УДК 535.341:535.36:535.361

DOI: 10.21779/2542-0321-2018-33-4-41-50

А.А. Муртазаева^{1, 2}, К.М. Гираев^{1, 2}, М.А. Магомедов^{1, 2}, Н.А. Ашурбеков¹

Влияние злокачественных новообразований в тканях поджелудочной железы на оптические спектры пищеварительных ферментов

¹ Дагестанский государственный университет; Россия, 367001, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43а;

² Институт физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН; Россия, 367003, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 94; nashurb@mail.ru

Выполнены спектральные трансмиссионные и рефлектометрические измерения в интервале длин волн 250–2500 нм для проб желчи и панкреатического сока при различных заболеваниях поджелудочной железы. Определены спектры коэффициентов оптического поглощения, рассеяния и фактора анизотропии рассеяния с использованием инверсного метода Монте-Карло. Установлено, что исследуемые объекты представляют собой коллоиды среды, образованные как малыми рассеивателями, так и их крупными фракциями, сформированными в процессе окислительной агрегации биосред. Установлено, что по мере малигнизации для проб пищеварительных ферментов наблюдаются изменения в размерах и концентрации рассеивателей, что следует из динамики спектральной зависимости оптических коэффициентов.

Ключевые слова: желчь, панкреатический сок, процессы малигнизации, спектрофотометрия, поглощение, рассеяние, фактор анизотропии, морфология, диагностика.

Введение

Известно, что аденокарцинома поджелудочной железы является одним из наиболее распространенных и агрессивных типов онкологических заболеваний [1, 2]. Данная ситуация вызвана множеством причин. Авторами работы [1] отмечено: «Из общего числа негативных факторов можно выделить длительную бессимптомность течения заболевания, сложности в проведении дифференциальной диагностики, высокую чувствительность к употреблению алкоголя, некачественному, нерегулярному и несбалансированному питанию, аутоимунные процессы. При этом, как правило, наблюдается вовлечение в процесс воспаления прилежащих органов с развитием тяжелых форм ассоциированной патологии». В этой связи развитие и совершенствование методов диагностики и контроля заболеваний поджелудочной железы, включая злокачественные новообразования, является важной задачей биофотоники.

На сегодняшний день методы спектрофотометрии интегрирующих сфер с последующим определением коэффициентов поглощения (μ_a), рассеяния (μ_s) и фактора анизотропии рассеяния (g) получили широкое распространение в диагностических исследованиях биологических объектов, поскольку позволяют оценить комплекс их морфофункциональных, физиологических и биохимических свойств по мере развития различных заболеваний [3; 4]. Изучению оптико-спектральных характеристик биообъектов посвящено много работ, в которых приводятся результаты исследований тканей головного мозга, дыхательной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем. Системати-

зированные и обобщённые результаты этих исследований приведены в многочисленных статьях и обзорах [5; 6].

Целью данной работы является исследование воздействия злокачественных процессов на структурно-морфологические и биохимические свойства желчи и панкреатического сока. Для этого были выполнены спектрофотометрические измерения отражения и светопропускания в интервале длин волн 250–2500 нм и на основе метода Монте-Карло рассчитаны спектры коэффициентов оптического поглощения и анизотропии светорассеяния для пищеварительных ферментов при различных формах заболевания поджелудочной железы, включая процессы малигнизации.

Материалы и методы

Для проведения спектроскопических исследований в работе использовались образцы желчи и панкреатического сока, полученные в ГБУ Республики Дагестан «Республиканская клиническая больница» в ходе оперативного лечения и секционных исследований больных с заболеваниями поджелудочной железы различной степени тяжести. При этом патогистологические исследования биопсийного материала позволили отобрать по 7 образцов желчи и панкреатического сока для хронического панкреатита (биосреды при *средней стадии поражения*) и по 9 образцов желчи и панкреатического сока для случая аденокарциномы поджелудочной железы (образцы биосред при *крайней стадии поражения*).

Методика пробоподготовки заключалась в следующем. В целях минимизации спектральных вкладов поглощения воды образцы пищеварительных ферментов равномерно наносились на кварцевые стекла вдоль всей их поверхности и подвергались термическому (температура $40,0 \pm 2,0$ °C) и вакуумному (давление 5×10^{-6} мм рт. ст.) осушению. Процесс дегидратации последовательно повторялся до получения пленок биосред обоих видов толщиной примерно $d = 100,0 \pm 10,0$ мкм и площадью $2,5 \times 4,0$ см. При этом показатель преломления биосред ($\bar{n}_{tiss}$) принимался равным 1,4, а кварцевых пластин ($\bar{n}_{glass}$) – 1,55.

Экспериментальные измерения спектров полного и диффузного светопропускания – T_t и T_d , а также диффузного отражения – R_t для пищеварительных ферментов проводились в интервале длин волн 250–2500 нм на автоматизированном спектрофотометре UV-3600 (Shimadzu, Япония) с интегрирующей сферой LISR-3100 со спектральным разрешением $\sim 0,1$ нм.

Конечные данные спектрофотометрических коэффициентов T_t , T_d и R_t определялись как $R_d^{exp} = \frac{R_d^s(\lambda) - R_0(\lambda)}{R_{gl}(\lambda) - R_0(\lambda)}$ и $T_{t,d}^{exp} = \frac{T_{t,d}^s(\lambda) - T_0(\lambda)}{T_{gl}(\lambda) - T_0(\lambda)}$, где $T_{t,d}^s(\lambda)$ и $R_d^s(\lambda)$ – спектры пропускания и отражения проб биосред; $T_{gl}(\lambda)$ и $R_{gl}(\lambda)$ – спектры референсного сигнала, измеренные с кварцевой пластиной; $T_0(\lambda)$ – сигнал интегрирующей сферы с закрытым входным и открытым выходным портами; $R_0(\lambda)$ – сигнал для сферы при открытых оптических портах.

Вычисление спектральной зависимости коэффициентов оптического поглощения (μ_a), рассеяния (μ_s) и фактора анизотропии рассеяния (g) проводилось на основе инверсного метода численного моделирования Монте-Карло, разработанного и подробно описанного в работах [7–10]. Алгоритм используемого метода вкратце представляет собой последовательную реализацию следующих шагов:

1) вычисление начальных приближений для коэффициентов μ_a , μ_s и g на основе данных R_d^{exp} , T_t^{exp} и T_d^{exp} с использованием соотношения [11].

$$\frac{\mu'_s}{\mu_a + \mu'_s} = \begin{cases} 1 - \left(\frac{1 - 4R_d^{exp} - T_t^{exp}}{1 - T_t^{exp}} \right)^2, & \text{при } \frac{R_d^{exp}}{1 - T_d^{exp}} < 0.1 \\ 1 - \frac{4}{9} \left(\frac{1 - R_d^{exp} - T_t^{exp}}{1 - T_t^{exp}} \right)^2, & \text{при } \frac{R_d^{exp}}{1 - T_d^{exp}} \geq 0.1 \end{cases}$$

$$(\mu_a + \mu'_s)d = \begin{cases} -\frac{\ln T_t^{exp} \ln 0.05}{\ln R_d^{exp}}, & \text{при } R_d^{exp} \leq 0.1 \\ 2^{1+5(R_d^{exp}-T_t^{exp})}, & \text{при } R_d^{exp} > 0.1 \end{cases}$$

$$(\mu_a + \mu'_s)d = -\ln T_c^{exp},$$

где $\mu'_s = (1 - g)\mu_s$ – коэффициент транспортного рассеяния, d – толщина образцов, T_c^{exp} – коллимированное пропускание, $T_c^{exp} = T_t^{exp} - T_d^{exp}$;

2) вычисление параметров R_d^{calc} , T_t^{calc} и T_d^{calc} на основе полученных значений коэффициентов μ_a , μ_s и g с использованием метода Монте-Карло;

3) построение целевой функции и ее минимизация: $F = (T_t^{exp} - T_t^{calc})^2 + (T_d^{exp} - T_d^{calc})^2 + (R_d^{exp} - R_d^{calc})^2$;

4) процедуру минимизации на основе симплексного метода Нелдера–Мида [12] до выполнения условия

$$\frac{|T_t^{exp} - T_t^{calc}|}{T_t^{exp}} + \frac{|T_d^{exp} - T_d^{calc}|}{T_d^{exp}} + \frac{|R_d^{exp} - R_d^{calc}|}{R_d^{exp}} \leq 0.01.$$

Для каждой исследуемой пробы пищеварительных ферментов вычисления выполнялись по несколько раз. Окончательный результат по спектрам оптического поглощения и анизотропии светорассеяния определялся путем усреднения серийных измерений: $\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\sigma} - \sigma_i)^2}{n(n-1)}}$, где n – количество серийных измерений, σ_i – значения коэффициентов μ_a , μ_s и g для i -й пробы, $\bar{\sigma}$ – среднее значение оптических коэффициентов, определяемое как $-\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i}{n}$.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 приводятся спектры коэффициентов диффузного отражения (R_d), полного (T_t) и коллимированного (T_c) светопропускания пищеварительных ферментов печени и поджелудочной железы при средней и крайней стадиях поражения. Для формы спектрального контура параметров (R_d , T_t и T_c) обнаружены как общие закономерности, так и отличительные особенности. Так, например, в видимой области спектра трансмиссионные и отражательные коэффициенты характеризуются 3 минимумами, образованными, по-видимому, поглощением билирубина и комплексом аминокислот, входящих в состав желчи и панкреатического сока [5, 6, 13, 14]. В ближней инфракрасной области спектра значения этих коэффициентов растут с образованием несущественных экстремумов в области полос поглощения воды [13, 14]. При этом в абсолютных пределах значения спектрофотометрических параметров для проб пищеварительных ферментов при средней стадии поражения составили – $T_t \sim 0.15 \pm 0.02 - 0.6 \pm 0.1$, $R_d \sim 0.05 \pm 0.01 - 0.5 \pm 0.1$ и $T_c \sim 0.01 - 0.09$. В то же время по мере развития процессов малигнизации в тканях поджелудочной железы значения R_d , T_t и T_c уменьшаются в среднем на 20 % для проб желчи и растут на 15 % для

панкреатического сока, что, как следствие, отражается на динамике спектральной зависимости оптических коэффициентов μ_a , μ_s и g .

Рис. 1. Спектры коэффициентов полного пропускания, полного отражения и коллимированного пропускания для проб желчи (1) и панкреатического сока (2) при средней стадии поражения

Рис. 2. Спектры коэффициентов полного пропускания, полного отражения и коллимированного пропускания для проб желчи (1) и панкреатического сока (2) при крайней стадии поражения

На рис. 3 и 4 показана спектральная зависимость коэффициентов поглощения (μ_a), рассеяния (μ_s) и фактора анизотропии рассеяния (g), рассчитанная на основе данных R_d , T_t и T_c при помощи инверсного метода МС для проб пищеварительных ферментов и соответствующих им форм заболеваний. Анализ полученных результатов показывает, что в спектрах оптических коэффициентов также имеется множество общих закономерностей. В частности, спектр поглощения для проб желчи характеризуется наличием явно выраженных экстремумов вблизи длин волн 280 ± 5 , 410 ± 5 и 630 ± 15 нм, соответствующих, скорее всего, полосам поглощения смеси желчных пигментов – билирубина и биливердина. Для проб панкреатического сока контур поглощения имеет максимум на длине волны 280 ± 5 нм, образованный, по-видимому, поглощением комплекса аминокислот, входящих в состав панкреатического фермента [13–16]. С ростом длины волны коэффициент поглощения μ_a для обоих ферментов монотонно убывает, где в интервале длин волн 900–2500 нм достигает минимальных значений – 0.07 ± 0.02 мм⁻¹.

Следует заметить, что обезвоживание проб ферментов, проведенное для оценки спектральных вкладов эндогенных хромофоров, не выявило компонентов, соответствующих поглощению липидов (1220, 1730 и 1750 нм). При этом наблюдались спектральные минимумы на длинах волн 1450 ± 20 и 1940 ± 20 нм (полосы поглощения свободной воды) на фоне неспецифического поглощения продуктов окисления биохимических компонентов (холестерина, фосфолипидов, липидов и др.). Как показано в [14, 15, 17], «...продукты окисления могут быть образованы за счет вакуумно-термической дегидратации биосред, а также наличием в них элементов – Zn^{2+} и Cu^{2+} , способствующих процессу окисления». Это, по-видимому, легло в основу агрегации пищеварительных ферментов, из-за чего пленки исследуемых веществ представляют собой мутные сильнорассеивающие среды с выраженной коллоидной структурой.

Аналогичная спектральная зависимость наблюдалась для параметров анизотропии светорассеяния – μ_s и g , значения которых достигают максимума в видимой области спектра на участке длин волн 250–500 нм и с ростом длины волны монотонно спадают с образованием незначительных экстремумов вблизи длин волн 1450 ± 20 и 1940 ± 20 нм. В то же время в сравнении со спектром коэффициента поглощения для спектрального контура коэффициента рассеяния μ_s пищеварительных ферментов наблюдается обратная симметрия полос поглощения билирубина и аминокислот на длинах волн 280 ± 5 , 410 ± 5 и 640 ± 15 нм. Данный факт может быть обусловлен несколькими причинами, одной из которых является резкий рост мнимой составляющей комплексного показателя преломления среды ($\bar{n}''$) в спектральной области сильного поглощения. Другим механизмом обнаруженной зависимости является эффект усиления оптического поглощения при больших значениях рассеяния света. Как показано в работах [14, 17], «...высокий уровень светорассеяния приводит к тому, что на длине свободного пробега фотоны взаимодействуют с большим числом эндогенных хромофоров, вследствие чего количество рассеянных фотонов резко падает». Данный эффект хорошо известен при оптических исследованиях других сильнорассеивающих объектов [9–10].

Применение методики среднеквадратического отклонения для выявления погрешности в определении оптических коэффициентов позволило установить, что максимальный статистический разброс значений наблюдался для коэффициента поглощения, который достигал $\sigma_{\mu_a} \sim 40$ % в видимой области спектра длин волн 280 ± 5 , 410 ± 5 и 640 ± 15 нм. В сравнении с этим статистический разброс значений для коэффициента рассеяния и фактора анизотропии был значительно ниже и не превышал порога в $\sigma_{\mu_s, g} < 10$ % от величины полезного сигнала по всему спектральному диапазону проведенных исследований.

Рис. 3. Спектры оптических коэффициентов поглощения, рассеяния и фактора анизотропии рассеяния для проб желчи (1) и панкреатического сока (2) при средней стадии патологического поражения

Рис. 4. Спектры оптических коэффициентов поглощения, рассеяния и фактора анизотропии рассеяния для проб желчи (1) и панкреатического сока (2) при крайней стадии патологического поражения

Вместе с этим оптическим спектрам пищеварительных ферментов и соответствующих им патологий свойственны явные отличительные особенности, что в принципе указывает на возможность использования методов спектрофотометрии в дифференциации

заболеваний поджелудочной железы. Исследуемые вещества обнаруживают существенные различия в значениях коэффициентов μ_a и μ_s , которые при средней стадии поражения для проб желчи превышают значения таковых для проб панкреатического сока в 1,5 раза. При крайней стадии поражения эти различия увеличиваются в 2–3 раза. Вместе с этим по мере развития онкологической патологии для проб желчи наблюдается рост значений коэффициентов μ_a и μ_s до 1.5 раз в видимой области спектра. Для проб панкреатического сока при крайней стадии патологического поражения эта зависимость носит обратный характер – наблюдается уменьшение коэффициентов μ_a и μ_s до 2 раз. При этом спектры фактора анизотропии g для ферментов обоих видов менялись несущественно и с развитием патологии смещались в длинноволновую область спектра.

Особый интерес вызывает анализ параметров анизотропии рассеяния μ_s и g исследуемых ферментов с патологией. В частности, анализ коэффициента рассеяния посредством аппроксимации двухстепенной функцией типа $\mu_s(\lambda) = a\lambda^{-w}$ (a и w – безразмерные параметры: a является функцией концентрации рассеивателей и характеризует общий уровень рассеяния; w определяет средний размер рассеивающих частиц и формирует спектральный контур $\mu_s(\lambda)$) позволил установить, что для исследуемых объектов с ростом длины волны возрастает роль рэлеевского рассеяния и снижается вклад рассеяния Ми. Результат такой аппроксимации показан на рис. 5, для проб желчи в норме – μ_s^{b-n} и при крайней степени поражения (μ_s^{b-cr}) принимает соответственно вид:

$$\begin{aligned}\mu_s^{b-n}(\lambda) &= 2.669 \times 10^8 \lambda^{-3.293} + 68.517 \lambda^{-0.124}, \\ \mu_s^{b-cr}(\lambda) &= 2.621 \times 10^8 \lambda^{-3.148} + 73.194 \lambda^{-0.122}.\end{aligned}$$

Для панкреатического сока в норме – μ_s^{p-n} и при крайней степени поражения – μ_s^{p-cr} :

$$\begin{aligned}\mu_s^{p-n}(\lambda) &= 3.478 \times 10^8 \lambda^{-3.544} + 72.325 \lambda^{-0.147}, \\ \mu_s^{p-cr}(\lambda) &= 3.411 \times 10^8 \lambda^{-3.702} + 66.976 \lambda^{-0.149}.\end{aligned}$$

Тот факт, что аппроксимацию коэффициента рассеяния провели при помощи функции двухстепенного вида, свидетельствует в пользу формирования спектров коэффициента μ_s как минимум двумя типами рассеивающих частиц. Причем первое слабое функции отвечает за светорассеяние, вызванное достаточно малыми частицами (близкими к рэлеевским рассеивателям), для которых волновой экспонент $w \rightarrow 4$. Тогда как второй член функции соответствует крупным (рассеиватели Ми) частицам, для которых $w \leq 1$.

Ранее проведенные морфологические исследования методом РЭМ [17] показали, что пробы пищеварительных ферментов представляют собой коллоиды, для которых размер дисперсной фазы и их плотность зависят от вида биосред и формы заболевания поджелудочной железы. В частности, для исследуемых биосред в качестве малых рассеивателей выступают гранулы размером от 90–250 нм, а в качестве крупных частиц – их агрегаты диаметром ≥ 2 мкм, образовавшиеся в результате окислительной агрегации ферментов. Вместе с этим анализ аппроксимирующих функций показывает, что развитие злокачественных процессов в тканях поджелудочной железы для проб желчи приводит к увеличению, а для проб панкреатического сока – к уменьшению размеров рассеивающих частиц при практически неизменной их концентрации. Обнаруженная морфологическая зависимость находит свое подтверждение как в динамике нисходящей с ростом длины волны спектральной зависимости фактора анизотропии рассеяния g , так и в результатах электронной микроскопии проб пищеварительных ферментов с патологией [17].

Рис. 5. Аппроксимация двухступенной функцией спектров рассеяния проб желчи (А) и панкреатического сока (В) в норме (кривая 1) и при крайней стадии патологического поражения (кривая 2). Пунктиром показана кривая аппроксимации

Выводы

Выполненные спектрально-оптические исследования для проб желчи и панкреатического сока при различных заболеваниях поджелудочной железы позволяют выделить следующие их структурно-морфологические и биохимические свойства.

1. Спектры коэффициента поглощения μ_a для проб желчи сформированы поглощением билирубина и биливердина на длинах волн 280 ± 5 , 410 ± 5 и 630 ± 15 нм, а для проб панкреатического сока – поглощением комплекса аминокислот на длине волны 280 ± 5 нм. С ростом длины волны коэффициенты поглощения обоих ферментов убывают, где в интервале длин волн 900–2500 нм уменьшаются более чем в 100 раз.

2. Пробы пищеварительных ферментов представляют собой коллоиды среды, образованные как малыми рассеивателями, так и их крупными фракциями, сформированными в процессе окислительной агрегации биосред. Это подтверждается спектральной зависимостью фактора анизотропии g и коэффициента рассеяния μ_s , для которых с ростом длины волны наблюдается увеличение вклада рэлеевского рассеяния и снижение рассеяния Ми.

3. Развитие аденокарциномы в тканях поджелудочной железы для проб желчи приводит к росту поглощения и рассеяния в 1.5 раза, в то время как для проб панкреа-

тического сока происходит уменьшение коэффициентов поглощения и рассеяния до 2-х раз.

Работа выполнена с использованием приборного парка ЦКП «Аналитическая спектроскопия» Дагестанского государственного университета.

Литература

1. Блохин Н.Н., Итин А.Б., Клименков А.А. Рак поджелудочной железы и внепеченочных желчных путей. – М.: Медицина, 1982. – 271 с.
2. Маев И.В., Кучерявый Ю.А. Болезни поджелудочной железы: руководство. – М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. – 736 с.
3. Welch A.J., Van Gemert M.J.C. Optical-Thermal Response of Laser Irradiation Tissues. Ed. by 2nd edition: © Springer Science+Business Media B.V. – 2011. – 958 p.
4. Тучин В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике. – М.: Физматлит, 2013. – 812 с.
5. Jacques S.L. Optical properties of biological tissues: a review // Phys. Med. Biol. 2013. – V. 58. – R. 37–61.
6. Bashkatov A.N., Genina E.A., Tuchin V.V. Tissue. Optical Properties // Handbook of Biomedical Optics. Ed. by D.A. Boas, C. Pitris and N. Ramanujam. Boca Raton, London, New York: CRC Teylor & Francisc Group, 2011. – P. 67–100.
7. Wang L.-H., Jacques S.L., Zheng L.-Q. MCML – Monte Carlo modeling of photon transport in multi-layered tissues // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 1995. – V. 47. – P. 131–146.
8. Wang L.-H., Jacques S.L., Zheng L.-Q. CONV – Convolution for responses to a finite diameter photon beam incident on multi-layered tissues // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 1997. – V. 54. – P. 141–150.
9. Баишкатов А.Н., Генина Э.А., Козинцева М.Д. и др. Оптические свойства биологических тканей брюшины в спектральном диапазоне 350–2500 нм // Оптика и спектроскопия. – 2016. – Т. 120. – С. 6–14.
10. Баишкатов А.Н., Генина Э.А., Кочубей В.И. и др. Оптические свойства тканей толстой кишки человека в спектральном диапазоне 350–2500 нм // Квантовая электроника. – 2014. – Т. 44. – С. 779–784.
11. Prahl S.A., Van Gemert M.J.C., Welch A.J. Determining of the optical properties of turbid media by using the adding-doubling method // Appl. Optics. – 1993. – V. 32. – P. 359–568.
12. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988. – 225 с.
13. Орегонский медицинский – биологический центр. Доступно: <http://omlc.org/spectra/PhotochemCAD/html/136.html>.
14. Гираев К.М., Аишурбеков Н.А., Магомедов М.А. и др. Влияние процессов малигнизации в тканях поджелудочной железы на формирование оптических и инфракрасных спектров проб желчи и панкреатического сока // Биофизика. – 2017. – Т. 62. – С. 784–793.
15. Ленинджер А. Биохимия. – М.: Мир, 1976. – 958 с.
16. Nachabé R., Evers D.J., Hendriks B.H.W. et al. Effect of bile absorption coefficients on the estimation of liver tissue optical properties and related implications in discriminating healthy and tumorous samples // Biomedical Optics Express. – 2011. – V. 2. – P. 600–614.

17. Гираев К.М., Ашурбеков Н.А., Магомедов М.А. и др. Влияние патологических процессов на оптические спектры поглощения и рассеяния проб желчи и панкреатического сока // Оптика и спектроскопия. – 2015. – Т. 119. – С. 162–171.

Поступила в редакцию 3 декабря 2018 г.

UDC 535.33/.34; 535.3

DOI: 10.21779/2542-0321-2018-33-4-41-50

The effect of malignant neoplasms in pancreatic tissues on the optical spectra of digestive secretions

A.A. Murtazaeva^{1, 2}, K.M. Giraev^{1, 2}, M.A. Magomedov^{1, 2}, N.A. Ashurbekov¹

¹ Dagestan State University; Russia, 367001, Makhachkala, M. Gadzhiev st., 43a;

² Amirkhanov Institute of Physics Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; Russia, 367003, Makhachkala, M. Yaragsky st., 94; nashurb@mail.ru

The spectra of transmittance and reflection coefficients are measured for samples of bile and pancreatic juice in various forms of pancreatic pathology in the wavelength range of 250–2500 nm. The spectra of optical coefficient of absorption, scattering and scattering anisotropy factors are determined using the inverse Monte Carlo method. It is found, that the researched objects are colloids consisting mainly of small particles and their large agglomerates, formed during dehydration and oxidative aggregation of biological media. It is shown, that the development of malignance for bile samples leads to an increase, and for pancreatic juice – to a decrease of the density and size of particles, which follows from the increase and decrease in the absorption and light scattering coefficients.

Keywords: *bile, pancreatic juice, malignancy processes, spectrophotometry, absorption, scattering, anisotropy factor, morphology, diagnostics.*

Received 3 December, 2018