

УДК 535.371

## МЕТОД ИК СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СПЕКТРАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЛАЗМЫ КРОВИ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН ПРИ НОРМАЛЬНО ПРОТЕКАЮЩЕЙ БЕРЕМЕННОСТИ И БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН С РЕЗУС-ИММУНИЗАЦИЕЙ

А.А. ИВАНОВ<sup>1</sup>, А.К. КОРОЛИК<sup>2</sup>, О.В. КОЗЛЯКОВА<sup>3</sup>, М.С. ТАРАСИК<sup>1</sup>,  
Г.Г. ЛУБНЕВСКАЯ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный медицинский университет,  
пр. Дзержинского, 83, 220116 Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ГУ Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии,  
ул. Семашко, 8, 220045 Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Городской центр трансфузиологии УЗ 6-ой ГКБ, ул. Уральская, 5, 220037 Минск, Беларусь

**Аннотация:** с помощью метода ИК спектроскопии выявлены особенности структурных изменений крови беременных женщин с Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup> и Rh-иммунизацией в зависимости от сроков беременности. Показана целесообразность использования метода ИК спектроскопии для дополнительной диагностики сопутствующих заболеваний при беременности, например, таких, как почечная недостаточность.

**Ключевые слова:** ИК спектроскопия, липопротеины, плазма крови, Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup> и Rh-иммунизация беременных женщин.

## IR SPECTROSCOPY METHOD FOR ANALYSIS OF SPECTRAL FEATURES OF BLOOD PLASMA OF PREGNANT WOMEN WITH NORMAL PREGNANCY AND PREGNANT WOMEN WITH RH IMMUNIZATION

ALEXANDER.A. IVANOV<sup>1</sup>, ANNA.K. KOROLIK<sup>2</sup>, OLGA.V. KOZLYAKOVA<sup>3</sup>, MARYNA.S. TARASIK<sup>1</sup>, GALINA.G. LUBNEVSKAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State Medical University, Dzerzhinsky Ave., 83, 220116 Minsk, Belarus

<sup>2</sup>State University Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology,  
st. Semashko, 8, 220045 Minsk, Belarus

<sup>3</sup>City Center for Transfusiology, 6th City Clinical Hospital, st. Uralskaya, 5, 220037 Minsk, Belarus

**Abstract:** using the IR spectroscopy method, features of structural changes in the blood of pregnant women with Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup> and Rh-immunization were identified depending on the duration of pregnancy. The feasibility of using the IR spectroscopy method for additional diagnosis of concomitant diseases during pregnancy, for example, such as renal failure, has been shown.

**Keywords:** IR spectroscopy, lipoproteins, blood plasma, Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup> and Rh-immunization of pregnant women.

### Введение

Здоровье человека закладывается еще в период его внутриутробного развития. Многие работы указывают на связь различных заболеваний у детей с нарушениями течения беременности их матерей. Более того, имеются и прямые связи осложненного течения беременности с уровнем перинатальной смертности (смерть ребенка в утробе матери на последних сроках беременности или в первую неделю жизни). Среди причин мертворождаемости и ранней детской смертности одно из первых мест занимает несовместимость крови матери и плода по резус-фактору. При этом может возникнуть резус-иммунизация – иммунная реакция, вследствие которой организм матери вырабатывает антитела. Это может вызвать пороки и нарушения развития плода, вплоть до прерывания беременности в различных сроках, и гибели плода.

В последние годы метод ИК спектроскопии, благодаря существенному повышению его аналитических возможностей в результате использования ИК-фурье-спектрометров, находит все большее применение в биомедицине, в частности, для компонентного анализа плазмы

крови и структуры входящих в ее состав белков, диагностики на этой основе различных заболеваний.

### Цель работы

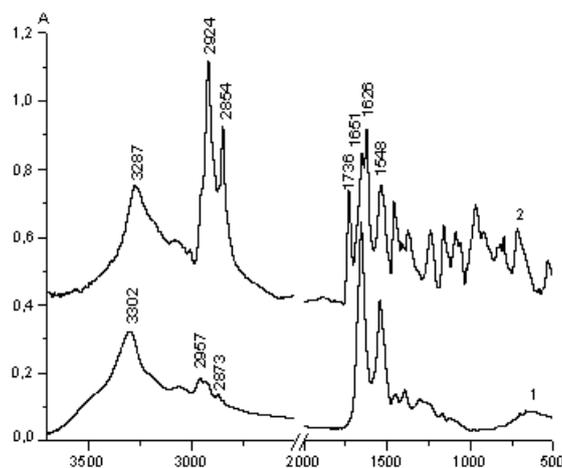
Применение метода ИК-фурье-спектроскопии для анализа структурных особенностей компонент плазмы крови в процессе беременности у женщин с положительной ( $Rh^+$ ) и отрицательной ( $Rh^-$ ) резус-принадлежностью крови при физиологической (неосложненной) беременности, а также беременных женщин с резус-иммунизацией ( $Rh$ -имм.). Одним из показателей нормального или нарушенного протекания основных физиологических процессов в организме человека является уровень липопротеинов в плазме крови.

### Материалы и методы

В работе использовалась плазма крови здоровых женщин репродуктивного возраста – контрольная группа, беременных женщин с  $Rh^+$  и  $Rh^-$  при неосложненной беременности, а также беременных женщин с  $Rh$ -иммунизацией. Для проведения ИК спектроскопических исследований плазмы крови женщин контрольной группы, беременных с  $Rh^+$  и  $Rh^-$  при физиологической беременности и с  $Rh$ -иммунизацией на разных сроках беременности, а также модельных образцов нами были получены тонкие пленки на поверхности оптических окон из кристаллов KRS-5 путем нанесения и последующей сушки дозированных количеств разбавленной плазмы и водных растворов модельных соединений. Пленки формировались при комнатной температуре и влажности в течение не менее 24 ч. ИК спектры в области частот 400-4000  $cm^{-1}$  регистрировались на ИК-фурье спектрометре **Nexus 670** (Nicolet, США) при спектральном разрешении 2  $cm^{-1}$  и числе сканирований 128, при этом прибор постоянно продували сухим воздухом.

### Результаты и их обсуждение

Для выявления спектральных особенностей плазмы крови беременных женщин с положительным и отрицательным резусом при нормально протекающей физиологической беременности, а также беременных женщин с резус-иммунизацией по сравнению с плазмой крови здоровых доноров были получены и исследованы ИК спектры поглощения этих образцов, а также модельных образцов – альбумина и липопротеинов низкой плотности. На рис. 1 представлены ИК спектры пленок альбумина и липопротеина низкой плотности.

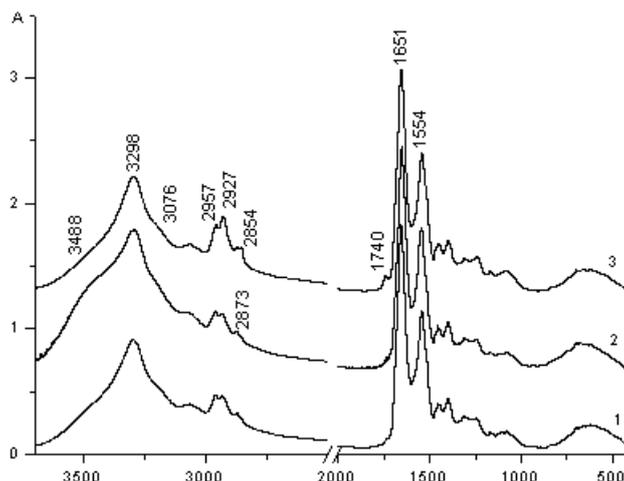


**Рис. 1** – ИК-фурье-спектры пленок альбумина (1) и липопротеинов низкой плотности (2) в области частот 500-3600  $cm^{-1}$  (спектры смещены по оси ординат для наглядности)

ИК спектр липопротеина резко отличается от спектра альбумина и плазмы крови наличием высокоинтенсивных полос валентных колебаний  $CN_2$ -группы при 2924 и 2854  $cm^{-1}$  и

полосы валентных колебаний карбонильной группы при  $1736\text{ см}^{-1}$ . Известно, что эти полосы обусловлены липидной составляющей липопротеинов [1]. Высокая интенсивность полос поглощения  $\text{CH}_2$ -групп в ИК спектрах липопротеинов при сравнительно небольшой интенсивности этих полос в ИК спектрах белков, делает область  $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$  наиболее подходящей для анализа уровня липопротеинов в плазме крови.

На рис. 2 показаны ИК спектры в области  $500\text{--}3600\text{ см}^{-1}$  пленок плазмы крови двух здоровых доноров (контрольная группа) и беременной женщины с Rh-иммунизацией на сроке беременности 30-31 недель.



**Рис. 2** – ИК-фурье-спектры пленок плазмы крови контрольной группы (1,2) и беременной женщины с Rh-иммунизацией (3) на сроке беременности 30-31 недель в области частот  $500\text{--}3600\text{ см}^{-1}$  (спектры смещены по оси ординат для наглядности)

Для всех трех групп беременных женщин интенсивность полос поглощения при  $2927$  и  $2854\text{ см}^{-1}$  выше чем для доноров контрольной группы, что свидетельствует о повышенном содержании липопротеинов. Причем наиболее сильно эти различия выражены на сроках беременности 30-35 недель. Для беременных женщин с Rh-иммунизацией эта зависимость отличается существенно большим увеличением содержания липопротеинов на сроке беременности 30-32 недели и очень сильным и быстрым снижением на более поздних сроках [1-2]. Полученные результаты согласуются с литературными данными, что именно на сроках беременности 30-35 недель происходит активация всех метаболических процессов для обеспечения растущего плода и жизнедеятельности организма матери пластическим материалом, в частности, повышается уровень липидов в сыворотке крови [1].

В других областях ИК спектра плазмы крови беременных женщин с  $\text{Rh}^+$ ,  $\text{Rh}^-$  существенных изменений не обнаружено.

Однако, в ИК спектре плазмы крови беременной женщины с Rh-иммун. на сроке беременности 34-35 недель (Рис. 3) наблюдается увеличение поглощения при  $1401\text{ см}^{-1}$  и появление новой полосы с максимумом при  $1589\text{ см}^{-1}$ , которые могут быть обусловлены увеличением концентрации триглицеридов и мочевины в плазме крови, соответственно [1]. Но эти изменения в ИК спектре плазмы крови беременных женщин с Rh-иммун. никак не связаны с самой беременностью, а являются результатом проявления сопутствующего заболевания. В частности, появление полосы поглощения при  $1589\text{ см}^{-1}$ , обусловленное присутствием в плазме крови мочевины [3-4], прямо свидетельствует о почечной недостаточности у человека, а увеличение относительной интенсивности полосы поглощения при  $1401\text{ см}^{-1}$ , может опосредованно также указывать на заболевание почек, поскольку при этом заболевании наблюдается и увеличение количества триглицеридов [5].

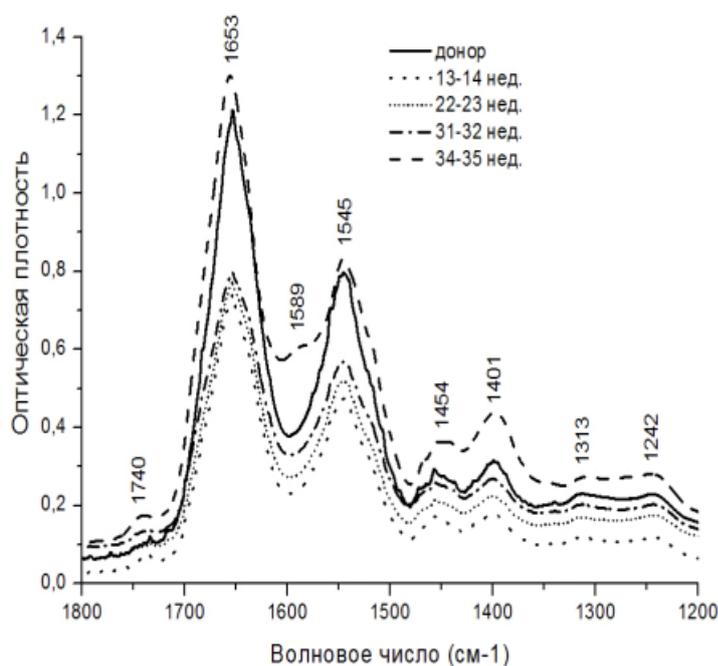


Рис. 3 – ИК спектры плазмы крови здорового донора, беременных женщин с резус - иммунизацией в области частот 1800-1200 см<sup>-1</sup>

### Заключение

С помощью метода ИК спектроскопии выявлены особенности структурных изменений в крови беременных женщин с Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup> и Rh-иммунизацией в зависимости от сроков беременности. Установлено, что содержание липопротеинов, независимо от резус-принадлежности беременных женщин, повышается уже на ранних сроках беременности, достигает максимума при сроке 30-32 недели, а затем снижается. Для беременных женщин с Rh-иммунизацией эта зависимость отличается существенно большим (по отношению к женщинам с Rh<sup>+</sup>, Rh<sup>-</sup>) увеличением уровня липопротеинов на сроке беременности 30-32 недели и очень сильным и быстрым снижением на более поздних сроках. Показана целесообразность использования метода ИК спектроскопии для дополнительной диагностики сопутствующих заболеваний при беременности, например, таких, как почечная недостаточность.

### Список литературы

1. Infrared Spectroscopy in Clinical and Diagnostic Analysis / A.R. Shaw [et al.] //in. "Encyclopedia of Analytical Chemistry" / Ed. R.A. Meyers. – Chichester: J. Wiley and Sons Ltd. – 2000-2006. - № 1. – С. 7–10.
2. Использование метода ИК спектроскопии для оценки уровня липопротеинов в плазме крови беременных женщин / А.А. Иванов [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: тезисы докладов междунар. научной конференции, Пятнадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков [Электронный ресурс] Минск, 15-17 июня 2022 г. / редкол.: И.Д. Волотовский (гл. ред.) [и др.].– Минск: БГУ, 2022. – С. 122.
3. Reagent – free, simultaneous determination of serum cholesterol in HDL and LDL by infrared spectroscopy / Kan-Zhi Liu [et al.] // Clinical Chemistry. – 2002. – V.48. – P. 499–506.
4. Смит, А. Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит. - Москва: Мир, 1982. – С. 290–318.
5. Вельтищев, Ю.Е. Справочник практического врача / Ю.Е. Вельтищев и др. – Москва: Медицина, 1992. – С. 215–234.