (**кластер** — группа объектов, выделяющаяся из других подобных объектов и объединяющаяся в устойчивое образование) по степени «сходства» друг с

другом и построить аналитическую модель совокупности объектов исследования в виде наглядных структур [10, 18].

Кластерный анализ, в отличие от многих других статистических методов, позволяет выбрать наиболее значимое из возможных решений.

Для сравнения двух и более объектов необходимо иметь **критерий**. Если каждый объект описывается  $i$  свойствами (признаками) и может быть представлен как точка в  $i$ -мерном пространстве, то **критерием сравнения** (его сходства или различия с другими объектами) является **расстояние между объектами**.

В зависимости от способа измерения пространства (двумерное, трехмерное, многомерное) и задач исследования используют разные меры расстояния: евклидово расстояние; квадрат евклидова расстояния; расстояние городских кварталов (манхэттенское расстояние); расстояние Чебышева; степенное расстояние и др. Каждый из этих способов измерения имеет свои ограничения, достоинства и недостатки [18].

Для оценки сходства или различия сравниваемых БИК-спектров анализируемых объектов (компоненты  $x_1, x_2, \dots, x_k$  массива наблюдений) оптимальной мерой принято **расстояние Махаланобиса**, которое рассчитывают по формуле

$$\rho_m(X_i, X_j) = (X_i - X_j)^T * C^{-1} * (X_i - X_j),$$

где  $X_i, X_j$  — координаты  $i$ -го и  $j$ -го объектов в  $k$ -мерном пространстве;  $C^{-1}$  — ковариационная матрица генеральной совокупности.

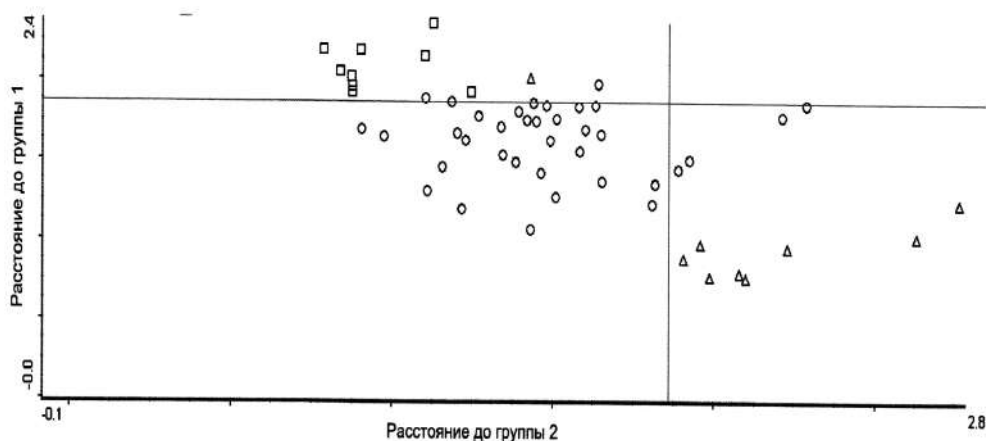
**Расстояние Махаланобиса** (предложено в 1936 г. индийским статистиком Махаланобисом — Prasanta Chandra Mahalanobis) отражает расстояние между двумя точками в пространстве, определяющими две или более коррелированные (взаимосвязанные) переменные, и инвариантно (остается неизменным при переходе из одной системы координат в другую) к масштабу [10, 11, 29, 36].

Кластерный анализ позволяет построить иерархическую группировку (иерархическое древо, график) отдельных кластеров (ветви иерархического древа), располагающихся в многомерном пространстве по вертикальной и горизонтальной осям на различном расстоянии друг от друга (рис. 37). Каждая точка на плоскости соответствует отдельному спектру определенной серии ЛС.

Максимальное расстояние между сериями, равное 2,4 единицы Махаланобиса (рис. 37), свидетельствует о высокой воспроизводимости качества серийной продукции таблеток Метозок.

Каждый кластер (ветвь иерархического дерева) объединяет вокруг центроида объекты, имеющие наиболее сходные характеристики. Объект принадлежит к тому кластеру (группе), расстояние Махаланобиса до которого минимально.

В классификационном анализе БИК-спектров единица Махаланобиса равна величине стандартного отклонения (1 единица Махаланобиса). Теоретическими границами (порогом) принадлежности к группе (кластеру) является расстояние в три стандартных отклонения от среднего, т. е. 3 единицы Махаланобиса [28, 29, 36].

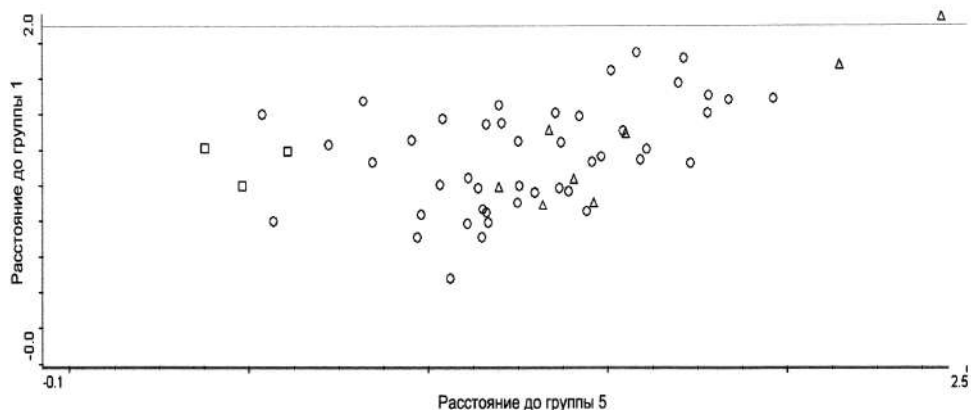


**Рис. 37**

Дискриминантный анализ БИК-спектров отдельных серий таблеток Метозок, содержащих 200 мг метопролола сукцината («Акрихин», Россия)

Для каждой ветви кластера устанавливают критическое расстояние (порог), которое позволяет рассматривать и интерпретировать соответствующие элементы как входящие в общность определяемых характеристик: межлабораторная сходимость результатов, сходимость между сериями ЛС одного предприятия, сходимость в результатах количественного определения действующего вещества между отдельными дозами ЛС одной серии и др.

Результатом кластерного анализа является построение двумерного графика в координатах Махаланобиса (рис. 37–39).



**Рис. 38**

Дискриминантный анализ БИК-спектров девяти серий таблеток Беталок ЗОК 100 мг, содержащих 100 мг метопролола сукцината («АстраЗенека», Швеция)

Каждая точка на графике соответствует определенной серии ЛП или отдельной дозе серии ЛП при определении однородности дозирования. Смещение точек различной формы (рис. 39; квадраты, окружности) характеризует схожесть БИК-спектров серийной продукции. При этом достоверно отличить ука-



занные производственные серии практически невозможно, что свидетельствует об их идентичности. В то же время спектры, соответствующие сериям, выбранным по осям (квадраты и треугольники), показывают две четкие области скопления точек, находящихся на значительном расстоянии друг от друга, и отражают возможность различить продукцию по количественному содержанию ингредиентов.

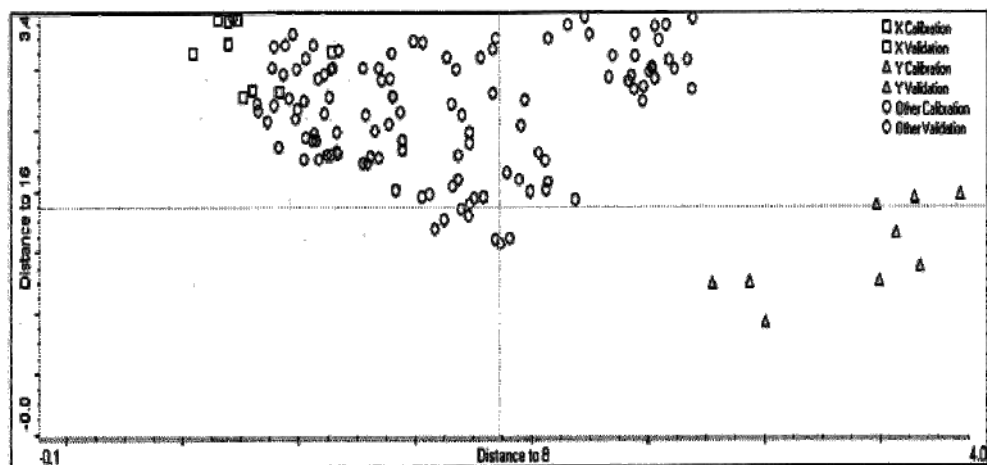


Рис. 39

Количественное определение однородности дозирования разных серий капсул Структур 500 мг: квадраты — серия 1; треугольники — серия 2; окружности — остальные серии.

Линии, перпендикулярные осям координат на плоскости, отражают пограничные значения. Они показывают, что две серии идентичны с доверительной вероятностью 95%.

Метод БИК-спектрометрии удобен, не разрушает образцы в процессе анализа и создает возможность автоматического контроля однородности дозирования действующего вещества при условии объединения БИК-спектрометра с формой для прессования таблеток.

Метод БИК-спектрометрии позволяет контролировать изменения, происходящие с ЛС в процессе хранения.

Для этого на протяжении срока хранения в условиях, рекомендованных НД (температурно-влажностный режим, освещенность и др.), параллельно определяют количественное содержание фармацевтической субстанции в анализируемом ЛС и измеряют БИК-спектры (не менее 10 спектров для каждой серии в нескольких повторностях).

Полученные результаты БИК-спектрометрии отображают в виде соответствующей математической модели, которую оценивают с помощью дискриминантного анализа по величине расстояния Махаланобиса, проводят корреляцию с валидированным методом количественного определения фармацевтической субстанции в ЛС.

Изменения фармацевтических субстанций и ЛП в ходе старения в течение срока годности хранят в калибровочном наборе спектральной библиотеки [36].

### 3.4. Оценка качества жидких лекарственных форм по некоторым нормативным показателям методом БИК-спектрометрии

Подлинность и чистоту этанола как фармацевтической субстанции оценивают по показателю «Относительная плотность», которую согласно ОФС «Плотность» определяют методом гравиметрии с помощью пикнометра [19]. Методика проста, но довольно длительна и трудоемка.

Значительно ускорить и упростить оценку подлинности и чистоты этанола позволяет метод БИК-спектрометрии [36].

Для построения спектральной модели измеряют БИК-спектры спиртоводных смесей разной концентрации при температуре 20°C в диапазоне от 5000 до 8500 см<sup>-1</sup>. Параллельно методом гравиметрии с помощью пикнометра определяют концентрацию спирта по значению относительной плотности. Затем строят калибровочные модели зависимости между БИК-спектрами и концентрацией спирта в анализируемых спиртоводных смесях, определенной методом гравиметрии с помощью пикнометра (рис. 40).

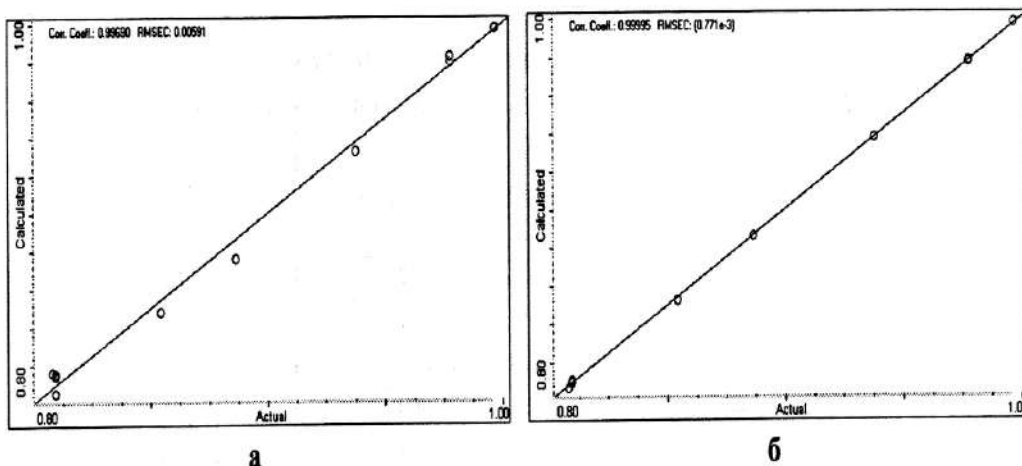


Рис. 40

Зависимость между результатами определения плотности этанола методом БИК-спектрометрии (ордината) и фармакопейным методом гравиметрии (абсцисса)

Приведенные модели (рис. 40) построены с использованием данных БИК-спектров (а) и первых производных БИК-спектров (б). Они отражают высокую сходимость между значениями плотности, полученными методами гравиметрии с помощью пикнометра, и значениями этого же показателя, рассчитанного программой по спектральным данным. Коэффициент корреляции между этими значениями равен 0,9969. Установлено, что даже незначительные отклонения в плотности этанола от нормативных ( $< 0,0005 \text{ г/см}^3$ ) отражаются на БИК-спектрах соответствующих стандартов.

### 3.5. Применение БИК-спектрометрии для идентификации продукции разных производителей и выявления фальсифицированных лекарственных средств

Метод БИК-спектрометрии позволяет в качестве экспресс-метода различать по спектральным характеристикам однотипные лекарственные препараты разных производителей, выявлять сходимость и различия между сериями ЛС одного производителя, между ЛС с разным содержанием действующего вещества, выявлять фальсифицированную и недоброкачественную фармацевтическую продукцию [10, 11, 28, 30, 36, 51, 52].

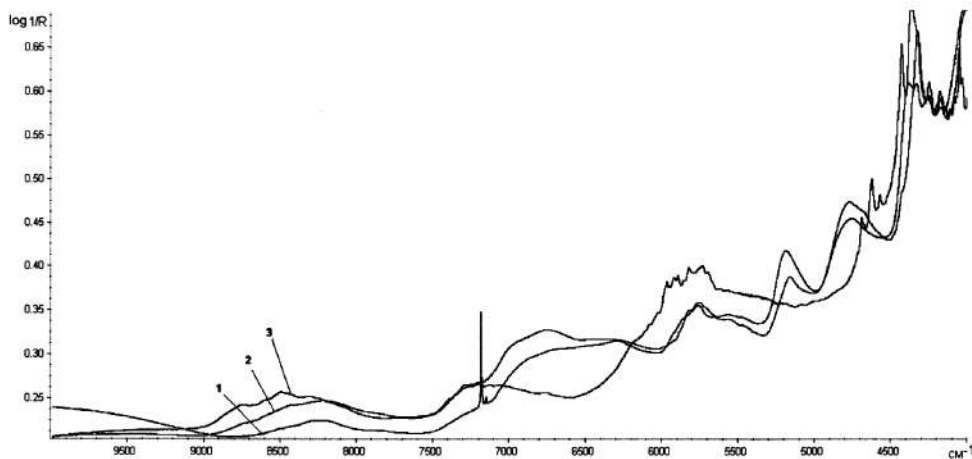


Рис. 41

БИК-спектры: 1 — таблеток Метозок (100 мг метопролола сукцината), «Акрихин», Россия;  
2 — таблеток ЗОК (100 мг метопролола сукцината), «АстраЗенека», Швеция;  
3 — субстанции метопролола сукцината, «Польфарма», Польша.

Приведенные БИК-спектры (рис. 41) таблеток Метопролола сукцината разных производителей («Акрихин», Россия; «АстраЗенека», Швеция; «Польфарма», Польша) показывают, что БИК-спектр образцов производства «АстраЗенека» и «Польфарма» имеют сходный характер.

В то же время БИК-спектр образца российского производства имеет две полосы поглощения в области  $(7150\text{--}7180)\text{ см}^{-1}$ , сильно различающиеся интенсивностью. Полоса с высокой интенсивностью обусловлена поглощением талька, используемого данным производителем для покрытия таблеток оболочкой («Акрихин», Россия). Это позволяет отличить таблетки Метопролола сукцината завода «Акрихин» от продукции других производителей. Кроме того, указанная особенность БИК-спектра может быть использована для выявления фальсифицированной продукции.

Таким образом, БИК-спектрометрия является методом, позволяющим проводить разноплановую экспертизу ЛС (качественный, количественный анализ, доброкачественность и др.) без предварительной подготовки образца к анализу: вскрытия упаковки, измельчения, отделения вспомогательных веществ, растворения, концентрирования и др.

Метод БИК-спектрометрии позволяет прямо или косвенно оценивать химические, физические и физико-химические качественные и количественные характеристики анализируемого объекта, в том числе:

- содержание воды и органических растворителей;
- гидроксильное и иодное число, степень гидроксирования;
- кристаллическую форму и степень кристалличности;
- полиморфные или псевдополиморфные формы;
- степень дисперсности частиц и др.

В фармацевтическом анализе этот метод позволяет оценивать различные показатели качества фармацевтических субстанций и ГЛФ, такие как:

- подлинность;
- количественное содержание действующих веществ;
- межсерийная воспроизводимость качества ГЛФ;
- «однородность дозирования»;
- подлинность и чистота растворов этилового спирта различной концентрации как фармацевтической субстанции;
- выявление фальсификатов и др.

Преимуществом БИК-спектрометрии перед другими физико-химическими методами, в том числе методом ИК-спектрометрии в средней области, и химическими методами являются:

- простота подготовки проб или ее отсутствие;
- скорость измерений (обычно 5–10 с);
- высокая точность и воспроизводимость анализа;
- экологичность (отсутствие загрязнений продуктами анализа);
- неdestructивный (неразрушающий) анализ;
- возможность проводить анализ через стеклянную или пластиковую упаковку;
- автоматизация измерений;
- возможность одновременно определять несколько параметров (показателей);
- возможность проводить дистанционный контроль, в том числе в технологических потоках (процесс-контроль), в режиме реального времени;
- анализ физических и химических характеристик анализируемого ЛС;
- возможность переноса результатов анализа с одного прибора на другой;
- отсутствие специальных требований к квалификации персонала.

Уникальность данного метода обусловлена экспрессностью, параллельным проведением многофакторного анализа с одновременной статистической обработкой и высокой воспроизводимостью результатов анализа.

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 1 (1.1–1.18):

1.1. Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромиде при 1690, 1665, 1221, 1550, 1595, 680  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 42).

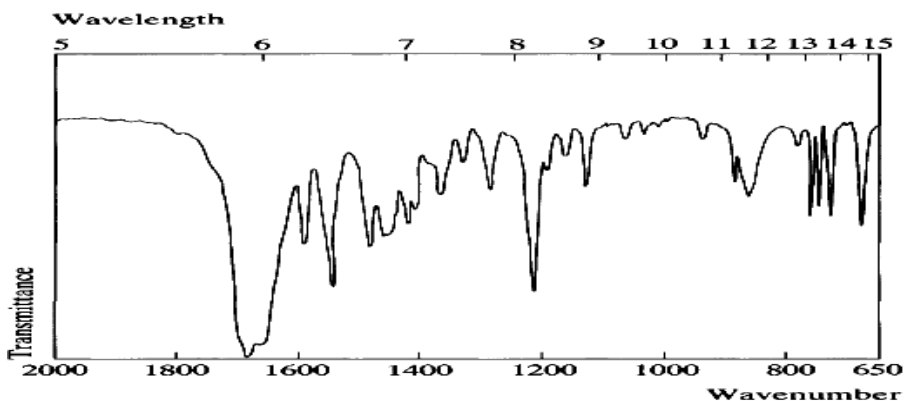


Рис. 42

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

1.2. Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромиде при 1725, 1614, 1463, 1376, 1300, 1205, 1065  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 43).

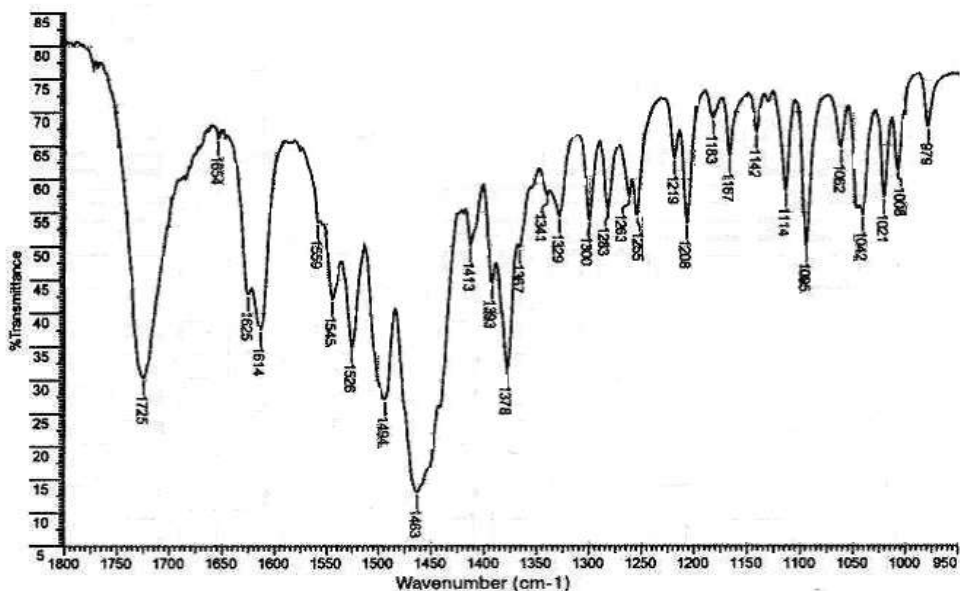
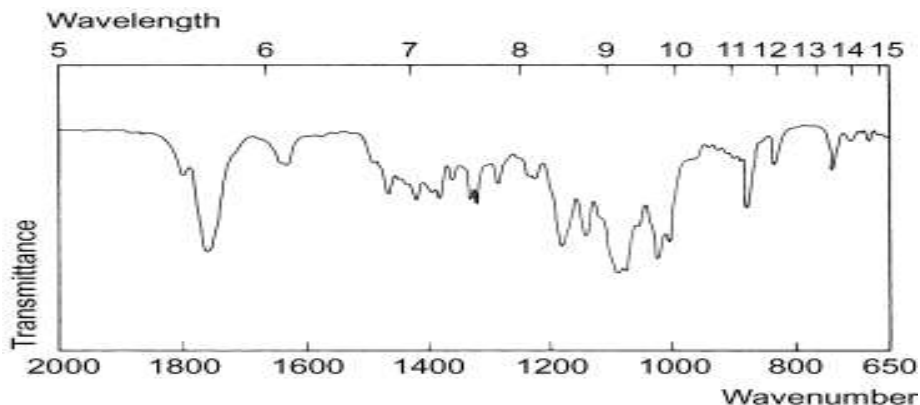


Рис. 43

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

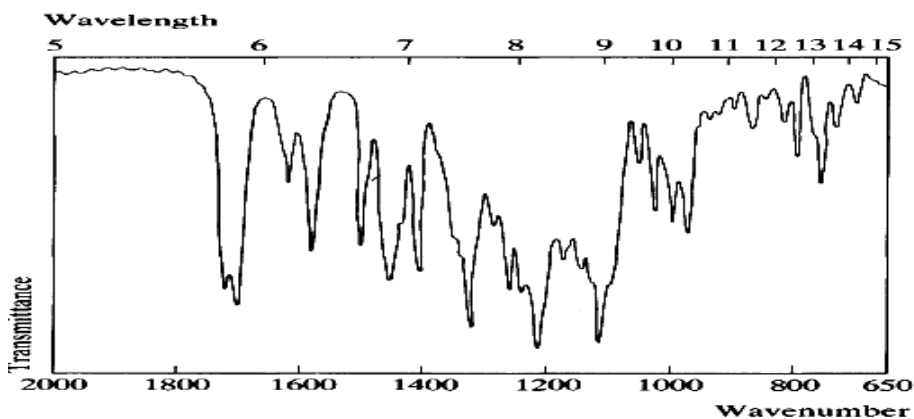
**1.3.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1072, 1058, 1010, 1740, 1168, 990  $\text{см}^{-1}$  (рис. 44).



**Рис. 44**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

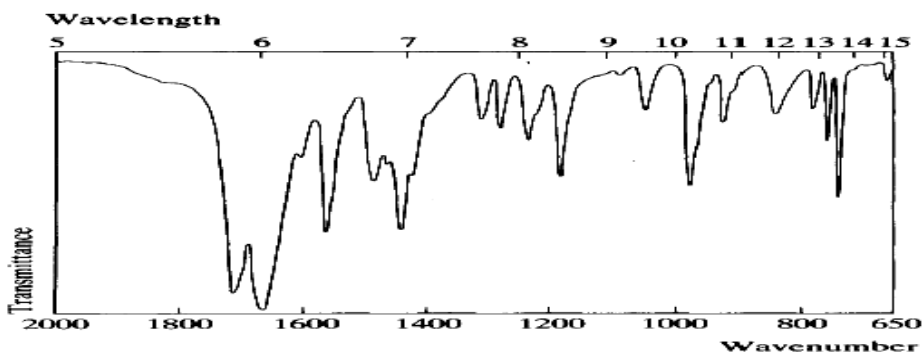
**1.4.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1220, 1120, 1700, 1240, 1720, 1265  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 45).



**Рис. 45**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

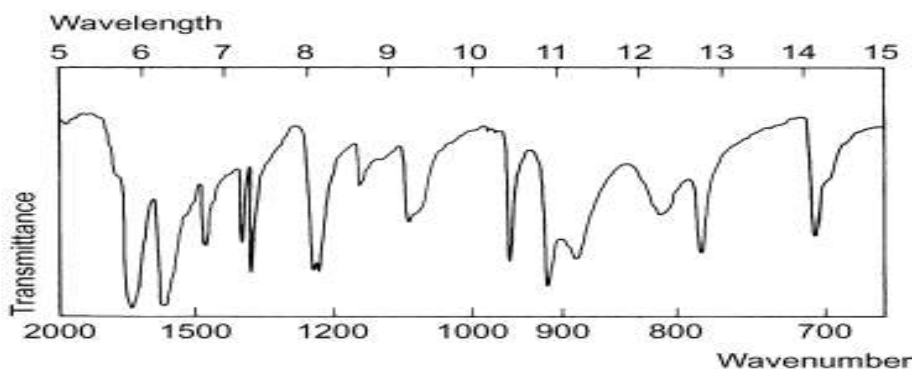
**1.5.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1670, 1717, 1567, 745, 980, 1190  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 46).



**Рис. 46**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

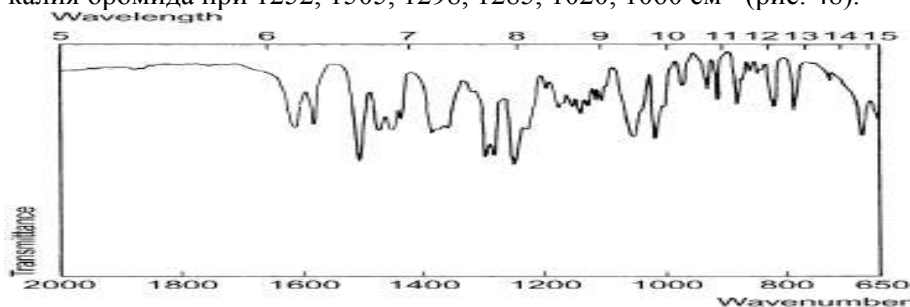
**1.6.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1692, 1587, 916, 1224, 1235, 956  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 47).



**Рис. 47**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

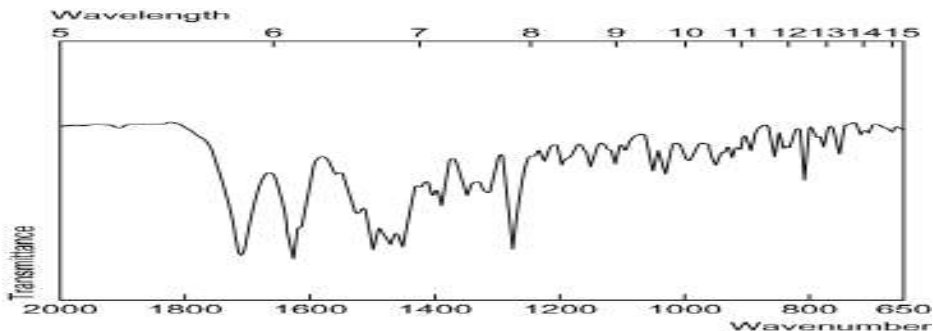
**1.7.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1252, 1505, 1298, 1285, 1020, 1060  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 48).



**Рис. 48**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

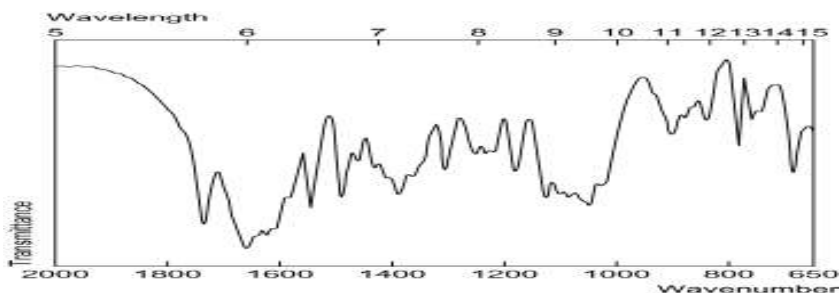
**1.8.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1703, 1619, 1267  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 49).



**Рис. 49**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

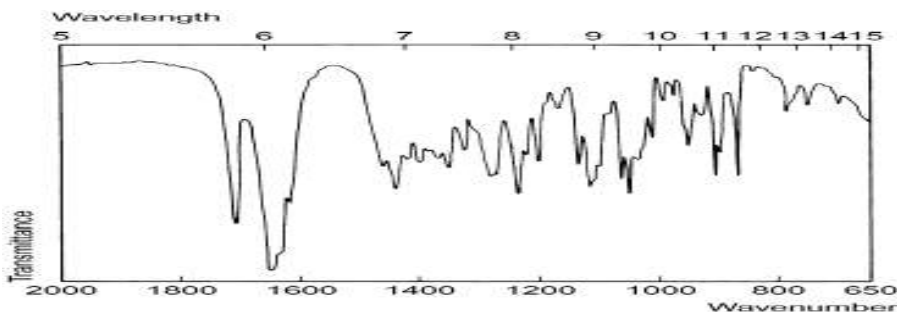
**1.9.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1647, 1379, 1041  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 50).



**Рис. 50**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**1.10.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1640, 1702, 1610, 1232, 1042, 1115  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 51).

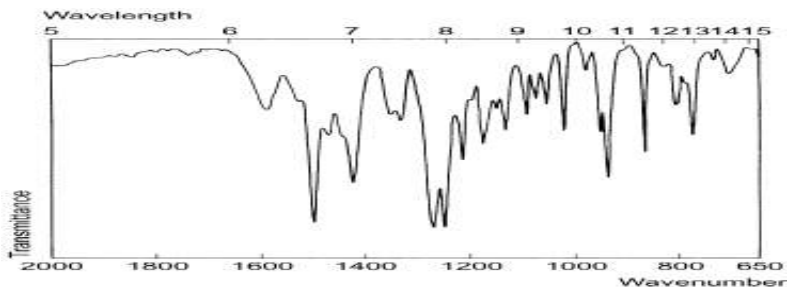


**Рис. 51**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции



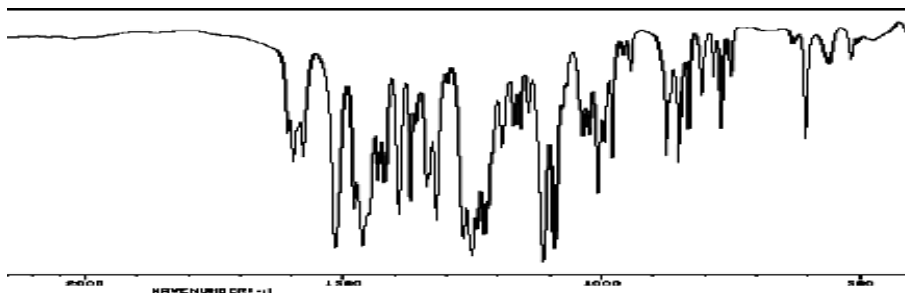
**1.11.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромиде при 1253, 1274, 1500, 945, 1224, 871  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 52).



**Рис. 52**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

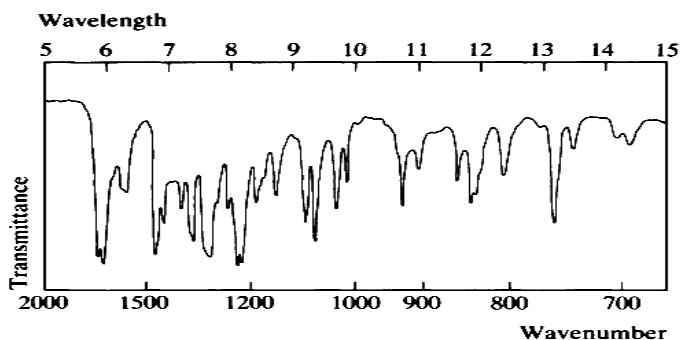
**1.12.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромиде при 1607, 1597, 1516, 1479, 1392, 1321, 1251, 1113, 1092, 1006  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 53).



**Рис. 53**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

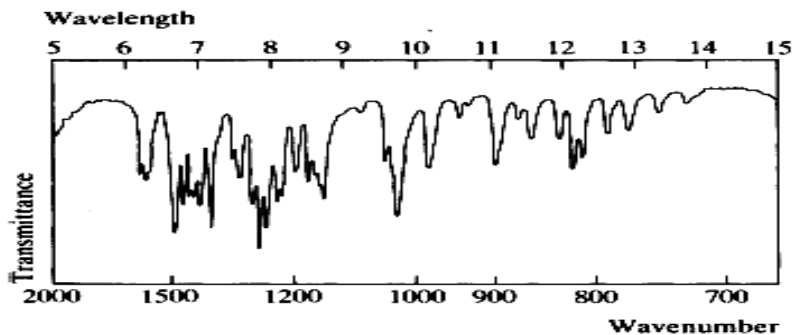
**1.13.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромиде при 1681, 1228, 1218, 1706, 1299, 1065  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 54).



**Рис. 54**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

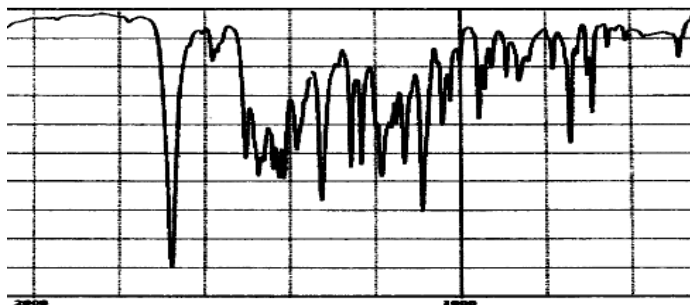
**1.14.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238  $\text{см}^{-1}$  (рис. 55).



**Рис. 55**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

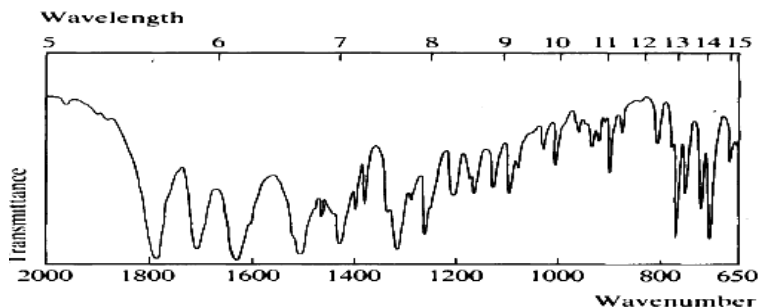
**1.15.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1681, 1471, 1413, 1182, 1094, 1050, 746  $\text{см}^{-1}$  (рис. 56).



**Рис. 56**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

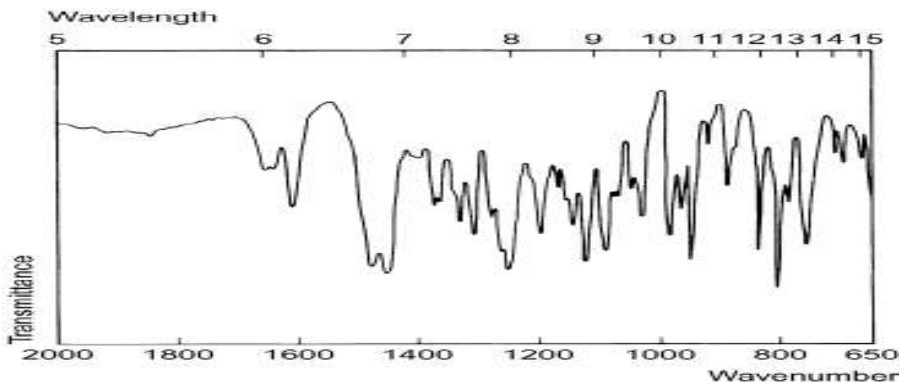
**1.16.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1620, 1777, 1500, 1310, 1700, 703  $\text{см}^{-1}$  (рис. 57).



**Рис. 57**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

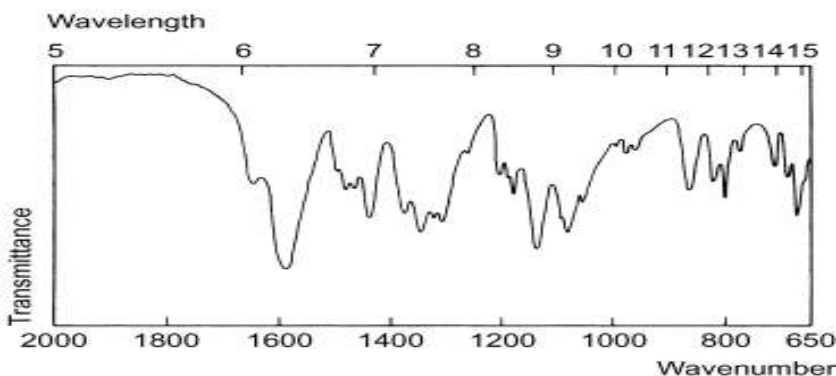
**1.17.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида (рис. 58) при 805, 1243, 1118, 945, 1086, 833  $\text{cm}^{-1}$ .



**Рис. 58**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**1.18.** Пользуясь Приложением 2, идентифицируйте фармацевтическую субстанцию, имеющую характеристические полосы поглощения ИК-спектра в диске калия бромида при 1590, 1147, 1090, 1314, 685, 1066  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 59).



**Рис. 59**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

## **ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 2 (2.1–2.18):**

**2.1.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **преднизолона** в диске калия бромида 1654, 1612, 1708, 887, 1085, 1112  $\text{cm}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **преднизолона**, ответственные за это поглощение (рис. 60).

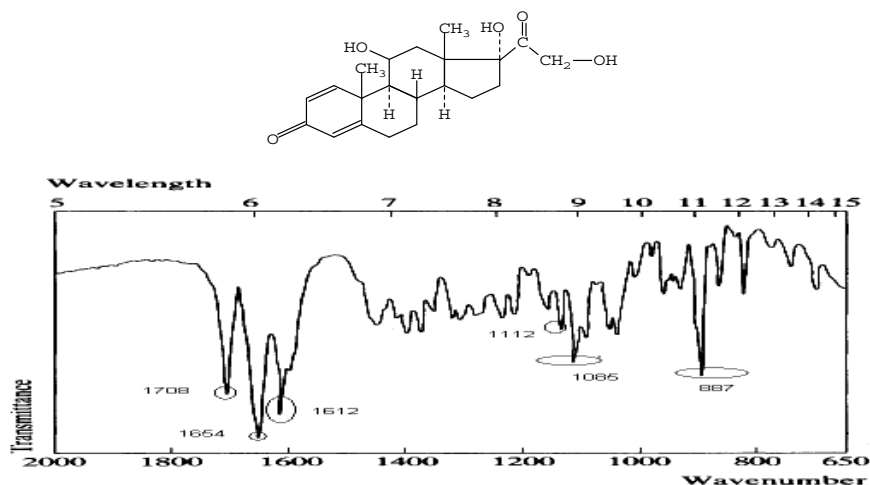


Рис. 60

Структурная формула и ИК-спектр преднизолонa в диске калия бромида

**2.2.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **гидрокортизона** в диске калия бромида 1640, 1702, 1610, 1232, 1042, 1115  $\text{cm}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **гидрокортизона**, ответственные за это поглощение (рис. 61).

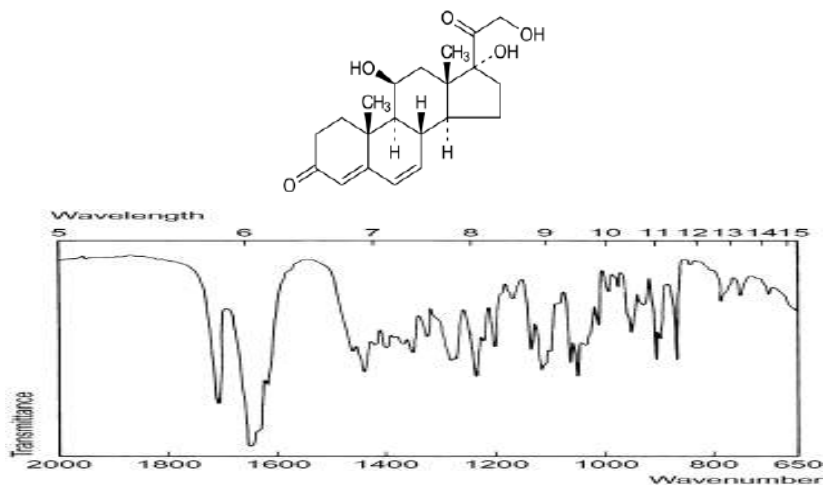


Рис. 61

Структурная формула и ИК-спектр гидрокортизона в диске калия бромида

**2.3.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **папаверина гидрохлорида** в диске калия бромида 1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238  $\text{cm}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **папаверина гидрохлорида**, ответственные за это поглощение (рис. 62).

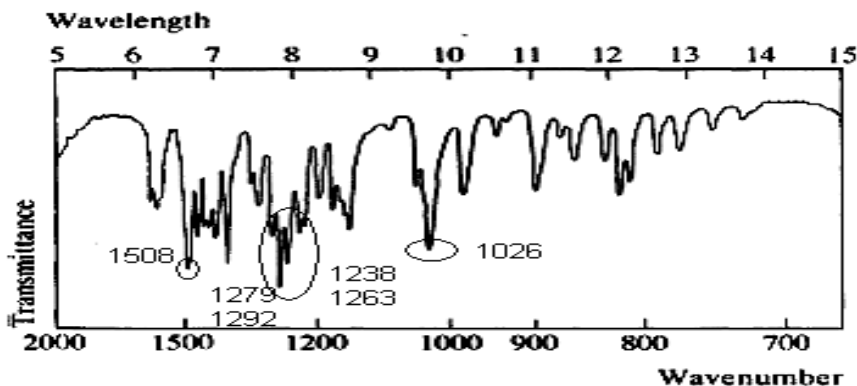
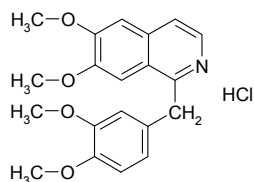


Рис. 62

Структурная формула и ИК-спектр папаверина гидрохлорида в диске калия бромида

**2.4. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра адrenalина гидрохлорида в диске калия бромида 1253, 1274, 1500, 1410, 945, 1224, 871  $\text{cm}^{-1}$ .**

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **адrenalина гидрохлорида**, ответственные за это поглощение (рис. 63).

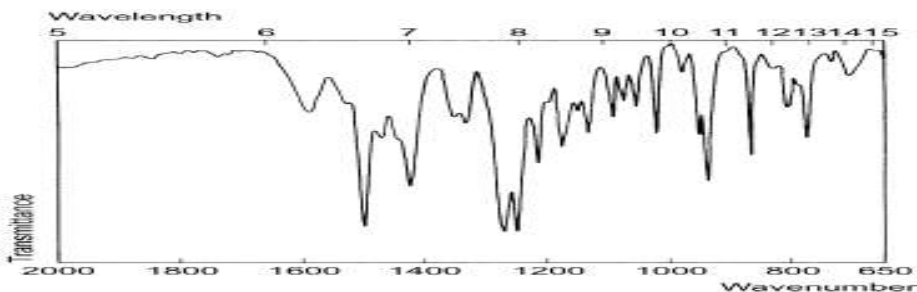
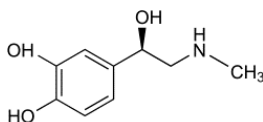
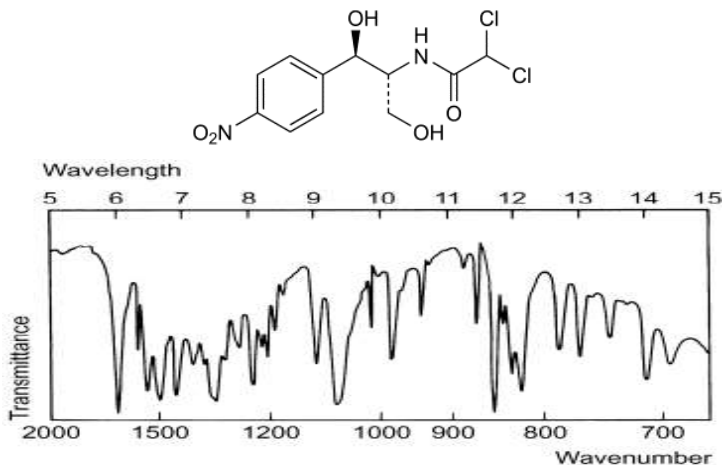


Рис. 63

Структурная формула и ИК-спектр адrenalина гидрохлорида в диске калия бромида

**2.5. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра хлорамфеникола (левомицетина) в диске калия бромида 1654, 1612, 1708, 887, 1085, 1112  $\text{cm}^{-1}$ .**

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **хлорамфеникола (левомицетина)**, ответственные за это поглощение (рис. 64).

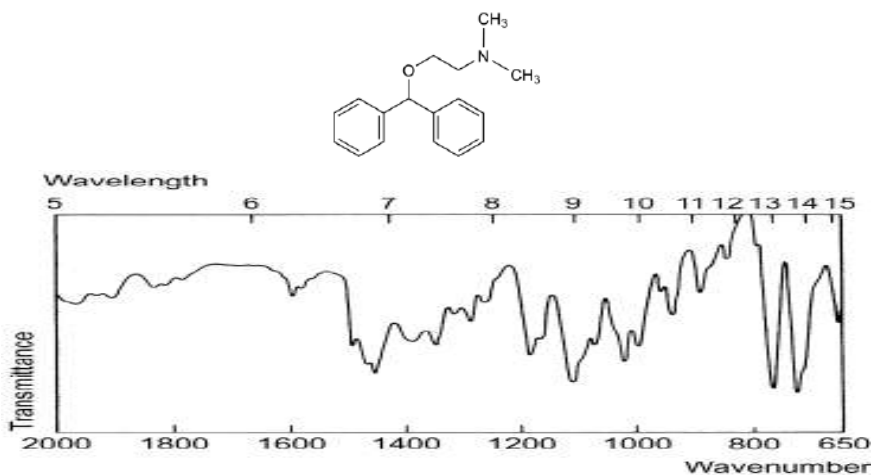


**Рис. 64**

Структурная формула и ИК-спектр хлорамфеникола (левомицетина) в диске калия бромида

**2.6. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра бензгидрамина гидрохлорида (димедрола, дифенгидрамина гидрохлорида) в диске калия бромида 713, 754, 1103, 1017, 1180, 991  $\text{см}^{-1}$ .**

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **бензгидрамина гидрохлорида (димедрола, дифенгидрамина гидрохлорида)**, ответственные за это поглощение (рис. 65).

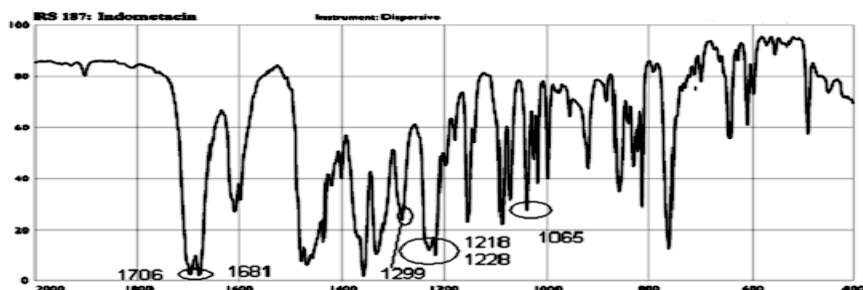
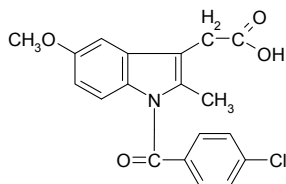


**Рис. 65**

Структурная формула и ИК-спектр бензгидрамина гидрохлорида (димедрола, дифенгидрамина гидрохлорида) в диске калия бромида

**2.7. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра индометацина** в диске калия бромида 1681, 1228, 1218, 1706, 1299, 1065  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **индометацина**, ответственные за это поглощение (рис. 66).

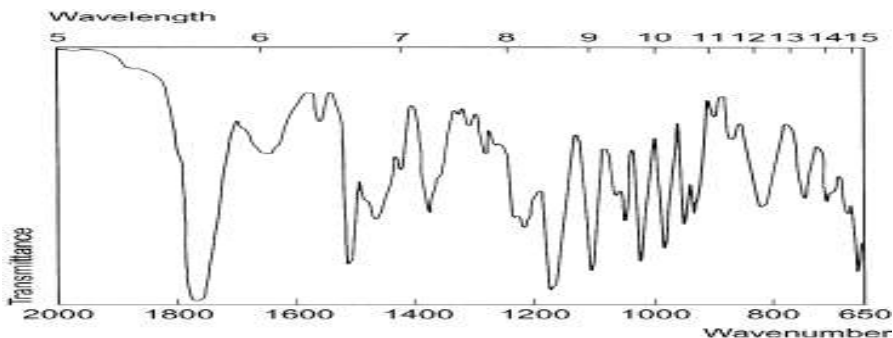
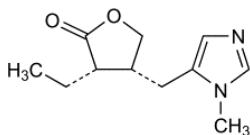


**Рис. 66**

Структурная формула и ИК-спектр индометацина в диске калия бромида

**2.8. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра пилокарпина гидрохлорида** в диске калия бромида 1752, 1168, 1104, 660, 1505, 1020  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **пилокарпина гидрохлорида**, ответственные за это поглощение (рис. 67).

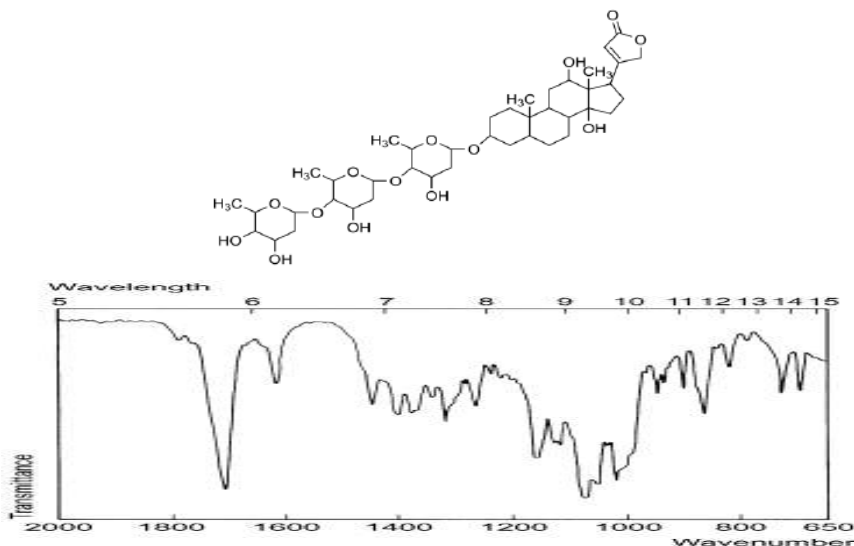


**Рис. 67**

Структурная формула и ИК-спектр пилокарпина гидрохлорида в диске калия бромида

**2.9. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра дигоксина в диске калия бромида 1075, 1709, 1055, 1020, 1160, 1110  $\text{cm}^{-1}$ .**

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **дигоксина**, ответственные за это поглощение (рис. 68).

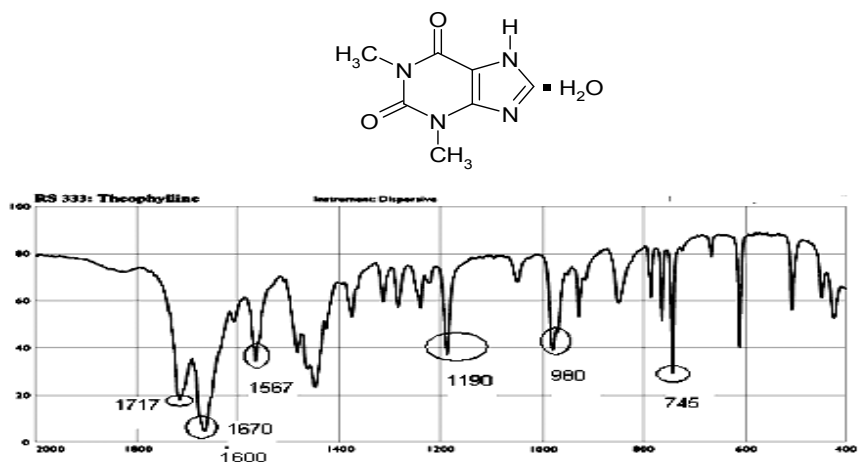


**Рис. 68**

Структурная формула и ИК-спектр дигоксина в диске калия бромида

**2.10. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра теофиллина в диске калия бромида 1670, 1717, 1567, 745, 980, 1190  $\text{cm}^{-1}$ .**

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **теофиллина**, ответственные за это поглощение (рис. 69).



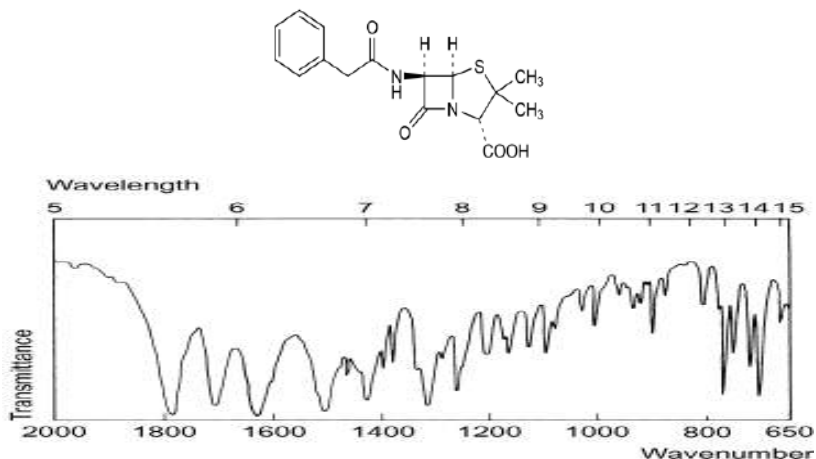
**Рис. 69**

Структурная формула и ИК-спектр теофиллина в диске калия бромида



**2.11. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра бензилпенициллина натриевой соли** в диске калия бромида 1620, 1777, 1500, 1310, 1700, 703  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **бензилпенициллина натриевой соли**, ответственные за это поглощение (рис. 70).

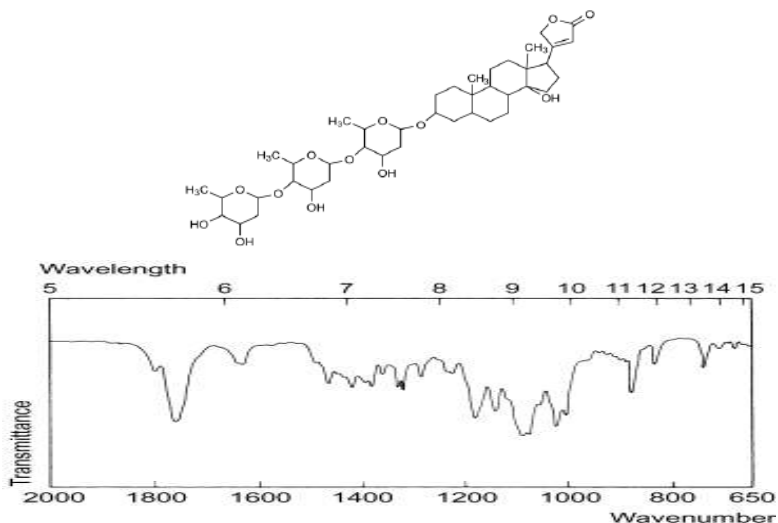


**Рис. 70**

Структурная формула и ИК-спектр бензилпенициллина натриевой соли в диске калия бромида

**2.12. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра дигитоксина** в диске калия бромида 1072, 1058, 1010, 1740, 1168, 990  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **дигитоксина**, ответственные за это поглощение (рис. 71).

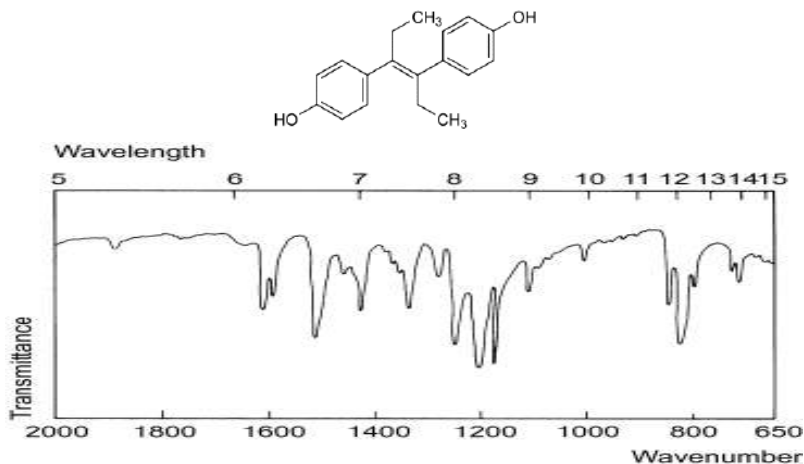


**Рис. 71**

Структурная формула и ИК-спектр дигитоксина в диске калия бромида

**2.13.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **диэтилстильбэстрола** в диске калия бромиде 1205, 1176, 833, 1250, 1512, 1610  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **диэтилстильбэстрола**, ответственные за это поглощение (рис. 72).

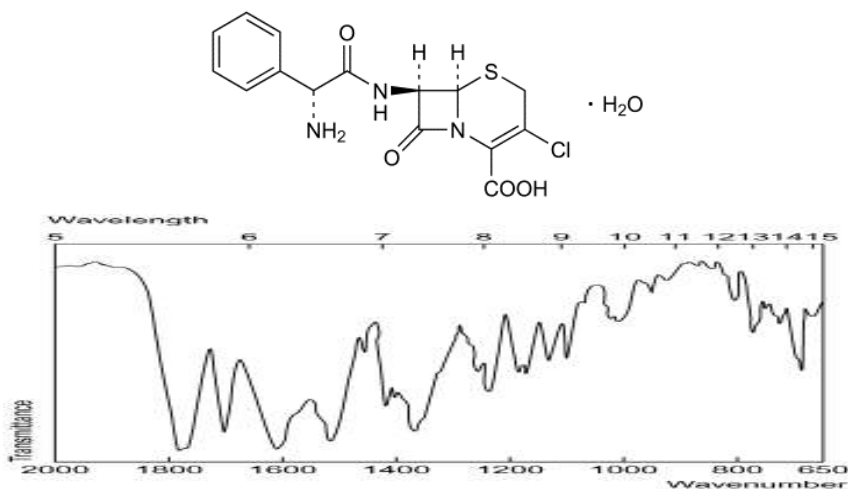


**Рис. 72**

Структурная формула и ИК-спектр диэтилстильбэстрола в диске калия бромиде

**2.14.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **цефаклора** в диске калия бромиде 1775, 1693, 1600, 1365, 1500, 1560  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **цефаклора**, ответственные за это поглощение (рис. 73).

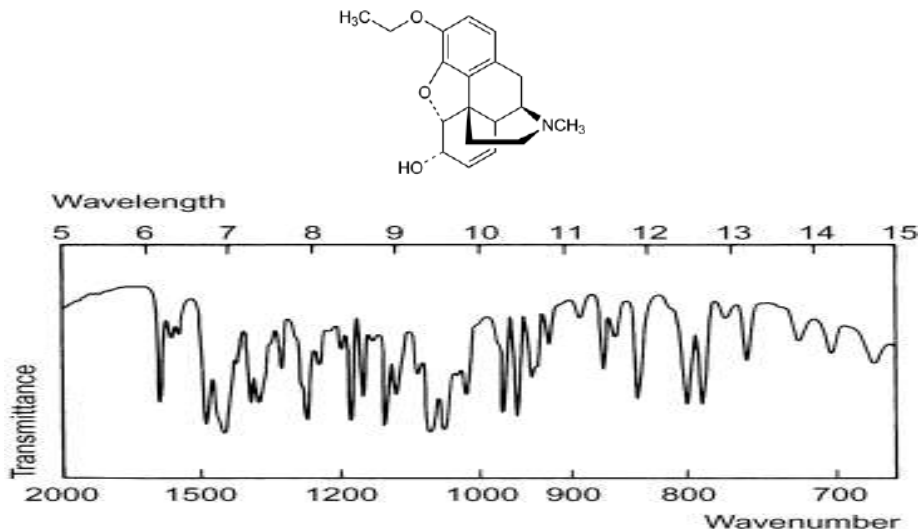


**Рис. 73**

Структурная формула и ИК-спектр цефаклора в диске калия бромиде

**2.15. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра этилморфина гидрохлорида** в диске калия бромиде 1064, 1045, 1129, 1499, 1185, 1264  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **этилморфина гидрохлорида**, ответственные за это поглощение (рис. 74).

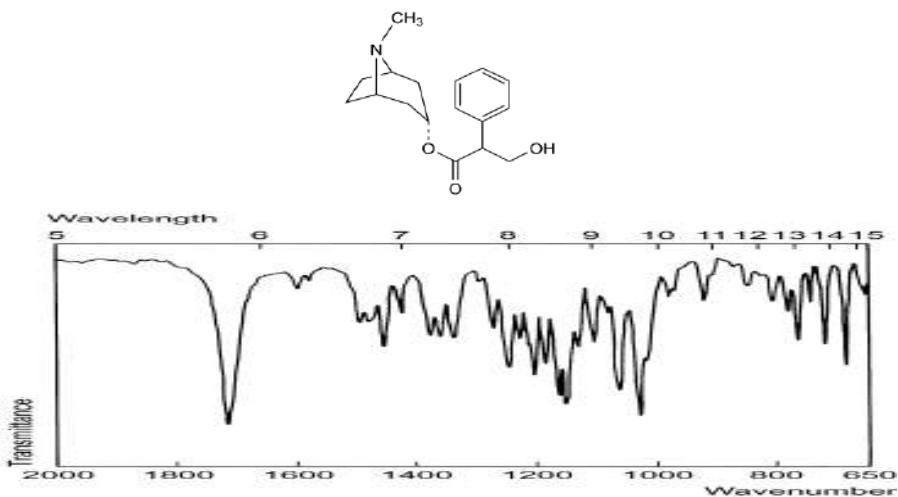


**Рис. 74**

Структурная формула и ИК-спектр этилморфина гидрохлорида в диске калия бромиде

**2.16. Характеристические полосы поглощения ИК-спектра атропина** в диске калия бромиде 1720, 1035, 1153, 1163, 1063, 1204, 1430  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **атропина**, ответственные за это поглощение (рис. 75).

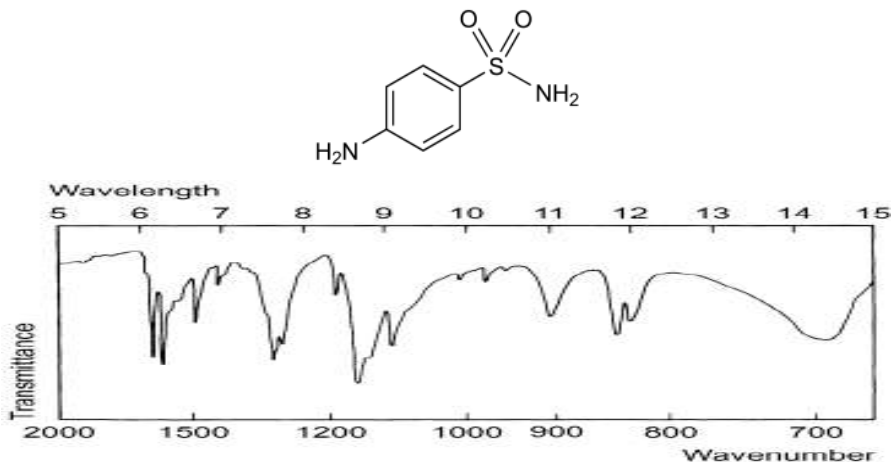


**Рис. 75**

Структурная формула и ИК-спектр атропина в диске калия бромиде

**2.17.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **сульфаниламида (стрептоцида)** в диске калия бромида 1149, 1603, 1316, 1637, 1099, 1294  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **сульфаниламида (стрептоцида)**, ответственные за это поглощение (рис. 76).

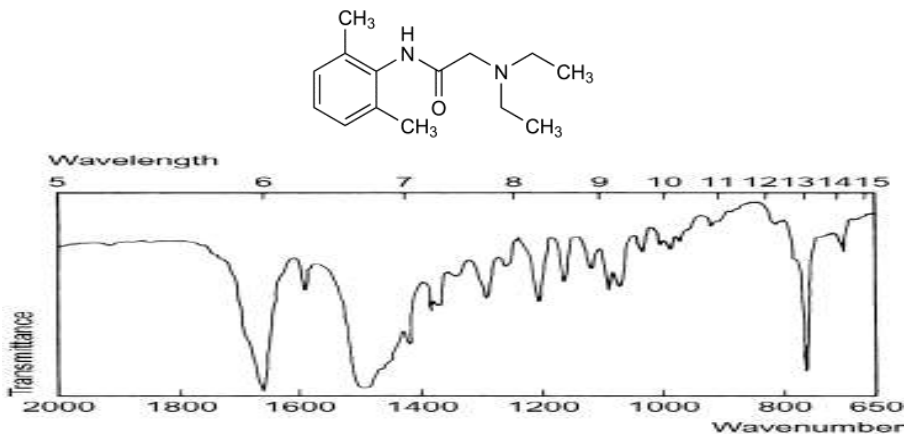


**Рис. 76**

Структурная формула и ИК-спектр сульфаниламида (стрептоцида) в диске калия бромида

**2.18.** Характеристические полосы поглощения ИК-спектра **лидокаина гидрохлорида** в диске калия бромида 1662, 1495, 762, 1204, 1290, 1086  $\text{см}^{-1}$ .

Используя справочные корреляционные таблицы (см. Приложение 1), соотнесите полосы поглощения ИК-спектра и структурные фрагменты молекулы **лидокаина гидрохлорида**, ответственные за это поглощение (рис. 77).



**Рис. 77**

Структурная формула и ИК-спектр лидокаина гидрохлорида в диске калия бромида

### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 3 (3.1–3.18):

**3.1.** Оцените качество фармацевтической субстанции дигоксина (с. 120212) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 78).

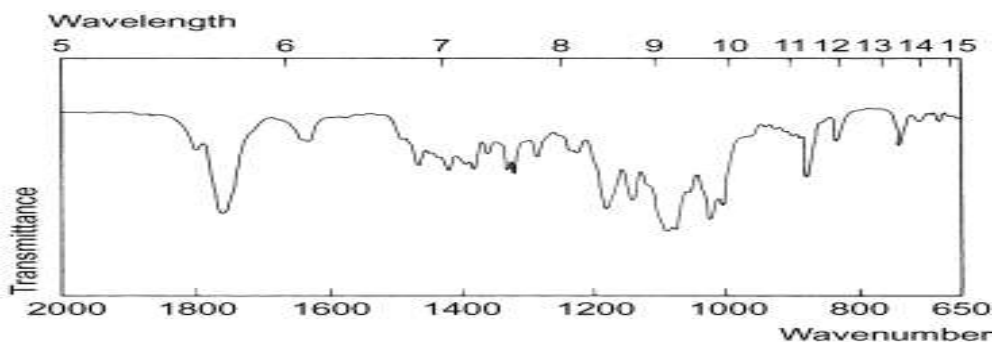


Рис. 78А

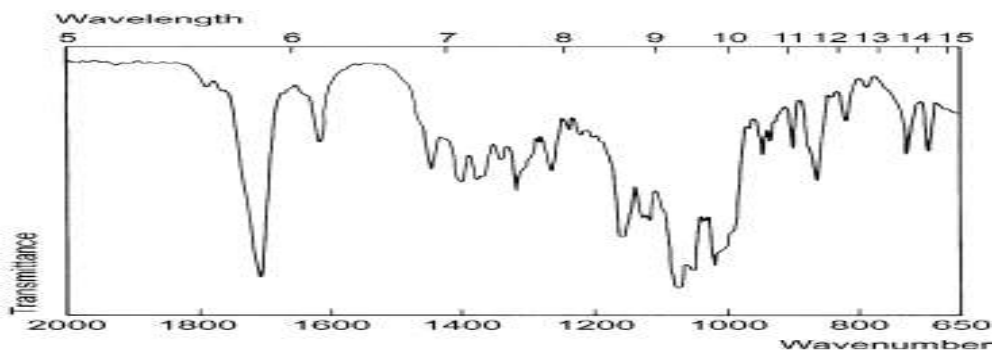


Рис. 78Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции дигоксина (с. 120212); Б — эталонный спектр дигоксина.

**3.2.** Оцените качество фармацевтической субстанции кофеина (с. 050708) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 79).

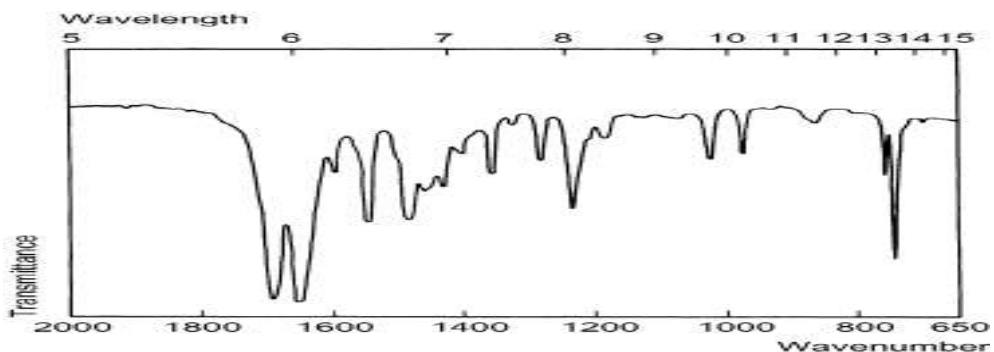
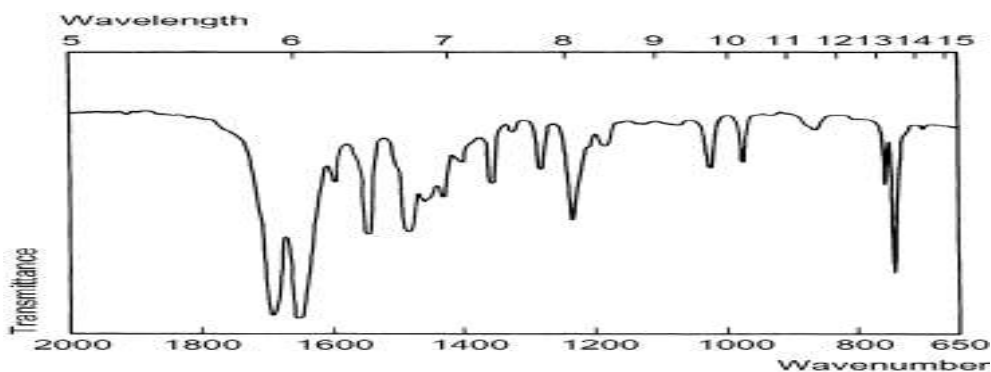


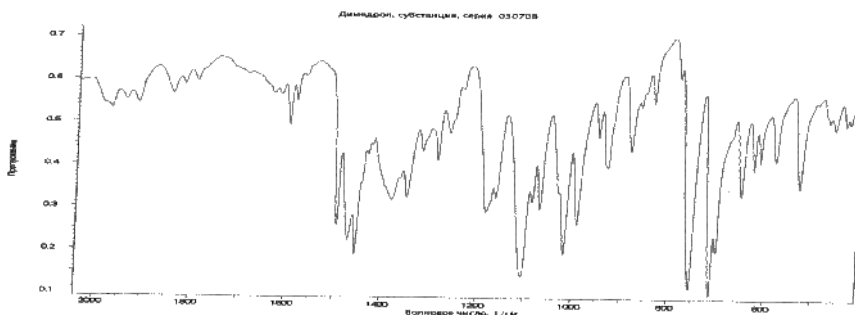
Рис. 79А



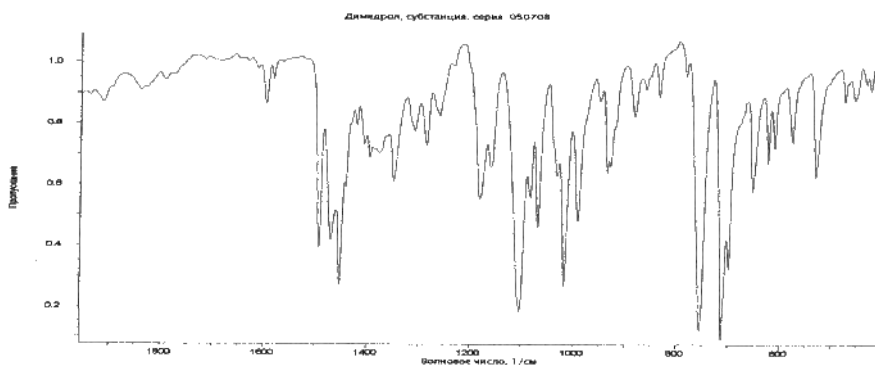
**Рис. 79Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции кофеина (с. 050708); Б — эталонный спектр кофеина.

**3.3.** Оцените качество фармацевтической субстанции димедрола (дифенгидрамина гидрохлорида) (с. 030708) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида (рис. 80).



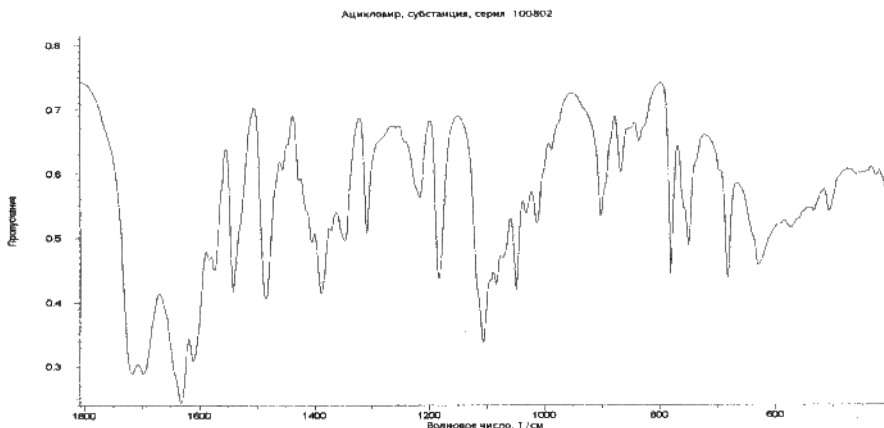
**Рис. 80А**



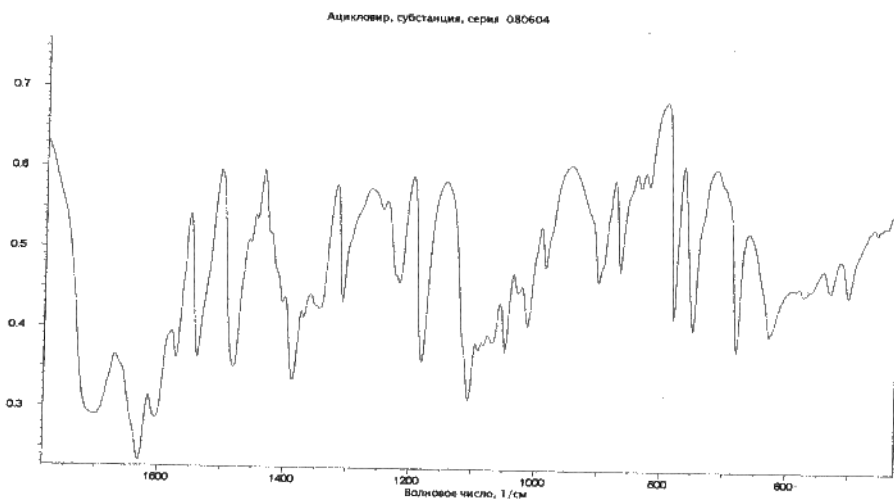
**Рис. 80Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции димедрола (дифенгидрамина гидрохлорида) (с. 030708); Б — СО димедрола (дифенгидрамина гидрохлорида) (с. 050708).

**3.4.** Оцените качество фармацевтической субстанции ацикловира (с. 080604) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида (рис. 81).



**Рис. 81А**



**Рис. 81Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции ацикловира (с. 080604); Б — СО ацикловира (с. 100802).

**3.5.** Оцените качество фармацевтической субстанции леводопы (дигидроксифенилаланина) (с. 100802) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике ФС (рис. 82).

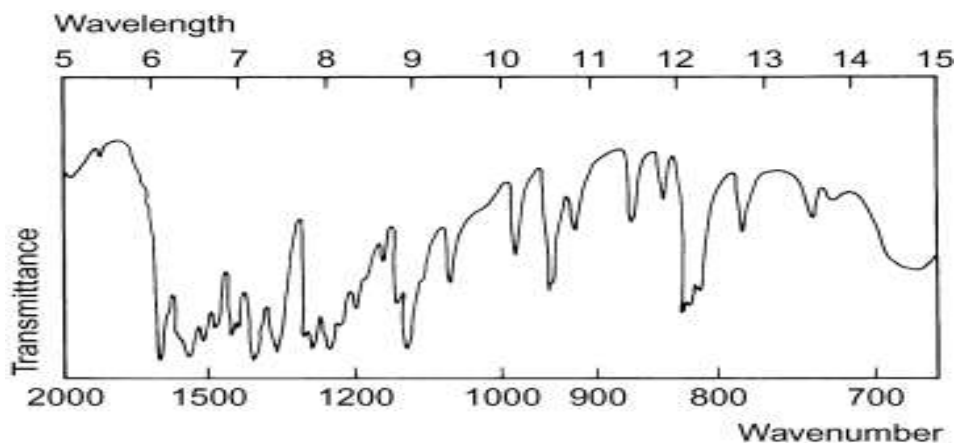


Рис. 82А

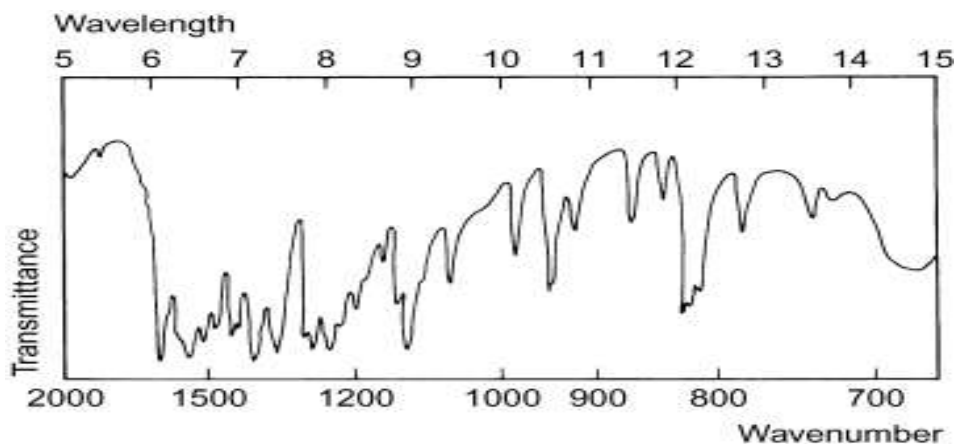


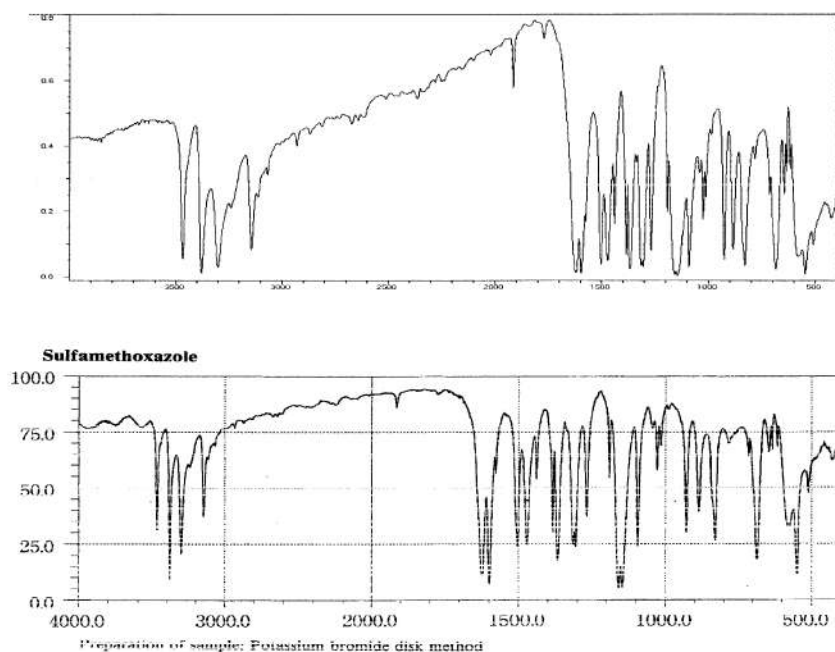
Рис. 82Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции леводопы (дигидроксифенилаланина) (с. 100802); Б — эталонный спектр леводопы (дигидроксифенилаланина).

**3.6.** Оцените качество фармацевтической субстанции сульфаметоксазола (с. ТВО 027-І) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 83).



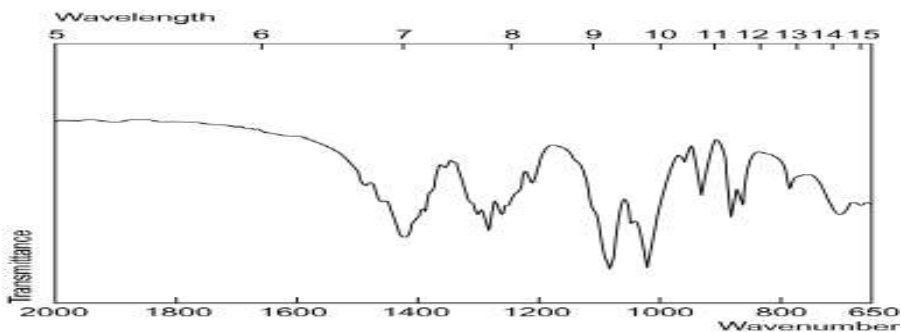
ИК-спектр анализируемого образца сульфаметоксазола (вверху) и стандартный спектр сульфаметоксазола Японской фармакопеи (внизу) в диске калия бромиде в области волновых чисел 4000-400  $\text{см}^{-1}$



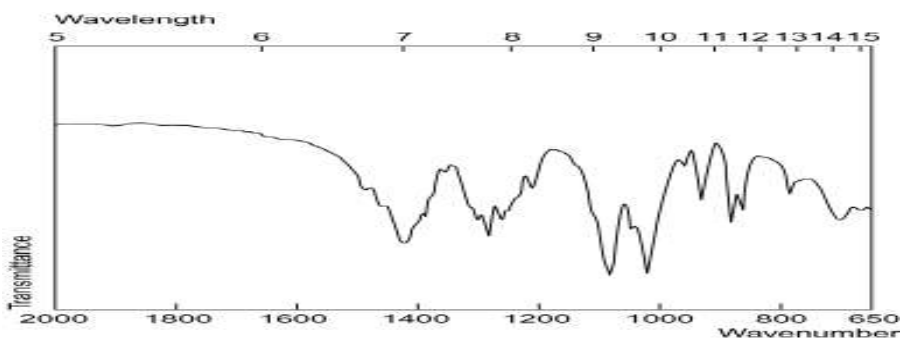
**Рис. 83**

ИК-спектры в дисках калия бромиде: А — фармацевтической субстанции сульфаметоксазола (с. ТВО 027-Г); Б — эталонный спектр сульфаметоксазола.

**3.7.** Оцените качество фармацевтической субстанции маннитола (с. 129 от 0512) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромиде по методике ФС (рис. 84).



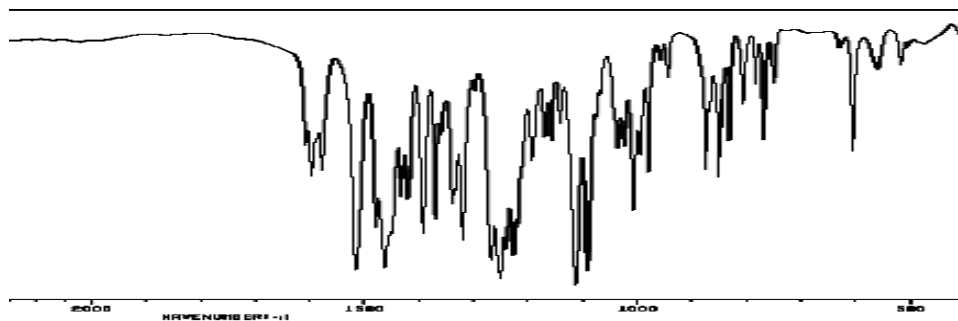
**Рис. 84А**



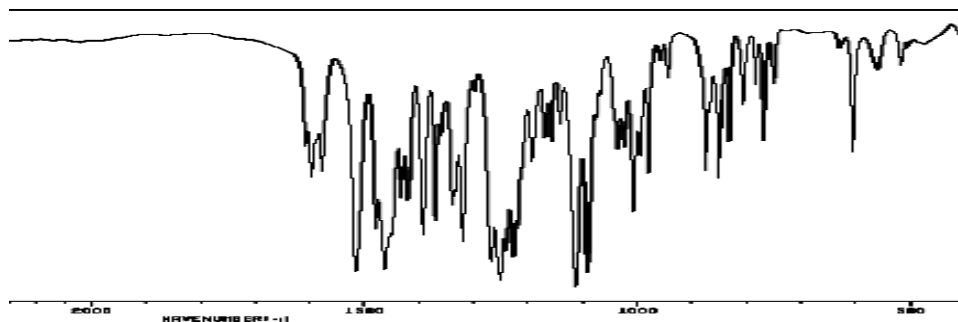
**Рис. 84Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: фармацевтической субстанции маннитола (с. 129 от 0512); Б — эталонный спектр маннитола.

**3.8.** Оцените качество фармацевтической субстанции глауцина гидрохлорида (с. 020610) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 85).



**Рис. 85А**



**Рис. 85Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции глауцина гидрохлорида (с. 020610); Б — эталонный спектр глауцина гидрохлорида.

**3.9.** Оцените качество фармацевтической субстанции кеторолак трометамин (с. 4800569001) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 86).

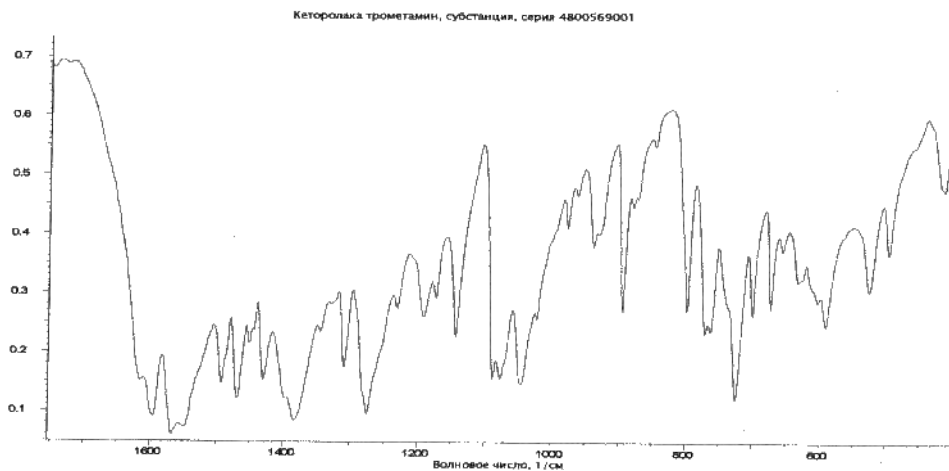


Рис. 86А

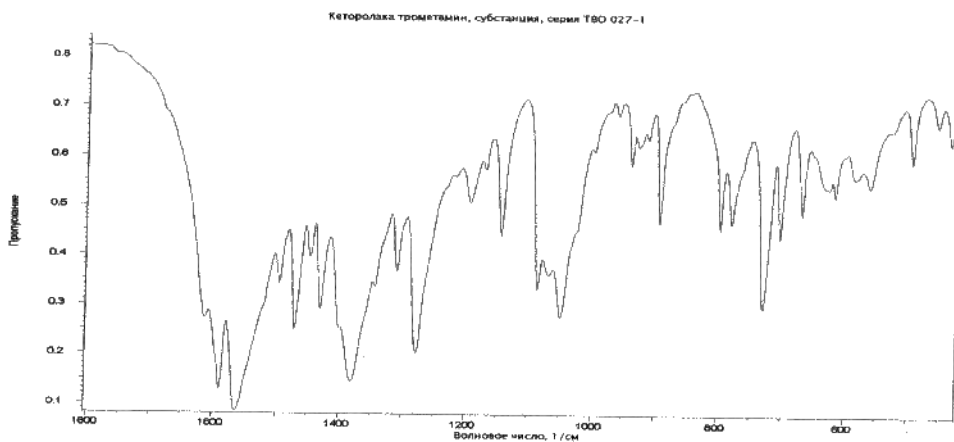
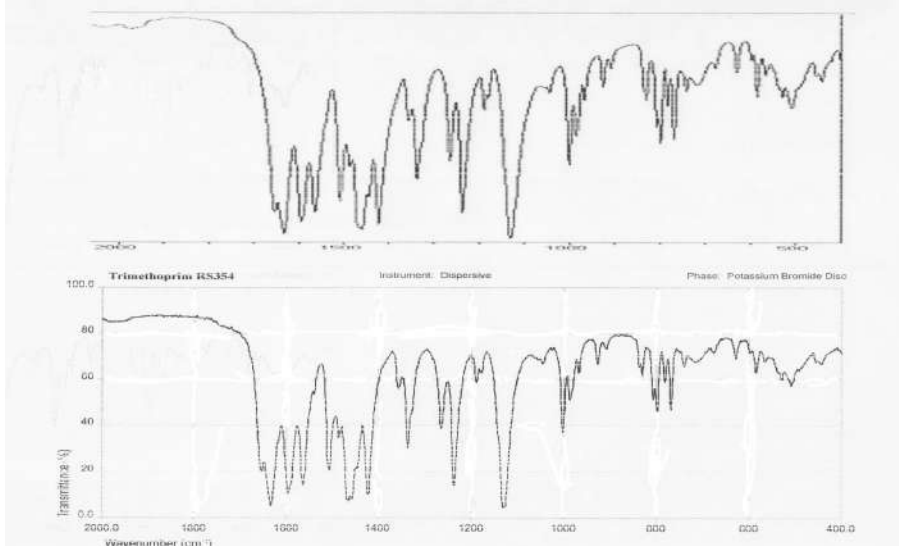


Рис. 86Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции кеторолак трометамин (с. 4800569001); Б — СО субстанции кеторолак трометамин (с. ТВО 027-1).

**3.10.** Оцените качество фармацевтической субстанции триметоприма (с. 1230512) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 87).

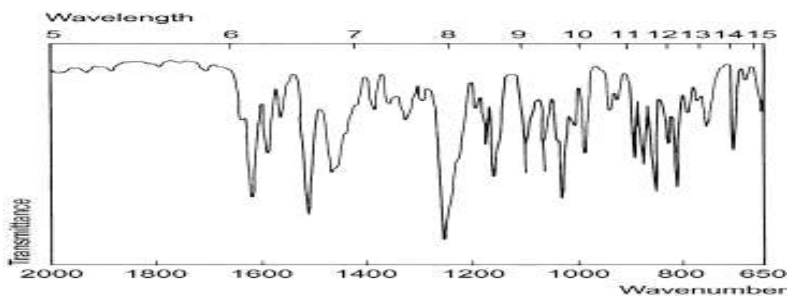
ИК-спектр анализируемого образца триметоприма (вверху) и стандартный спектр триметоприма Британской фармакопеи (внизу) в диске калия бромида в области волновых чисел 2000-400  $\text{cm}^{-1}$



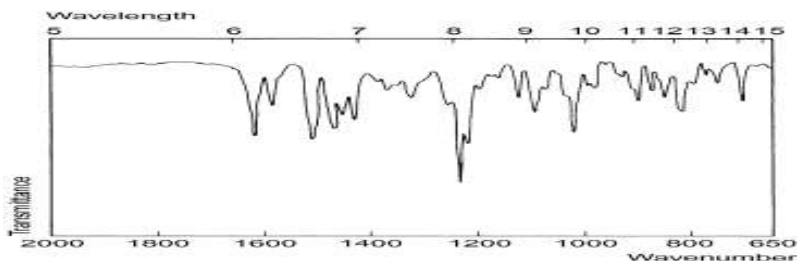
**Рис. 87**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции триметоприма (с. 1230512); Б — эталонный спектр триметоприма.

**3.11.** Оцените качество фармацевтической субстанции хинина гидрохлорида (с. 20090301) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 88).



**Рис. 88А**



**Рис. 88Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции хинина гидрохлорида (с.20090301); Б — эталонный спектр хинина гидрохлорида.

**3.12.** Оцените качество фармацевтической субстанции верапамила гидрохлорида (изоптина) (с. 090710) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике ФС (рис. 89).

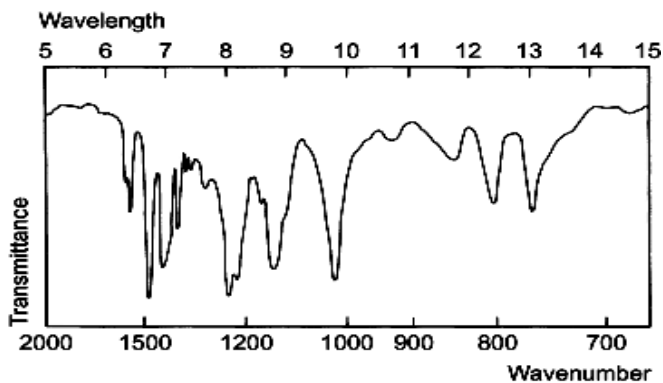


Рис. 89А

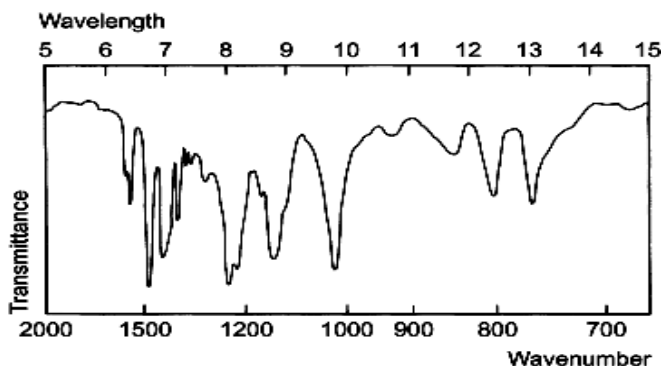


Рис. 89Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции верапамила гидрохлорида (изоптина) (с. 090710); Б — эталонный спектр верапамила гидрохлорида (изоптина).

**3.13.** Оцените качество фармацевтической субстанции азитромицина (с. 310811) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида (рис. 90).

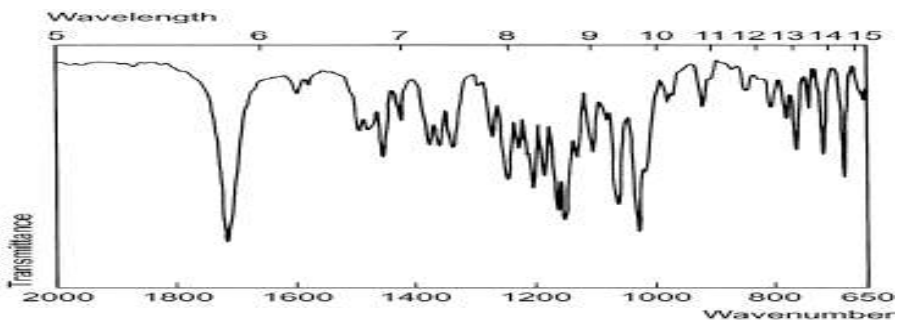
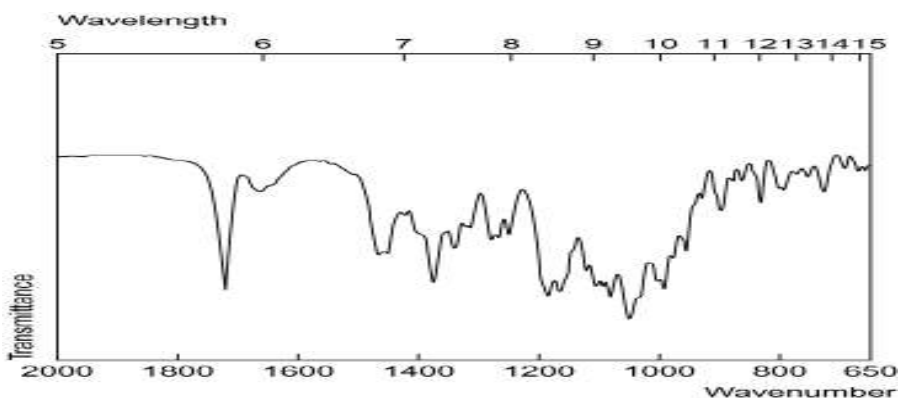


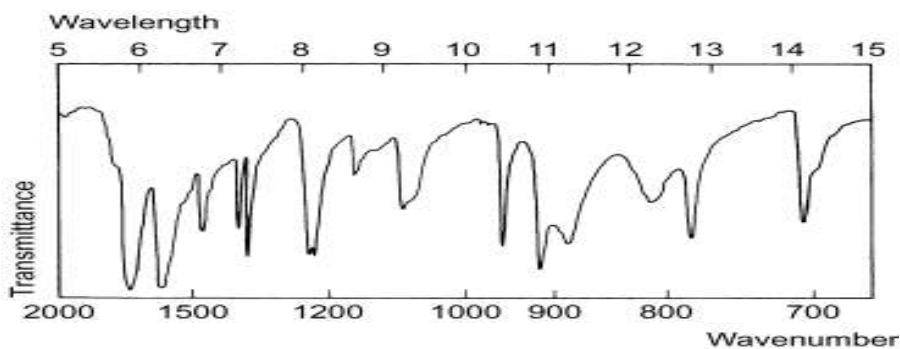
Рис. 90А



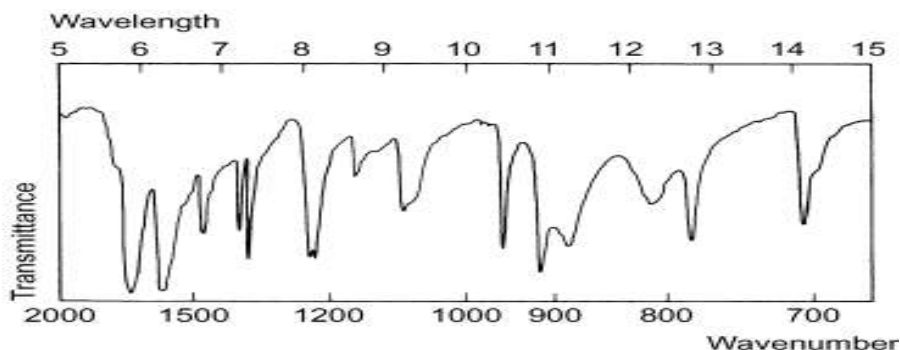
**Рис. 90Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции азитромицина (с. 310811); Б — эталонный спектр азитромицина.

**3.14.** Оцените качество фармацевтической субстанции аллопуринола (с. J 1005206) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике НД (рис. 91).



**Рис. 91А**



**Рис. 91Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции аллопуринола (серия J 1005206); Б — эталонный спектр аллопуринола.

**3.15.** Оцените качество фармацевтической субстанции лизиноприла (с. LIS-0860511) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида по методике НД (рис. 92).

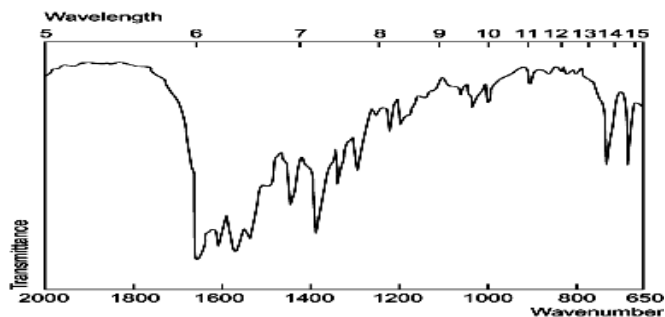


Рис. 92А

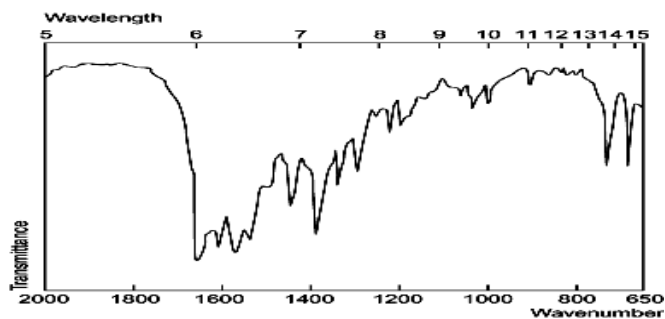


Рис. 92Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции лизиноприла (с. LIS-0860511); Б — СО лизиноприла.

**3.16.** Оцените качество фармацевтической субстанции кларитромицина (с. С402-1005006) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида (рис. 93).

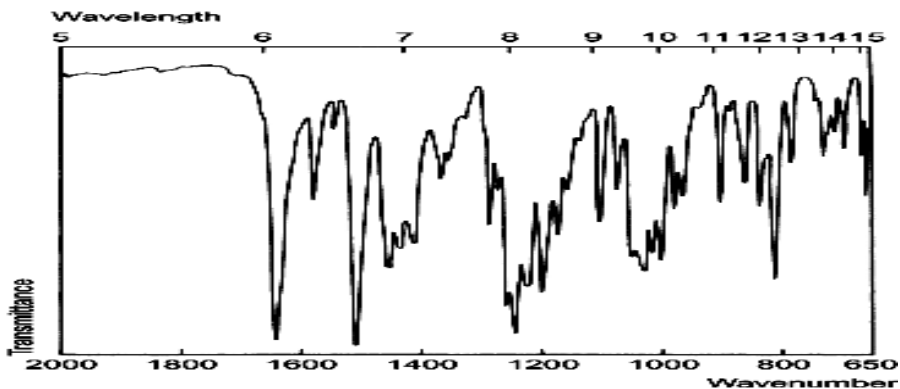
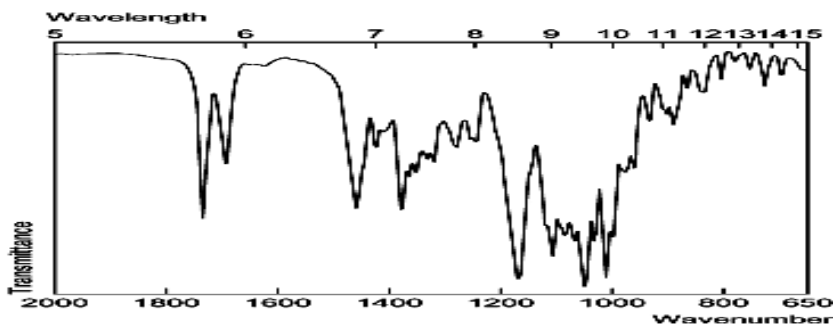


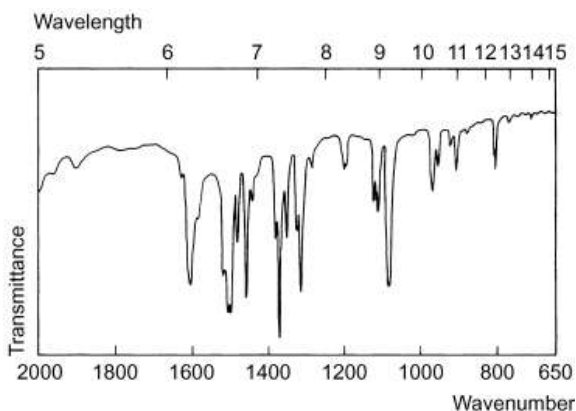
Рис. 93А



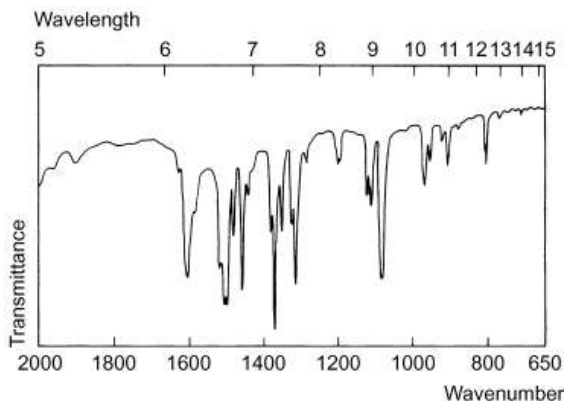
**Рис. 93Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — фармацевтической субстанции кларитромицина (с. С402-1005006); Б — эталонный спектр кларитромицина.

**3.17.** Оцените качество фармацевтической субстанции мидантана (амантадина гидрохлорида) (с. VEB 1006077) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромид по методике (рис. 94).



**Рис. 94А**



**Рис. 94Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — фармацевтической субстанции мидантана (амантадина гидрохлорида) (с. VEB 1006077); Б — эталонный спектр мидантана (амантадина гидрохлорида).



**3.18.** Оцените качество фармацевтической субстанции бензилпенициллина новокаиновой соли (с. 40710) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида (рис. 95).

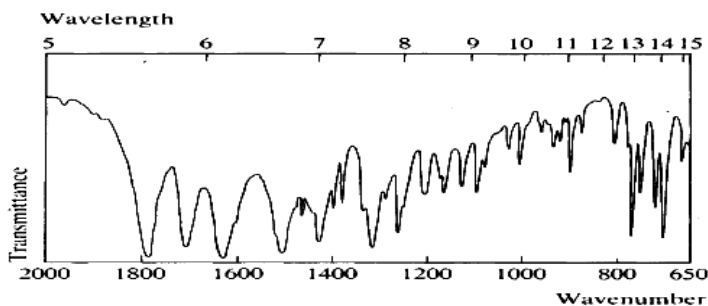


Рис. 95А

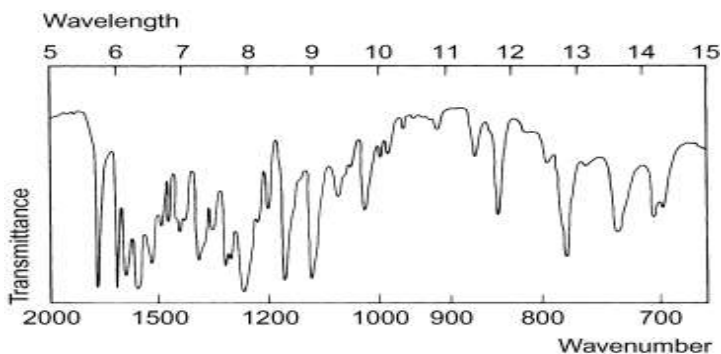


Рис. 95Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — фармацевтической субстанции бензилпенициллина новокаиновой соли (с. 371111); Б — СО бензилпенициллина новокаиновой соли.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 4 (4.1–4.18):

**4.1.** Оцените качество таблеток Альведон (по 500 мг парацетамола) № 100 (с. АА060А) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в диске калия бромида согласно методике ФС (Фармакопея ЕС 7.0) (рис. 96).

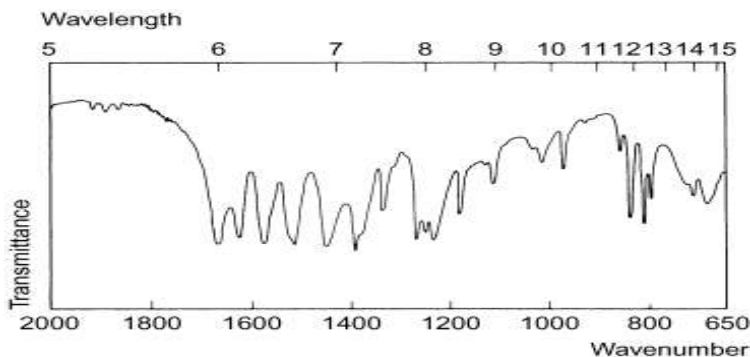
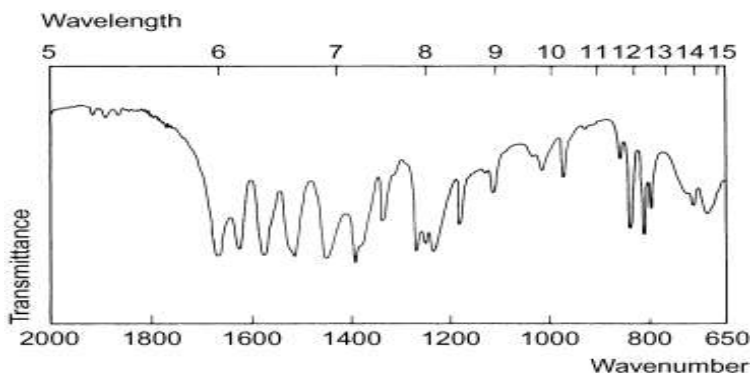


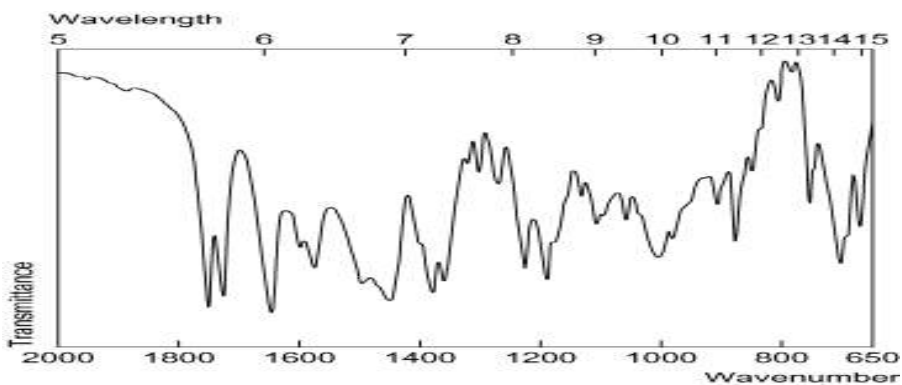
Рис. 96А



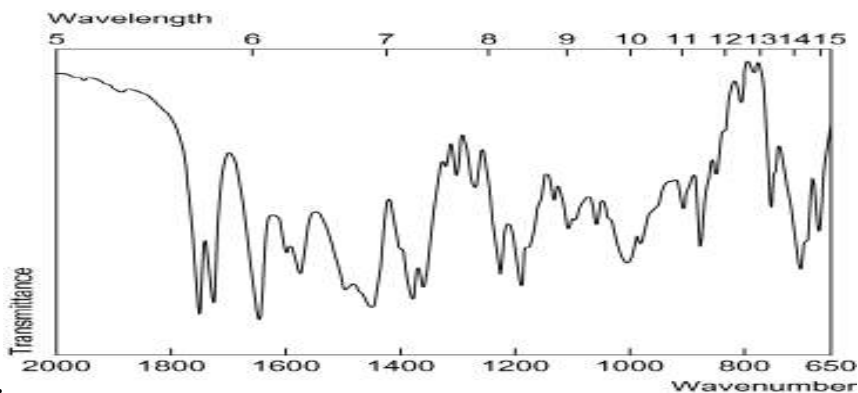
**Рис. 96Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечение из таблеток Альведона (с. АА060А);  
Б — эталонный спектр парацетамола.

**4.2.** Оцените качество таблеток эналаприла по 0,01 г (с. 120509) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в диске калия бромида согласно методике ФС (рис. 97).



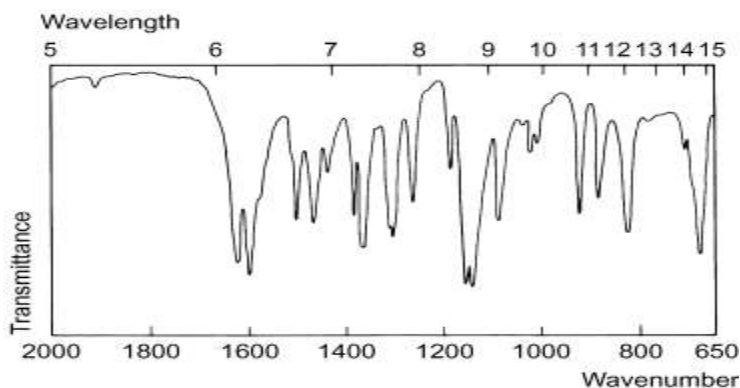
**Рис. 97А**



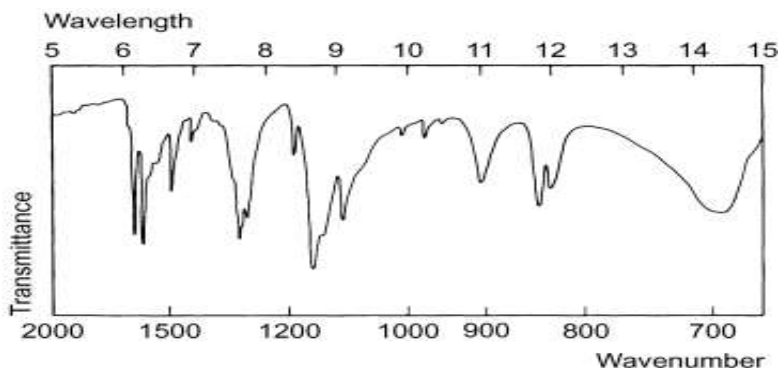
**Рис. 97Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения из таблеток эналаприла (с. 120509);  
Б — СО эналаприла.

**4.3.** Оцените качество стрептоцида, порошка для наружного применения по 2,0 г (в термосвариваемых пакетах) № 50 (с. 1140910) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в диске калия бромиде согласно методике ФС (рис. 98).



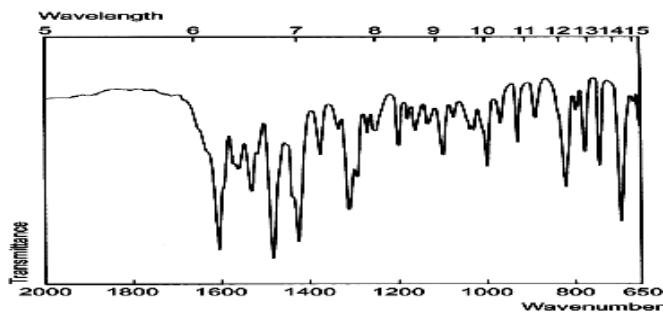
**Рис. 98А**



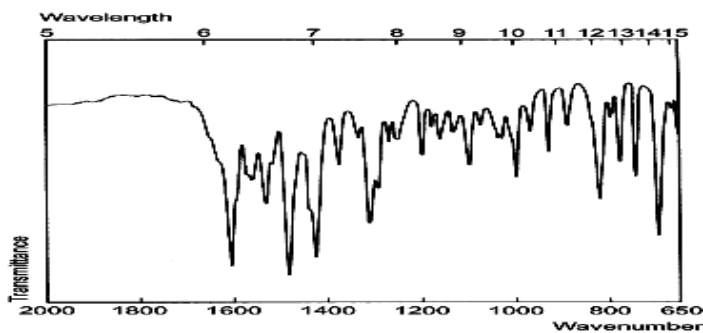
**Рис. 98Б**

ИК-спектры в дисках калия бромиде: А — стрептоцида, порошка для наружного применения (с. 1140910); Б — СО стрептоцида.

**4.4.** Оцените качество таблеток Альпразолама по 0,25 мг № 10 (с. 114091) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в диске калия бромиде согласно методике USP29 (рис. 99).



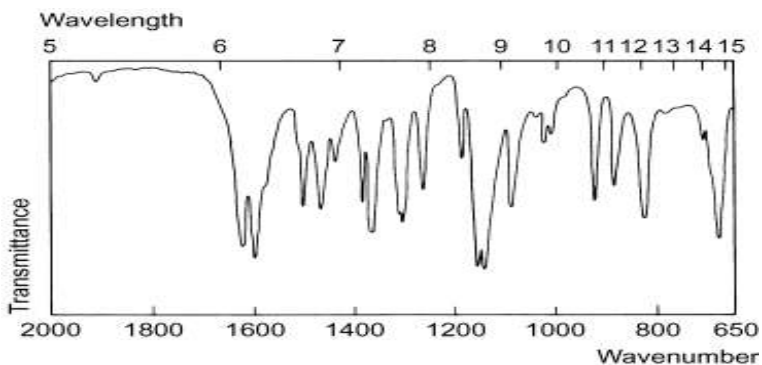
**Рис. 99А**



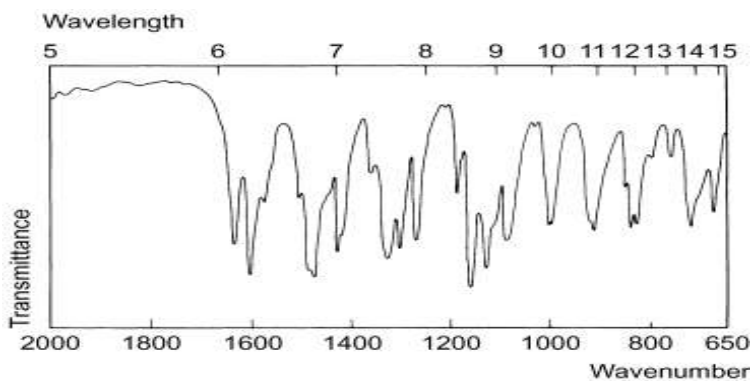
**Рис. 99Б**

ИК-спектры в диске калия бромида: А — извлечение из таблеток Альпразолама по 0,25 мг (с. ЕР057 от 03.10); Б — эталонный спектр Альпразолама.

**4.5.** Оцените качество таблеток Бактрим форте по 960 мг № 10 (с. 360811) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в диске калия бромида согласно методике НД (рис. 100).



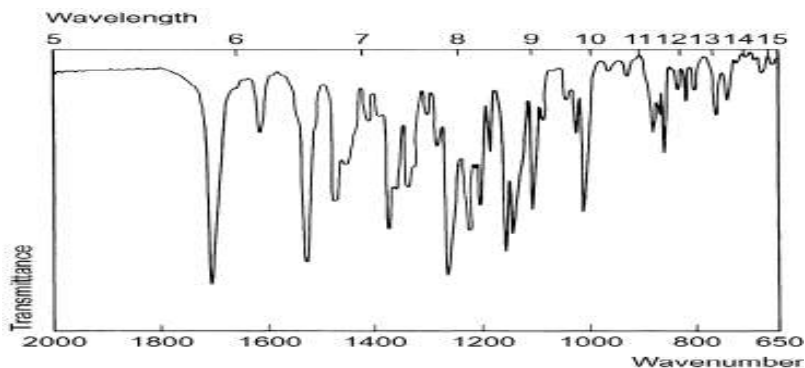
**Рис. 100А**



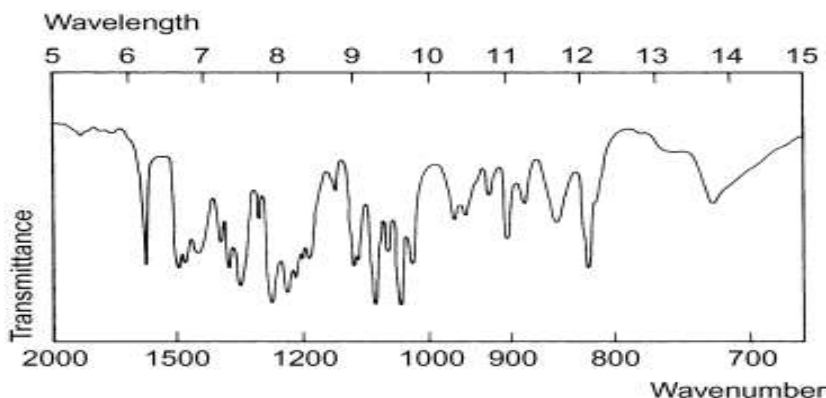
**Рис. 100Б**

ИК-спектры в диске калия бромида: А — сульфаметоксазола после извлечения из таблеток Бактрим форте по 960 мг (с. 360811); Б — эталонный спектр сульфаметоксазола.

**4.6.** Оцените качество тербуталина сульфата аэрозоля для ингаляций (с. МР 024 от 12.12) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисперсии с калия бромидом согласно методике USP29 (рис. 101).



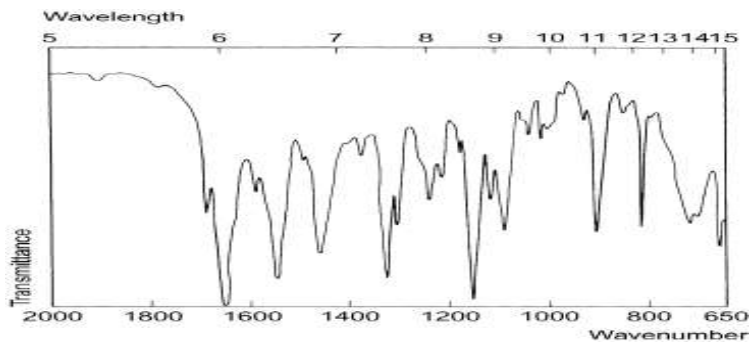
**Рис. 101А**



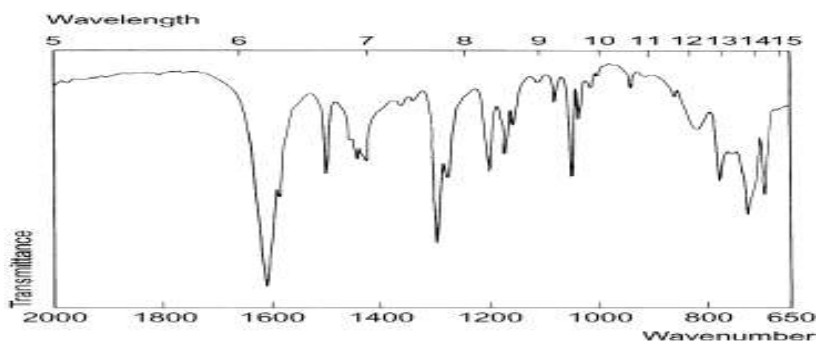
**Рис. 101Б**

ИК-спектры дисперсии с калия бромидом: А — извлечения тербуталина сульфата из аэрозоля для ингаляций (с. МР 024 от 12.12); Б — СО тербуталина сульфата.

**4.7.** Оцените качество толбутамида во флаконах по 0,5 г для приготовления инъекционного раствора (с. 1560711) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике ФС (рис. 102).



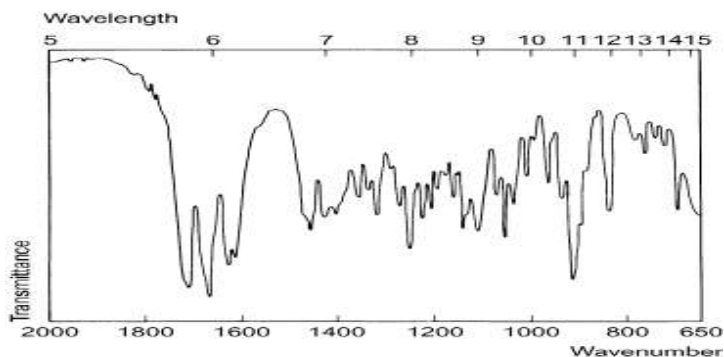
**Рис. 102А**



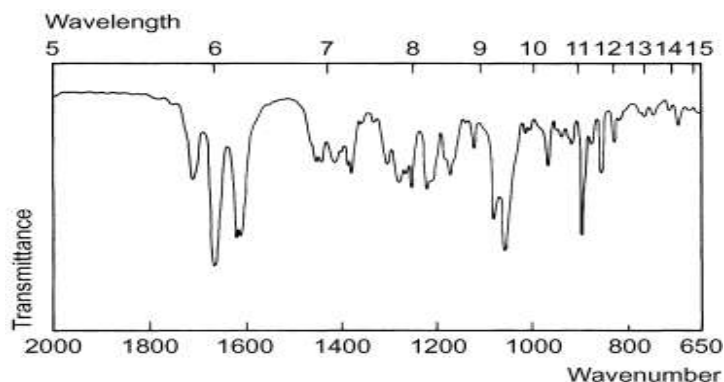
**Рис. 102Б**

ИК-спектры в диске калия бромида: А — извлечения толбутамида из флакона по 0,5 г для приготовления инъекционного раствора (с. 1560711); Б — СО толбутамида.

**4.8.** Оцените качество триамцинолона гексацетонида в суспензии для инъекций (с. VJ 0127 от 05.12) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике USP29 (рис. 103).



**Рис. 103А**



**Рис. 103Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения триамцинолона гексацетонида из суспензии для инъекций (с. VJ 0127 от 05.12); Б — СО триамцинолона гексацетонида.

**4.9.** Оцените качество цефепима натрия иммамарной инфузии (суспензия цефепима в растительном масле) (с. MF 0134 от 11.10) по показателю

«Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисперсии с калия бромидом согласно методике USP29 (рис. 104).

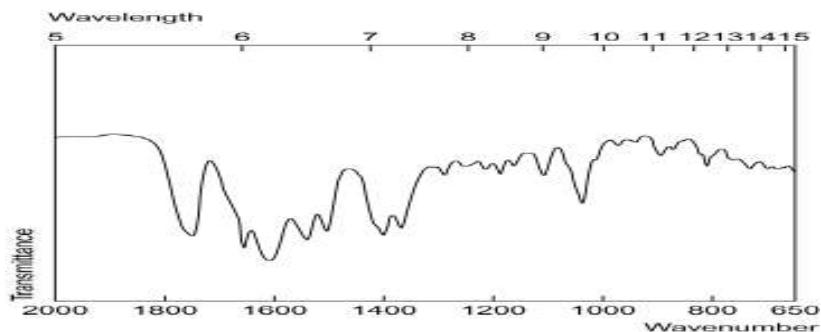


Рис. 104А

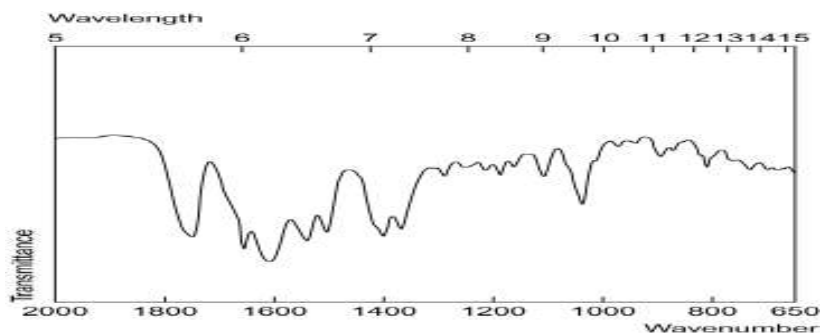


Рис. 104Б

ИК-спектры дисперсии с калия бромидом: А — извлечения из цефапирина натрия иммарной инфузии (суспензия цефапирина в растительном масле) (с. MF 0134 от 11.10);  
Б — СО цефапирина натрия.

**4.10.** Оцените качество аминофиллина (зуфиллина) раствора ректального по 50 мл во флаконах (с. GH 018 от 12.12) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике USP29 (рис. 105).

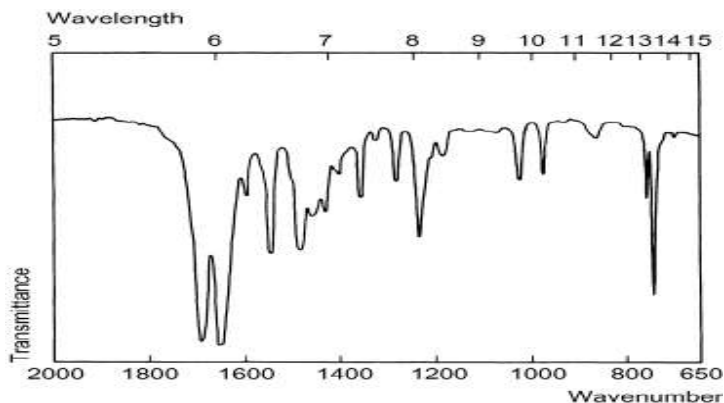
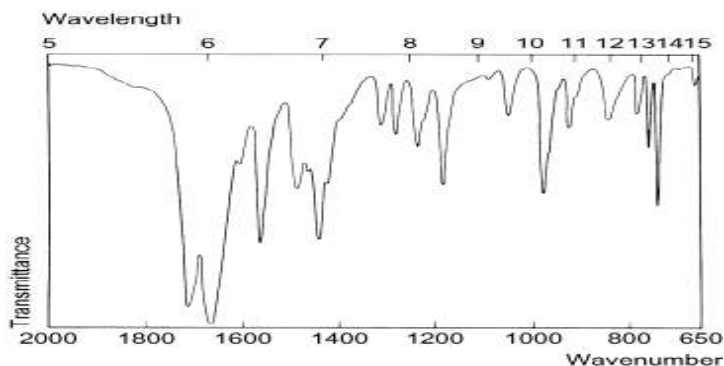


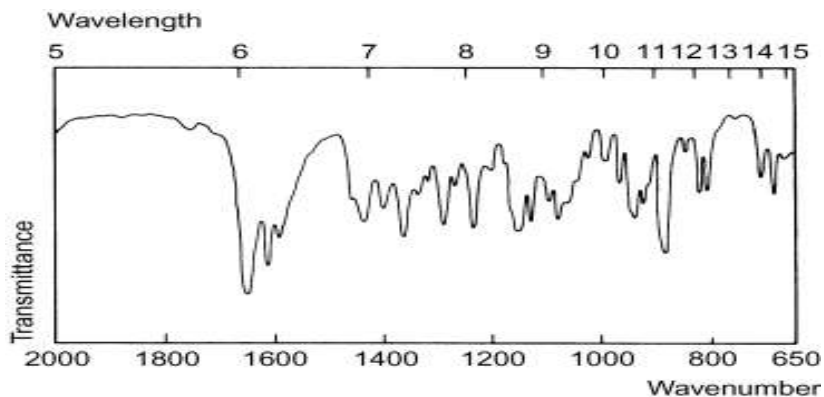
Рис. 105А



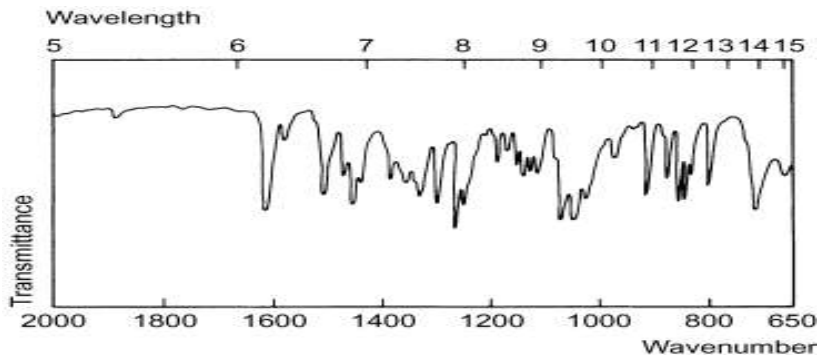
**Рис. 105Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — осадка теофиллина после выделения из аминифиллина раствора ректального (с. GH 018 от 12.12); Б — СО теофиллина.

**4.11.** Оцените качество пеллет эстрадиола по 0,05 мг (с. ВА 0137 от 10.12) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике USP-ФС (рис. 106).



**Рис. 106А**

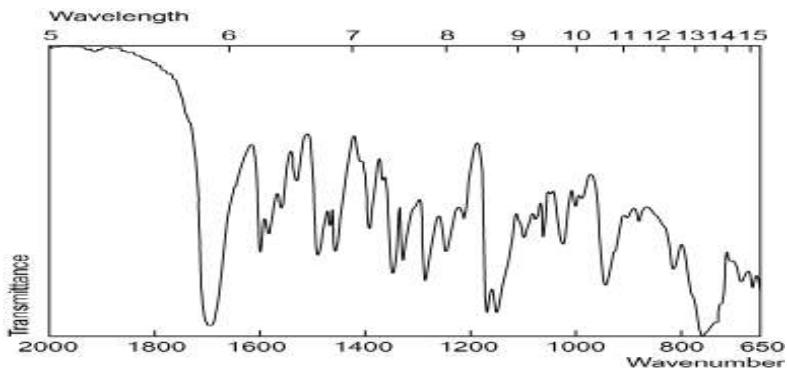


**Рис. 106Б**

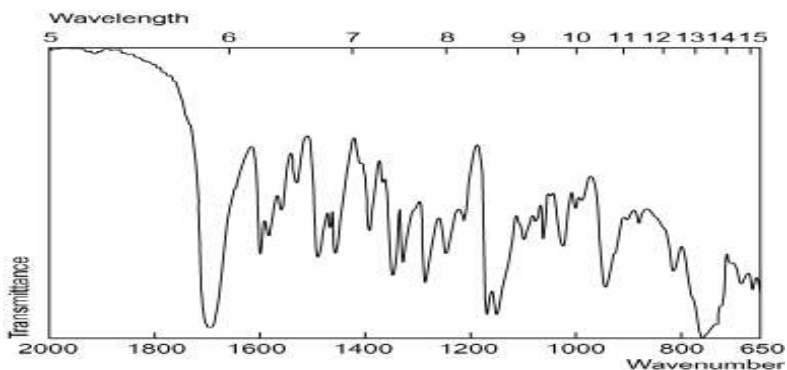
ИК-спектры в дисках калия бромида: А — эстрадиола после извлечения из пеллет (с. ВА 0137 от 10.12); Б — эталонный спектр эстрадиола.



**4.12.** Оцените качество таблеток Виагра по 50 мг, покрытых пленочной оболочкой (с. 0833214) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромид согласно методике ФС (рис. 107).



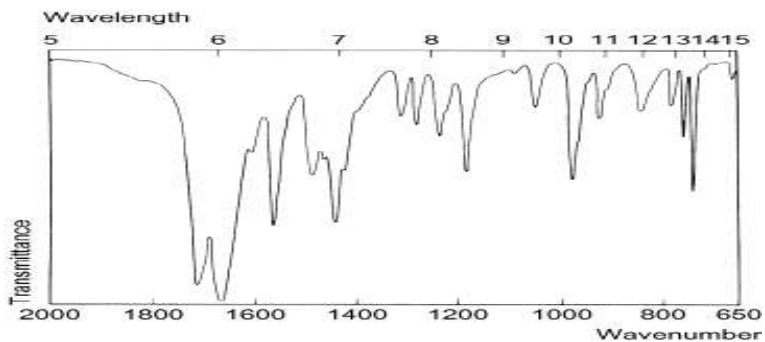
**Рис. 107А**



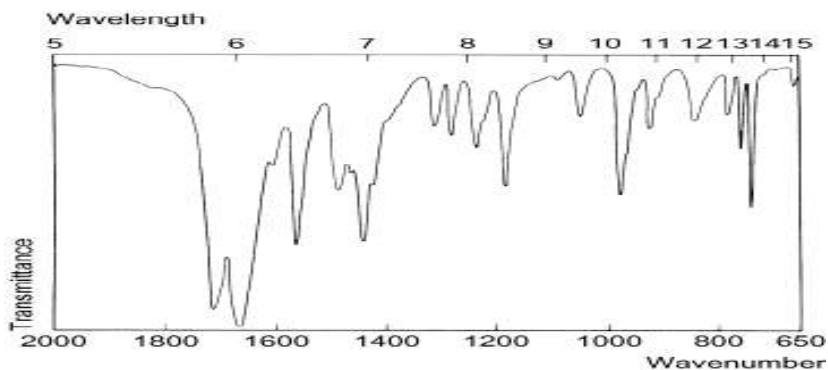
**Рис. 107Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения из таблеток Виагра (с. 0833214);  
Б — эталонный спектр силденафила цитрата.

**4.13.** Оцените качество пентоксифиллина таблеток по 100 мг с замедленным высвобождением (с. МР 0144 от 05.12) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра смеси кристаллов пентоксифиллина с калия бромидом согласно методике USP29 (рис. 108).



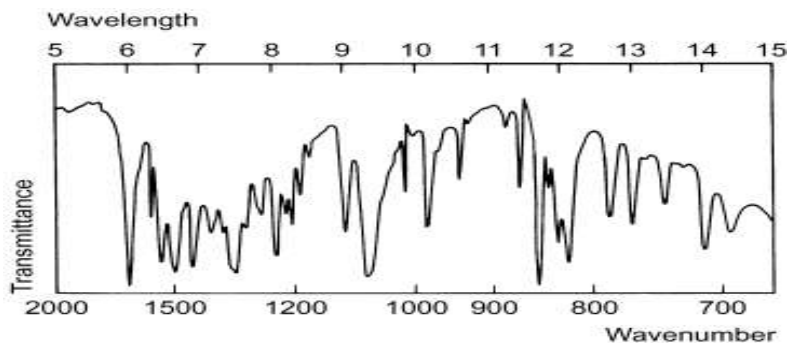
**Рис. 108А**



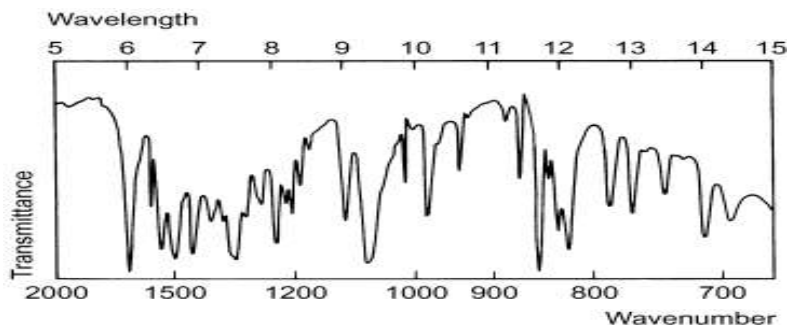
**Рис. 108Б**

ИК-спектры смеси с калия бромидом: А — кристаллов пентоксифиллина, выделенного из таблеток с замедленным высвобождением (с. МР 0144 от 05.12);  
Б — кристаллов СО пентоксифиллина.

**4.14.** Оцените образец левомецетина (хлорамфеникола) суппозитория вагинальных по 250 мг (с. 360811) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике ФС (рис. 109).



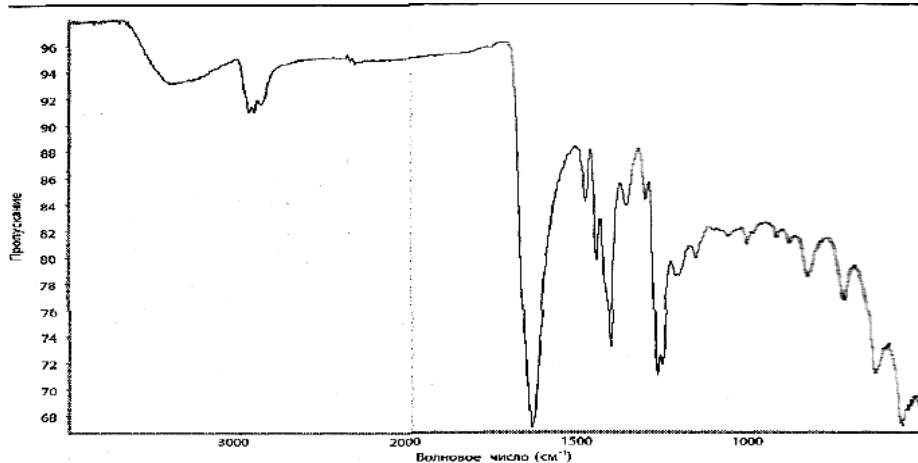
**Рис. 109А**



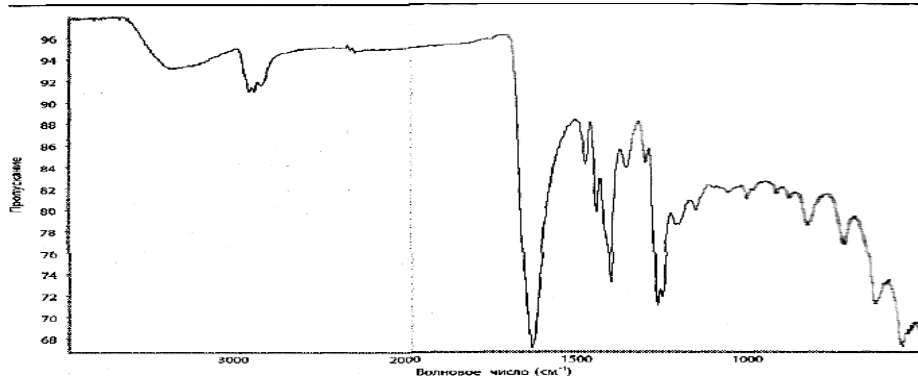
**Рис. 109Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения левомецетина (хлорамфеникола) из суппозитория (с. 360811); Б — эталонный спектр левомецетина (хлорамфеникола).

**4.15.** Оцените качество повидон-иода, 10%-ного раствора для наружного применения (с. 111012) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике ФС (ГФ Беларуси, вып. 1) (рис. 110).



**Рис. 110А**



**Рис. 110Б**

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — анализируемого образца повидон-иода, 10%-ного раствора для наружного применения (с. 111012); Б — эталонный спектр повидон-иода.

**4.16.** Оцените качество нитросорбида, таблеточной массы 10% (полуфабрикат для получения таблеток) (с. 370910) по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в дисках калия бромида согласно методике ФС (рис. 111).

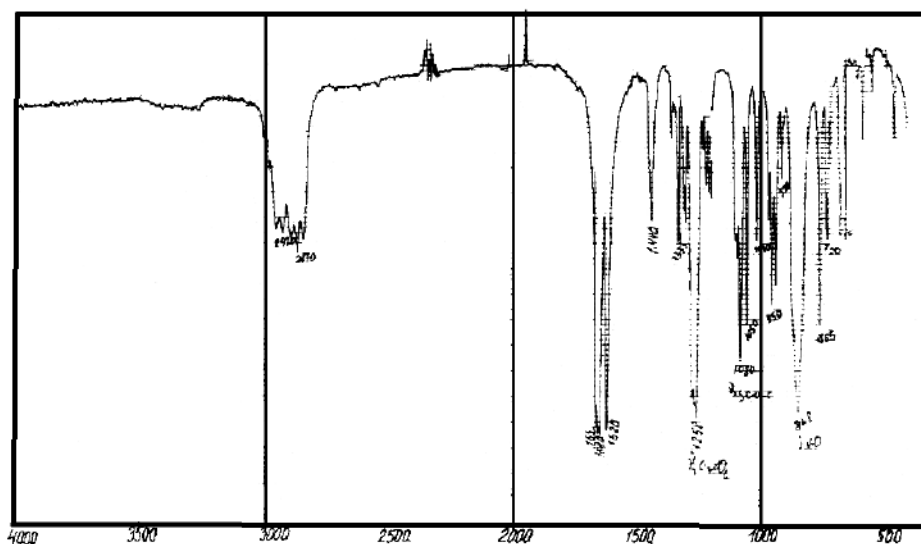


Рис. 111А

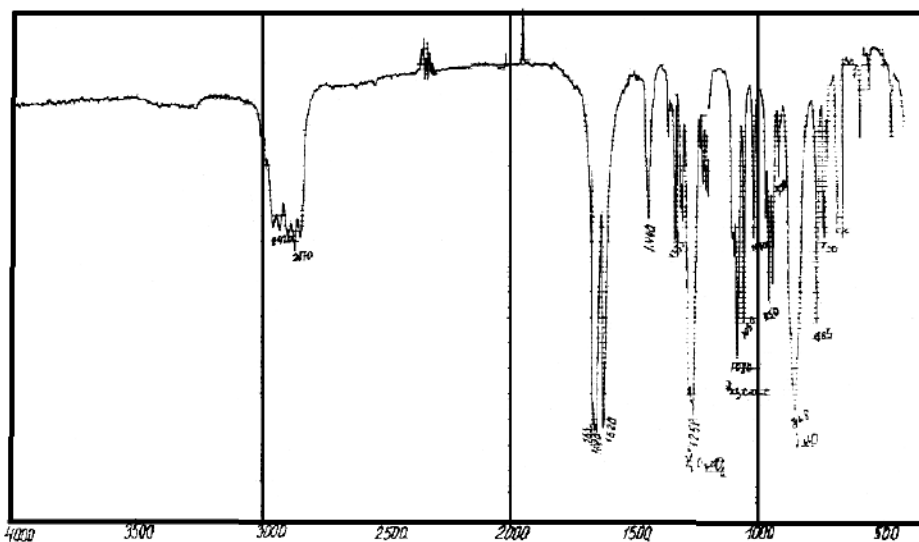


Рис. 111Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — нитросорбида, таблеточной массы 10% (с. 370910); Б — СО нитросорбида.

**4.17.** Оцените качество силибина-субстанции (с. 120110) для использования в качестве ГСО при анализе ЛРС и препаратов расторопши пятнистой по показателю «Подлинность» с помощью ИК-спектра в вазелиновом масле согласно методике ФС (рис. 112).

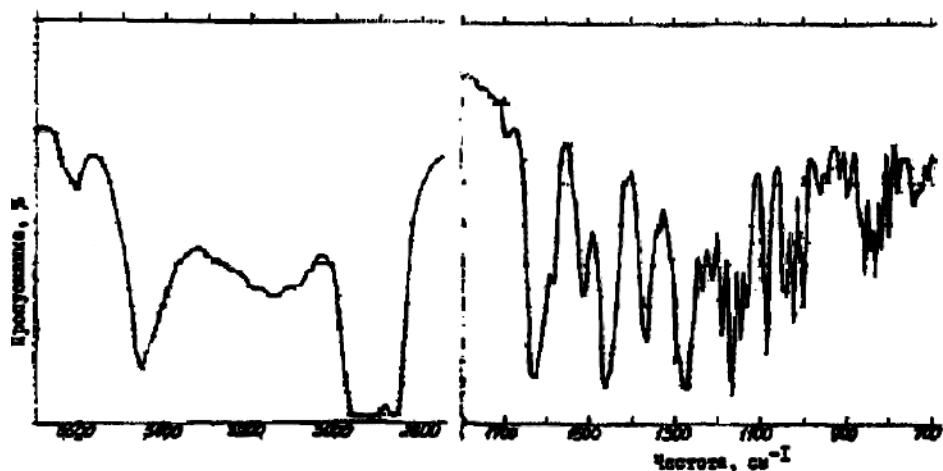


Рис. 112А

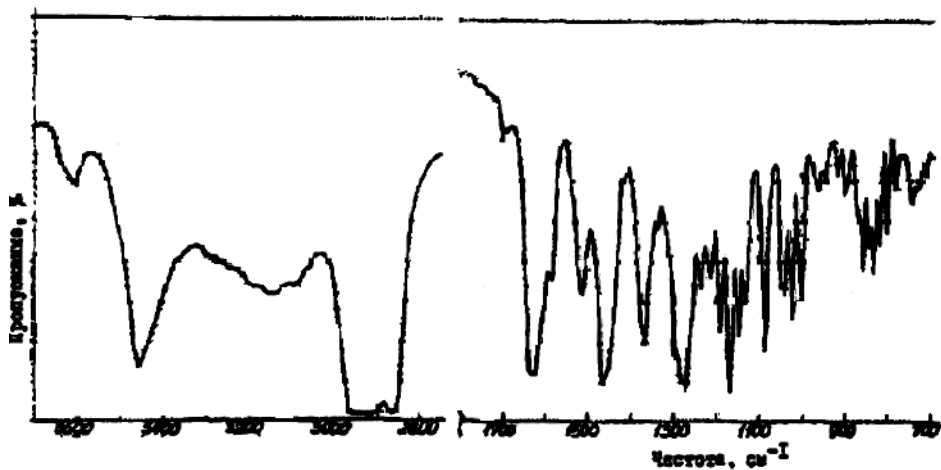


Рис. 112Б

ИК-спектры в вазелиновом масле: А — анализируемого образца силибина-субстанции (с. 120110); Б — эталонный спектр ГСО силибина.

**4.18.** Оцените качество экселона по 9,5 мг в трансдермальных терапевтических системах (ТТС) № 30 (с. 352240 от 02.2012) по показателю «Подлинность» ривастигмина с помощью ИК-спектра извлечения из анализируемого образца в дисках калия бромида согласно методике ФС (Фармакопея ЕС 7,0) (рис. 113).

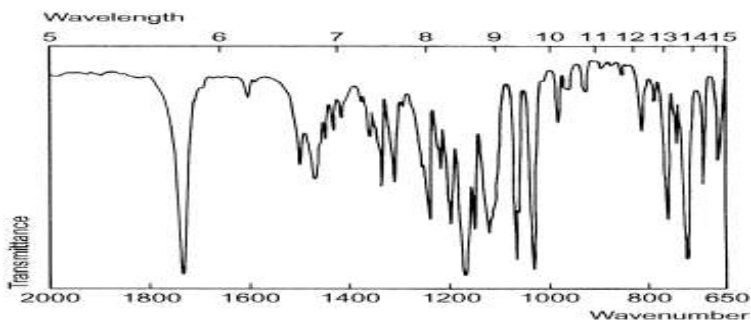


Рис. 113А

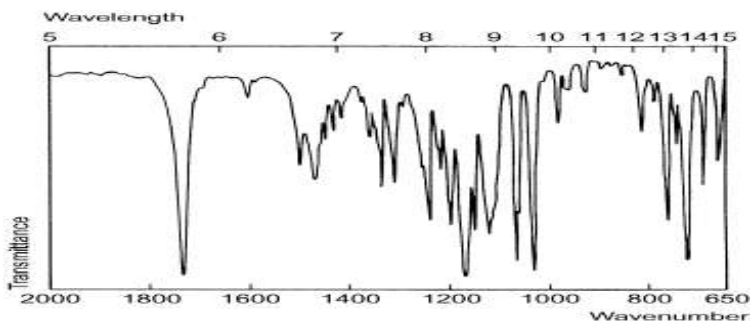


Рис. 113Б

ИК-спектры в вазелиновом масле: А — извлечения из экселона по 9,5 мг в ТТС (с. 352240 от 02.2012); Б — эталонный спектр СО ривастигмина.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 5 (5.1–5.18):

**5.1.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Метронидазола по 0,25 г в упаковке № 20 (с. 1760912) согласно методике ФС получен в дисках калия бромида ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 114).

С помощью Приложения 2 установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, для выявления предполагаемой фальсификации продукции.

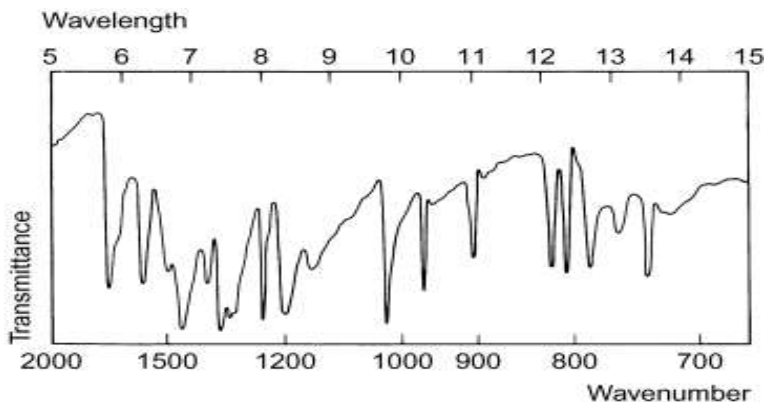
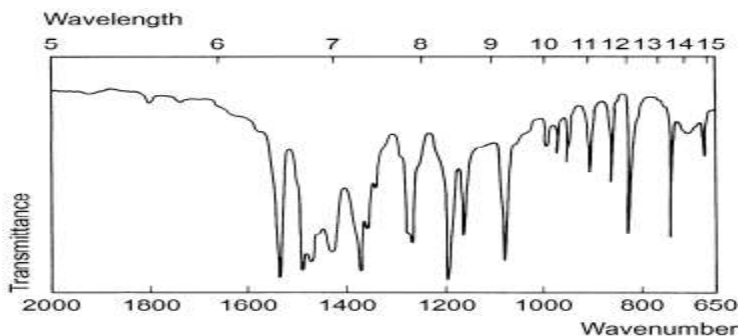


Рис. 114А

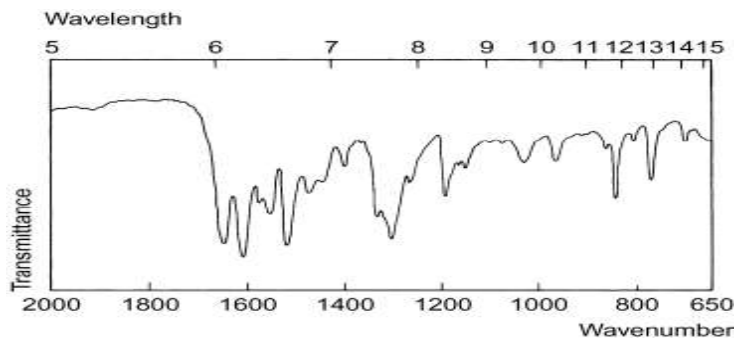


**Рис. 114Б**

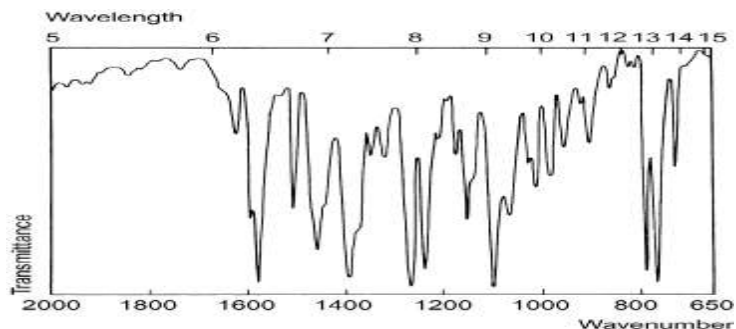
ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Метронидазола по 0,25 г (с. 1760912); Б — эталонный спектр метронидазола.

**5.2.** При идентификации фармацевтической субстанции пропранолола гидрохлорида в таблетках по 10 мг (с. ВР 212 от 04.12) согласно методике ФС получен в дисках калия бромид ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 115).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, для выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 115А**



**Рис. 115Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Пропранолола по 10 мг (с. ВР 212 от 04.12);  
Б — эталонный спектр пропранолола гидрохлорида.

**5.3.** При идентификации фармацевтической субстанции винпоцетина в таблетках Кавинтон по 5 мг № 50 (с. NR 218 от 07.12) по методике НД получен в диске калия бромида ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 116).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

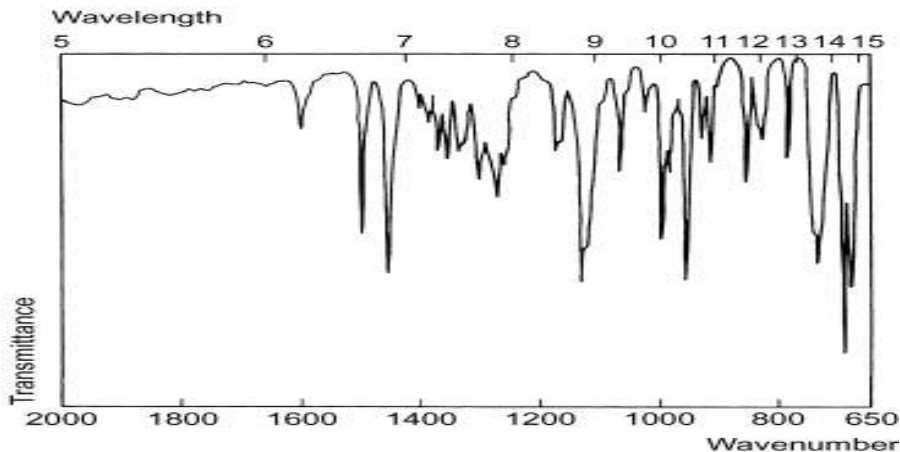


Рис. 116А

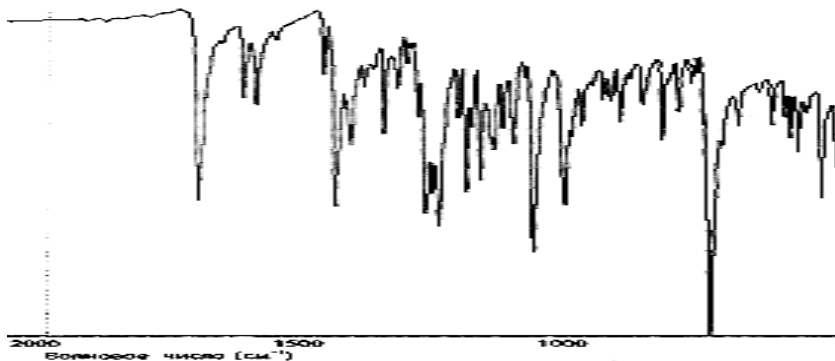


Рис. 116Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Кавинтон по 10 мг (с. NR 218 от 07.12); Б — эталонный спектр винпоцетина.

**5.4.** При идентификации фармацевтической субстанции кетопрофена в 10%-ном геле Кетонал для наружного применения в тубах по 50 г (с. 120811) согласно методике ФС получен в дисках калия бромида ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 117).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



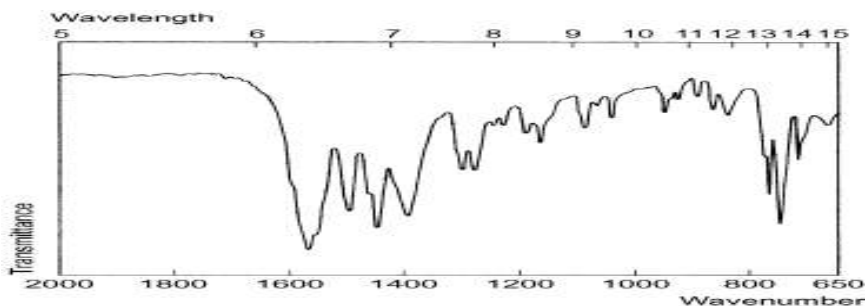


Рис. 117А

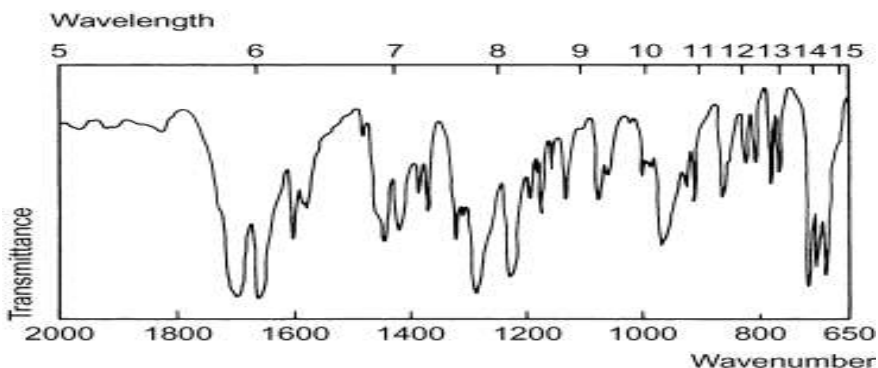


Рис. 117Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из 10%-ного геля Кетонал для наружного применения (с. 120811); Б — эталонный спектр кетопрофена.

**5.5.** При идентификации фармацевтической субстанции карбамазепина в таблетках Финлепсин по 200 мг № 50 (с. DJ 032 от 10.12) согласно методике ФС получен в дисках калия бромида ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 118).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

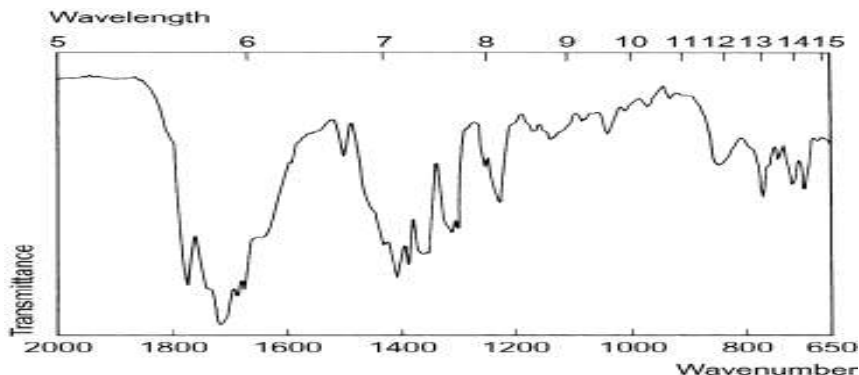
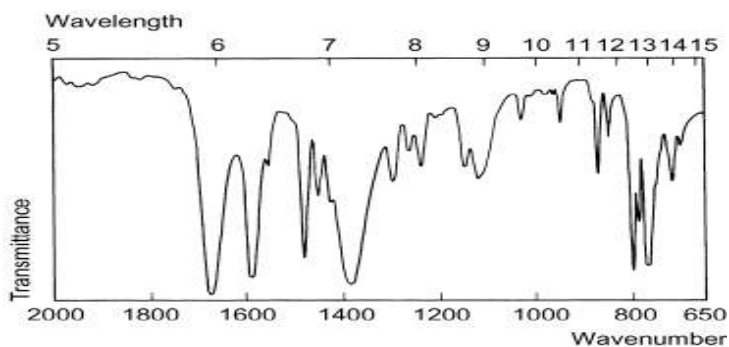


Рис. 118А

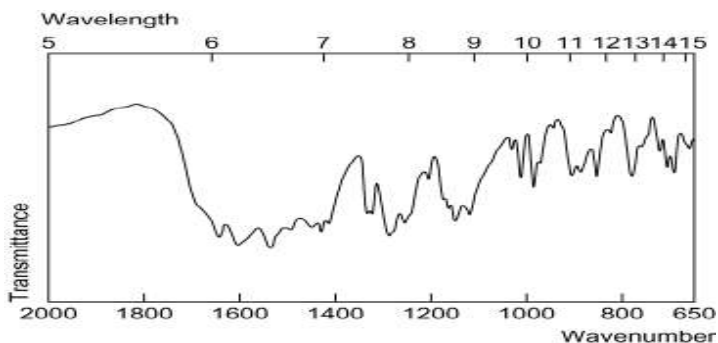


**Рис. 118Б**

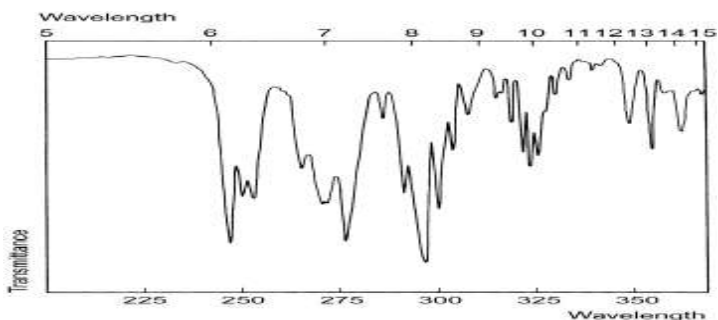
ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Финлепсина по 200 мг (с. DJ 032 от 10.12); Б — эталонный спектр карбамазепина.

**5.6.** При идентификации фармацевтической субстанции ранитидина гидрохлорида в таблетках Зантак по 150 мг № 20 (с. 153132 от 04.2011) согласно методике НД получен в дисках калия бромид ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 119).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 119А**



**Рис. 119Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Зантак по 150 мг (с. 153132 от 04.2011);  
Б — эталонный спектр ранитидина гидрохлорида.

**5.7.** При идентификации фармацевтической субстанции из таблеток Сумамед по 500 мг № 3 (с. 14306611 от 01.2012) согласно методике НД получен в пеллетах калия бромида ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 120).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

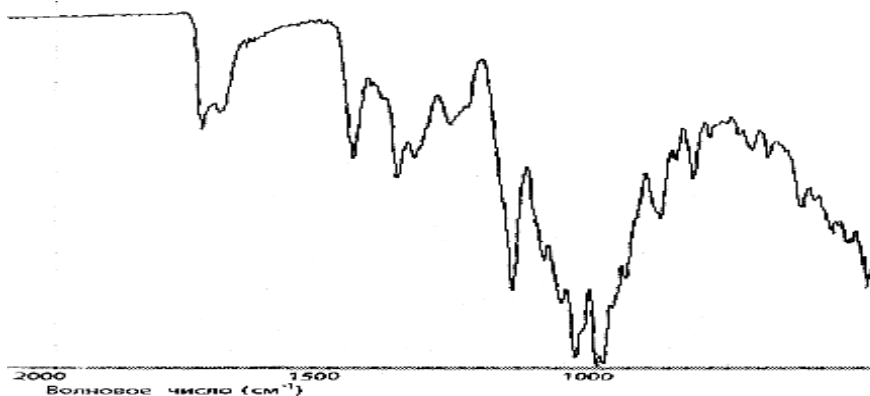


Рис. 120А

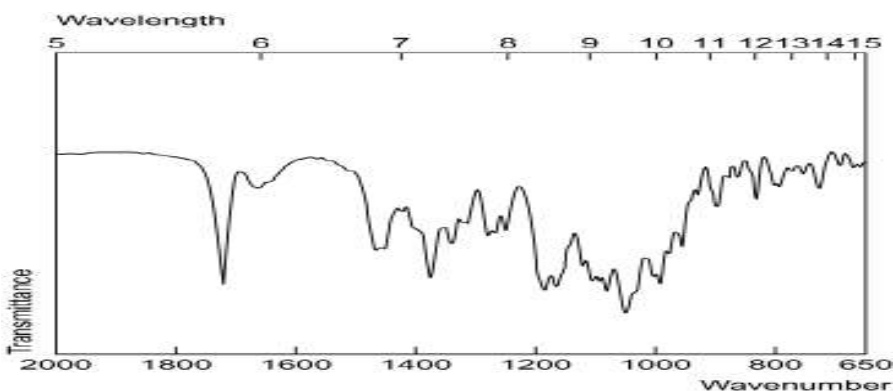


Рис. 120Б

ИК-спектры в пеллетах калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Сумамед 500 мг (с. 14306611 от 01.2012); Б — эталонный спектр азитромицина.

**5.8.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Метандриола (метиландростендиола дипропионата) по 10 мг № 30 (с. 1406130 от 04.2011) согласно методике ФС в дисках калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 121).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

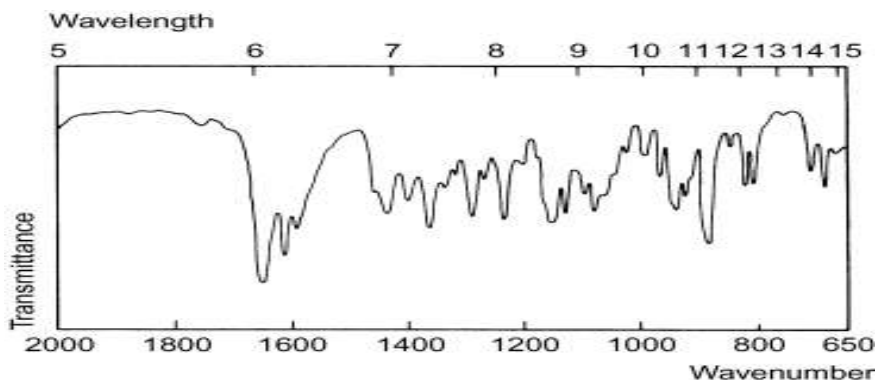


Рис. 121А

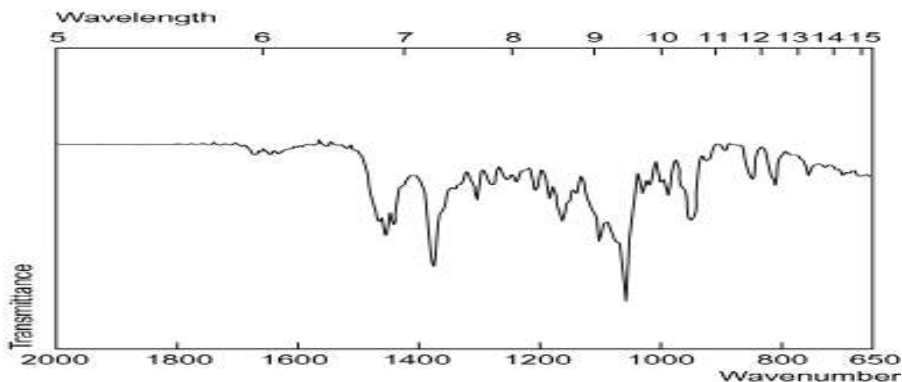


Рис. 121Б

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Метандриола по 10 мг № 30 (с. 1406130 от 04.2011);  
Б — эталонный спектр метиландростендиола дипропионата.

**5.9.** При идентификации фармацевтической субстанции в нафазолина нитрата растворе 0,1%-ном по 10 мл (с. 357260 от 03.2012) согласно методике ФС получен в диске калия бромид ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 122).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

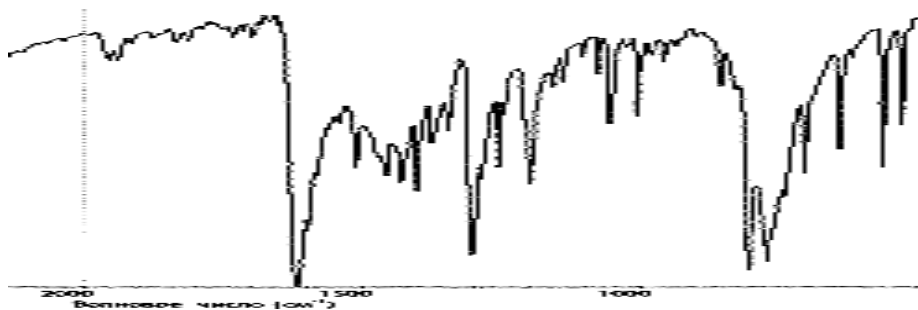


Рис. 122А



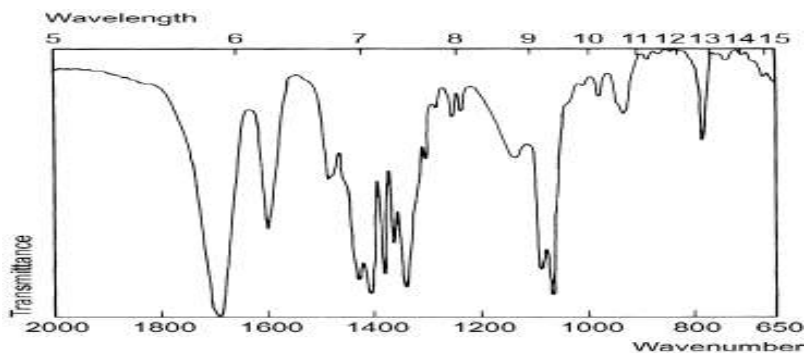
**Рис. 122Б**

ИК-спектры в дисках калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из нафазолина нитрата раствора 0,1%-ного по 10 мл (с. 357260 от 03.2012);

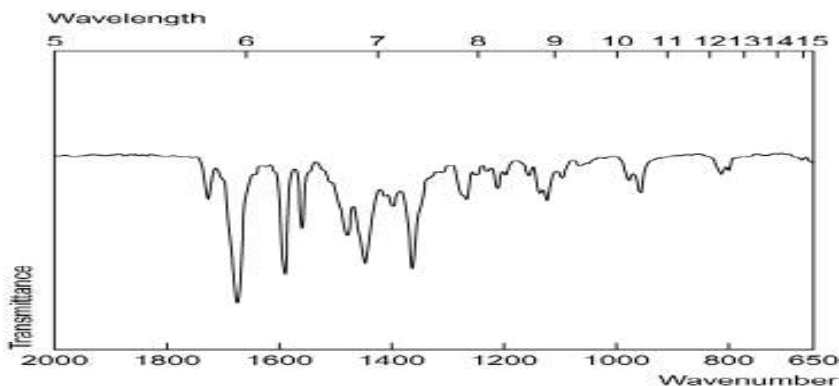
Б — эталонный спектр нафазолина нитрата.

**5.10.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Буспирон по 5 мг № 10 (с. ВР151208 от 01.2013) согласно методике ФС в пеллетах калия бромид получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 123).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 123А**



**Рис. 123Б**

ИК-спектры в пеллетах калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Буспирон по 5 мг (с. ВР151208 от 01.2013); Б — эталонный спектр буспилона.

**5.11.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Пектрол (изосорбида-5-мононитрата) по 40 мг (с. M1591B01 от 02.2009) согласно методике ФС в пеллетах калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 124).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

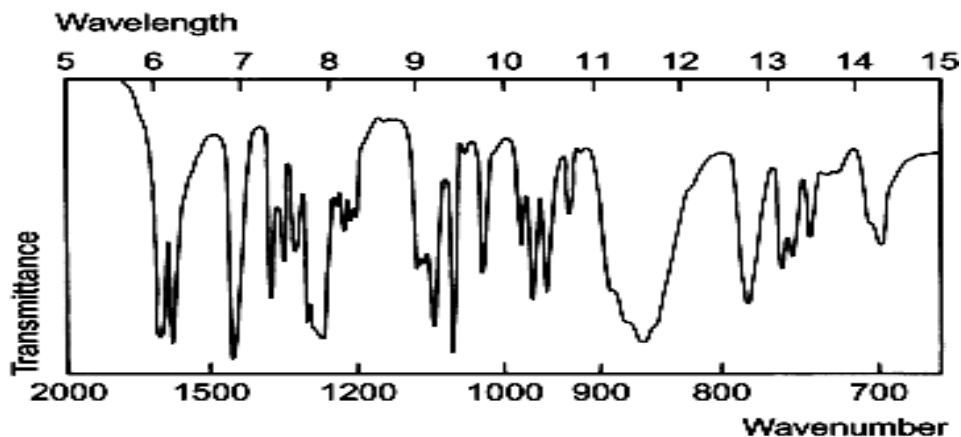


Рис. 124А

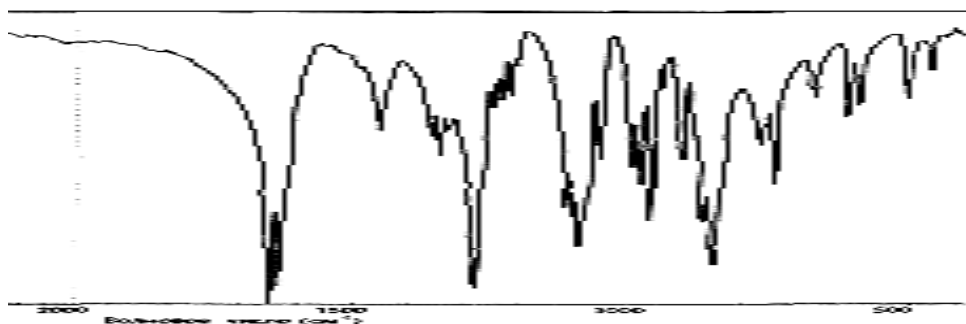


Рис. 124Б

ИК-спектры в пеллетах калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Пектрол (изосорбида-5-мононитрата) по 40 мг (с. M1591B01 от 02.2009); Б — эталонный спектр изосорбида-5-мононитрата.

**5.12.** При идентификации фармацевтической субстанции в драже Пипольфена (прометазина гидрохлорида) по 25 мг № 20 (с. 26Р4 от 09.2012) согласно методике ФС в дисках калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 125).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

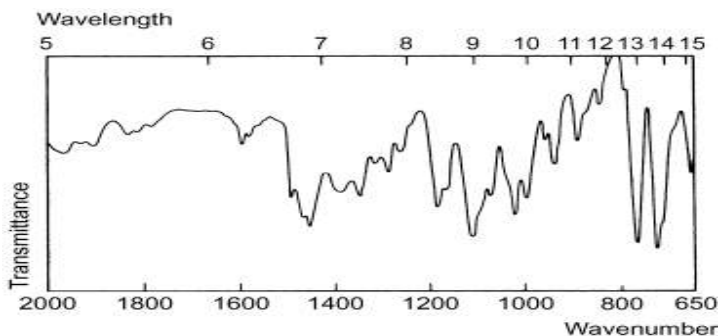


Рис. 125А

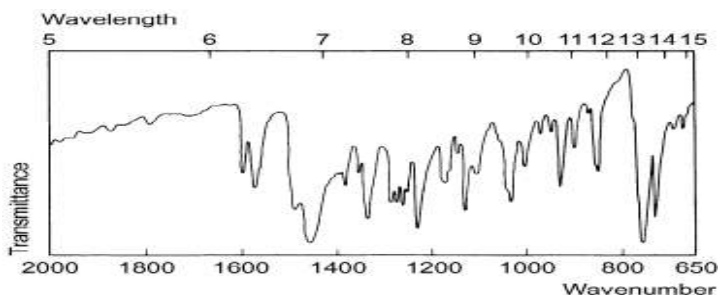


Рис. 125Б

ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из драже Пипольфена по 25 мг (с. 26Р4 от 09.2012);  
Б — эталонный спектр прометазина гидрохлорида.

**5.13.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Глюкофаж (Метформин) по 850 мг № 60 (с. ВП.6400 от 09.2011) согласно методике ФС в пеллетах калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 126).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

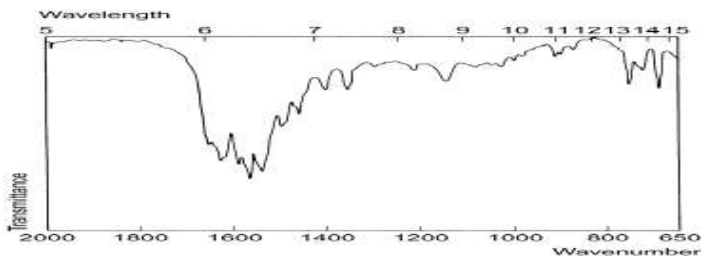
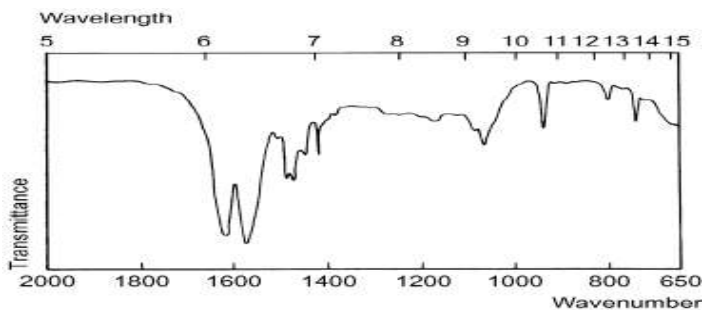


Рис. 126А

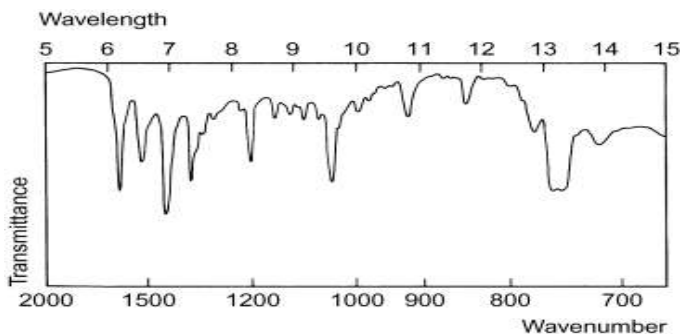


**Рис. 126Б**

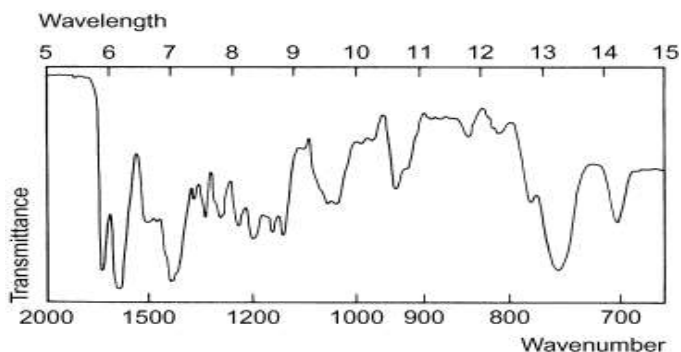
ИК-спектры в пеллетах калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Глюкофаж по 850 мг г (с. ВЛ6400 от 09.2011); Б — эталонный спектр метформина.

**5.14.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Беллатаминал (состав на 1 таблетку: эрготамина тартрата 0,3 мг; суммы алкалоидов красавки 0,1 мг; фенобарбитала 20 мг, покрытых оболочкой № 20; с. CELCJ00 от 05.2012) согласно методике ФС в пеллетах калия бромид получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 127).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 127А**



**Рис. 127Б**

ИК-спектры в пеллетах калия бромид: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Беллатаминал (с. CELCJ00 от 05.2012); Б — эталонный спектр эрготамина тартрата.



**5.15.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Вазилип (Симвастатин) по 40 мг, покрытых пленочной оболочкой, № 28 (с. 904711 от 04.2011) согласно методике ФС в дисках калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 128).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.

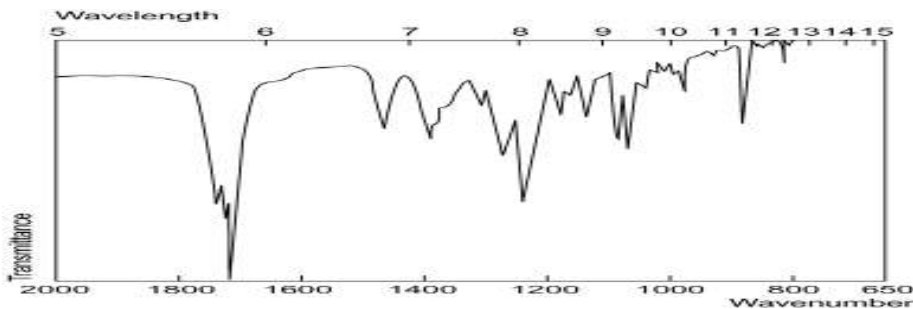


Рис. 128А

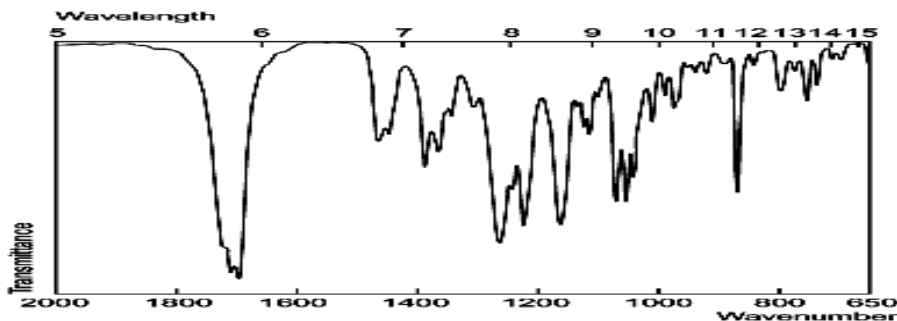
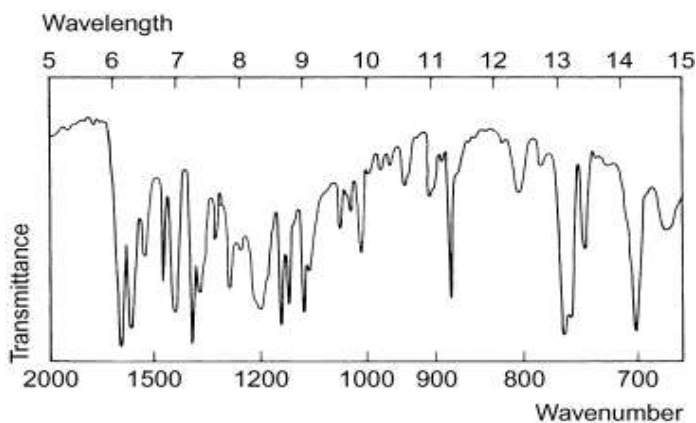


Рис. 128Б

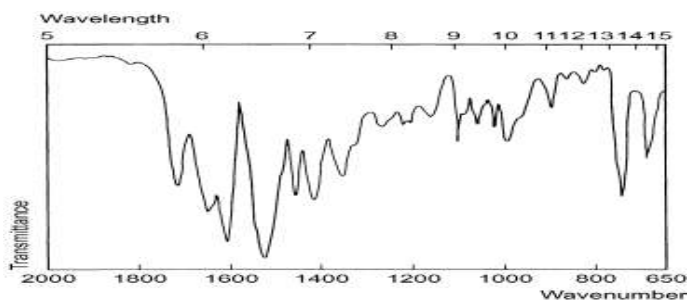
ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Вазилип по 40 мг, покрытых пленочной оболочкой (с. 904711 от 04.2011); Б — эталонный спектр симвастатина.

**5.16.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Варфарин никомед № 20 (с. 102401 от 02.2012) согласно методике НД в дисках калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 129).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 129А**

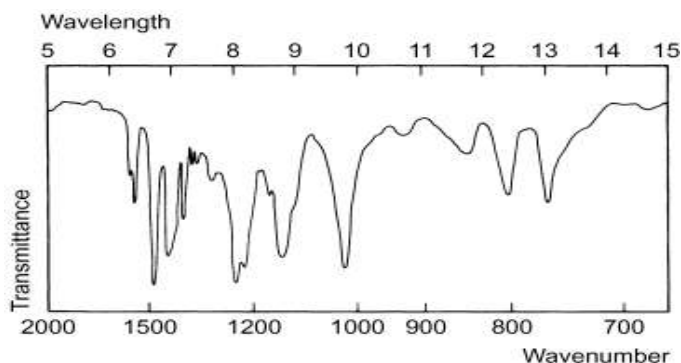


**Рис. 129Б**

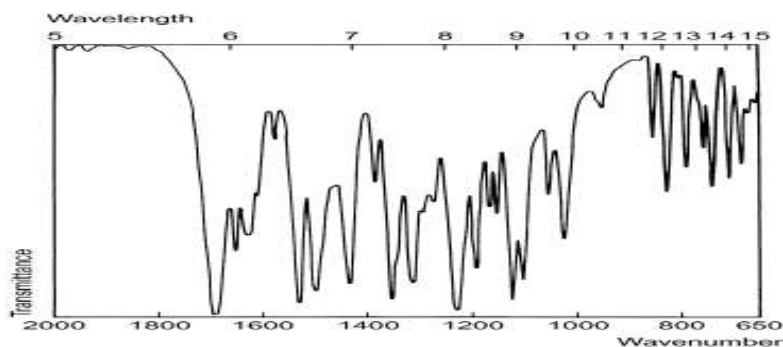
ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения субстанции из таблеток Варфарин никомед (с. 102401 от 02.2012); Б — эталонный спектр варфарина натриевой соли.

**5.17.** При идентификации фармацевтической субстанции в таблетках Кальцигارد ретард по 20 мг, покрытых пленочной оболочкой, № 100 (с. 006091 от 06.2011) согласно методике НД в дисках калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 130).

Пользуясь Приложением 2, установите фармацевтическую субстанцию, использованную для изготовления указанной ГЛФ, с целью выявления предполагаемой фальсификации продукции.



**Рис. 130А**

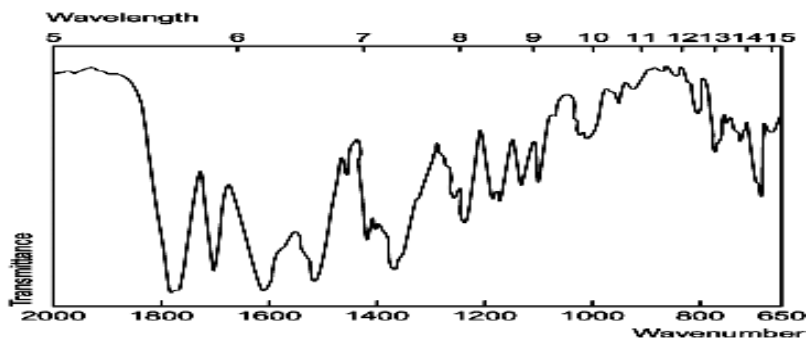


**Рис. 130Б**

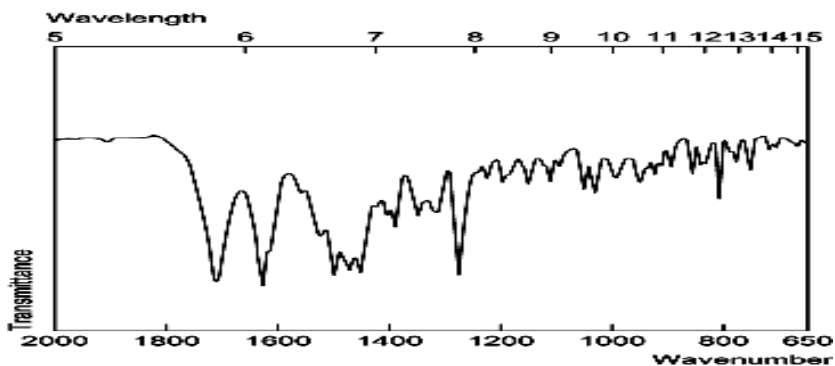
ИК-спектры в дисках калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из таблеток Кальцигارد ретард по 20 мг (с. 006091 от 06.2011); Б — эталонный спектр нифедипина.

**5.18.** При идентификации фармацевтической субстанции в растворе Кквинтор для внутреннего введения 200 мг ципрофлоксацина /100 мл во флаконах (с. В2071В01 от 01.2013) согласно методике ФС в пеллетах калия бромида получен ИК-спектр извлечения из анализируемого ЛС (рис. 131).

С помощью Приложения 2 установите фармацевтическую субстанцию, входящую в указанную ГЛФ, для выявления предполагаемой фальсификации.



**Рис. 131А**



**Рис. 131Б**

ИК-спектры в пеллетах калия бромида: А — извлечения фармацевтической субстанции из раствора Квинтор для внутреннего введения (с. В2071В01 от 01.2013);

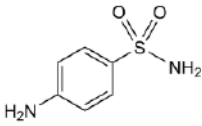
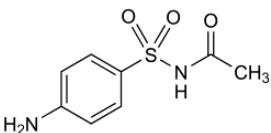
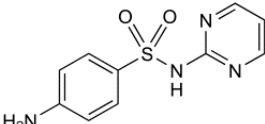
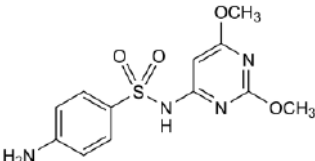
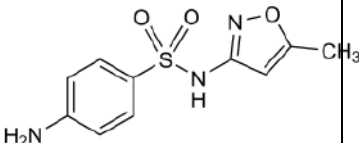
Б — эталонный спектр ципрофлоксацина.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 6 (6.1–6.18):

6.1. Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы сульфаниламидов (табл. 3) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 132).

Таблица 3

Характеристики некоторых производных сульфаниламидов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Сульфаниламид (стрептоцид)		1149, 1603, 1316, 1637, 1099, 1294
Сульфацетамид-натрий (сульфацил-натрий)		1145, 1264, 1552, 1090, 825, 1600
Сульфадиазин		1580, 1159, 1494, 682, 940, 797
Сульфадиметоксин		1590, 1147, 1090, 1314, 685, 1066
Сульфаметоксазол		1145, 1160, 1599, 1621, 685, 1306

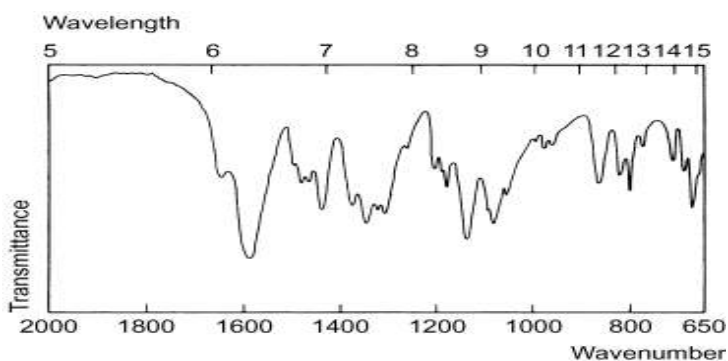


Рис. 132

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.2.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных пурина (табл. 4) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 133).

Таблица 4

Характеристики ИК-спектров некоторых производных пурина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Кофеин		1658, 1698, 747, 1548, 1242, 760
Ксантинола никотинат		1658, 1695, 1548, 763, 750, 1029
Аллопуринол		1692, 1587, 916, 1224, 1235, 956
Азатиоприн		1237, 1306, 1580, 832, 1500, 1531
Ацикловир		1717, 1632, 1485, 1104

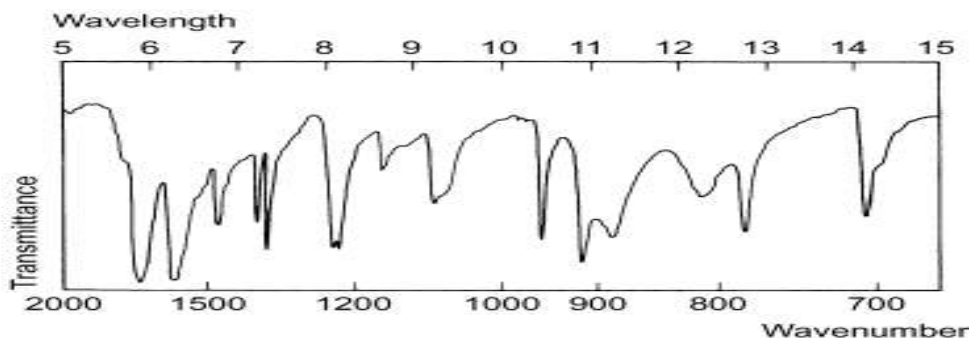
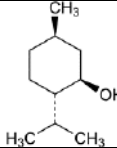
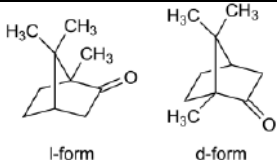
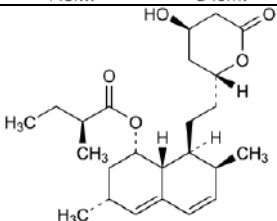
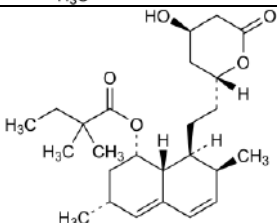


Рис. 133

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.3.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы терпенов и статинов (табл. 5) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 134).

Характеристики ИК-спектров некоторых терпенов и статинов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Ментол		1046, 1026, 995, 1102, 1078, 979
Камфора рацемическая		1730, 1047, 1025, 1277, 1095, 755
Ловастатин (Мевакор)		1725, 1260, 1072, 1460
Симвастатин (Зокор)		1718, 1459, 1389, 1267

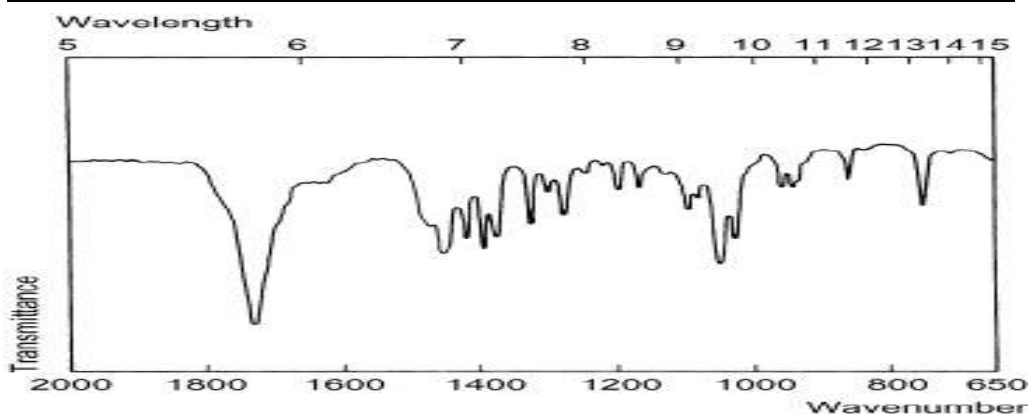


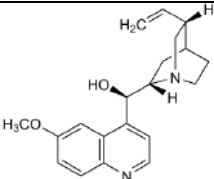
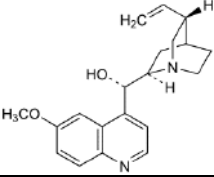
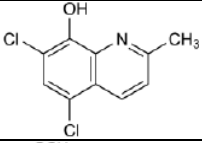
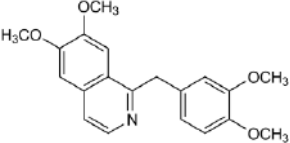
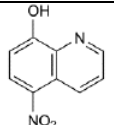
Рис. 134

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.4.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных хинолина и изохинолина (табл. 6) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 135).

Таблица 6

## Характеристики ИК-спектров некоторых производных хинолина и изохинолина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Хинин		1235, 1215, 1510, 1619, 1030, 1105
Хинидин		1258, 1514, 1619, 1040, 860, 820
Хлорхинальдол		1656, 1739, 1605, 758, 1111, 1153
Папаверин		1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238
5-НОК (нитроксолин)		1504, 1277, 1307, 1189, 1149, 1565

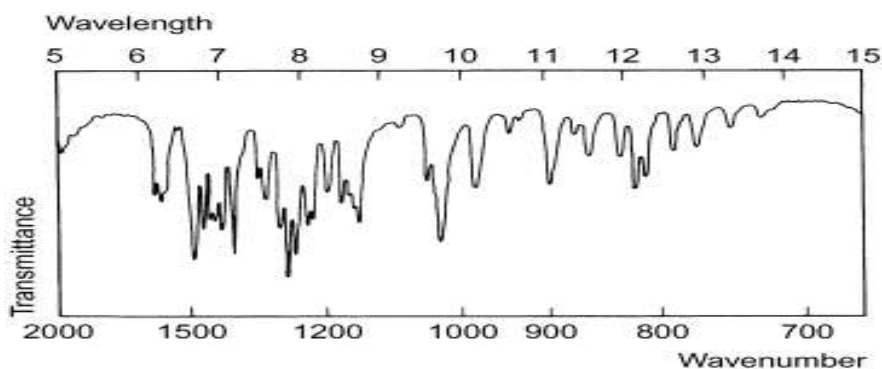
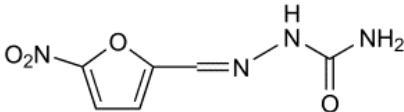
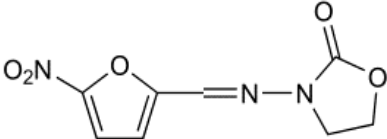
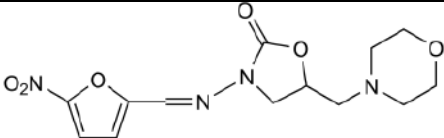
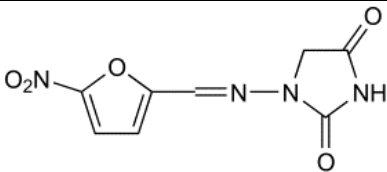


Рис. 135

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

6.5. Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных фурана (табл. 7) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 136).

## Характеристики ИК-спектров производных фурана

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, $\text{см}^{-1}$
Фурацилин (Нитрофурал)		1023, 1250, 1200, 970, 1718, 1585
Фуразолидон		1227, 1739, 1015, 1250, 1101, 738
Фуразолин (Фуралтадон)		1755, 1226, 1250, 1110, 1020, 1315
Фурадонин (Нитрофурантоин)		1718, 1237, 1205, 1770, 1513, 1126

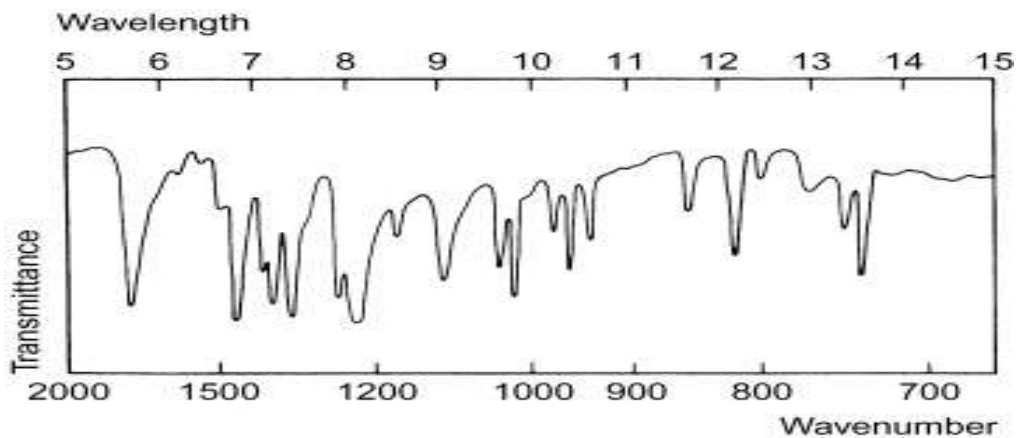


Рис. 136

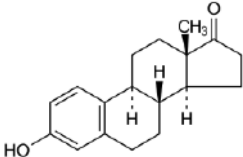
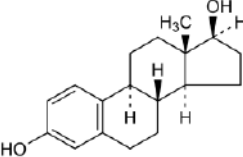
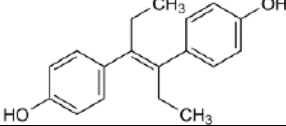
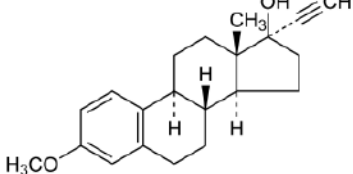
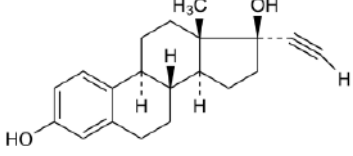
ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции



6.6. Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы эстрогенных гормонов (табл. 8) по ИК-спектру в дисках калия бромид (рис. 137).

Таблица 8

Характеристики ИК-спектров производных эстрогенных гормонов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Эстрон		1282, 820, 1709, 1244, 921, 1493
Эстрадиола пропионат		1245, 1054, 1227, 1493, 1276, 821
Диэтилстильбэстрол		1205, 1176, 833, 1250, 1512, 1610
Местранол		1255, 1060, 1035, 1612, 1291, 1241
Этинилэстрадиол		1252, 1505, 1298, 1285, 1020, 1060

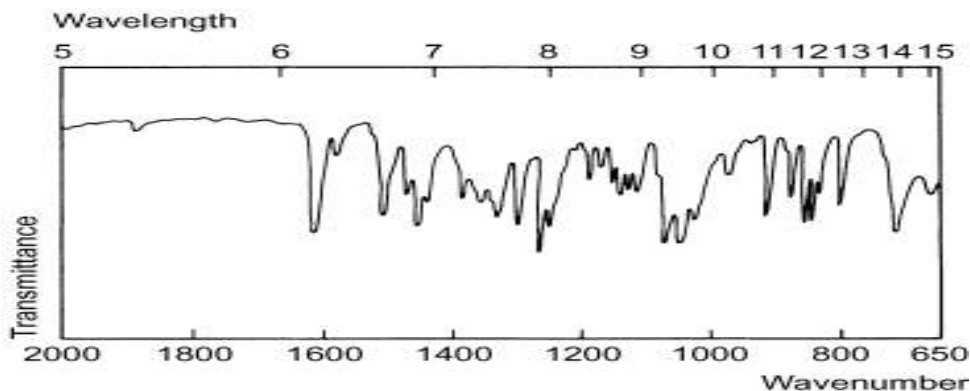


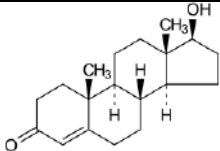
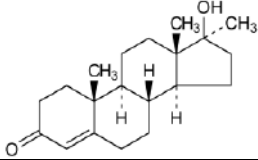
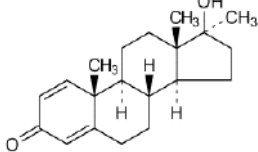
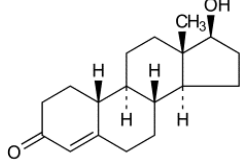
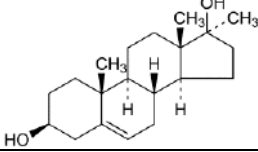
Рис. 137

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

6.7. Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы андрогенных и анаболических гормонов (табл. 9) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 138).

Таблица 9

Характеристики ИК-спектров некоторых андрогенных и анаболических гормонов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Тестостерон		1660, 871, 1615, 1057, 1236, 1066
Метилтестостерон		1660, 1160, 1239, 950, 1612, 1090
Метандиенон (Метандростенолон)		1660, 1620, 886, 1601, 1160, 1240
Надролон (Феноболин)		1679, 1733, 1205, 1178, 1255, 692
Метиландростендиол (метандриол)		1449, 1372, 1054, 942

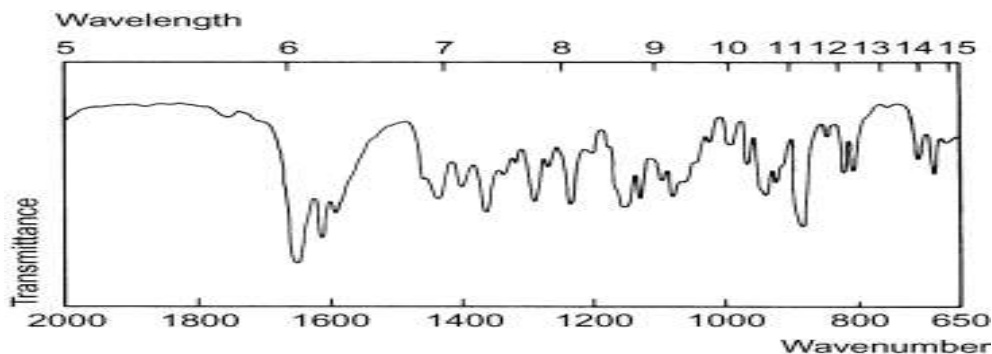


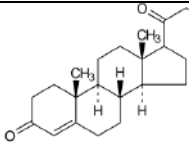
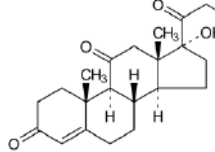
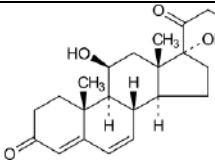
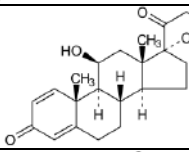
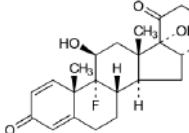
Рис. 138

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.8.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы кортикостероидов (табл. 10) по ИК-спектру в дисках калия бромид (рис. 139).

Таблица 10

Характеристики ИК-спектров некоторых кортикостероидов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Дезоксикортон ацетат (ДОКСа)		1242, 1667, 1744, 1718, 1203, 1610
Кортизона ацетат		1700, 1660, 1235, 1720, 1275, 1750
Гидрокортизона ацетат		1640, 1702, 1610, 1232, 1042, 1115
Преднизолон		1654, 1612, 1708, 887, 1112, 1085
Дексаметазон		1663, 896, 1622, 1695, 1052, 1603

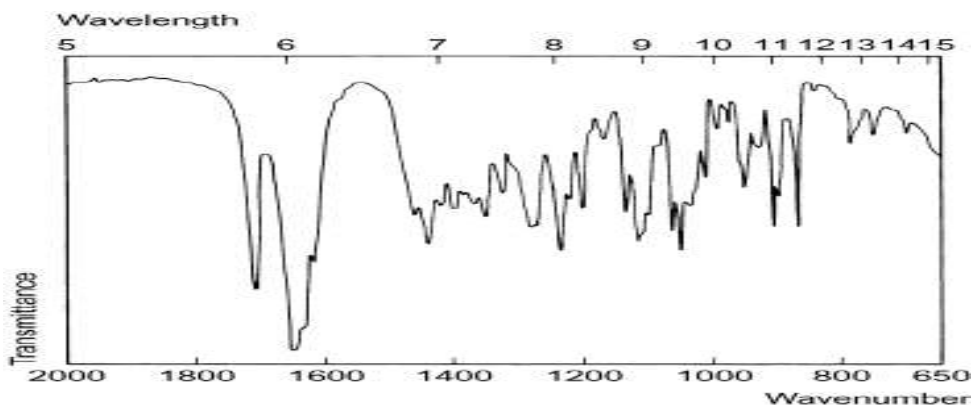
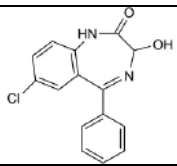
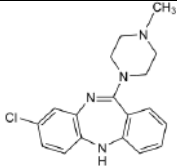
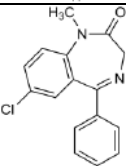
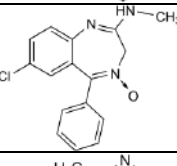
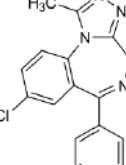


Рис. 139

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.9.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных диазепина (табл. 11) по ИК-спектру в дисках калия бромид (рис. 140).

## Характеристики ИК-спектров некоторых производных диазепина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Оксазепам (Нозепам)		1687, 1706, 693, 830, 1136, 1123
Клозапин (Азалептин)		1600, 1560, 758, 1136, 1101, 1117
Диазепам (Сибазон)		1681, 1313, 705, 840, 1125, 740
Хлордиазепоксид (Хлозепид)		1625, 760, 1260, 690, 1590, 850
Алпразолам (Алзолам)		1490, 1610, 697, 1316, 1540, 827

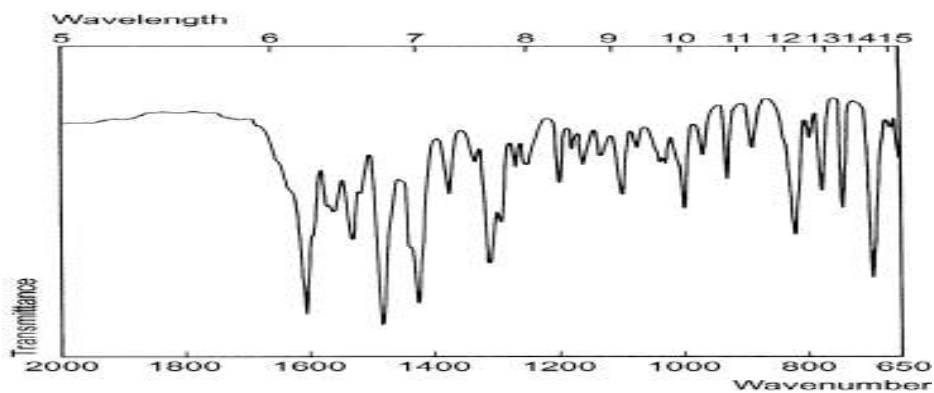


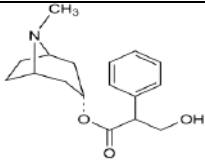
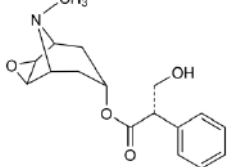
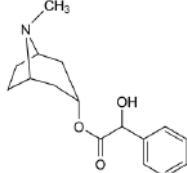
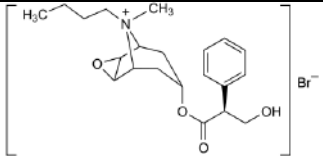
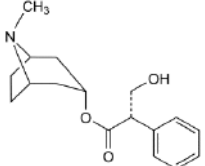
Рис. 140

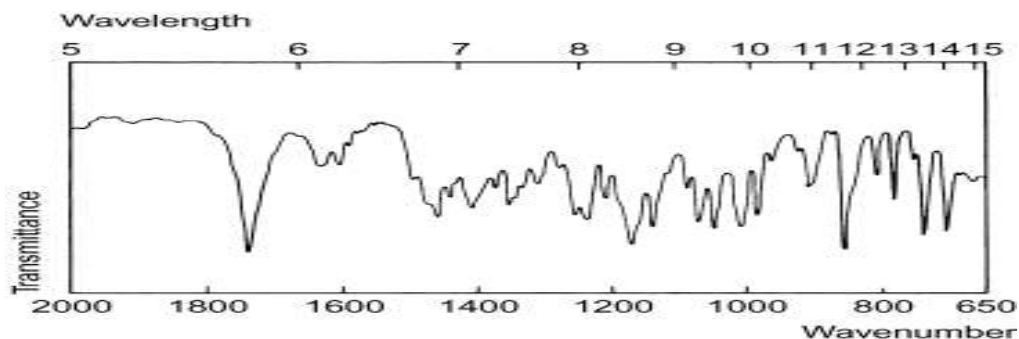
ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.10.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы алкалоидов производных тропана (табл. 12) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 141).

Таблица 12

**Характеристики ИК-спектров фармацевтических субстанций  
из группы тропановых алкалоидов**

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Атропина сульфат		1720, 1035, 1153, 1163, 1063, 1204
Скополамина гидробромид (гиосцина гидробромид)		1730, 853, 1166, 736, 705, 1047
Гоматропина гидробромид		1730, 1172, 1030, 735, 1063, 1125
Скополамина бутилбромид (гиосцина бутилбромид)		1175, 1721, 1052, 874, 1072, 709
Гиосциамина гидробромид		1738, 1160, 1025, 1145, 1225, 1050



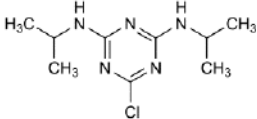
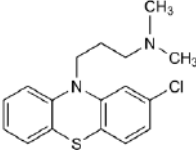
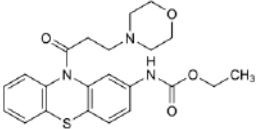
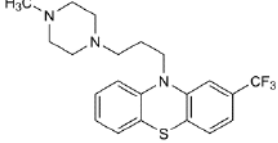
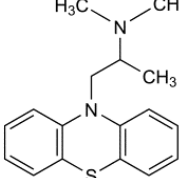
**Рис. 141**

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.11.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных фенотиазина (табл. 13) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 142).

Таблица 13

Характеристики ИК-спектров некоторых производных фенотиазина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
<b>Промазин</b> (Пропазин)		1571, 1496, 1173, 1323
<b>Хлорпромазин</b> (Аминазин)		1450, 747, 1240, 1561, 1125, 1095, 1220
<b>Морацизин</b> (Этмозин)		1231, 1725, 1664, 1466
<b>Трифлуопиразин</b> (Трифгазин)		1114, 1316, 1145, 1081, 755, 1255
<b>Прометазина гидрохлорид</b> (Дипразин)		758, 1229, 733, 1129, 1259, 1287

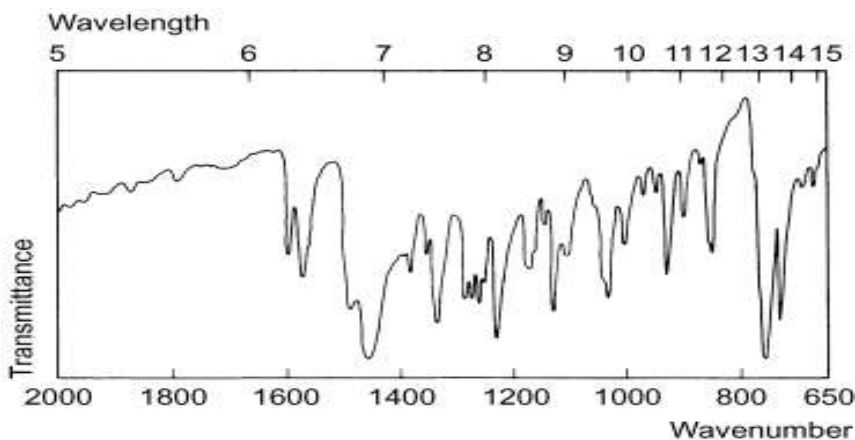


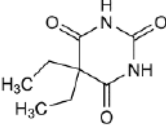
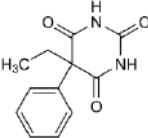
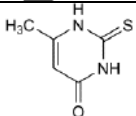
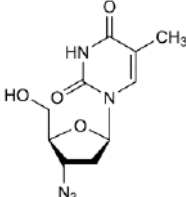
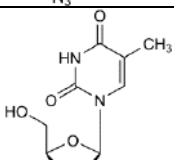
Рис. 142

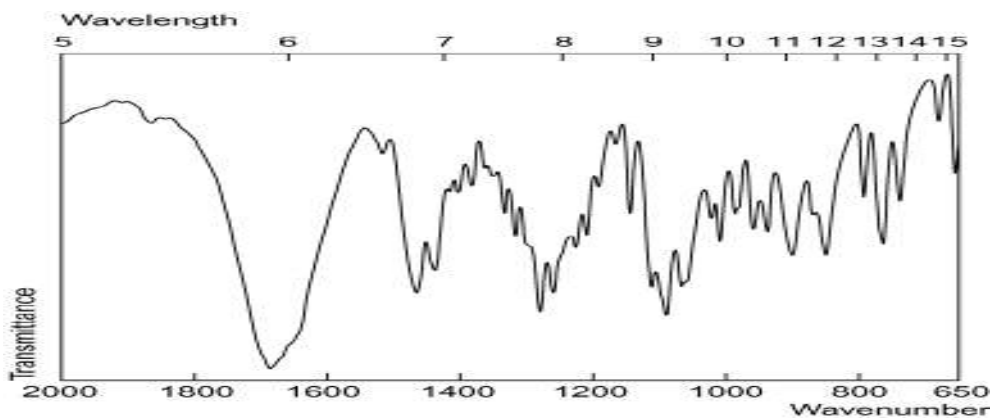
ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.12.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных барбитуровой кислоты и урацила (табл. 14) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 143).

Таблица 14

Характеристики ИК-спектров некоторых производных барбитуровой кислоты и урацила

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Барбитал		1680, 1720, 1767, 1320, 1245, 875
Фенобарбитал		1712, 1684, 1670, 1770, 1310, 1300
Метилтиоурацил		1645, 1170, 1564, 1198, 850, 1240
Зидовудин (Азидотимидин)		1675, 1084, 1290, 1460
Ставудин		1700, 1120, 1475, 850

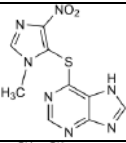
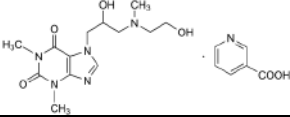
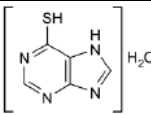
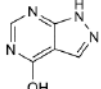
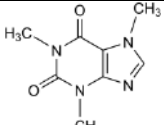


**Рис. 143**  
ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.13.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных пурина (табл. 15) по ИК-спектру в дисках калия бромиде (рис. 144).

Таблица 15

Характеристики ИК-спектров некоторых производных пурина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Азатиоприн		1237, 1306, 1580, 832, 1500, 1531
Ксантинола никотинат		1658, 1695, 1548, 763, 750, 1029
Меркаптопурин		1610, 1220, 1570, 1010, 865, 780
Аллопуринол		1692, 1587, 916, 1224, 1235, 956
Кофеин		1658, 1698, 747, 1548, 1242, 760

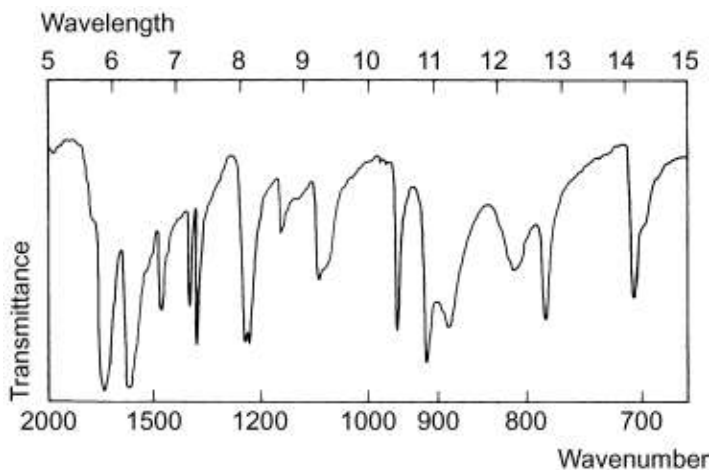


Рис. 144

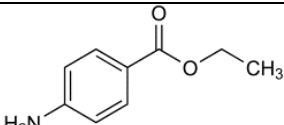
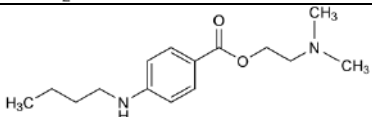
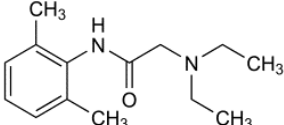
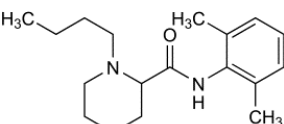
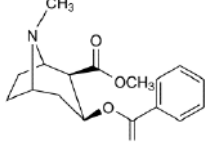
ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции



**6.14.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы местных анестетиков (табл. 16) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 145).

Таблица 16

Характеристики ИК-спектров некоторых местных анестетиков

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Бензокаин (Анестезин)		1280, 1680, 1598, 1170, 1315, 1634
Тетракаина гидрохлорид (Дикаин, Аметокаин)		1600, 1286, 1174, 1688, 1126, 1532
Лидокаина гидрохлорид		1662, 1495, 762, 1204, 1290, 1086
Бупивакаина гидрохлорид		1667, 1522, 1279, 1222, 787, 944
Кокаина гидрохлорид		1710, 1738, 1275, 1110, 712, 1037

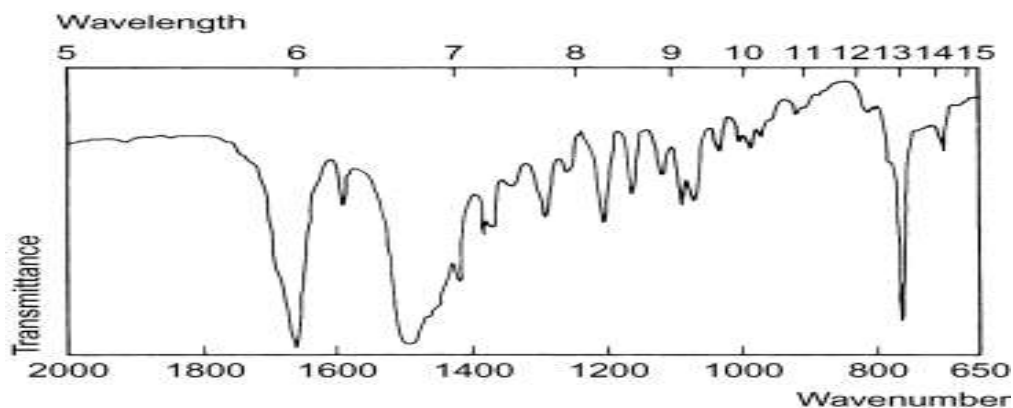


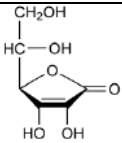
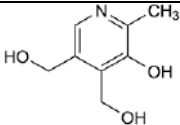
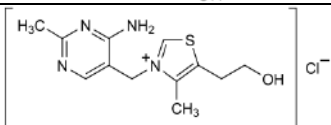
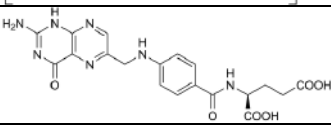
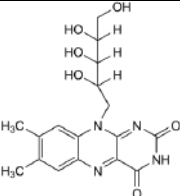
Рис. 145

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.15.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы витаминов (табл. 17) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 146).

Таблица 17

Характеристики ИК-спектров некоторых витаминов

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Аскорбиновая кислота		1026, 1111, 1312, 1136, 1653, 990
Пиридоксина гидрохлорид		1277, 1212, 1015, 1540, 870, 1086
Тиамина хлорид		1660, 1618, 1048, 1237, 1595, 1228
Фолиевая кислота		1686, 1602, 1636, 1191, 1567, 1225
Рибофлавин		1544, 1575, 1641, 1715, 1235, 1070

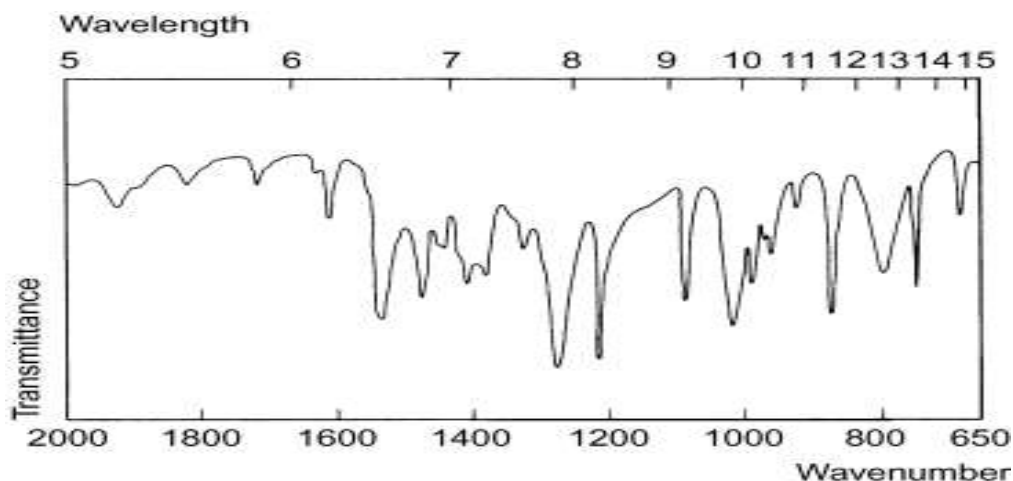


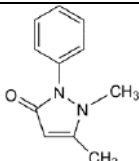
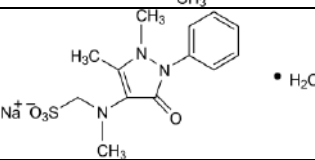
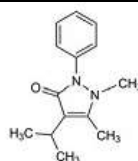
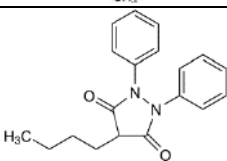
Рис. 146

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.16.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных пиразола (табл. 18) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 147).

Таблица 18

Характеристики ИК-спектров некоторых производных пиразола

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Антипирин (Феназон)		1660, 770, 1318, 1305, 1590, 1580
Анальгин (Метамизол-натрий, Дипирон)		1672, 1064, 1179, 1163, 1208, 1639
Пропифеназон		1650, 1618, 1131, 1590, 1500, 750
Бутадион (Фенилбутазон)		1714, 1300, 1755, 755, 1492, 1275

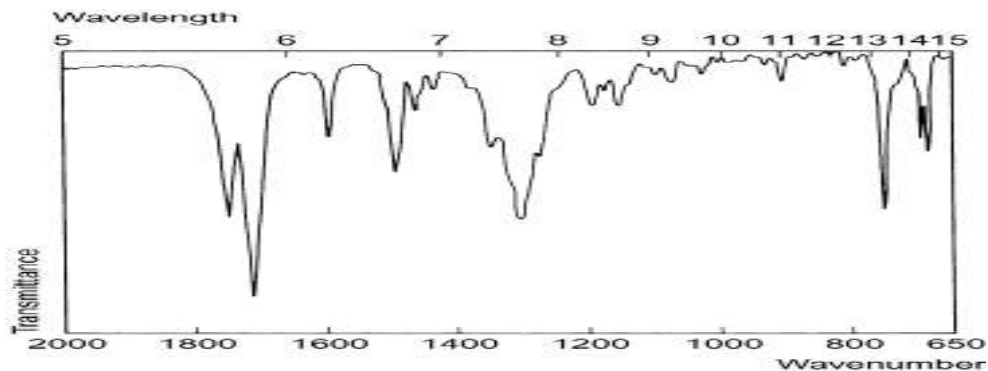
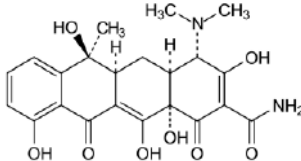
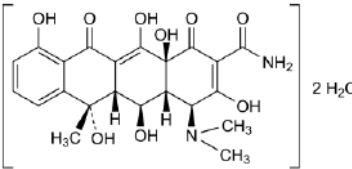
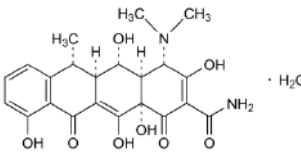
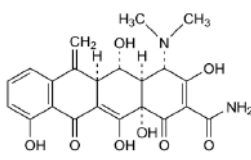


Рис. 147

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.17.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы антибиотиков производных тетрациклина (табл. 19) по ИК-спектру в дисках калия бромида (рис. 148).

## Характеристики ИК-спектров некоторых антибиотиков производных тетрациклина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Тетрациклин		1612, 1580, 1660, 1226, 1248, 1530
Окситетрациклина дигидрат		1616, 1584, 1665, 1235, 1180, 1138
Доксициклина гидрохлорида моногидрат (Вибрамицин)		1580, 1613, 1660, 1244, 1220, 1040
Метациклина гидрохлорид (Рондомицин)		1615, 1575, 1658, 1224, 1258, 1206

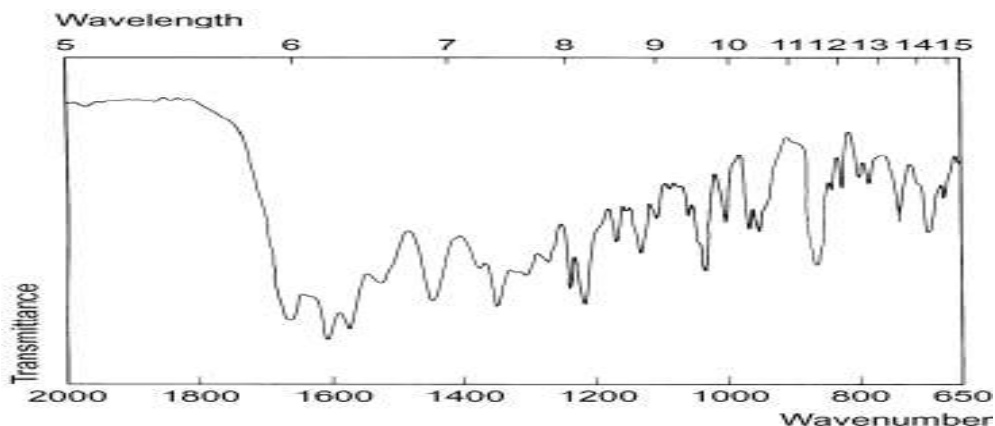


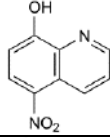
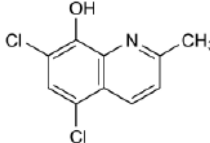
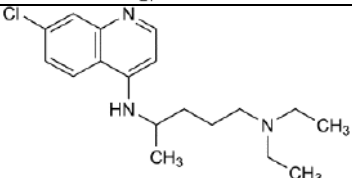
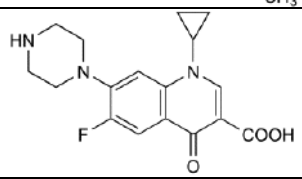
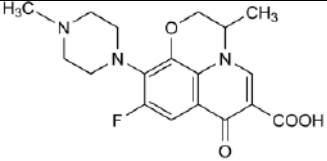
Рис. 148

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

**6.18.** Идентифицируйте фармацевтическую субстанцию из группы производных хинолина (табл. 20) по ИК-спектру в пеллетах калия бромида (рис. 149).

Таблица 20

Характеристики ИК-спектров некоторых производных хинолина

Фармацевтическая субстанция	Структурная формула	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>
Нитроксолин (5-НОК)		1504, 1277, 1307, 1189, 1149, 1565
Хлорхинальдол		1656, 1739, 1605, 758, 1111, 1153
Хлорохин (Хингамин)		1573, 1538, 1612, 1155, 800, 870
Ципрофлоксацин		1703, 1619, 1267
Офлоксацин		1459, 1621, 1713, 1086

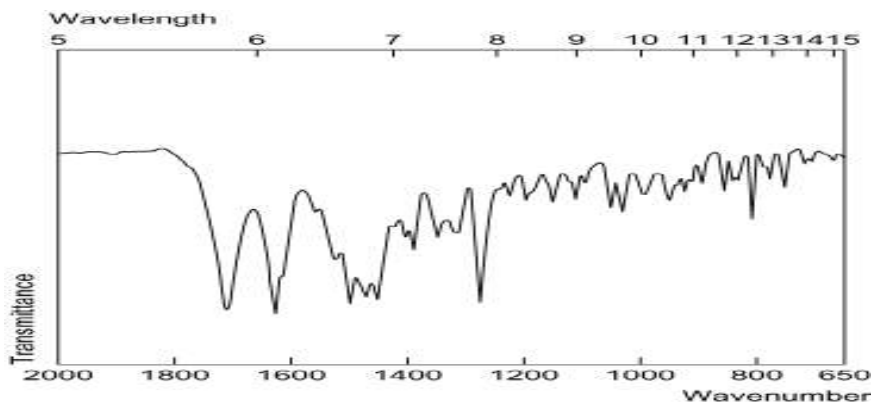


Рис. 149

ИК-спектр анализируемой фармацевтической субстанции

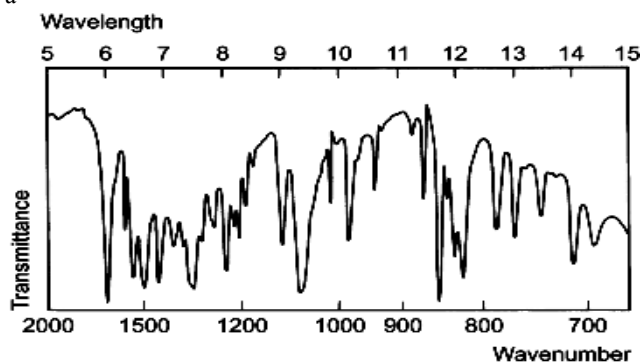
## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 7 (7.1–7.18):

**7.1.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

1.

характеристические полосы поглощения бензилпенициллина натриевой соли: 1620, 1777, 1500, 1310, 1700, 703  $\text{cm}^{-1}$ ;

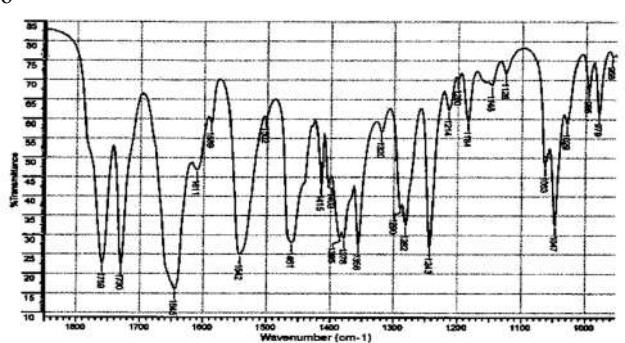
а



2.

характеристические полосы поглощения хлорамфеникола (левомицетина): 1681, 847, 1072, 1515, 816, 1562  $\text{cm}^{-1}$ ;

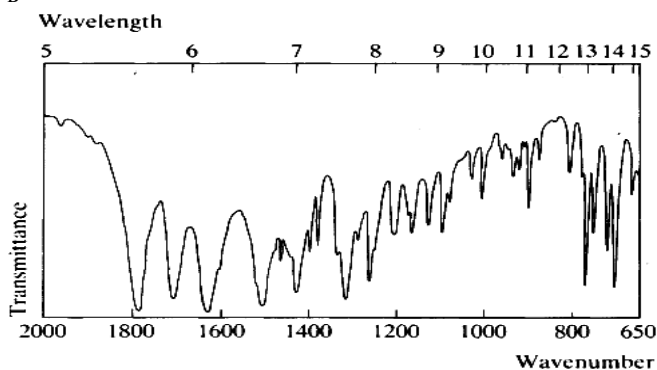
б



3.

характеристические полосы поглощения цефотаксима натриевой соли: 1645, 1730, 1750, 1542, 1242, 1356, 1461, 1047  $\text{cm}^{-1}$ .

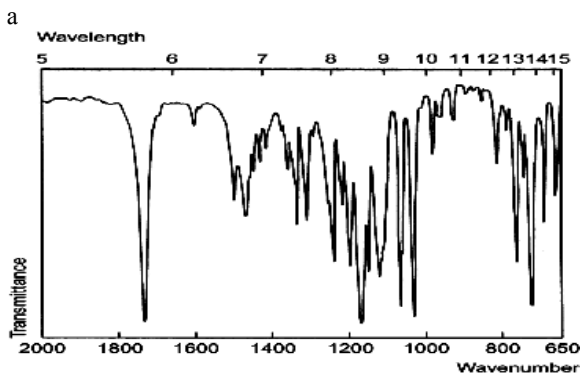
в



**7.2. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

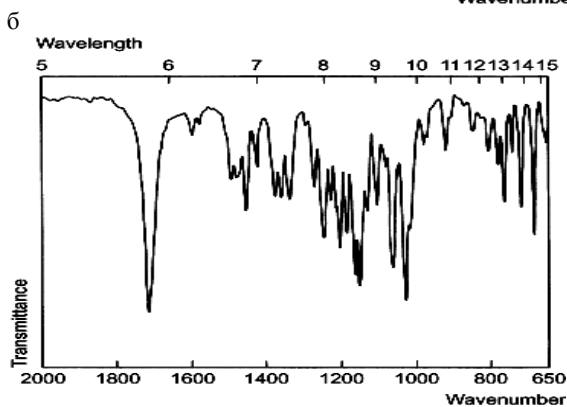
1.

характеристические полосы поглощения атропина сульфата: 1720, 1035, 1153, 1163, 1204  $\text{cm}^{-1}$ ;



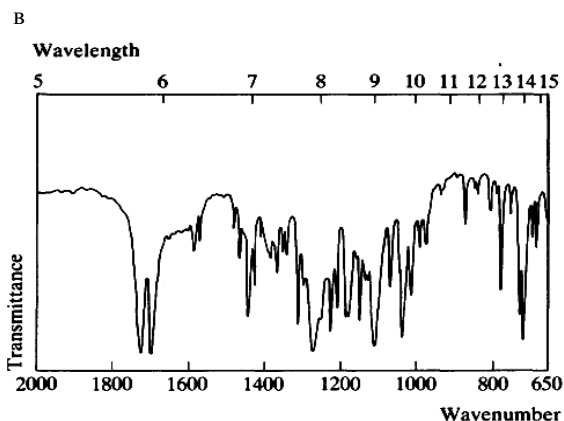
2.

характеристические полосы поглощения кокаина: 1710, 1738, 1275, 110, 712, 1037  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения гоматропина гидробромида: 1730, 1172, 1030, 735, 1063, 1125  $\text{cm}^{-1}$ .

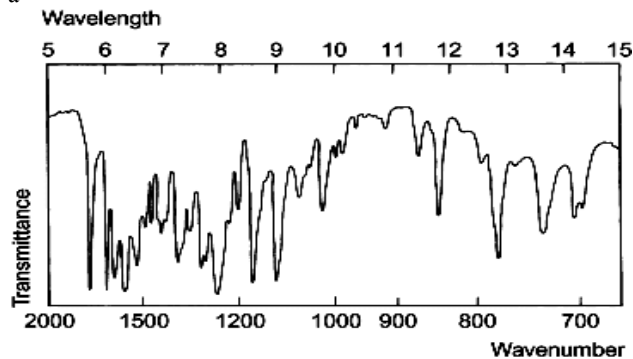


**7.3. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

1.

характеристические полосы поглощения ломефлоксацина гидрохлорида: 1725, 1614, 1463, 1376, 1300, 1205, 1065  $\text{cm}^{-1}$ ;

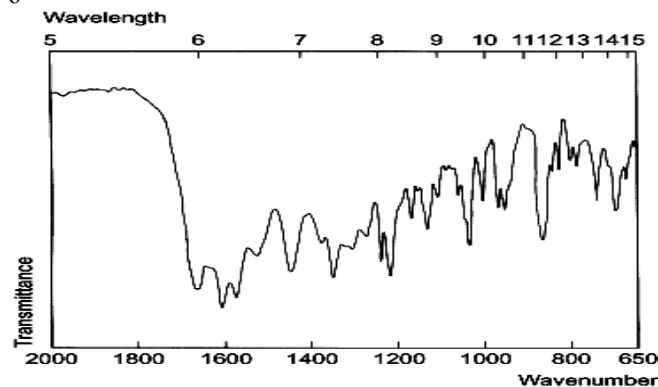
a



2.

характеристические полосы поглощения бензилпенициллина новокаиновой соли: 1266, 1600, 1779, 1692, 1176, 1120  $\text{cm}^{-1}$ ;

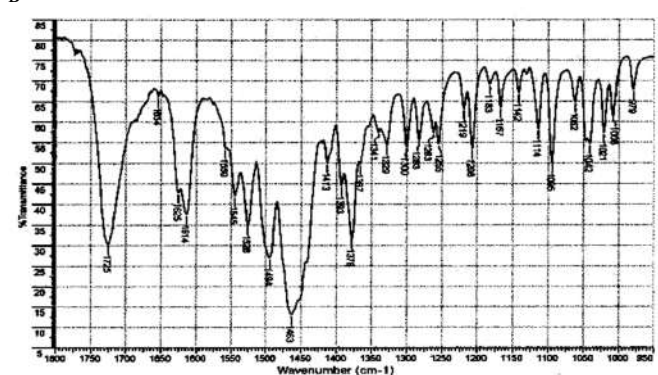
б



3.

характеристические полосы поглощения тетрациклина гидрохлорида: 1612, 1580, 1660, 1226, 1248, 1530  $\text{cm}^{-1}$ .

в

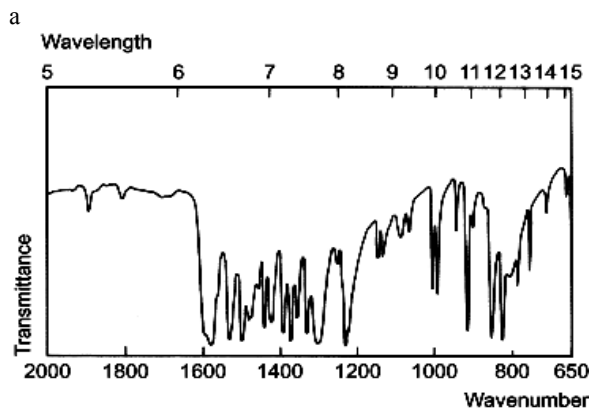




7.4. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

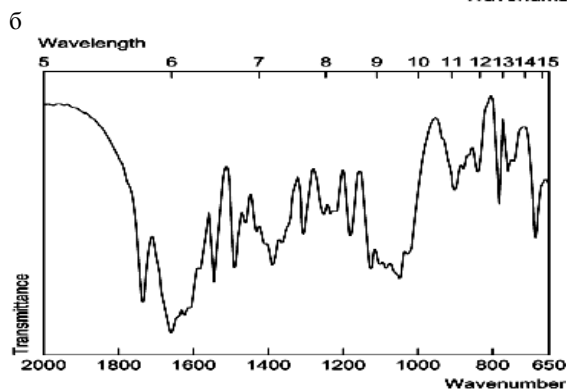
1.

характеристические полосы поглощения кофеина: 1658, 1698, 747, 1548, 1242, 760  $\text{cm}^{-1}$ ;



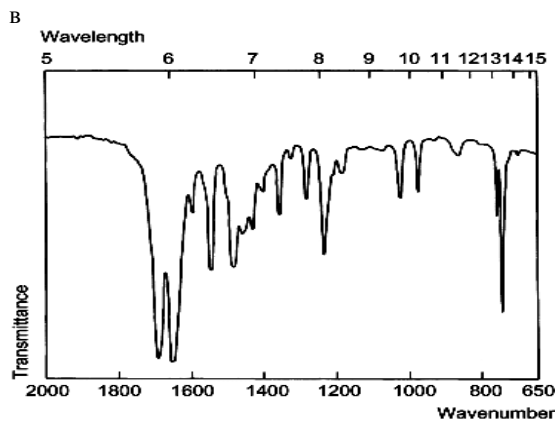
2.

характеристические полосы поглощения азатиоприна: 1237, 1306, 1580, 832, 1500, 1531  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения ганцикловира (цимевена): 1647, 1379, 1041  $\text{cm}^{-1}$ .

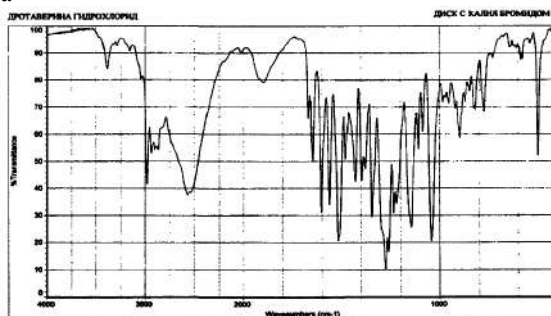


**7.5. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

1.

характеристические полосы поглощения папаверина гидрохлорида: 1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238  $\text{см}^{-1}$ ;

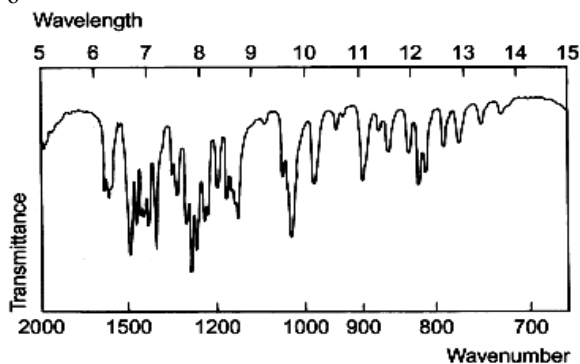
a



2.

характеристические полосы поглощения клонидина гидрохлорида (клофелина): 1653, 1610, 778, 795, 1295, 1568  $\text{см}^{-1}$ ;

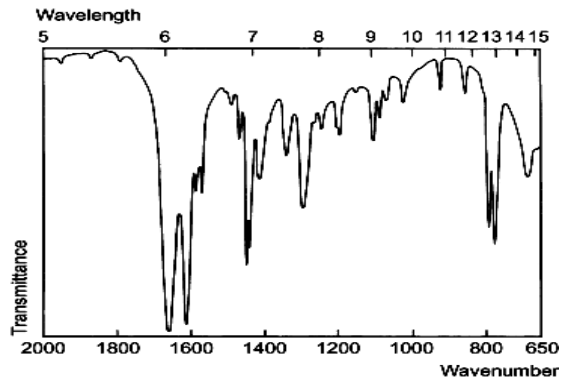
б



3.

характеристические полосы поглощения дротаверина гидрохлорида: 1653, 1600, 1514, 1430, 1400, 1348, 1278, 1145, 1050  $\text{см}^{-1}$ .

в

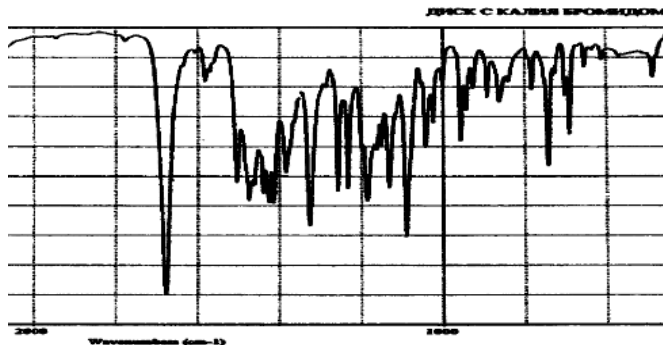


**7.6. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

1.

характеристические полосы поглощения индометацина: 1220, 1120, 1700, 1240, 1720, 1265  $\text{cm}^{-1}$ ;

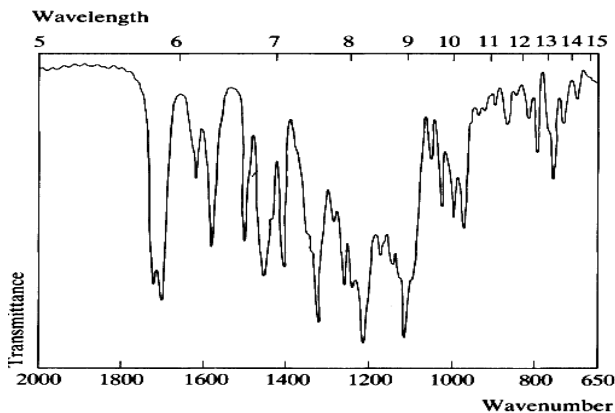
a



2.

характеристические полосы поглощения арбидола: 1681, 1471, 1413, 1182, 1094, 1050, 746  $\text{cm}^{-1}$ ;

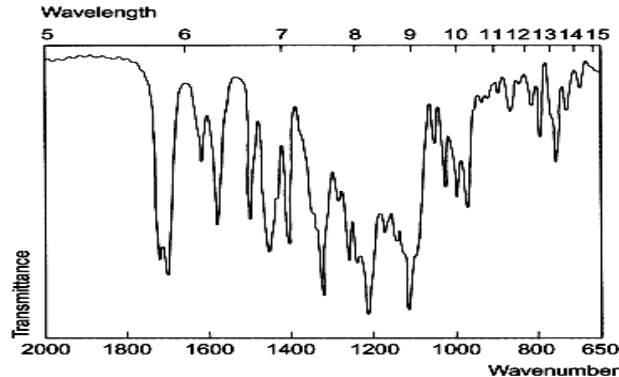
б



3.

характеристические полосы поглощения резерпина: 1220, 1120, 1700, 1240, 1720, 1265  $\text{cm}^{-1}$ .

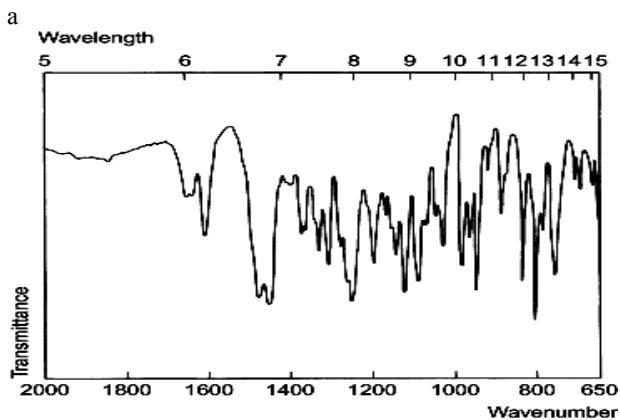
В



7.7. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

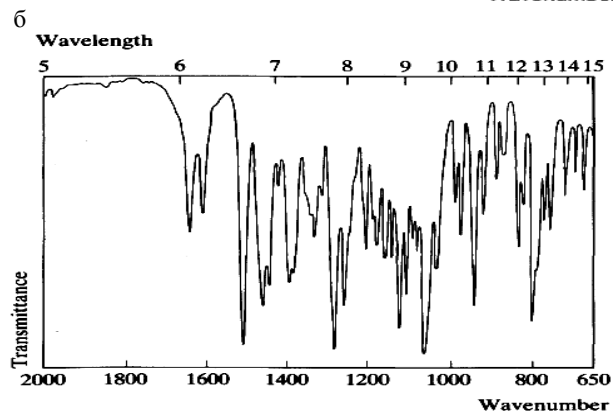
1.

характеристические полосы поглощения кодеина: 1052, 1268, 1500, 1111, 793, 934  $\text{cm}^{-1}$ ;



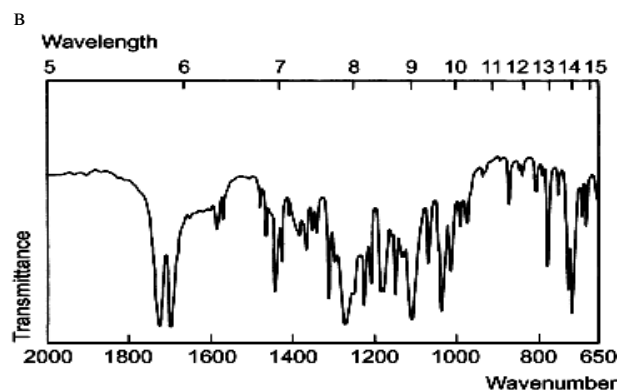
2.

характеристические полосы поглощения кокаина: 1710, 1738, 1275, 1110, 712, 1037  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения морфина гидрохлорида: 805, 1243, 1118, 945, 1086, 833  $\text{cm}^{-1}$ .

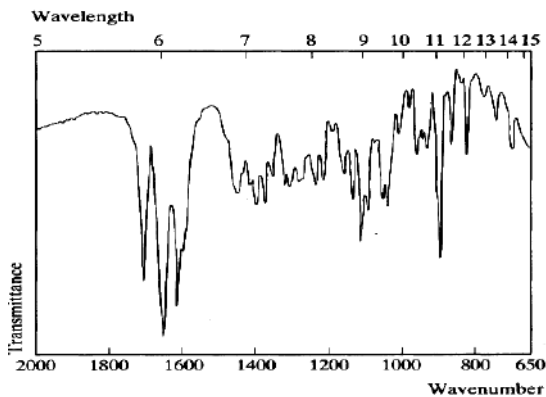


**7.8. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

1.

характеристические полосы поглощения гидрокортизона: 1640, 1702, 1610, 1232, 1042, 1115  $\text{cm}^{-1}$ ;

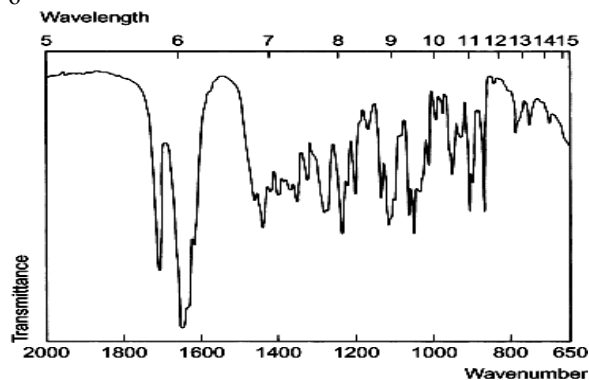
a



2.

характеристические полосы поглощения триамцинолона ацетонида (кеналога): 1663, 1057, 1618, 1609, 902, 1080  $\text{cm}^{-1}$ ;

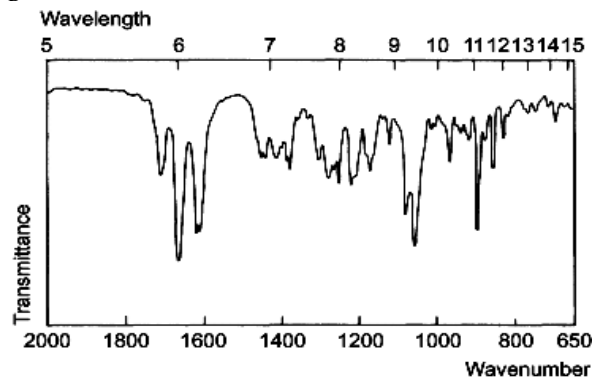
б



3.

характеристические полосы поглощения преднизолона: 1654, 1612, 1708, 887, 1112, 1085  $\text{cm}^{-1}$ .

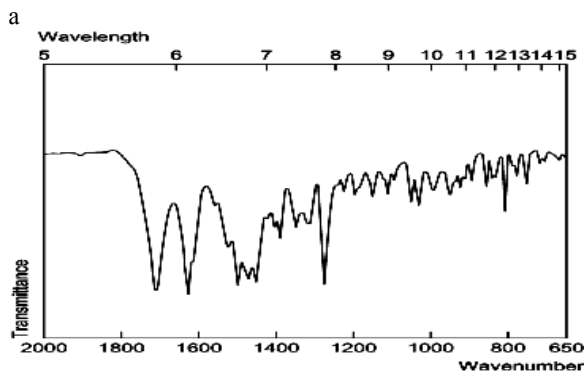
В



**7.9. Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:**

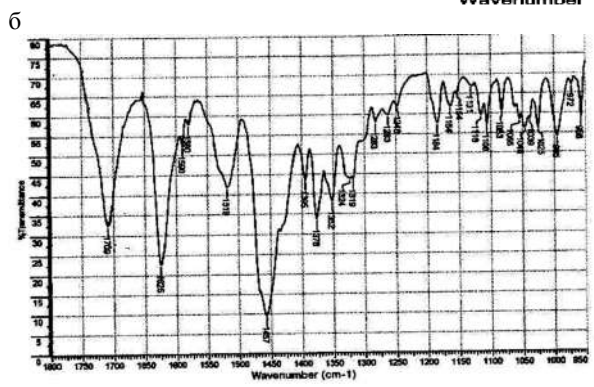
1.

характеристические полосы поглощения ломефлоксацина гидрохлорида: 1725, 1625, 1614, 1526, 1463, 1378, 1205, 1086  $\text{cm}^{-1}$ ;



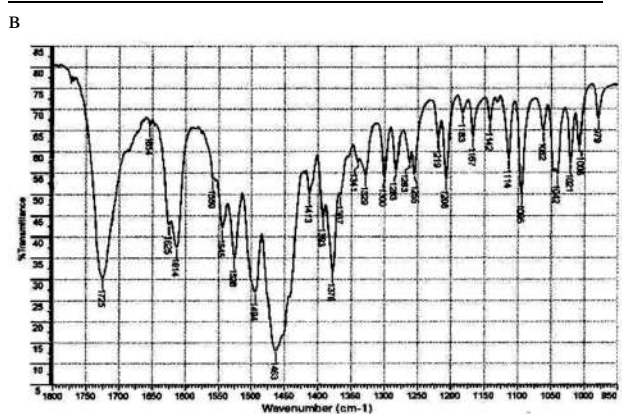
2.

характеристические полосы поглощения ципрофлоксацина: 1703, 1619, 1267  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения моксифлоксацина гидрохлорида: 1710, 1625, 1520, 1457, 1376, 1352, 1184, 985  $\text{cm}^{-1}$ .

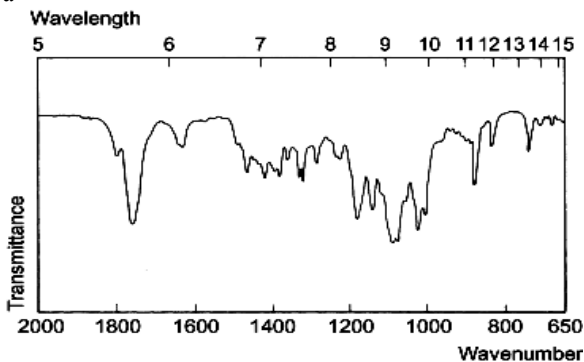


**7.10.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

1.

характеристические полосы поглощения дигоксина: 1075, 1709, 1055, 1020, 1160, 1110  $\text{cm}^{-1}$ ;

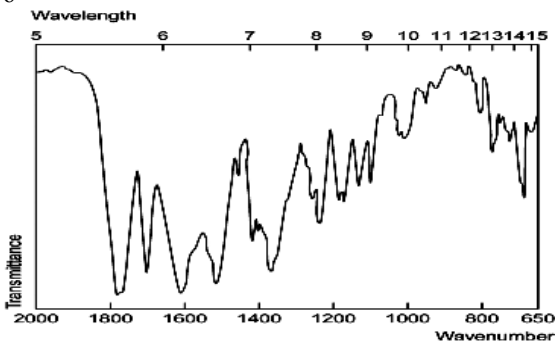
a



2.

характеристические полосы поглощения дигитоксина: 1072, 1058, 1010, 1740, 1168, 990  $\text{cm}^{-1}$ ;

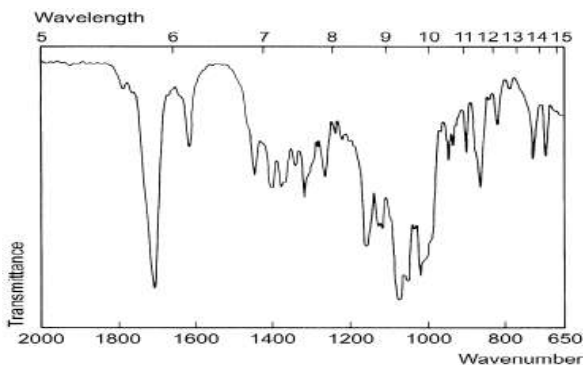
б



3.

характеристические полосы поглощения цефаклора: 1775, 1693, 1600, 1365, 1500, 1560  $\text{cm}^{-1}$ .

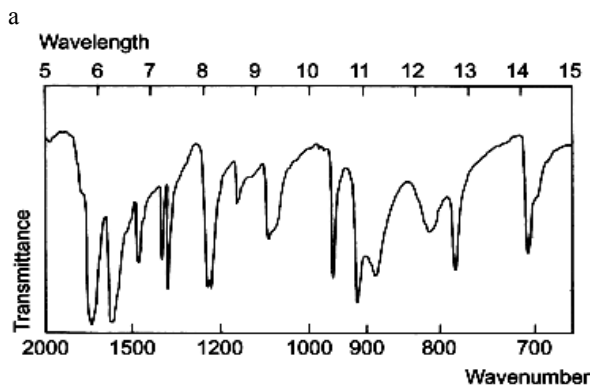
в



**7.11.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

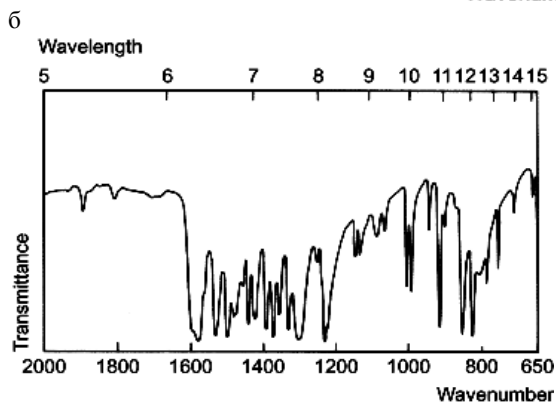
1.

характеристические полосы поглощения кофеина: 1658, 1698, 747, 1548, 1242, 760  $\text{cm}^{-1}$ ;



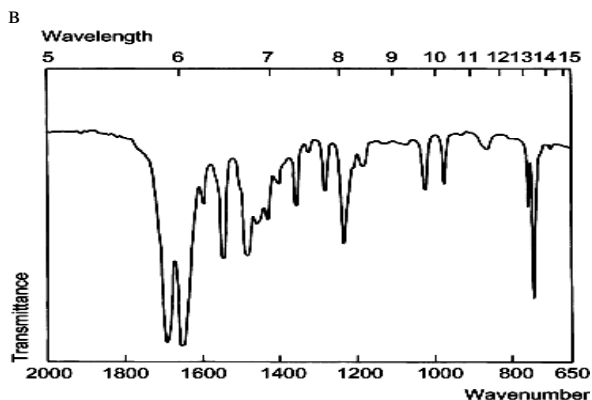
2.

характеристические полосы поглощения аллопуринола: 1692, 1587, 916, 1224, 1235, 956  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения азатиоприна: 1237, 1306, 1580, 832, 1500, 1531  $\text{cm}^{-1}$ .



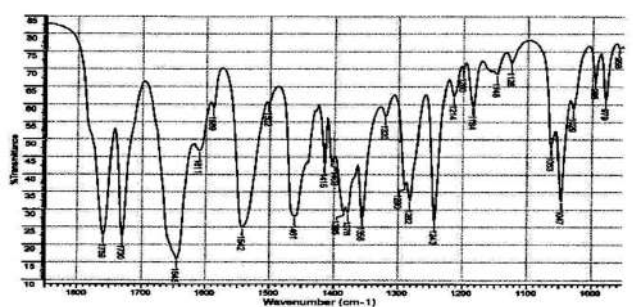


**7.12.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

1.

характеристические полосы поглощения ципрофлоксацина: 1616, 1591, 1500, 1487, 1377, 1267, 1038  $\text{cm}^{-1}$ ;

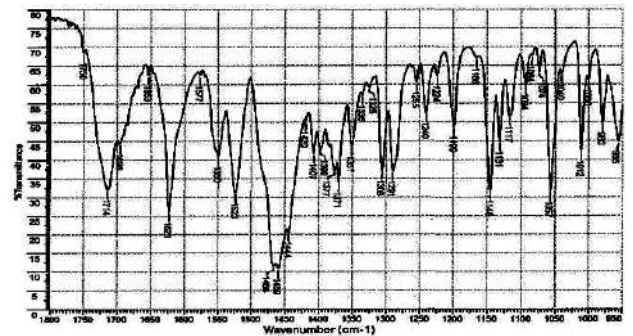
a



2.

характеристические полосы поглощения офлоксацина: 1714, 1625, 1550, 1523, 1466, 1458, 1308, 1291, 1199, 1148, 1057  $\text{cm}^{-1}$ ;

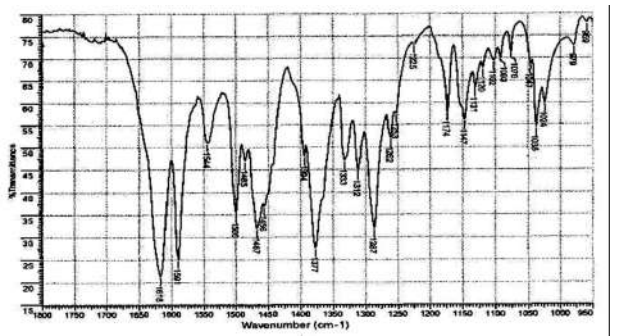
б



3.

характеристические полосы поглощения цефотаксима натриевой соли: 1759, 1730, 1645, 1512, 1481, 1385, 1378, 1243, 1047  $\text{cm}^{-1}$ .

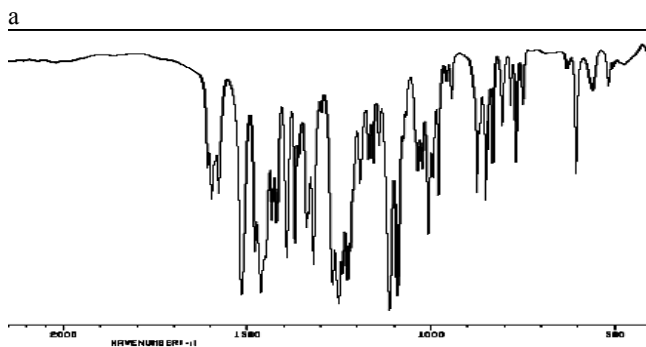
в



**7.13.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

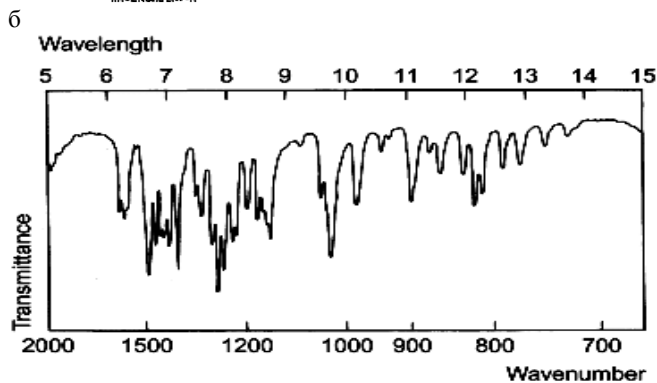
1.

характеристические полосы поглощения папаверина гидрохлорида: 1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238  $\text{cm}^{-1}$ ;



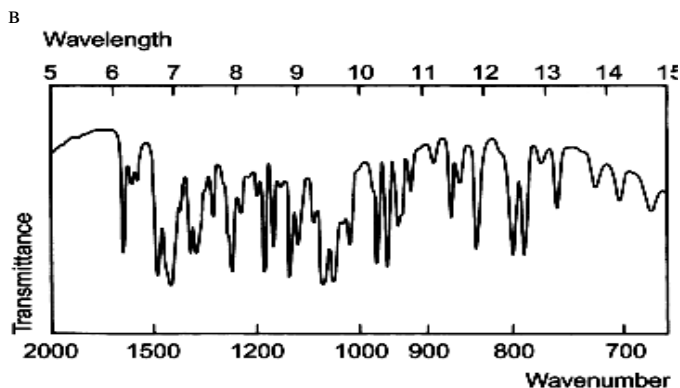
2.

характеристические полосы поглощения этилморфина гидрохлорида: 1064, 1045, 1129, 1499, 1185, 1264  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

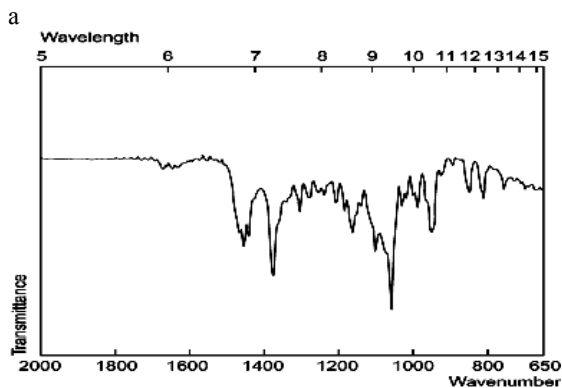
характеристические полосы поглощения глауцина гидрохлорида: 1607, 1597, 1516, 1479, 1392, 1321, 1251, 1113, 1092, 1006  $\text{cm}^{-1}$ .



**7.14.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

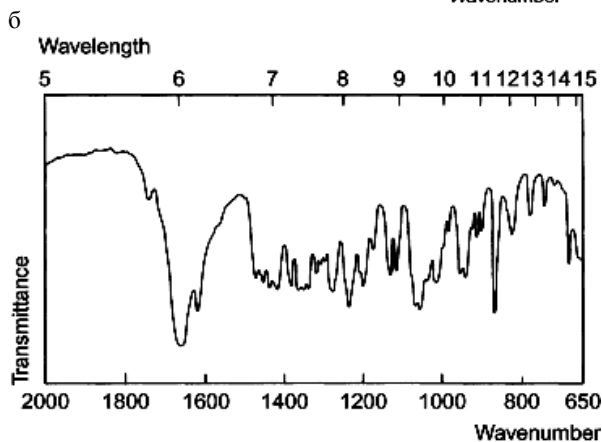
1.

характеристические полосы поглощения тестостерона пропионата: 1660, 871, 1615, 1057, 1236, 1066  $\text{cm}^{-1}$ ;



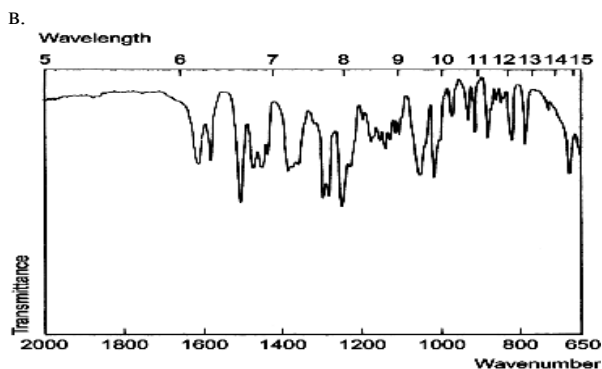
2.

характеристические полосы поглощения этинилэстрадиола: 1252, 1505, 1298, 1285, 1020, 1060  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

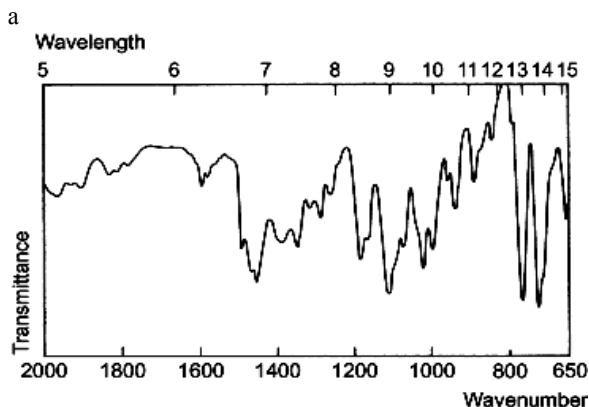
характеристические полосы поглощения метандростендиола: 1449, 1372, 1054, 942  $\text{cm}^{-1}$ .



**7.15.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

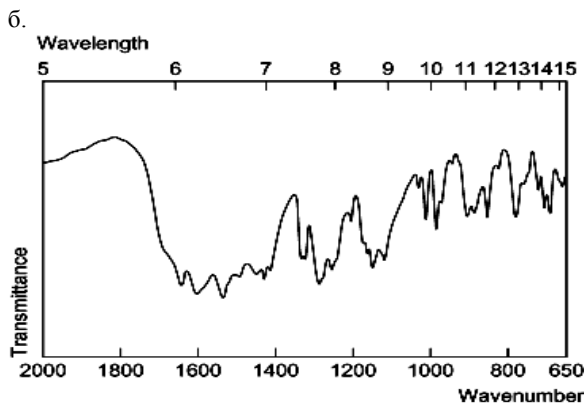
1.

характеристические полосы поглощения дифенгидрамина гидрохлорида (димедрола): 713, 754, 1103, 1017, 1180, 991  $\text{cm}^{-1}$ ;



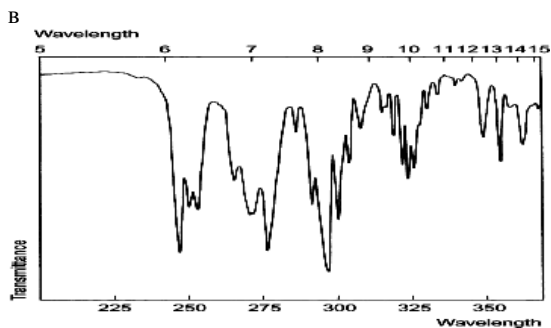
2.

характеристические полосы поглощения ранитидина гидрохлорида: 1220, 1620, 1192, 1570, 1590, 1260  $\text{cm}^{-1}$ ;



3.

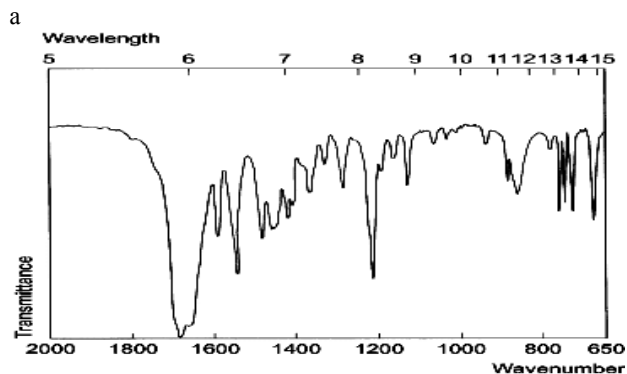
характеристические полосы поглощения фамотидина: 1638, 1535, 1290, 781  $\text{cm}^{-1}$ .



**7.16.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

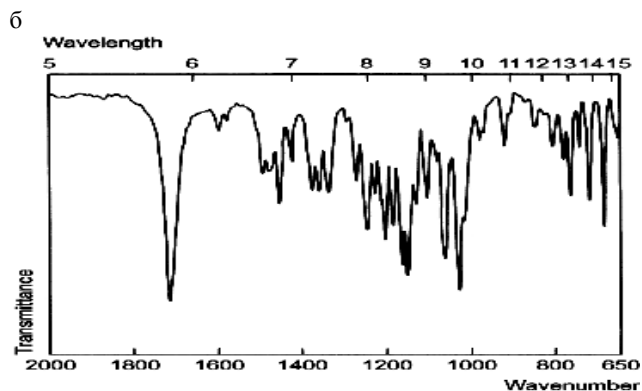
1.

характеристические полосы поглощения папаверина гидрохлорида: 1279, 1508, 1263, 1026, 1292, 1238  $\text{см}^{-1}$ ;



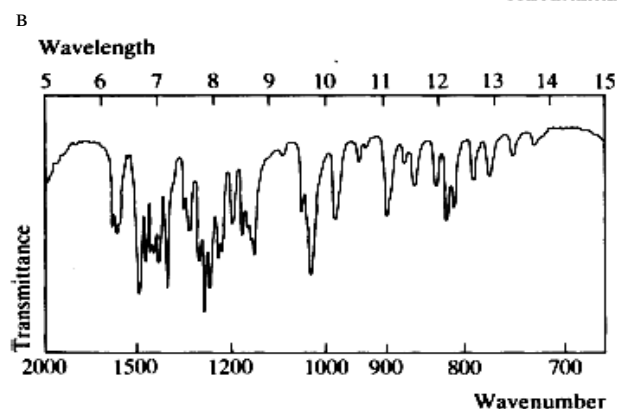
2.

характеристические полосы поглощения теобромина: 1690, 1665, 1221, 1550, 1595, 680  $\text{см}^{-1}$ ;



3.

характеристические полосы поглощения атропина: 1720, 1035, 1153, 1163, 1063, 1204  $\text{см}^{-1}$ .

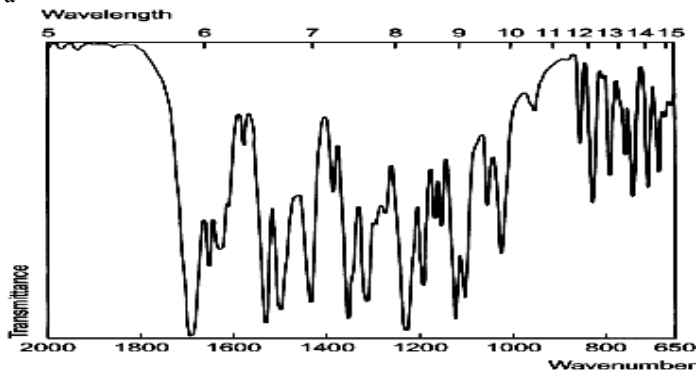


**7.17.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

1.

характеристические полосы поглощения азитромицина 1721, 1188, 1052  $\text{см}^{-1}$ ;

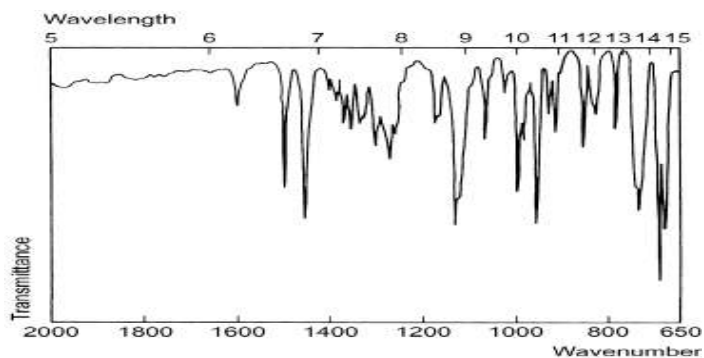
a



2.

характеристические полосы поглощения нифедипина 1690, 1225, 1527, 1120, 1496, 1310  $\text{см}^{-1}$ ;

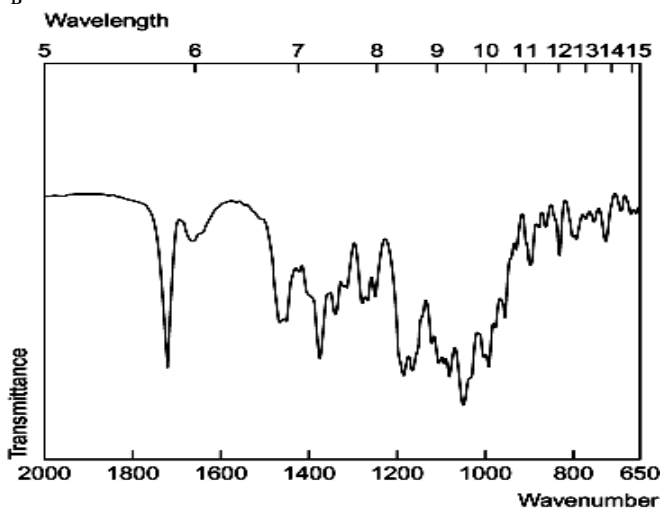
б



3.

характеристические полосы поглощения циннаризина 702, 691, 1138, 964, 740, 1000  $\text{см}^{-1}$ .

в

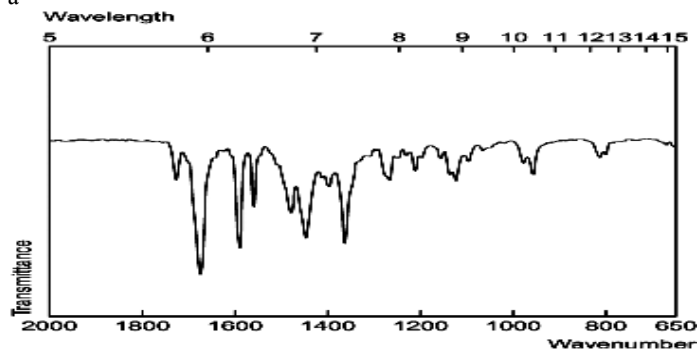


**7.18.** Составьте пары: «характеристические полосы поглощения — ИК-спектр ЛВ»:

1.

характеристические полосы поглощения вера-  
памил гидрохлорида  
1510, 1253, 1026, 1232,  
1149, 1587  $\text{см}^{-1}$ ;

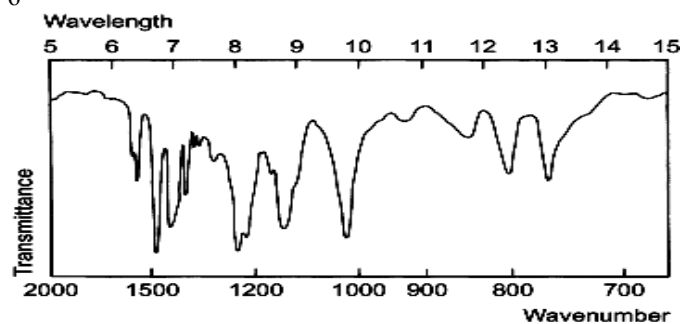
a



2.

характеристические по-  
лосы поглощения изо-  
сорбида динитрата 1062,  
1618, 862, 1266, 1653,  
1089  $\text{см}^{-1}$ ;

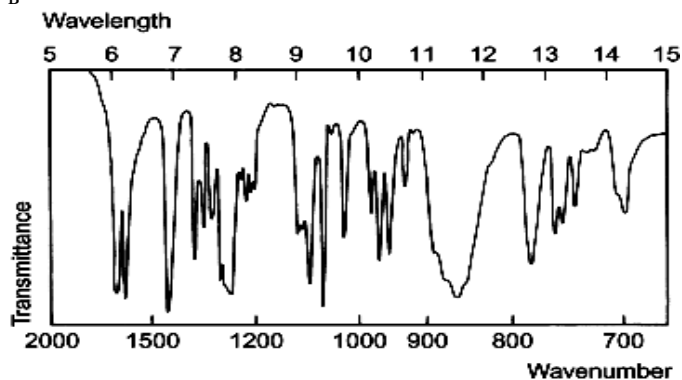
б



3.

характеристические по-  
лосы поглощения бус-  
пирона 1668, 1436,  
1351  $\text{см}^{-1}$ .

в



# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГРУПП АТОМОВ [5, 12, 15]

АЛКАНЫ	
Валентные колебания C–H (ν)	
–CH <sub>3</sub>	2962 и 2872 см <sup>–1</sup> ± 10 см <sup>–1</sup> (с.); 1380 см <sup>–1</sup> (сл.)
–CH <sub>2</sub> –	2926 и 2853 см <sup>–1</sup> ± 10 см <sup>–1</sup> (с.)
≡C–H (третичный)	2890 ± 10 см <sup>–1</sup> (сл.)
Деформационные колебания C–H (δ)	
≡C–CH <sub>3</sub> (асимметричные)	1450 ± 10 см <sup>–1</sup> (сп.)
–CH <sub>2</sub> –	1465 ± 20 см <sup>–1</sup> (сп.)
≡C–CH <sub>3</sub> (симметричные)	1380–1370 ± 20 см <sup>–1</sup> (с.)
=C–(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1385–1380 и 1370–1365 см <sup>–1</sup> (с.)
–C–(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1395–1385 см <sup>–1</sup> (сп.) и 1365 см <sup>–1</sup> (с.)
–CH–	~1340 см <sup>–1</sup> (сл.)
–CH <sub>3</sub> ; –CH <sub>2</sub> –	1480–1430 см <sup>–1</sup> (с., сп.); 1390–1370 см <sup>–1</sup> (с.)
Колебания — C–C-скелета	
R–C–(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1250 ± 5 см <sup>–1</sup> (с.), 1250–1200 (с.), около 415 см <sup>–1</sup>
–C–(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1170 ± 5 см <sup>–1</sup> (с.), 1170–1140 см <sup>–1</sup> (с.), ~ 800 см <sup>–1</sup>
–(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> –	750–720 см <sup>–1</sup> (с.)
–(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> –O–	742–734 см <sup>–1</sup> (с.) (неприменимо к углеводородам)
–C≡C–	2300–2100 см <sup>–1</sup>
Циклические системы	
Циклопропан	1020–1000 см <sup>–1</sup> (сп.)
Циклобутан	920–866 см <sup>–1</sup> или 1000–960 см <sup>–1</sup> (сп.)
АЛКЕНЫ	
Валентные колебания C=C	
Несопряженная связь	1680–1620 см <sup>–1</sup>
Связь, сопряженная с фенилом	~1625 см <sup>–1</sup> (с.)
Связь, сопряженная с C=O и C=C	~1625 см <sup>–1</sup> (с.)
Валентные и деформационные колебания C–H	
–CH=CH– ( <i>транс</i> )	3040–3010 см <sup>–1</sup> (сп.) (ν); 970–960 см <sup>–1</sup> (с.) (δ); 1310–1295 см <sup>–1</sup> (с.-сл.) (δ)
–CH=CH– ( <i>цис</i> )	3040–3010 см <sup>–1</sup> (сп.) (ν); ~690 см <sup>–1</sup> (с.) (δ)
АЛКИНЫ	
≡CH	3300 см <sup>–1</sup> (с.) (ν)
C≡C — монозамещенные	2140–2100 см <sup>–1</sup> (с.) (ν)
C≡C — дизамещенные	2260–2190 см <sup>–1</sup> (ν)
Дополнительные полосы	1750, 1250 и 650 см <sup>–1</sup>
АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	
=C–H	вблизи 3030 см <sup>–1</sup> (с.) — валентные колебания; ниже 900 см <sup>–1</sup> (сп.) — деформационные колебания
C=C — связи в ароматическом кольце	1610–1590 см <sup>–1</sup> (сп.); 1500–1480 см <sup>–1</sup> (сп.); 1580 см <sup>–1</sup> (сопряженные кольца) (с.), 1450 (сп.)
Бензол	670 см <sup>–1</sup> (характеристическая полоса)
ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗОЛА	
Монозамещенные	770–735 см <sup>–1</sup> (оч. с.) и 710–690 см <sup>–1</sup> (с.) (δ)



1,2-дизамещенные	770–730 см <sup>-1</sup> (оч. с.)
1,3-дизамещенные	900–860 см <sup>-1</sup> (ср.); 810–750 см <sup>-1</sup> (с.)
1,4-дизамещенные	860–800 см <sup>-1</sup> (с.)
1,3,5-тризамещенные	810–750 см <sup>-1</sup> (оч. с.) (δ)
C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> – (два незамещенных атома Н)	860–800 см <sup>-1</sup> (оч. с.) (δ)
C <sub>6</sub> H <sub>1</sub> – (один незамещенный атом Н)	900–860 см <sup>-1</sup> (ср.) (δ)
1,2-; 1,4-; 1,2,4-замещенные	1225–1175 см <sup>-1</sup> (сл.); 1125–1090 см <sup>-1</sup> (сл.); 1070–1000 см <sup>-1</sup> (сл) (две полосы)
Моно-; 1,3-; 1,2,3-замещенные	1175–1125 см <sup>-1</sup> (сл.); 1110–1070 см <sup>-1</sup> (сл.); 1070–1000 см <sup>-1</sup> (одна полоса) (сл.)
1,3,5-замещенные	1175–1125 см <sup>-1</sup> (сл.); 1070–1000 см <sup>-1</sup> (одна полоса — сл.)
1,2-; 1,2,3-; 1,2,4-замещенные	1000–960 см <sup>-1</sup> (сл.)
<b>ФЕНОЛЫ</b>	
<b>ОН — группа</b> (свободная)	3700–3600 см <sup>-1</sup> ; около 1200 см <sup>-1</sup> (с.); (валентные колебания)
<b>ОН — группа</b> (связанная)	3500–3300 см <sup>-1</sup> (с.) — широкая полоса (валентные колебания)
<b>ОН — группа</b> (внутримолекулярная водородная связь)	3570–3450 см <sup>-1</sup> (один водородный мостик) (валентные колебания)
<b>ОН — группа</b>	1420–1340 см <sup>-1</sup> (ср., с.) (деформационные колебания)
<b>С–О — группа</b>	1250–1200 см <sup>-1</sup> (с.) (валентные колебания)
<b>СПИРТЫ</b>	
<b>валентные колебания С–О</b>	
Первичные спирты	1050–1010 см <sup>-1</sup> (с.)
Вторичные спирты	1150–1080 см <sup>-1</sup> (ср.)
Третичные спирты	1200–1150 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>ОН — группа</b>	
Деформационные колебания	1420–1340 см <sup>-1</sup> (ср., сл.)
Валентные колебания свободной неассоциированной группы	3700–3600 см <sup>-1</sup> (ср.) — узкая полоса
Валентные колебания связанной группы	3500–3300 см <sup>-1</sup> (с.) — широкая полоса
<b>О–Н (спирты)</b>	3600–3200 см <sup>-1</sup>
<b>ЭФИРЫ ПРОСТЫЕ, СЛОЖНЫЕ, ЦИКЛИЧЕСКИЕ</b>	
–CH <sub>2</sub> –O–CH <sub>2</sub> – (алкильные простые)	1150–1060 см <sup>-1</sup> (оч. с.)
ароматические и другие (с группой =C–O–)	1270–1230 см <sup>-1</sup> (оч. с.)
Сложные эфиры	1480–1430 см <sup>-1</sup> (с., ср.)
Простые эфиры	1290–1050 см <sup>-1</sup> (ср., с.)
Эпоксидные соединения	~1250 см <sup>-1</sup> (с.); ~890 см <sup>-1</sup> ( <i>транс</i> ) (с.); ~830 см <sup>-1</sup> ( <i>цис</i> ) (ср.)
Соединения с большими циклами	1140–1070 см <sup>-1</sup> (оч. с.)
Простые эфиры с большими циклами	1140–1070 см <sup>-1</sup> (с.)
Ариловые эфиры	1275–1200 см <sup>-1</sup> (с.)
Алкиловые эфиры	1150–1070 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>КЕТОНЫ –CH<sub>2</sub>–CO–CH<sub>2</sub>–</b>	
Замещенные с открытой цепью	1725–1705 см <sup>-1</sup> (с.)

С шести- и семичленным кольцом	1725–1705 см <sup>-1</sup> (с.)
С пятичленным кольцом	1750–1740 см <sup>-1</sup> (с.)
С четырехчленным кольцом	около 1775 см <sup>-1</sup> (с.)
α, β — ненасыщенные; ароматические	1690–1660 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>ХИНОНЫ</b>	
Две группы –СО в одном кольце	1690–1660 см <sup>-1</sup> (с.)
Две группы –СО в двух кольцах	1655–1635 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>АЛЬДЕГИДЫ</b>	
Колебания СО (насыщенные алифатические) — валентные	1740–1720 см <sup>-1</sup> (с.)
колебания С–Н (для всех типов)	2900–2700 см <sup>-1</sup> (сл.) (δ); 975–780 см <sup>-1</sup> (ср.) (ν)
Ароматические — валентные	1715–1680 см <sup>-1</sup> (с.)
Альдегиды и кетоны	1750–1710 см <sup>-1</sup>
<b>Другие колебания</b>	
Алифатические альдегиды	1440–1325 см <sup>-1</sup> (с.); 1415–1350 см <sup>-1</sup> (с.)
Ароматические альдегиды	1320–1260 см <sup>-1</sup> (с.); 1230–1160 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ</b>	
Свободная –ОН группа	2700–2500 см <sup>-1</sup> (сл.) (δ)
Связанная –ОН группа	3560–3500 см <sup>-1</sup> (ср.)
<b>О–Н</b>	3600–2500 см <sup>-1</sup>
Ассоциированная –ОН группа	3300–2500 см <sup>-1</sup> (ср.) — очень широкая полоса
С=О (алифатические кислоты)	1725–1700 см <sup>-1</sup> (сл.)
С=О (ароматические кислоты)	1700–1680 см <sup>-1</sup> (сл.)
С=О (с внутренней водородной связью)	1670–1650 см <sup>-1</sup> (сл.)
Сложноэфирная связь	1790–1650 см <sup>-1</sup> (с.)
Сложноэфирная связь	1750–1730 см <sup>-1</sup> (с.)
Колебания С–О (δ), –ОН (ν); –ОН (ν, неплоскостные)	1440–1395 см <sup>-1</sup> (сл.); 1320–1211 см <sup>-1</sup> (с.) 950–900 см <sup>-1</sup> (перем.)
Карбоксильная группа	1610–1550 см <sup>-1</sup> (с.) (ν); 1420–1300 см <sup>-1</sup> (с.) (ν)
Карбонильная группа (–С=О)	1900–1600 см <sup>-1</sup>
Фенилкарбоновые кислоты	1780–1750 см <sup>-1</sup> (с.); 1400 см <sup>-1</sup> (сл.)
Соли карбоновых кислот	1600–1590 см <sup>-1</sup> (с.); 1760–1700 см <sup>-1</sup> (с.)
Ацетилгалогениды	1815–1770 см <sup>-1</sup>
Ангидриды кислот	1850–1800 и 1790–1740 см <sup>-1</sup>
Первичные, вторичные, третичные амиды (полоса амид I)	1680–1630 см <sup>-1</sup>
Амиды кислот	1700–1680 см <sup>-1</sup>
<b>СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ И ЛАКТОНЫ</b>	
<b>Валентные колебания С=О</b>	
Насыщенные сложные эфиры	1750–1735 см <sup>-1</sup>
Сложные α-кетозфиры	1755–1740 см <sup>-1</sup>
Сложные β-кетозфиры (енольные)	1755–1740 см <sup>-1</sup>
γ-лактоны (насыщенные)	1780–1760 см <sup>-1</sup>
γ-лактоны (α,β-ненасыщенные)	1760–1740 см <sup>-1</sup>
γ-лактоны (β,γ-ненасыщенные)	около 1800 см <sup>-1</sup>
β-лактоны	около 1820 см <sup>-1</sup>
Сложные тиозфиры все типов	около 1675 см <sup>-1</sup>
Деформационные колебания	1480–1430 см <sup>-1</sup> (с., ср.)

<b>Валентные колебания C–O</b>	
Формиаты	1200–1180 см <sup>-1</sup>
Ацетаты	1250–1230 см <sup>-1</sup>
Фенолацетаты	около 1205 см <sup>-1</sup>
Пропионаты и высшие гомологи	1200–1150 см <sup>-1</sup>
Бензоаты	1310–1250 см <sup>-1</sup> 1150–1100 см <sup>-1</sup>
<b>АМИДЫ, ПРОТЕИНЫ</b>	
<b>Валентные колебания NH</b>	
<b>Первичные амиды</b>	
NH (свободная)	около 3500–3400 см <sup>-1</sup> (ср.)
NH (связанная)	около 3350–3180 см <sup>-1</sup> (ср.)
<b>Вторичные амиды</b>	
NH (свободная)	около 3440–3400 см <sup>-1</sup> (ср.)
NH (связанная):	3320–3270 см <sup>-1</sup> (ср.)
транс-	3180–3140 см <sup>-1</sup> (ср.)
цис-; цис- и транс-	3100–3070 см <sup>-1</sup> (ср.)
Сульфонамидная	1365–1315 см <sup>-1</sup> (с.)
Амидная (I)	1740–1630 см <sup>-1</sup> (с.)
Амидная (II)	1610–1530 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>Полоса поглощения СО (амидная полоса I)</b>	
Первичные амиды	около 1650 см <sup>-1</sup> (тв.) (с.); около 1690 см <sup>-1</sup> (р-р) (с.)
Вторичные амиды	1680–1630 см <sup>-1</sup> (тв.) (с.); 1700–1670 см <sup>-1</sup> (р-р) (с.)
Третичные амиды	1670–1630 см <sup>-1</sup> (тв. и р-р) (с.)
Моноциклические амиды	около 1700 см <sup>-1</sup> (γ-лактамы) (с.); около 1760–1730 см <sup>-1</sup> (β-лактамы в р-ре) (с.)
<b>Деформационные колебания NH<sub>2</sub> (амидная полоса II)</b>	
Первичные амиды	1650–1620 см <sup>-1</sup> (тв.) (с.); 1620–1590 см <sup>-1</sup> (р-р.) (с.)
<b>Деформационные колебания NH (амидная полоса II)</b>	
Вторичные нециклические амиды	1570–1515 см <sup>-1</sup> (тв.) (с.); 1550–1510 см <sup>-1</sup> (р-р.) (с.)
Полоса C–N (только первичные)	1420–1400 см <sup>-1</sup> (оч. сл.)
<b>АМИНЫ</b>	
<b>Валентные колебания NH</b>	
Первичные амины (две полосы)	3500–3300 см <sup>-1</sup>
Вторичные амины (одна полоса)	3500–3300 см <sup>-1</sup>
Алифатические амины	1220–1020 см <sup>-1</sup> (ср.-сл.); вблизи 1410 см <sup>-1</sup> (сл.)
<b>Деформационные колебания NH</b>	
Первичные и вторичные амины	1650–1580 см <sup>-1</sup>
<b>АРОМАТИЧЕСКИЕ АМИНЫ (колебания C–N)</b>	
Первичные	1340–1250 см <sup>-1</sup>
Вторичные	1350–1280 см <sup>-1</sup>
Третичные	1360–1310 см <sup>-1</sup>
<b>АМИНОКИСЛОТЫ</b>	
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	3130–3030 см <sup>-1</sup> (ср.) (v); 1660–1610 см <sup>-1</sup> (сл.); у гидрохлоридов — около 1590 см <sup>-1</sup> (δ) (полоса I) 1550–1485 см <sup>-1</sup> (ср.) (δ) (полоса II)
NH	3390–3260 см <sup>-1</sup> (ср.) (аминокислоты)
Карбоксил COOH (ионизированный)	1600–1560 см <sup>-1</sup> (с.) (все типы аминокислот и солей, кроме гидрохлоридов)
Карбоксил COOH (неионизированный)	1754–1720 см <sup>-1</sup> (с.) (α-аминокислоты) 1724–1695 см <sup>-1</sup> (с.) (α-аминокислоты)

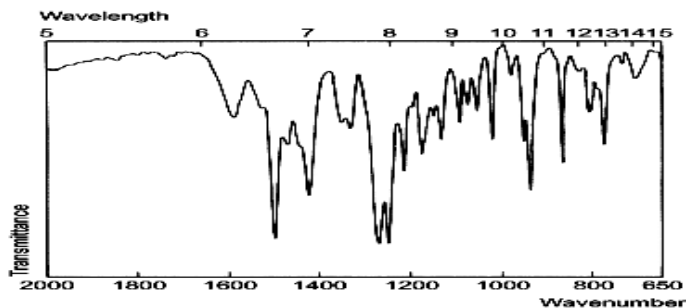
	1730–1700 см <sup>-1</sup> (с.) (β,γ-аминокислоты)
СО (амидная полоса I)	1620–1600 см <sup>-1</sup> (с.) (α-аминокислоты); 1650–1620 см <sup>-1</sup> (с.) другие аминокислоты)
СО (амидная полоса I I)	1570–1500 см <sup>-1</sup> (с.)
<b>АРОМАТИЧЕСКИЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ</b>	
<b>Пиридины и хинолины</b>	
CH, C=C, C=N	около 3020 см <sup>-1</sup> (с.) (v); 1660–1590 см <sup>-1</sup> (ср.) (v) около 1500 см <sup>-1</sup> (с.) (v); около 1200 см <sup>-1</sup> (с.) (δ) 1100–1000 см <sup>-1</sup> (с.) (δ); 900–650 см <sup>-1</sup> (с.) (δ) около 710 см <sup>-1</sup> (с.) (δ)
<b>Пиримидины</b>	
CH	3060–3010 см <sup>-1</sup> (с.) (v)
C=C, C=N	1580–1520 см <sup>-1</sup> (ср.) (v)
Колебания кольца и CH (δ)	1000–960 см <sup>-1</sup> (ср.); 825–775 см <sup>-1</sup> (ср.)
<b>Органические серосодержащие соединения</b>	
–S–C= (меркаптаны, тиоэфиры и др.)	705–550 см <sup>-1</sup>
<b>НИТРО-, НИТРОЗОСОЕДИНЕНИЯ, НИТРАТЫ, НИТРИТЫ</b>	
R–NO <sub>2</sub>	800–500 см <sup>-1</sup>
–C–NO <sub>2</sub>	1560–1500 см <sup>-1</sup> (для аром. соедин.) (v)
–O–NO <sub>2</sub>	1650–1600 см <sup>-1</sup> (v) 1300–1250 см <sup>-1</sup> (v)
–N–NO <sub>2</sub>	1630–1550 см <sup>-1</sup> (v); 1300–1250 см <sup>-1</sup> (v)
R–O–N=O	1681–1610 см <sup>-1</sup> (v)
C–N=O, N–N=O	1410–1310 см <sup>-1</sup> (v)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1410–1340 см <sup>-1</sup> ; 860–800 см <sup>-1</sup>

*Примечание.* Интенсивность: с. — сильная, сл. — слабая; ср. — средняя; оч. сл. — очень слабая, перем. — переменная. Агрегатное состояние: тв. — твердое; р-р — раствор.

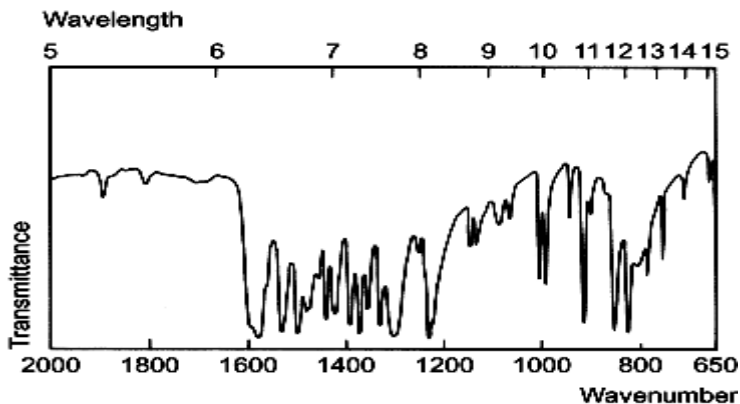
## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ИК-СПЕКТРЫ НЕКОТОРЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ [55, 56]

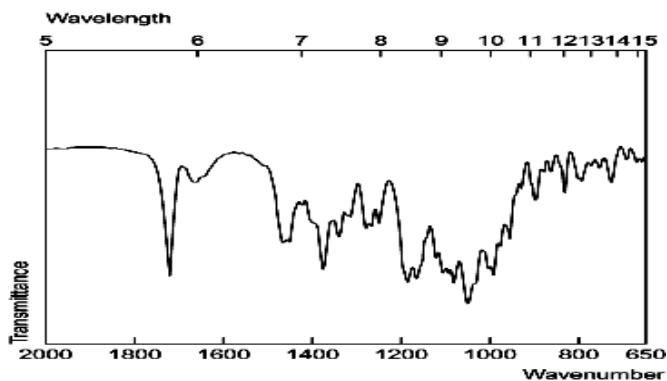
АДРЕНАЛИН (гидрохлорид, гидротартрат)



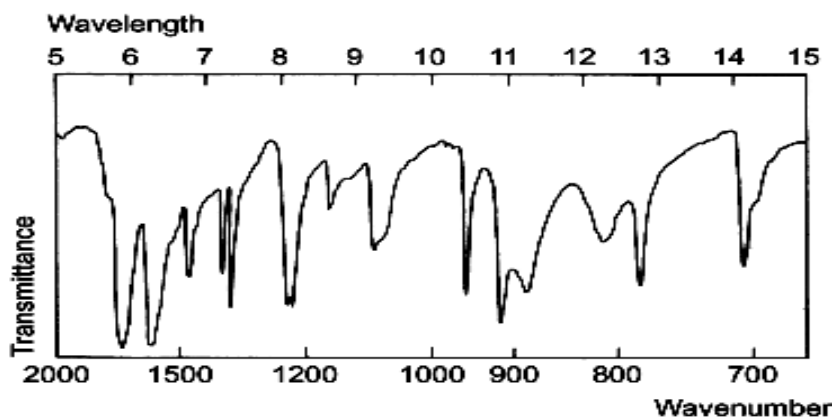
АЗАТИОПРИН



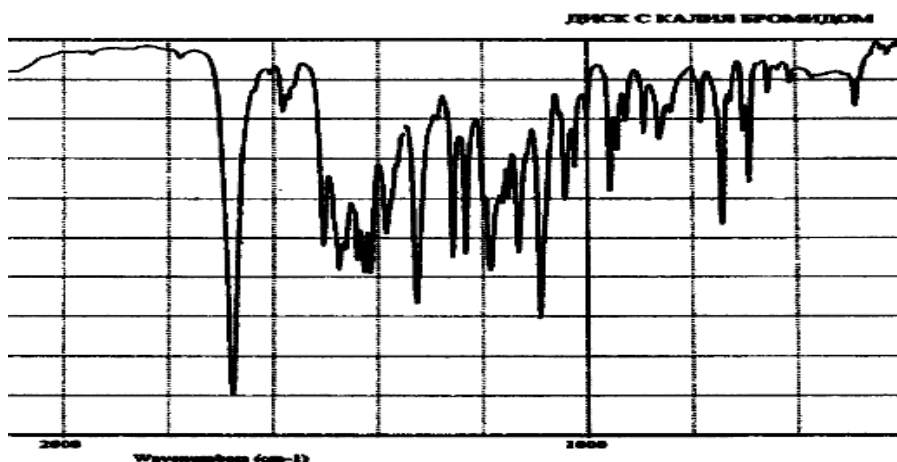
АЗИТРОМИЦИН



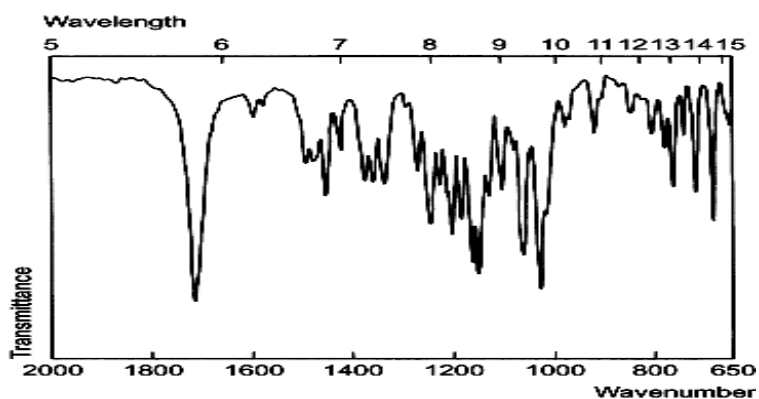
### АЛЛОПУРИНОЛ (изопуринол)



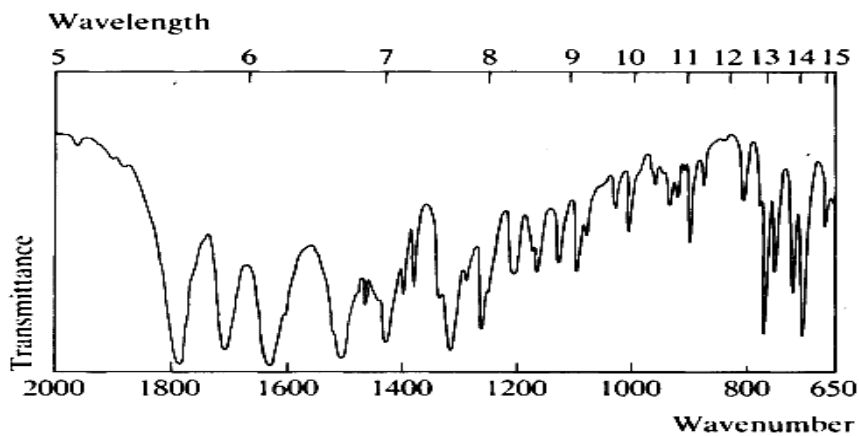
### АРБИДОЛ



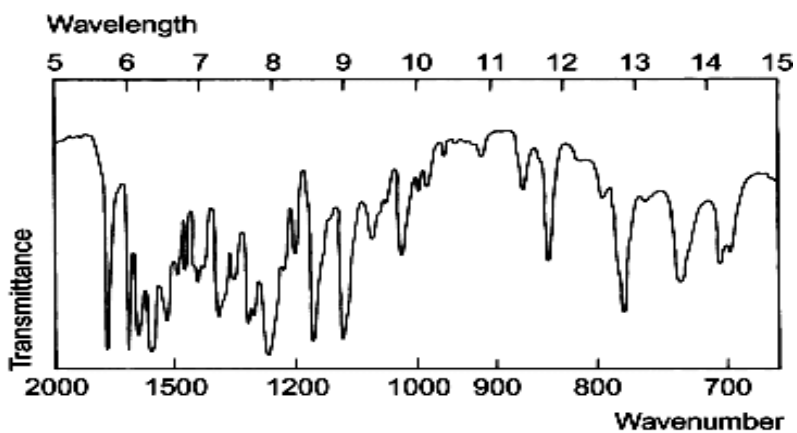
### АТРОПИН



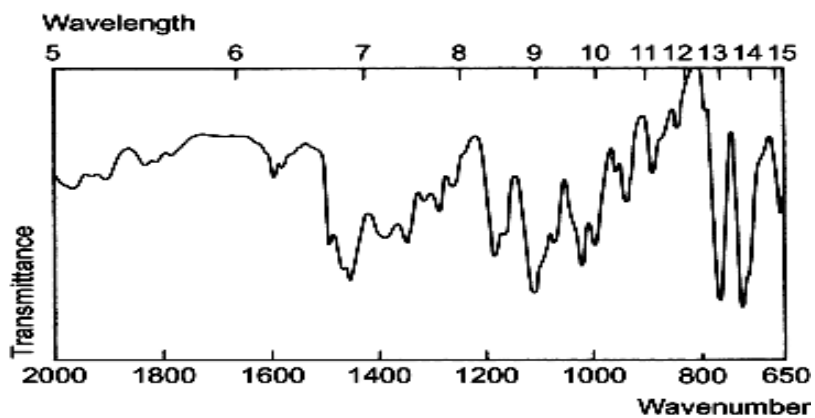
### БЕНЗИЛПЕНИЦИЛЛИНА НАТРИЕВАЯ СОЛЬ



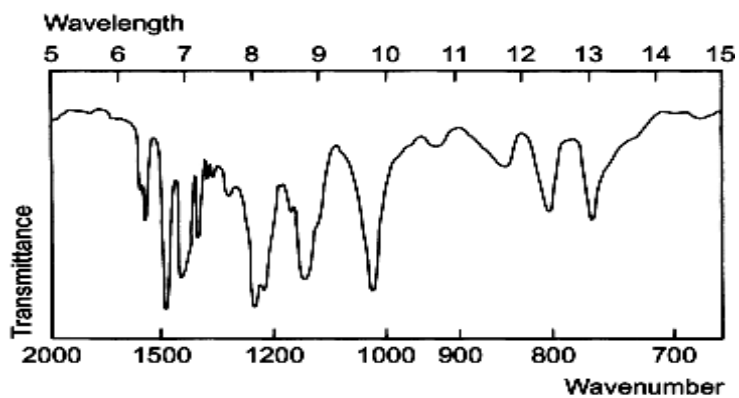
### БЕНЗИЛПЕНИЦИЛЛИНА НОВОКАИНОВАЯ СОЛЬ



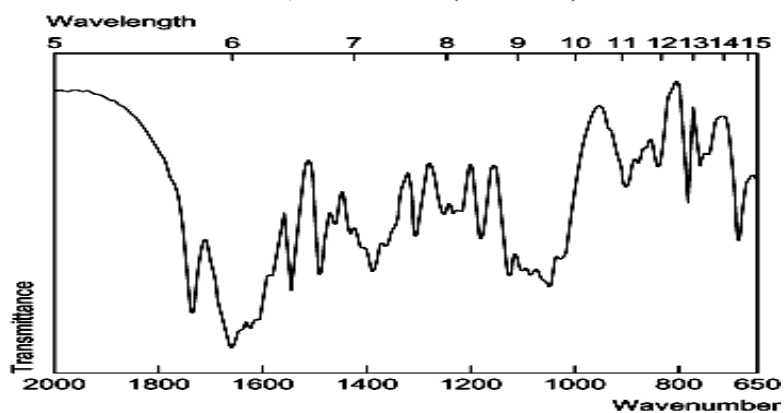
### БЕНЗГИДРАМИНА ГИДРОХЛОРИД (димедрол, дифенгидрамина гидрохлорид)



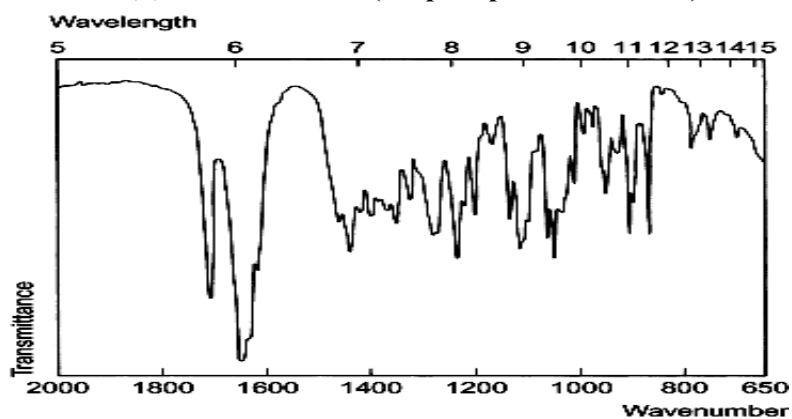
### ВЕРАПАМИЛА ГИДРОХЛОРИД



### ГАНЦИКЛОВИР (цимевен)

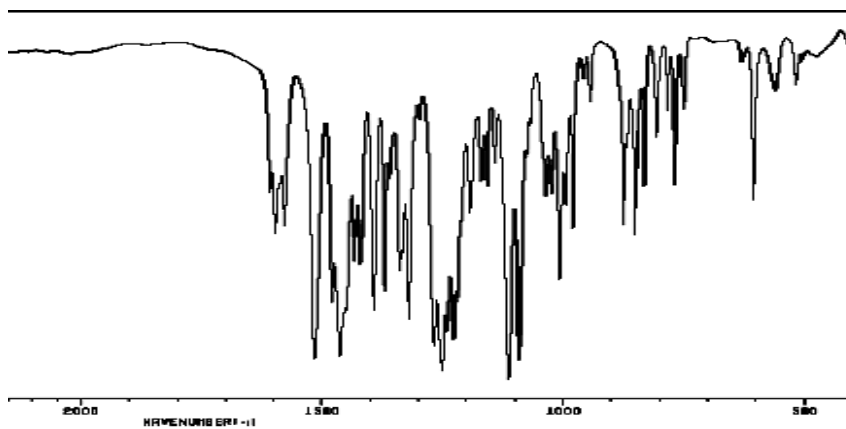


### ГИДРОКОРТИЗОН (гидрокортизона ацетат)

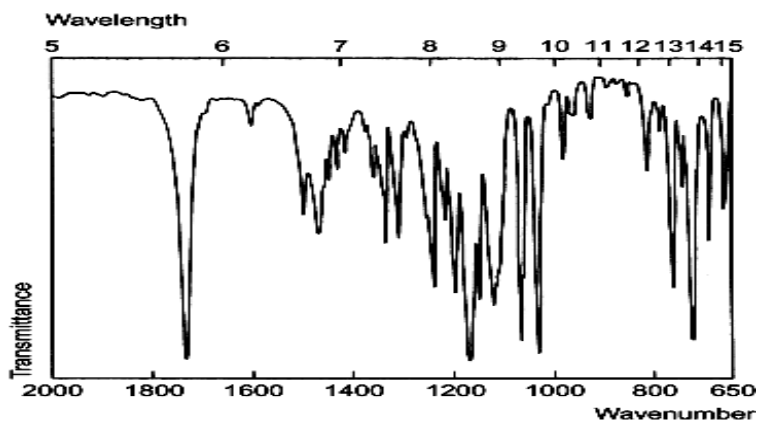




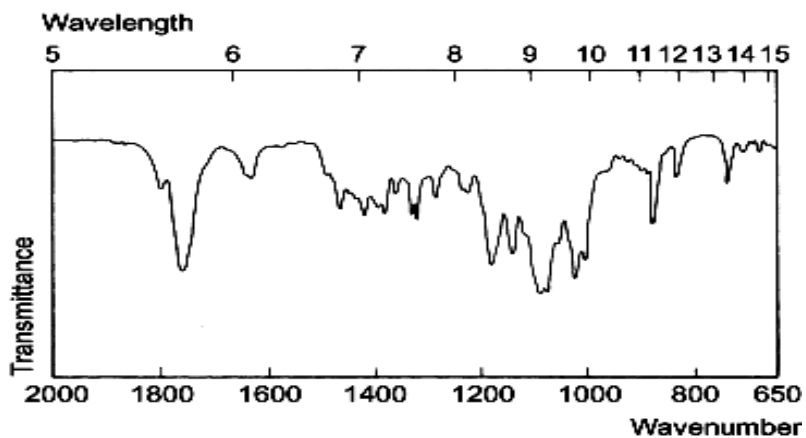
## ГЛАУЦИНА ГИДРОХЛОРИД



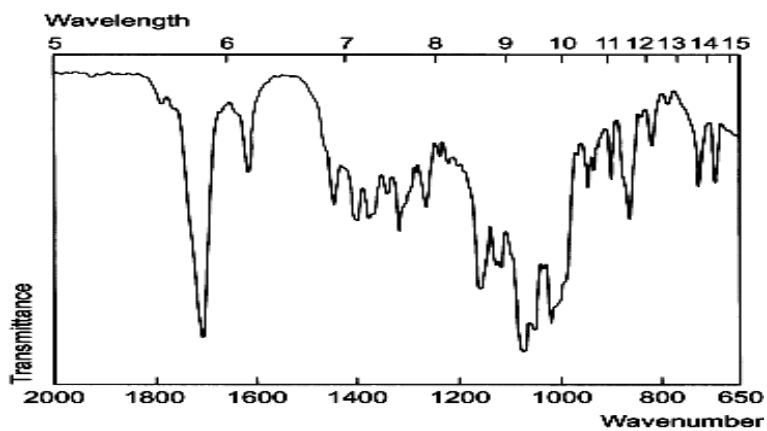
## ГОМАТРОПИНА ГИДРОБРОМИД



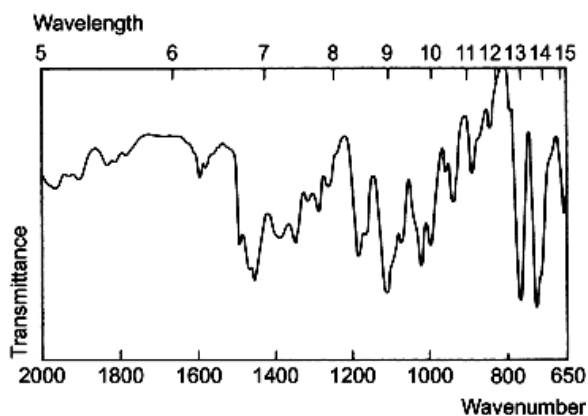
## ДИГИТОКСИН



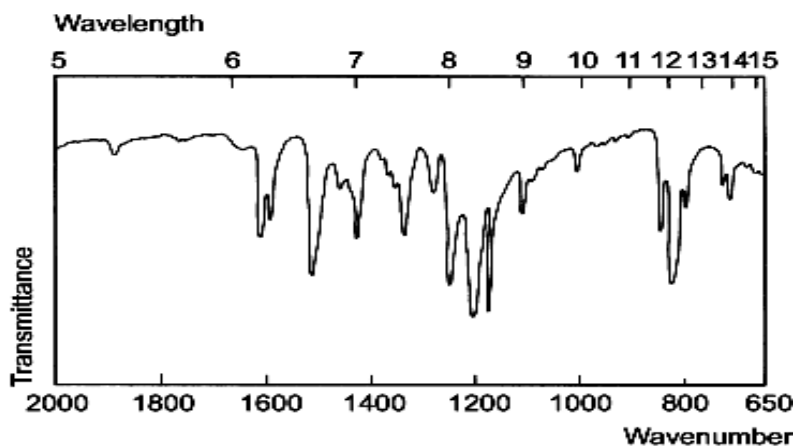
## ДИГОКСИН



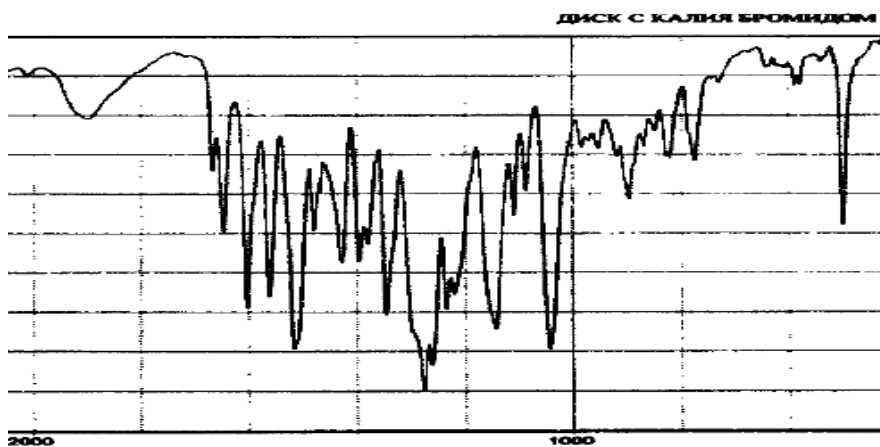
## ДИМЕДРОД (дифенгидрамина гидрохлорид)



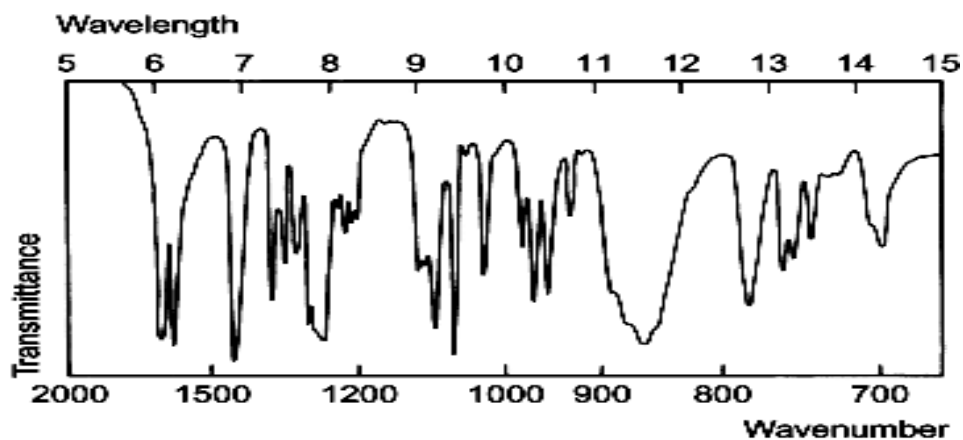
## ДИЭТИЛСТИЛЬБЭСТРОЛ



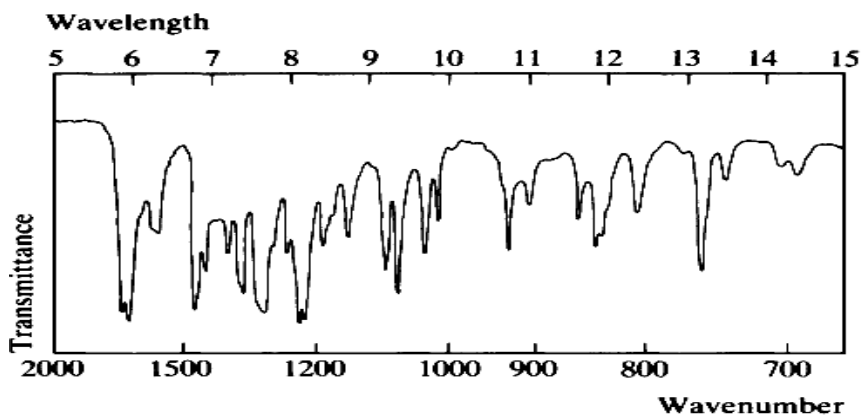
## ДРОТАВЕРИНА ГИДРОХЛОРИД



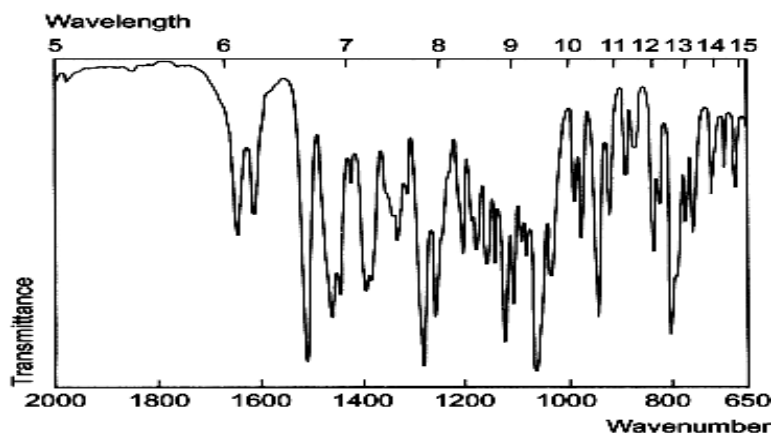
## ИЗОСОРБИДА ДИНИТРАТ



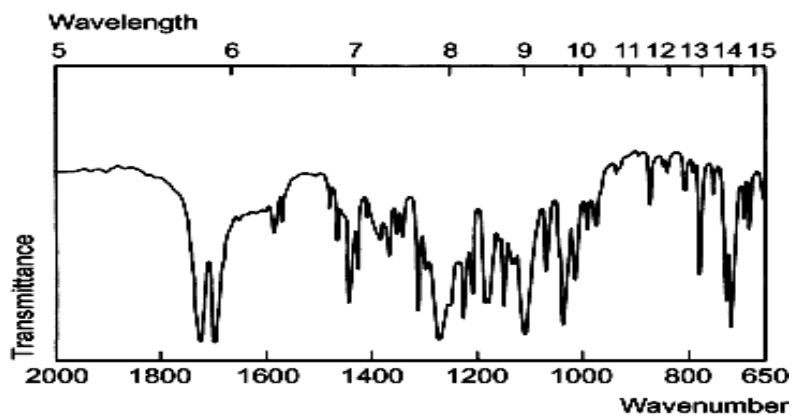
## ИНДОМЕТАЦИН



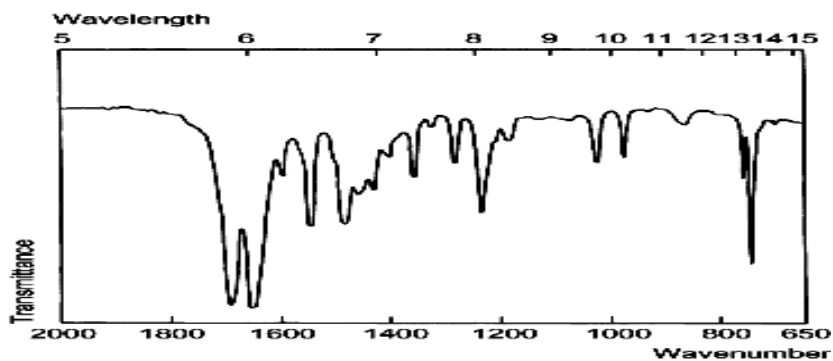
### КОДЕИН



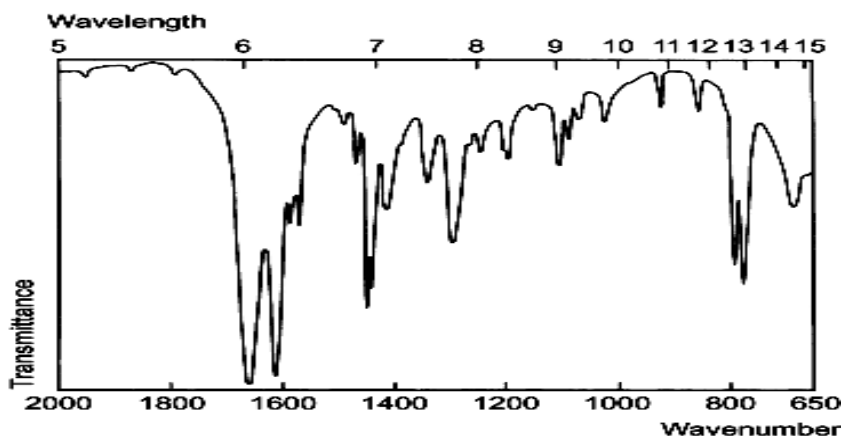
### КОКАИН



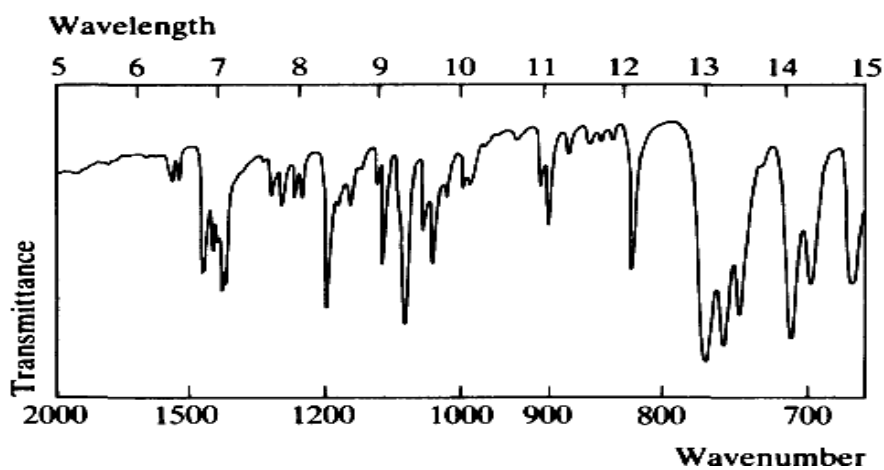
### КОФЕИН



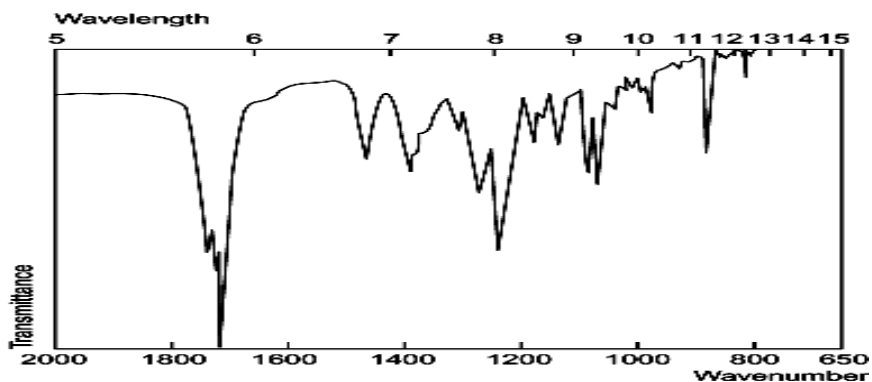
### КЛОНИДИНА ГИДРОХЛОРИД (клофелин)



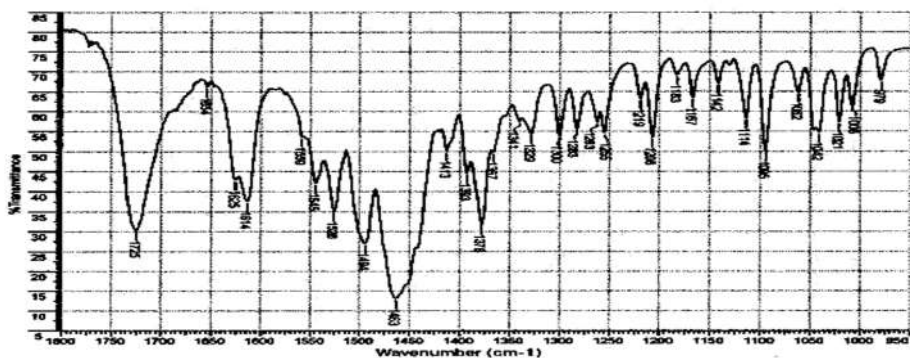
### КЛОТРИМАЗОЛ



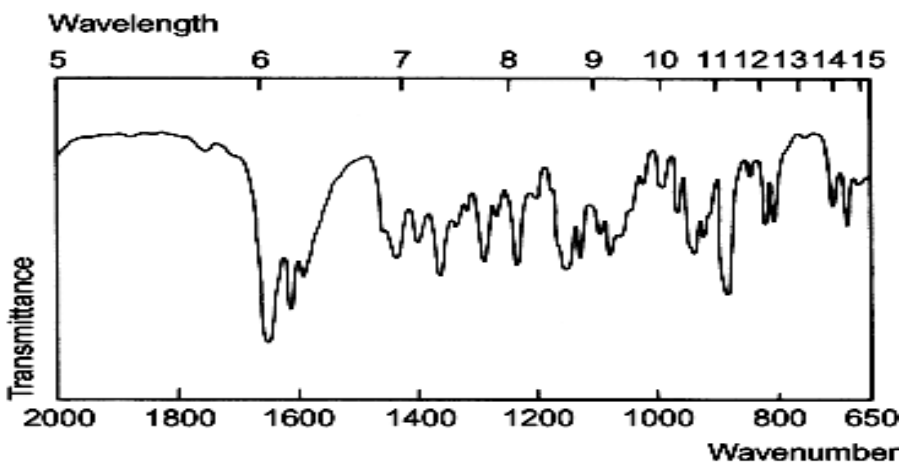
### ЛОВАСТАТИН



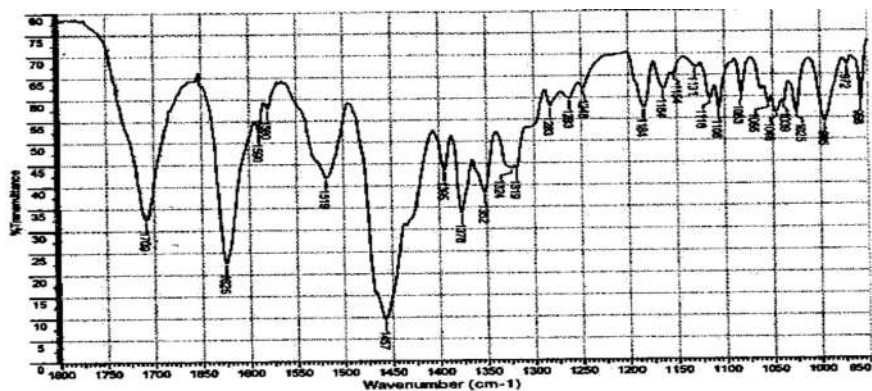
## ЛОМЕФЛОКСАЦИНА ГИДРОХЛОРИД



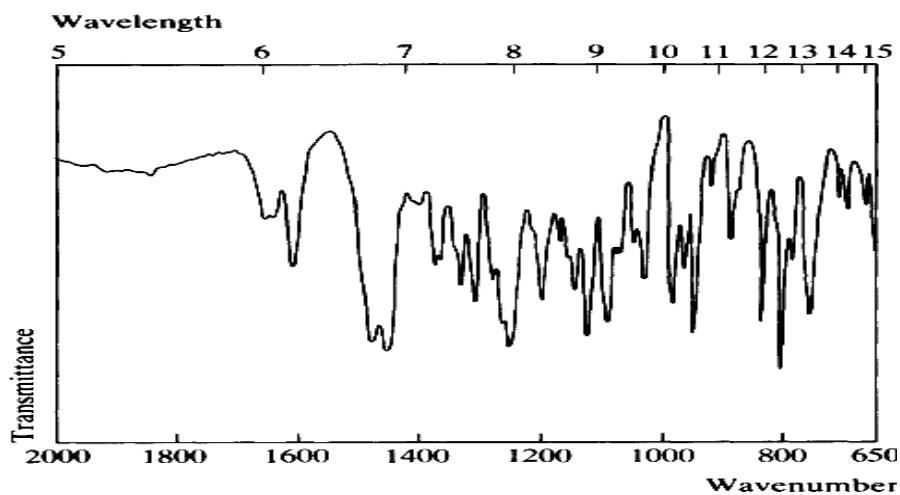
## МЕТАНДРОСТЕНОЛОН



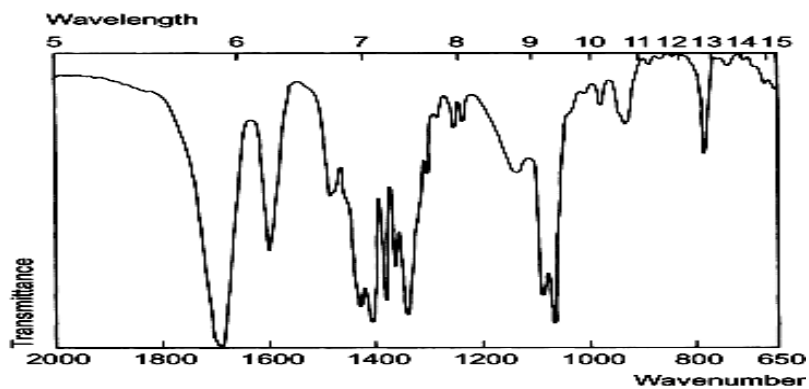
## МОКСИФЛОКСАЦИНА ГИДРОХЛОРИД



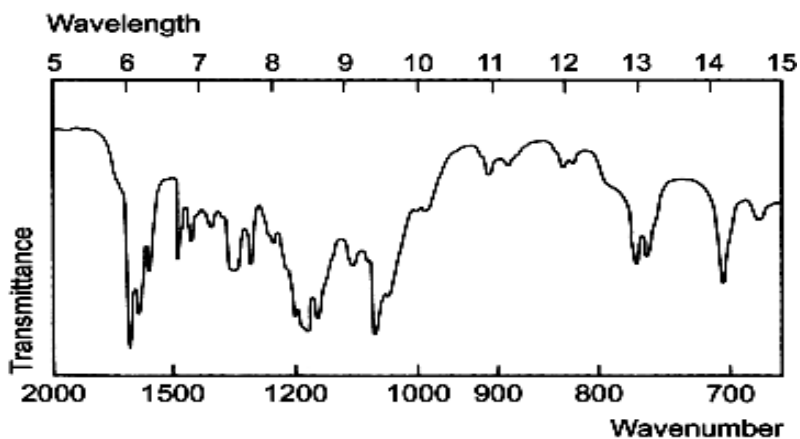
### МОРФИН (морфина гидрохлорид)



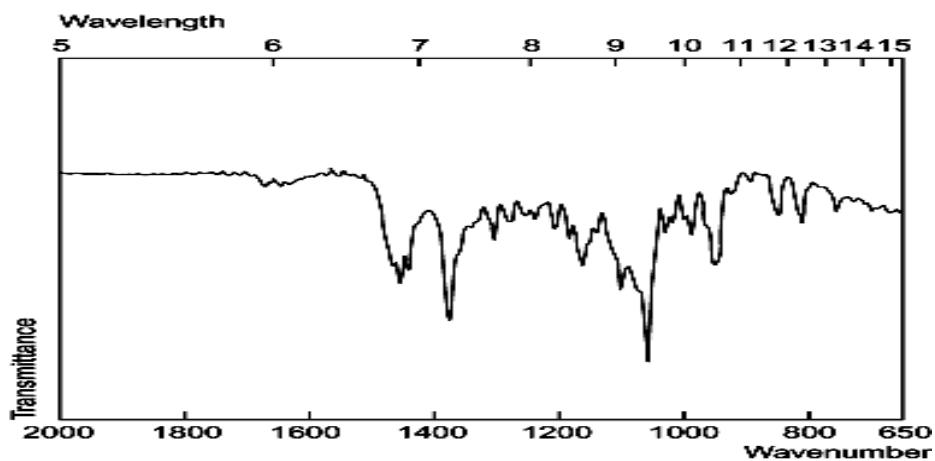
### МЕПРОТАН (мепробамат)



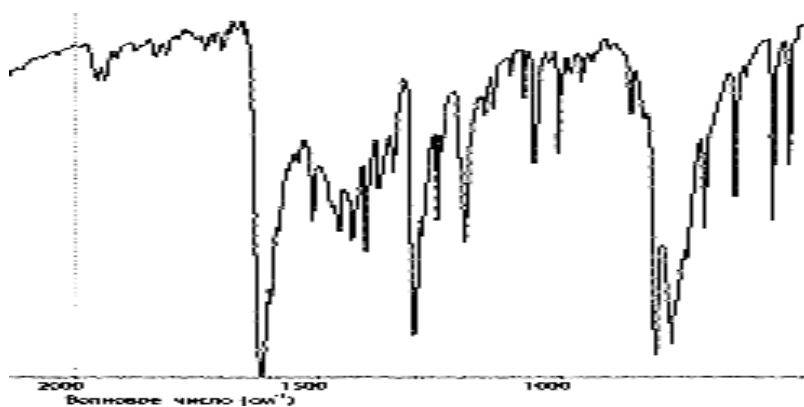
### МЕТАМИЗОЛ-НАТРИЙ (анальгин, дипирон)



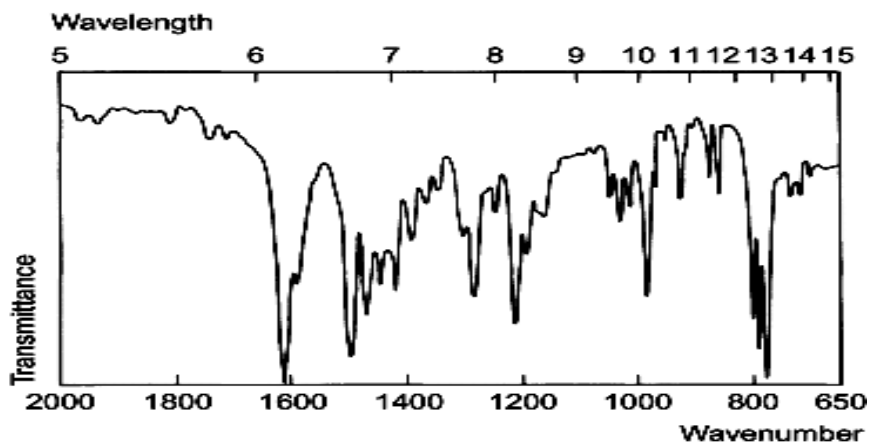
## МЕТАНДРОСТЕНДИОЛ



## НАФАЗОЛИНА ГИДРОХЛОРИД

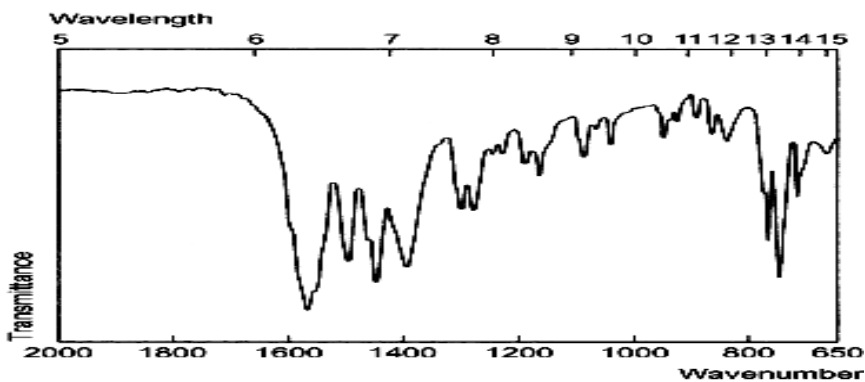


## НАФАЗОЛИНА НИТРАТ (нафтизин)

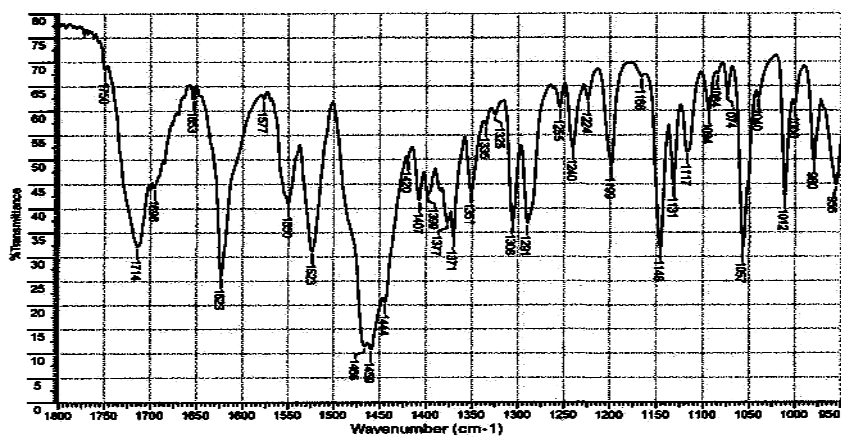




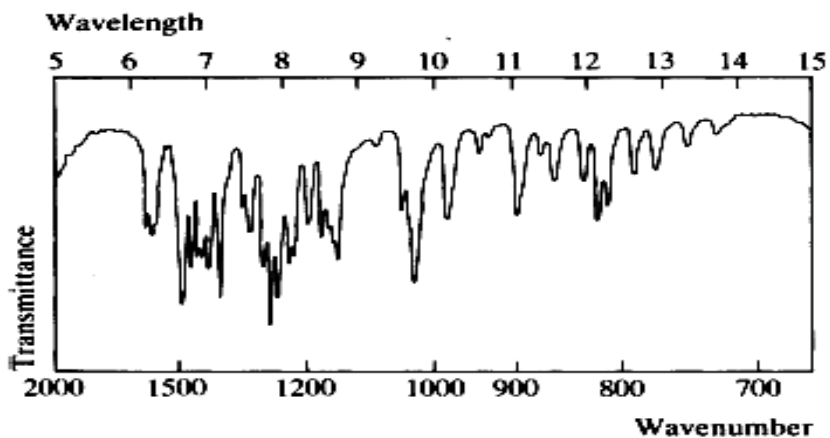
### ОРТОФЕН (диклофенак-натрий)



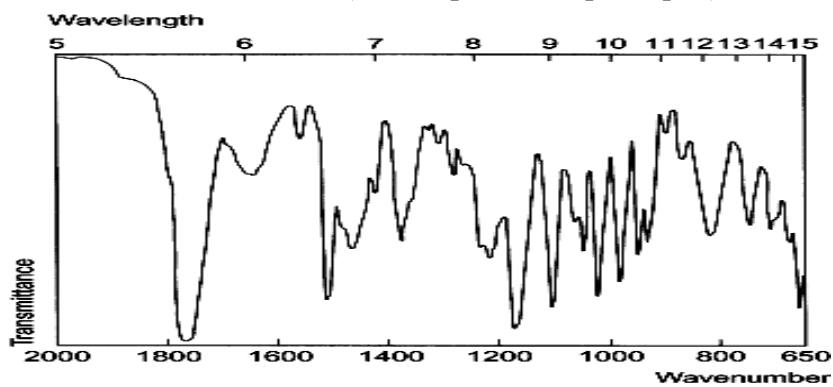
### ОФЛОКСАЦИН



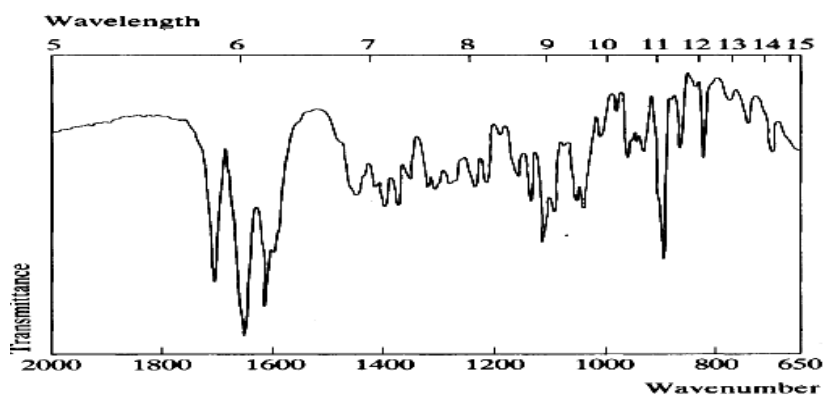
### ПАПАВЕРИН (папаверина гидрохлорид)



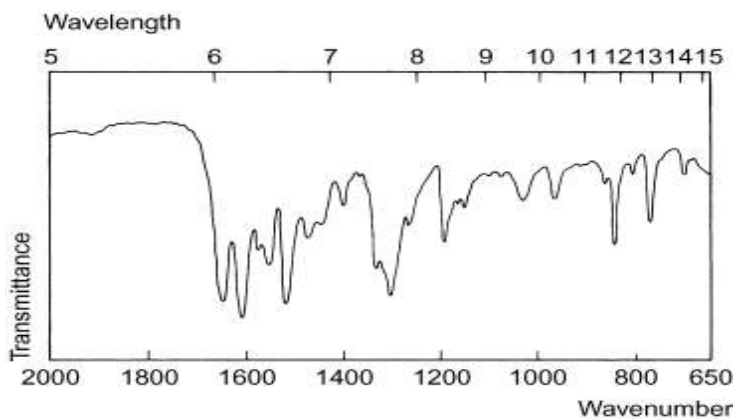
### ПИЛОКАРПИН (пилокарпина гидрохлорид)



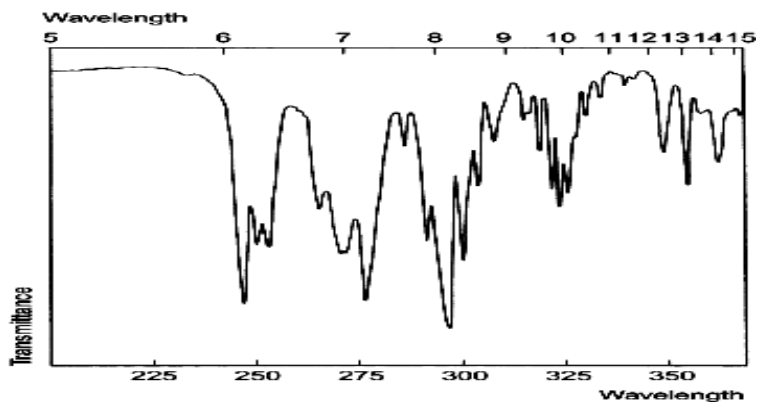
### ПРЕДНИЗОЛОН



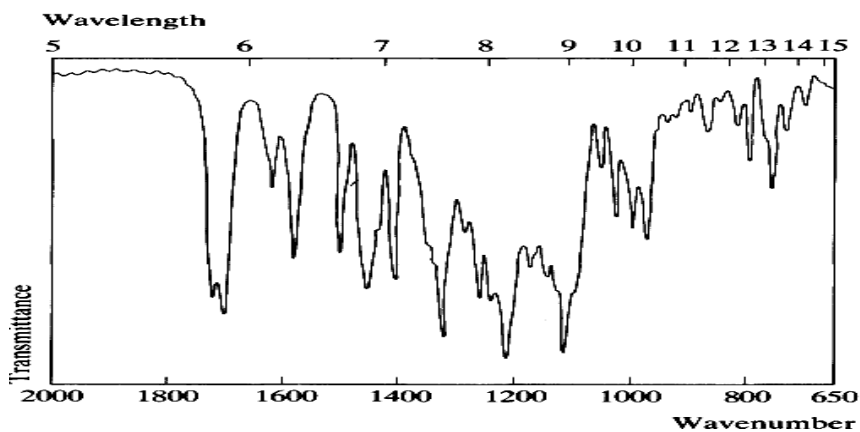
### ПРОКАИНАМИДА ГИДРОХЛОРИД (новокаинамида гидрохлорид)



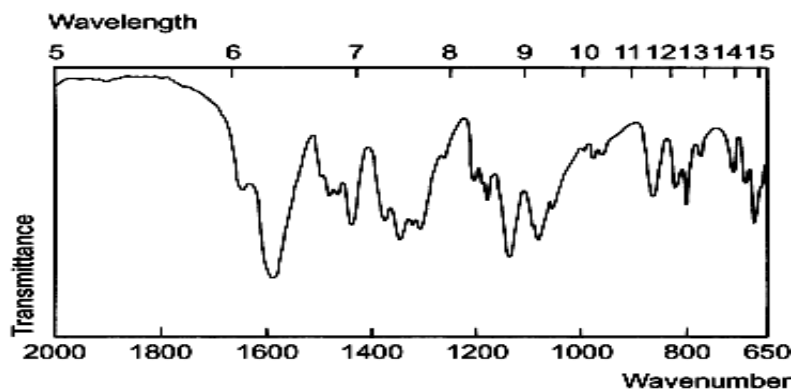
## РАНИТИДИНА ГИДРОХЛОРИД



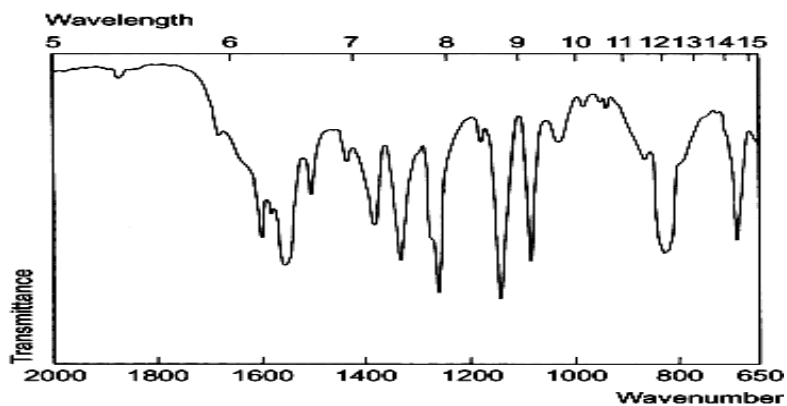
## РЕЗЕРПИН



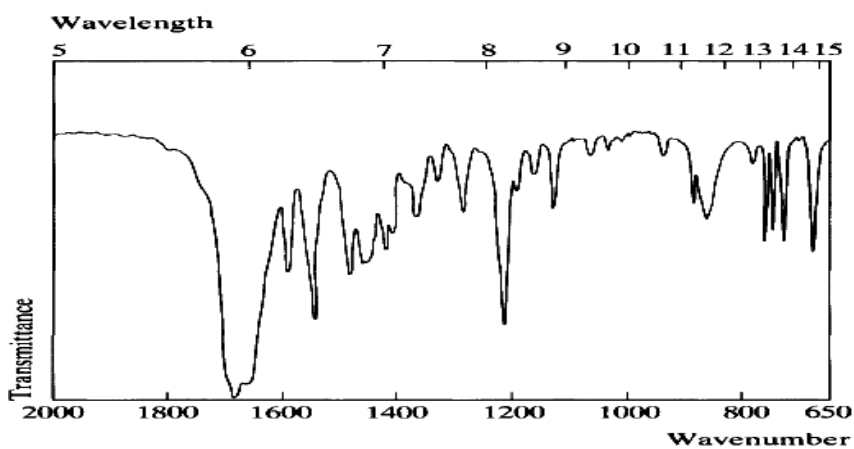
## СУЛЬФАДИМЕТОКСИН



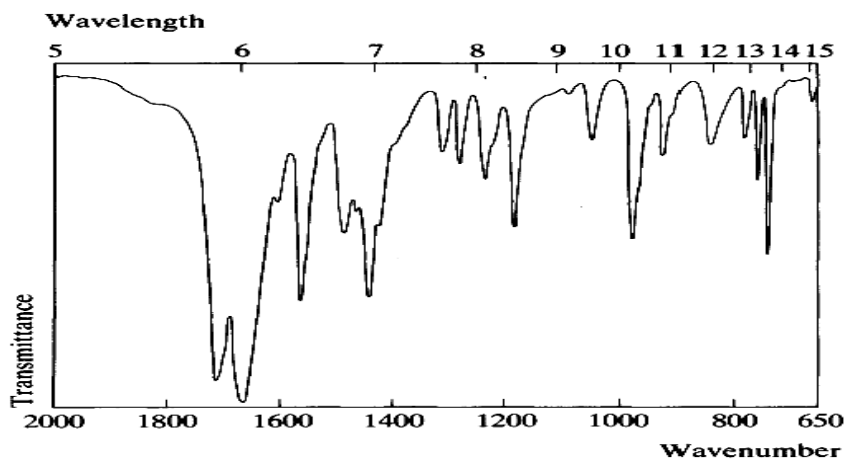
### СУЛЬФАЦЕТАМИД НАТРИЙ (сульфацил-натрий)



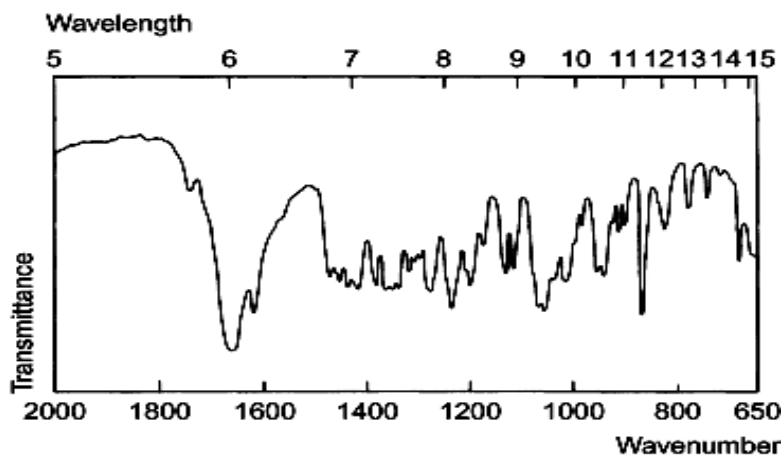
### ТЕОБРОМИН



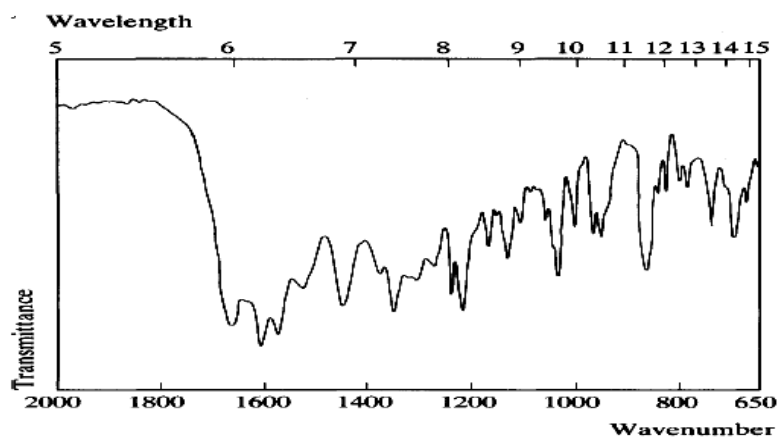
### ТЕОФИЛЛИН



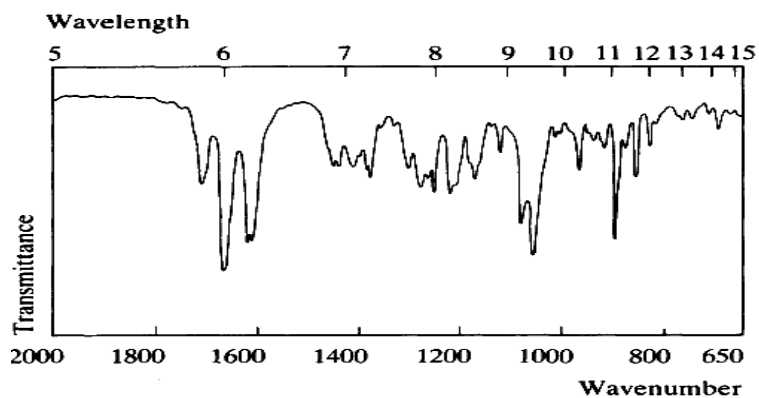
### ТЕСТОСТЕРОНА ПРОПИОНАТ



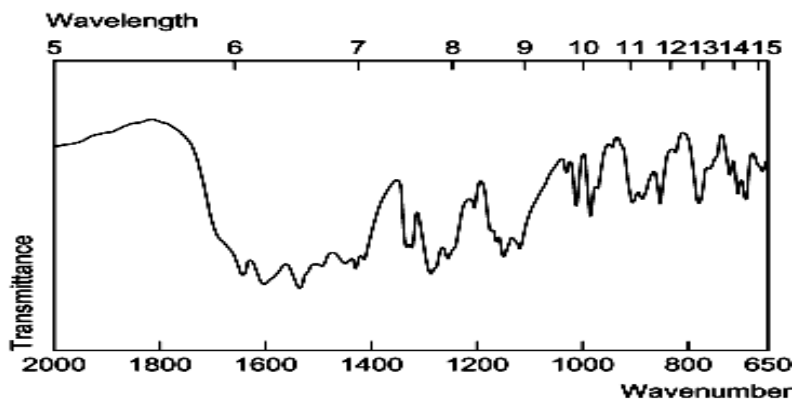
### ТЕТРАЦИКЛИН (тетрациклина гидрохлорид)



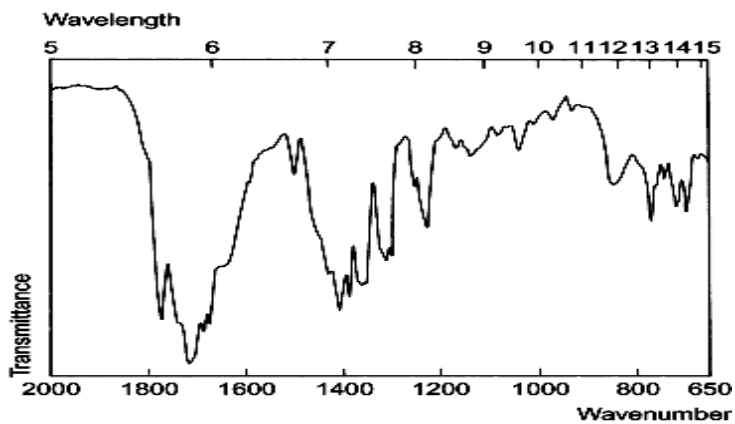
### ТРИАМЦИНОЛОНА АЦЕТОНИД (кеналог)



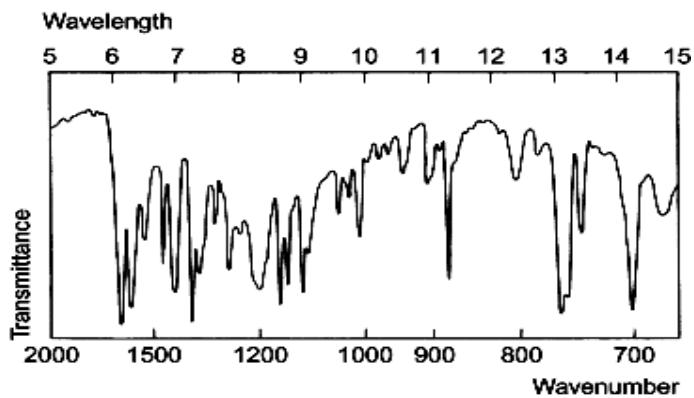
### ФАМОТИДИН



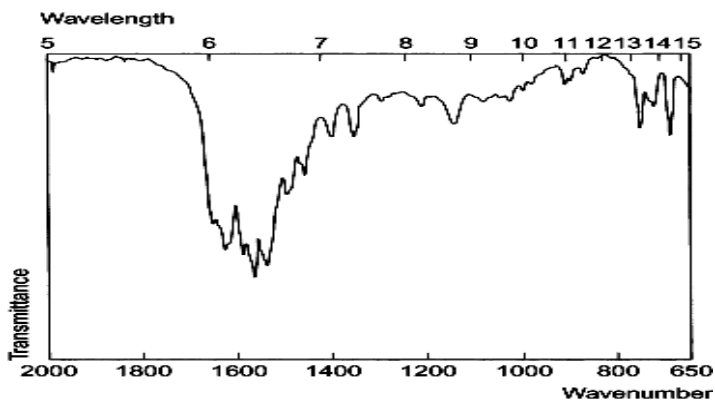
### ФЕНОБАРБИТАЛ



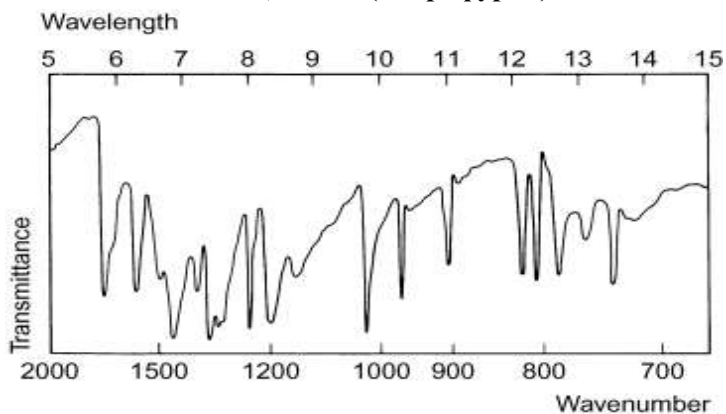
### ФЕНПРОКУМОН (фенилпропил-гидроксикумарин)



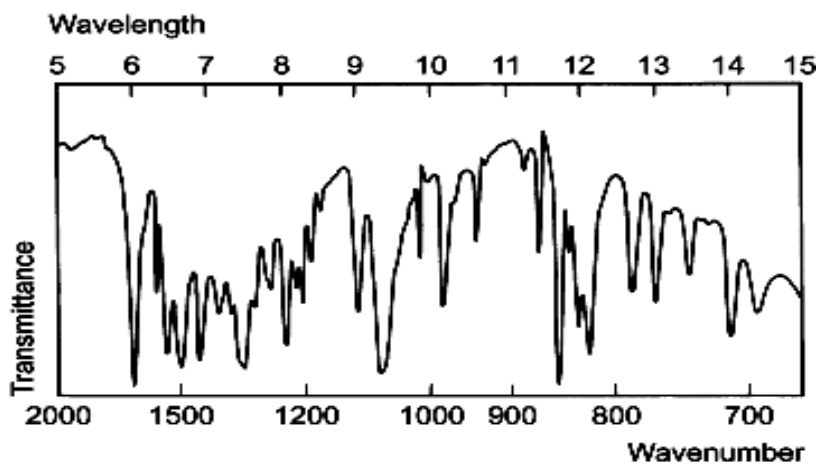
### ФЕНФОРМИНА ГИДРОХЛОРИД



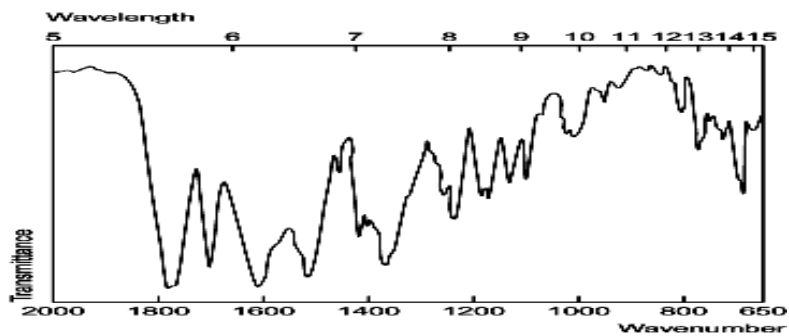
### ФУРАЦИЛИН (нитрофурал)



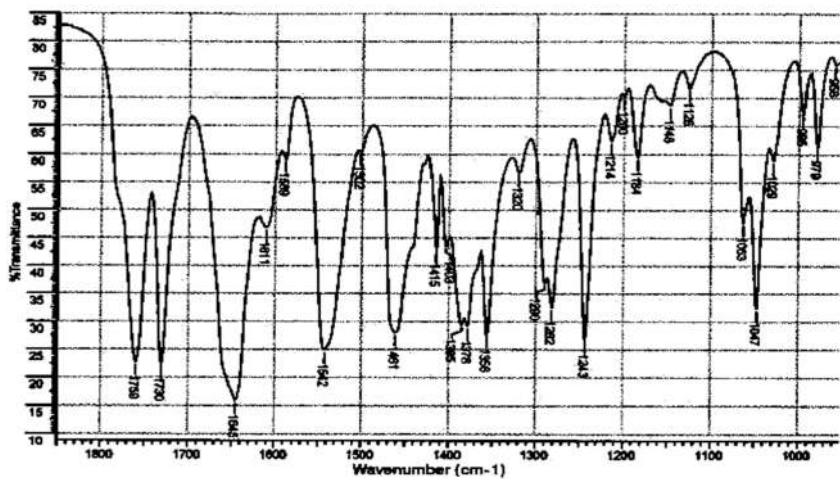
### ХЛОРАМФЕНИКОЛ (левомицетин)



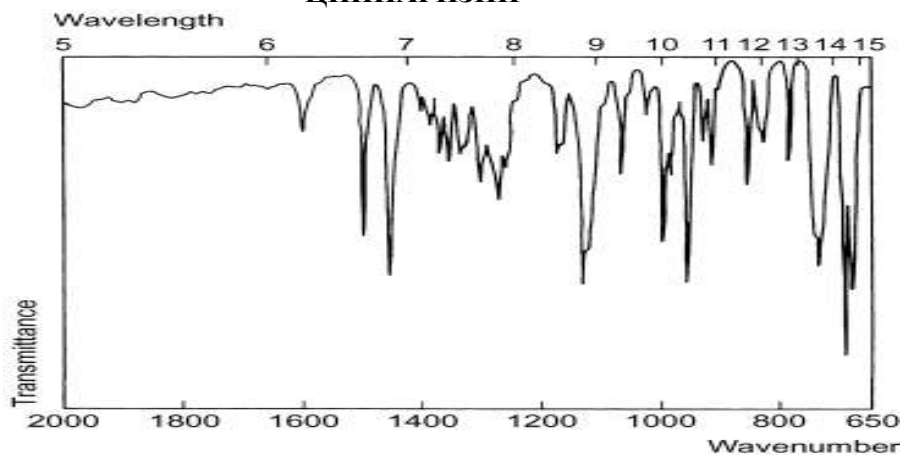
## ЦЕФАКЛОР



## ЦЕФОТАКСИМ НАТРИЕВАЯ СОЛЬ

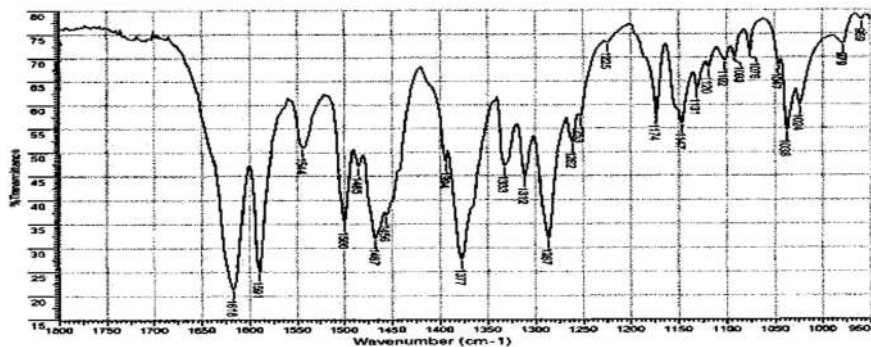


## ЦИННАРИЗИН

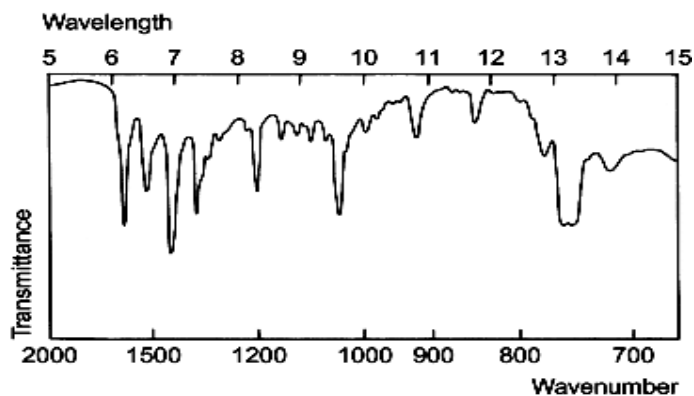




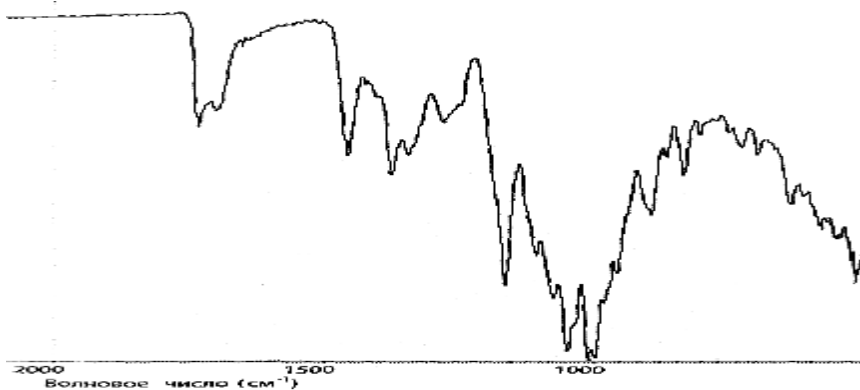
## ЦИПРОФЛОКСАЦИН



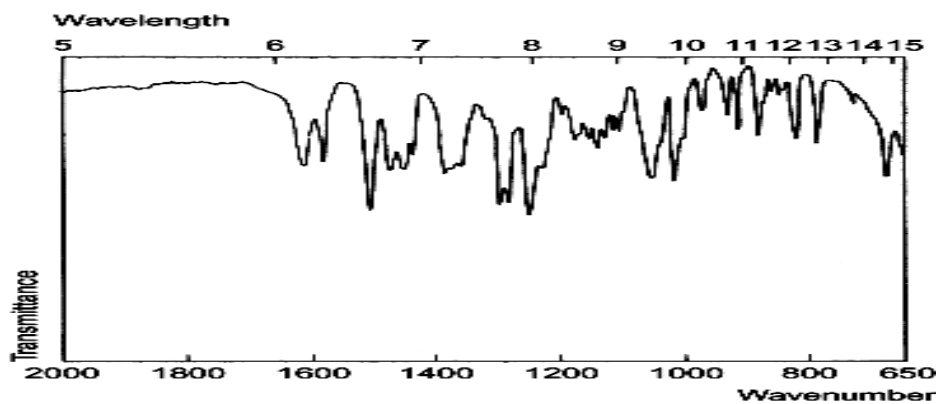
## ЭРГОМЕТРИНА МАЛЕАТ



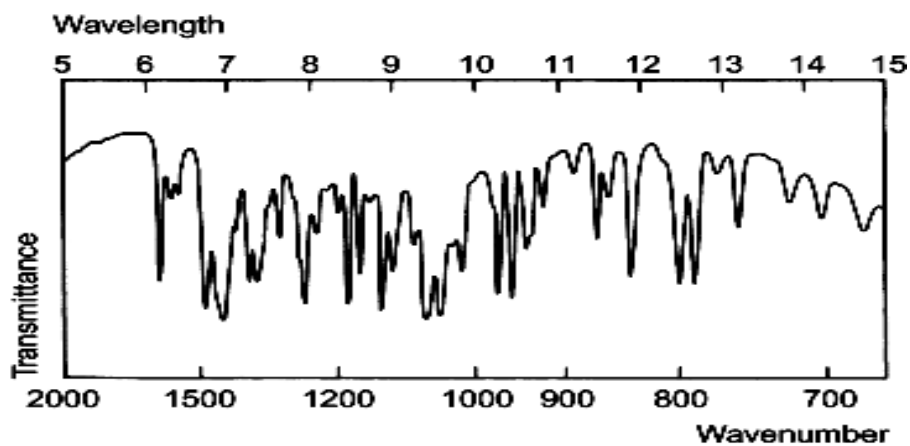
## ЭРИТРОМИЦИН



## ЭТИНИЛЭСТРАДИОЛ



## ЭТИЛМОРФИНА ГИДРОХЛОРИД



# ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ПО ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ

ЗАДАНИЕ № 1	
1.1. Теобромин	1.2. Ломефлоксацина гидрохлорид
1.3. Дигитоксин	1.4. Резерпин
1.5. Теофиллин	1.6. Аллопуринол
1.7. Этинилэстрадиол	1.8. Ципрофлоксацин
1.9. Ганцикловир (цимевен)	1.10. Гидрокортизона ацетат
1.11. Адреналина гидрохлорид	1.12. Глауцина гидрохлорид
1.13. Индометацин	1.14. Папаверина гидрохлорид
1.15. Арбидол	1.16. Бензилпенициллина натриевая соль
1.17. Метамизол-натрий (анальгин)	1.18. Сульфадиметоксин
ЗАДАНИЕ № 2	
<b>2.1. Преднизолон:</b> $\text{C}=\text{O}$ , сопряженная с хиноидной структурой — $1654, 1612 \text{ см}^{-1}$ ; алифатический кетон — $1708 \text{ см}^{-1}$ ; первичный спирт — $1085 \text{ см}^{-1}$ ; вторичный и третичный спирт — $1112 \text{ см}^{-1}$ ; циклическая система — $887 \text{ см}^{-1}$	<b>2.2. Гидрокортизон:</b> $\text{C}=\text{O}$ с сопряжением — $1640, 1610 \text{ см}^{-1}$ ; алифатический кетон — $1702 \text{ см}^{-1}$ ; третичный спирт — $1232 \text{ см}^{-1}$ ; вторичный спирт — $1115 \text{ см}^{-1}$ ; первичный спирт — $1042 \text{ см}^{-1}$
<b>2.3. Папаверина гидрохлорид:</b> сопряженные кольца — $1508 \text{ см}^{-1}$ ; 1,3,4-замещение в бензольном кольце — $1026 \text{ см}^{-1}$ ; простые эфирные группы (метокси-группы) — $1279, 1263, 1292, 1238 \text{ см}^{-1}$	<b>2.4. Адреналина гидрохлорид:</b> фенольные гидроксилы — $1253, 1274 \text{ см}^{-1}$ ; ароматическое кольцо — $1500 \text{ см}^{-1}$ ; первичный спирт — $945 \text{ см}^{-1}$ ; 1,2,4-замещение в бензольном кольце — $1224 \text{ см}^{-1}$ ; алифатическая аминогруппа — $1410 \text{ см}^{-1}$ ; бензольное кольцо — $871 \text{ см}^{-1}$
<b>2.5. Хлорамфеникол (левомицетин):</b> кетон замещенный с открытой цепью — $1681 \text{ см}^{-1}$ ; 1,4-дизамещенные бензола — $847, 816 \text{ см}^{-1}$ ; первичный спирт — $1072 \text{ см}^{-1}$ ; вторичный нециклический амид — $1515 \text{ см}^{-1}$ ; алкильный радикал (деформационные колебания) — $1365 \text{ см}^{-1}$ ; ароматическая нитрогруппа — $1562 \text{ см}^{-1}$	<b>2.6. Бензгидрамина гидрохлорид (димедрол, дифенгидрамина гидрохлорид):</b> монозамещенные бензольные кольца — $713, 754 \text{ см}^{-1}$ ; алифатическая аминогруппа — $1180 \text{ см}^{-1}$ ; вторичный спирт — $1017 \text{ см}^{-1}$ ; простой эфир — $1103 \text{ см}^{-1}$ ; колебания углеродного скелета — $991 \text{ см}^{-1}$
<b>2.7. Индометацин:</b> карбамидная группа ( $\text{N}-\text{C}=\text{O}$ ) — $1681 \text{ см}^{-1}$ ; ароматический амин (гетероцикл) ( $=\text{C}=\text{N}-$ ) — $1228 \text{ см}^{-1}$ ; простой эфир — $1299 \text{ см}^{-1}$ ; карбоксильная группа неионизированная — $1218 \text{ см}^{-1}$ ; кетон, соединенный с двумя циклами, — $1706 \text{ см}^{-1}$ ; 1,4-дизамещенный бензол — $1065 \text{ см}^{-1}$	<b>2.8. Пилокарпина гидрохлорид:</b> кетон с пятичленным циклом — $1752 \text{ см}^{-1}$ ; сложный эфир циклический — $1168 \text{ см}^{-1}$ ; ароматический гетероцикл (связи $\text{C}=\text{C}$ ; $\text{C}=\text{N}$ ) — $1104, 660, 1505, 1020 \text{ см}^{-1}$

<b>2.9. Дигоксин:</b> вторичные спиртовые гидроксилы — 1075, 1055, 1020 $\text{см}^{-1}$ ; третичный спиртовый гидроксил — 1160 $\text{см}^{-1}$ ; кетон с пятичленным циклом — 1709 $\text{см}^{-1}$ ; эпоксидные соединения с большими циклами — 1110 $\text{см}^{-1}$	<b>2.10. Теофиллин:</b> ароматические кольца ( $\text{C}=\text{C}$ ; $\text{C}=\text{N}$ ) — 745, 980, 1190 $\text{см}^{-1}$ ; кетогруппы в цикле — 1717, 1670 $\text{см}^{-1}$ ; сопряжение $\text{C}=\text{O}$ и $\text{NH}$ групп пиридинового и имидазольного колец — 1567 $\text{см}^{-1}$
<b>2.11. Бензилпенициллина натриевая соль:</b> $\beta$ -лактамное кольцо — 1777 $\text{см}^{-1}$ ; карбамидные группы — 1700, 1620 $\text{см}^{-1}$ ; карбоксильная группа — 1310 $\text{см}^{-1}$ ; органическое серосодержащее соединение — 703 $\text{см}^{-1}$	<b>2.12. Дигитоксин:</b> вторичные спиртовые гидроксилы — 1072, 1058, 1010 $\text{см}^{-1}$ ; третичный спиртовый гидроксил — 1168 $\text{см}^{-1}$ ; кетон с пятичленным циклом — 1740 $\text{см}^{-1}$ ; эпоксидные соединения с большими циклами — 990 $\text{см}^{-1}$
<b>2.13. Диэтилстильбэстрол:</b> 1,3-замещенные бензола — 833 $\text{см}^{-1}$ ; фенольные гидроксилы — 1205, 1176 $\text{см}^{-1}$ ; связи в ароматическом кольце — 1512 $\text{см}^{-1}$ ; колебания углеродного скелета — 1250 $\text{см}^{-1}$ ; сопряженные связи — 1610 $\text{см}^{-1}$	<b>2.14. Цефаклор:</b> $\beta$ -лактамное кольцо — 1775 $\text{см}^{-1}$ ; карбамидные группы — 1693, 1600 $\text{см}^{-1}$ ; третичная аминокгруппа — 1290 $\text{см}^{-1}$ ; алифатическая аминокгруппа — 1365 $\text{см}^{-1}$ ; ионизированная карбоксильная группа — 1560 $\text{см}^{-1}$ ; сопряжение алифатической аминокгруппы и карбоксильной группы — 1500 $\text{см}^{-1}$
<b>2.15. Этилморфина гидрохлорид:</b> простой эфир с большими циклами — 1064 $\text{см}^{-1}$ ; алкиловый эфир — 1129 $\text{см}^{-1}$ ; простой эфир — 1045 $\text{см}^{-1}$ ; ароматический углеводород в ароматической структуре — 1499 $\text{см}^{-1}$ ; спирт вторичный — 1185 $\text{см}^{-1}$ ; аминокгруппа алифатическая — 1264 $\text{см}^{-1}$	<b>2.16. Атропин:</b> кетон замещенный — 1720 $\text{см}^{-1}$ ; сложный эфир — 1430 $\text{см}^{-1}$ ; связи ( $\text{C}=\text{C}$ ; $\text{C}=\text{N}$ ) в сопряженных гетероциклах (гидропиридина и гидропиirroла) — 1063, 1153 $\text{см}^{-1}$ ; монозамещенный бензол — 1163 $\text{см}^{-1}$ ; первичный спирт — 1035 $\text{см}^{-1}$ ; алифатический амин третичный — 1204 $\text{см}^{-1}$
<b>2.17. Сульфаниламид (стрептоцид):</b> бензольное кольцо — 1590, 700 $\text{см}^{-1}$ ; 1,4-замещение в бензольном кольце — 1200, 1157 $\text{см}^{-1}$ ; сульфамидная группа — 1310 $\text{см}^{-1}$ ; первичная ароматическая аминокгруппа — 1625 $\text{см}^{-1}$ ; деформационные колебания $\text{C}-\text{C}-\text{N}$ — 900, 850, 813 $\text{см}^{-1}$	<b>2.18. Лидокаина гидрохлорид:</b> бензольное кольцо — 1600, 1086, 762 $\text{см}^{-1}$ ; 1,2,3-замещение в бензольном кольце — 1086 $\text{см}^{-1}$ ; третичная аминокгруппа — 1290 $\text{см}^{-1}$ ; алкильные группы ( $\text{CH}_2$ ; $\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ) — 1204 $\text{см}^{-1}$ ; карбамидная группа — 1662 $\text{см}^{-1}$ ; карбонильная группа — 1495 $\text{см}^{-1}$

### ЗАДАНИЕ № 3

3.1. Не соответствует ФС (брак)	3.2. Соответствует ФС
3.3. Не соответствует ФС (брак)	3.4. Не соответствует ФС (брак)
3.5. Соответствует ФС	3.6. Соответствует ФС
3.7. Соответствует ФС	3.8. Соответствует ФС
3.9. Не соответствует ФС (брак)	3.10. Соответствует ФС
3.11. Не соответствует ФС (брак)	3.12. Соответствует ФС
3.13. Не соответствует ФС (брак)	3.14. Соответствует ФС
3.15. Соответствует ФС	3.16. Не соответствует ФС (брак)
3.17. Соответствует ФС	3.18. Не соответствует ФС (брак)

### ЗАДАНИЕ № 4

4.1. Соответствует ФС	4.2. Соответствует ФС
4.3. Не соответствует ФС (брак)	4.4. Соответствует ФС
4.5. Не соответствует ФС (брак)	4.6. Не соответствует ФС (брак)

4.7. Не соответствует ФС (брак)	4.8. Не соответствует ФС (брак)		
4.9. Соответствует ФС	4.10. Не соответствует ФС (брак)		
4.11. Не соответствует ФС (брак)	4.12. Соответствует ФС		
4.13. Соответствует ФС	4.14. Соответствует ФС		
4.15. Соответствует ФС	4.16. Соответствует ФС		
4.17. Соответствует ФС	4.18. Соответствует ФС		
ЗАДАНИЕ № 5			
5.1. Фальсификат. Фурацилин	5.2. Фальсификат. Прокаинамида гидрохлорид		
5.3. Фальсификат. Циннаризин	5.4. Фальсификат. Ортофен (диклофенак-натрий)		
5.5. Фальсификат. Фенобарбитал	5.6. Фальсификат. Фамотидин		
5.7. Фальсификат. Эритромицин	5.8. Фальсификат. Метандростенолон		
5.9. Фальсификат. Нафазолина гидрохлорид	5.10. Фальсификат. Мепротан (мепробамат)		
5.11. Фальсификат. Нитросорбида динитрат	5.12. Фальсификат. Димедрол (дифенгидрамина гидрохлорид)		
5.13. Фальсификат. Фенформина гидрохлорид	5.14. Фальсификат. Эрготамина малеат		
5.15. Фальсификат. Ловастатин	5.16. Фальсификат. Фенпрокумол (фенилпропил-гидроксикумарин)		
5.17. Фальсификат. Верапамила гидрохлорид	5.18. Фальсификат. Цефаклор		
ЗАДАНИЕ № 6			
6.1. Сульфадиметоксин	6.2. Аллопуринол		
6.3. Камфора	6.4. Папаверина гидрохлорид		
6.5. Фуразолидон	6.6. Местранол		
6.7. Метандиенон (метандростенолон)	6.8. Гидрокортизона ацетат		
6.9. Алпразолам (алзолам)	6.10. Скополамина гидробромид (гиосцина гидробромид)		
6.11. Прометазина гидрохлорид (дипразин)	6.12. Зидовудин (Азидотимидин)		
6.13. Аллопуринол	6.14. Лидокаина гидрохлорид		
6.15. Пиридоксина гидрохлорид	6.16. Бутадион (фенилбутазон)		
6.17. Тетрациклина гидрохлорид	6.18. Ципрофлоксацин		
ЗАДАНИЕ № 7			
7.1. 1в, 2а, 3б	7.6. 1б, 2а, 3в	7.11. 1в, 2а, 3б	7.16. 1в, 2а, 3б
7.2. 1б, 2в, 3а	7.7. 1б, 2в, 3а	7.12. 1в, 2б, 3а	7.17. 1в, 2а, 3б
7.3. 1в, 2а, 3б	7.8. 1б, 2в, 3а	7.13. 1б, 2в, 3а	7.18. 1б, 2в, 3а
7.4. 1в, 2а, 3б	7.9. 1в, 2а, 3б	7.14. 1б, 2в, 3а	
7.5. 1б, 2в, 3а	7.10. 1в, 2а, 3б	7.15. 1а, 2в, 3б	

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Арзамасцев, А. П.* Стандартные образцы лекарственных веществ / А. П. Арзамасцев, П. Л. Сенов. — М. : Медицина, 1978. — 248 с.
2. *Арзамасцев, А. П.* Экспресс-анализ с целью выявления фальсифицированных средств: практическое руководство. Фторхинолоны и цефалоспорины / А. П. Арзамасцев [и др.]. — М. : Издат. дом «Русский врач», 2003. — 132 с.
3. *Арзамасцев, А. П.* Выявление фальсифицированных лекарственных средств с использованием современных аналитических методов / А. П. Арзамасцев [и др.] // Хим.-фарм. журн. — 2004. — Т. 38, № 3. — С. 38–44.
4. *Арзамасцев, А. П.* Современное состояние проблемы применения ИК-спектроскопии в фармацевтическом анализе лекарственных средств / А. П. Арзамасцев, Н. П. Садчикова, А. В. Титова // Хим.-фарм. журн. — 2008. — Т. 42, № 8. — С. 47–51.
5. *Арчинова, Т. Ю.* Качественный анализ органических лекарственных средств : метод. указ. для студ. 3–5 курсов / Т. Ю. Арчинова [и др.]; под ред. М. В. Гаврилина. — Пятигорск : ГОУ ВПО «Пятигорская ГФА Росздрава», 2007. — 188 с.
6. Атлас лекарственных средств<sup>плюс\*</sup>. — М. : СИА Интернейшнл ЛТД. ТФ МИР ; Эксмо, 2005. — 992 с.
7. *Бабилов, Ф. В.* Полиморфизм лекарственных веществ / Ф. В. Бабилов, И. Я. Андроник. — Кишинев : Штиница, 1981. — 239 с.
8. *Бабков, Л. М.* Исследование конформационной подвижности фторалкиламещенных бензойных кислот методами колебательной инфракрасной спектроскопии / Л. М. Бабков [и др.] // Журн. структурной химии. — 1998. — Т. 39, № 3. — С. 522–528.
9. *Багирова, В. Л.* Актуальные вопросы экспертизы и стандартизации лекарственных средств / В. Л. Багирова, Е. Л. Ковалева, К. С. Шаназаров // Хим.-фарм. журн. — 2005. — Т. 39, № 6. — С. 48–55.
10. *Балыклова, К. С.* Новые методы в оценке качества сульфаниламидов (дифференциальная сканирующая калориметрия, термогравиметрический анализ, нарушенное полное внутреннее отражение, ближняя инфракрасная спектроскопия) : автореф. дис ... канд. фарм. наук. — М. : Первый МГМУ им. И. М. Сеченова, 2011. — 24 с.
11. *Балыклова, К. С.* Гармонизация фармакопейных требований к качеству фталазола / К. С. Балыклова, А. В. Титова, Н. П. Садчикова // Материалы 18-й Рос. нац. конгр. «Человек и лекарство». — М., 2010. — С. 507.
12. *Беккер, Г.* Органикум: Практикум по органической химии : пер. с нем. в 2 ч. / Г. Беккер [и др.]. — М. : Мир, 1979. — Ч. 1. — 456 с.
13. *Беликов, В. Г.* Фармацевтическая химия : в 2 ч. : Учеб. пособие. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : МЕДпресс-информ, 2007. — 624 с.
14. *Беликов, В. Г.* Анализ лекарственных веществ фотометрическими методами. Опыт работы отечественных специалистов // Рос. хим. журн. — 2002. — Т. 46, № 4. — С. 52–56.

15. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. — М. : Изд-во иностр. лит., 1963. — 590 с.
16. Берштейн, И. Я. Спектрофотометрический анализ в органической химии / И. Я. Берштейн, Ю. Л. Каминский. — Л. : Химия, 1988. — 200 с.
17. Василькин, Д. А. Получение и изучение полиморфных модификаций некоторых лекарственных веществ и их биофармацевтических свойств: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. — СПб. : СПХФА, 2012. — 24 с.
18. Глинский, В. В. Статистический анализ : учеб. пособие для вузов / В. В. Глинский, В. Г. Ионин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Филинь, 1998. — 258 с.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации. — 12-е изд. — М. : Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2015. — Ч. 1. — 704 с.
20. Государственная фармакопея Российской Федерации. — 13-е изд. — М. : Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2015. — Ч. 1. — 704 с.
21. Государственная фармакопея Республики Беларусь : в 3-х т. — 1-е изд. — Т. 3: Контроль качества фармацевтических субстанций / МЗ Республики Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Щерякова. — Молодечно : Тип. «Победа», 2009. — 728 с.
22. Государственная фармакопея Республики Беларусь. — 2-е изд. — В 2-х т. Т. 1. Общие методы контроля качества лекарственных средств / МЗ Республики Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Щерякова. — Молодечно : Типография «Победа», 2012. — 1220 с.
23. Государственная фармакопея Республики Казахстан. — 1-е изд. — Алматы : Издат. дом «Жибек жолы», 2008. — 592 с.
24. Государственная фармакопея Республики Украина : в 5 т. — 1-е изд. — / МЗ Республики Украина, Научно-экспертный фармакопейный центр. — Харьков : РПРЕГ, 2001–2012.
25. Гризодуб, А. И. Спектрофотометрический анализ в контроле качества многокомпонентных лекарственных средств / А. И. Гризодуб, В. П. Георгиевский // Лекарственные средства. Экономика, технология и перспективы получения: обзор. информ. — М. : ВНИИСЭНТИ, 1988. — Вып. 9. — 52 с.
26. Долинин, П. Дорогие лекарства и их дешевые аналоги [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://pavel-dolinin.livejournal.com/68148.html>
27. Дорофеева, Н. Д. Фармакоэкономическая оценка эффективности БИК-метода / Н. Д. Дорофеева [и др.] // Новая аптека: эффективное управление. — 2010. — № 12. — С. 39–42.
28. Европейская фармакопея (на рус. яз.) : в 2 т. — 7-е изд. — М. : Ремедиум, 2011.
29. Елизарова, Т. Е. Применение метода спектрометрии ближнего инфракрасного диапазона для идентификации лекарственных субстанций и готовых

лекарственных средств / Т. Е. Елизарова, С. В. Штылева, Т. В. Плетенева // Хим.-фарм. журн. — 2008. — Т. 42, № 7. — С. 51–53.

30. *Елизарова, Т. Е.* Оценка возможности применения метода ближней ИК-спектроскопии для контроля качества лекарственных препаратов по показателю «однородность дозирования» / Т. Е. Елизарова [и др.] // Хим.-фарм. журн. — 2011. — Т. 45, № 5. — С. 46–49.

31. *Калёкин, Р. А.* Применение ИК-спектроскопии в ближней области при дифференциации нейролептиков производных бензамидов / Р. А. Калёкин [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. — 2010. — Т. 53, № 3. — С. 33–35.

32. *Комлев, Н. Г.* Словарь иностранных слов. — М. : ЭКСМО-Пресс, 2001. — 672 с.

33. *Леонидов, Н. Б.* История развития концепции полиморфизма химических веществ (краткий очерк) // Рос. хим. журн. — 1997. — Т. 41, № 5. — С. 10–22.

34. *Машковский, М. Д.* Лекарственные средства. — 16-е изд., перераб., испр. и доп. — М. : ООО «Издательство Новая волна», 2012. — 1226 с.

35. Международная фармакопея. Всемирная организация охраны здоровья. Женева. — 4-е изд. — М. : Медицина, 1995. — 428 с.

36. *Мельникова, Н. Б.* ИК-спектроскопия в фармацевтическом анализе : учеб.-метод. пособие для студентов 5 курса фарм. фак. / Н. Б. Мельникова [и др.]. — Н. Новгород : Изд-во Нижегородской ГМА, 2006. — 65 с.

37. *Морозова, М. А.* Новые подходы к контролю качества лекарственных средств на основе спектроскопии в ближней ИК-области — автореф. ... канд. хим. наук. — М., 2012. — 24 с.

38. *Пономарев, В. Д.* Аналитическая химия : в 2 ч. : учебник для фармацевтических вузов — М. : Высш. шк., 1982. — Ч. 2. — 288 с.

39. *Саушкина, А. С.* Сборник задач по фармацевтической химии : учеб. пособие по фармацевтической химии для студ. фармацевтических вузов и фармацевтических факультетов мед. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. // под ред. В. Г. Беликова. — Пятигорск : Изд-во Пятигорской ГФА, 2006. — 306 с.

40. *Титова, А. В.* Оценка качества субстанций и таблеток фталазола методами дифференциальной сканирующей калориметрии и ИК-спектроскопии / А. В. Титова, Н. П. Садчикова, К. С. Балыклова // Вестн. Росздравнадзора. 2012. — № 5. — С. 60–65.

41. *Успенская, С. И.* Анализ и стандартизация лекарственных препаратов, полученных методом полиморфного модифицирования / С. И. Успенская [и др.] // Рос. хим. журн. — 1997. — Т. 41, № 5. — С. 130–135.

42. Фармакопея США: USP29; Национальный формуляр: NF 24 : в 2 т. : [пер. с англ.]. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009.

43. Фармакопея ЕС 7,0.

44. Фармакопейная статья предприятия ФСП 42-0055069501. Эналаприл-Н.С., таблетки по 0,01 г. — 10 с.

45. Фармакопейная статья предприятия ФСП 42-0394665905. Стрептоцид, порошок для наружного применения по 2,0 или 5,0 г (в термосвариваемых пакетах) № 54 10; 50 или 100. — 12 с.



46. Фармакопейная статья предприятия ФСП 42=0004190101. Нитросорбид, таблеточная масса 10%. Полуфабрикат для получения таблеток Изосорбид динитрат. — 11 с.
47. Фармакопейная статья ФС 42-0072-01. Силибин-стандарт (для анализа лекарственного растительного сырья и препаратов расторопши пятнистой). — 9 с.
48. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия (аналитика) : в 2 кн. Кн. 1: Общие теоретические основы. Качественный анализ : Учебник для вузов — М. : Высш. шк., 2005. — 615 с.
49. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия: в 2 кн. Кн.2: Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: Практикум — М. : Высш. шк., 2012. — 368 с.
50. Чекрышкина, Л. А. Методы УФ- и ИК-спектрофотометрии в фармацевтическом анализе : учебн. пособие / Л. А. Чекрышкина, Н. И. Эвич ; каф. фармацевтической химии ФДПО и заочного фак. — Пермь : Изд-во ПГФА, 2000. — 49 с.
51. Штерн, Э. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии : пер. с англ. / Э. Штерн, К. Тиммонс. — рус. изд. — М. : Мир, 1974. — 295 с.
52. Якушев, В. А. Пути защиты от фальсификатов лекарств. Сообщение 1. Оценка качества субстанции и таблеток Метопролола сукцината разных производителей по показателям «Подлинность» и «Содержание действующего вещества» / В. А. Якушев [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. — 2012. — Т. 55, № 4. — С. 48–51.
53. Якушев, В. А. Пути защиты от фальсификатов лекарств. Сообщение 2. Оценка межсерийной дисперсии таблеток Метопролола сукцината разных производителей по показателям «Подлинность» и «Содержание действующего вещества» / В. А. Якушев [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. — 2012. — Т. 55, № 5. — С. 46–48.
54. British pharmacopoeia 2009. — L., 2009. — 1–4 vol.
55. Japanese Pharmacopoeia (JP XIV) (на англ. яз.). 14th ed. 2007. — 2011. — 1432 p.
56. Moffat, A. C. Clarke's Analysis of Drugs and Poisons / A. C. Moffat, M. D. Osselton, B. W. Widdop. — Pharmaceutical Press, 2004. — 1248 p.
57. Moffat A. C. Clarke's Analysis of Drugs and Poisons. — 4th ed. — 2011. pdf / A. C. Moffat, M. D. Osselton, B. W. Widdop. — Pharmaceutical Press, 2011. — 2473 p.
58. Crystallization of organic compounds. An industrial perspective / H.-H. Tung, [et. al]. — USA : Wiley-VCH, 2009. — 294 p.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. МЕТОД ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ .....	5
2. СПЕКТРОМЕТРИЯ В СРЕДНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ .....	9
2.1. Подготовка образца к измерению ИК-спектра .....	9
2.2. Регистрация ИК-спектра .....	11
2.3. Интерпретация ИК-спектров .....	13
2.4. Идентификация фармацевтических субстанций методом ИК- спектрометрии .....	15
2.5. Идентификация фармацевтических субстанций в готовых лекарственных формах методом ИК-спектрометрии .....	25
2.6. Испытания фармацевтических субстанций на чистоту методом ИК- спектрометрии .....	29
2.7. Количественное определение фармацевтических субстанций методом ИК-спектрометрии .....	30
3. СПЕКТРОМЕТРИЯ В БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ (БИКСПЕКТРОМЕТРИЯ) .....	34
3.1. Идентификация фармацевтических субстанций методом БИК- спектрометрии в фармацевтическом, судебно-химическом и химико- токсикологическом исследованиях .....	36
3.2. Оценка качества фармацевтических субстанций и таблетированных лекарственных форм по показателю «Количественное содержание» методом БИК-спектрометрии .....	40
3.3. Определение показателя «Однородность дозирования» лекарственных средств методом БИК-спектрометрии .....	44
3.4. Оценка качества жидких лекарственных форм по некоторым нормативным показателям методом БИК-спектрометрии .....	49
3.5. Применение БИК-спектрометрии для идентификации продукции разных производителей и выявления фальсифицированных лекарственных средств .....	50
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ .....	52
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 1 (1.1–1.18): .....	52
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 2 (2.1–2.18): .....	58
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 3 (3.1–3.18): .....	68
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 4 (4.1–4.18): .....	80
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 5 (5.1–5.18): .....	93
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 6 (6.1–6.18): .....	107
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ № 7 (7.1–7.18): .....	125
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГРУПП АТОМОВ .....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИК-СПЕКТРЫ НЕКОТОРЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ .....	148
ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ ПО ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ .....	170
ЛИТЕРАТУРА .....	173

*Анна Степановна САУШКИНА,  
Надежда Ивановна КОТОВА,  
Борис Александрович ЧАКЧИР*  
**ИК-СПЕКТРОМЕТРИЯ В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**  
*Учебное пособие*  
Издание третье, стереотипное

Зав. редакцией  
медицинской литературы *В. Л. Михалева*

ЛР № 065466 от 21.10.97  
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028  
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

**Издательство «ЛАНЬ»**  
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com  
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д.1, лит. А.  
Тел.: (812) 336-25-09, 412-92-72.  
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 08.07.20.  
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 14,63. Тираж 30 экз.

Заказ № 671-20.

Отпечатано в полном соответствии  
с качеством предоставленного оригинал-макета  
в АО «Т8 Издательские технологии»  
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.