

УДК 612.11:57.012:57.086.142

МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ НА ПРИМЕРЕ ФАЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Елизаров А.И., д.физ.-мат.н., проф., Заблоцкая Т.Ю., асп.
Кременчугский государственный политехнический университет
 39614, Кременчуг, Первомайская, 20
 E-mail: myel@vicard.net

В данной статье представлен алгоритм количественной оценки распределения структурных элементов фации биожидкости, имеющих разную оптическую плотность. Приведены результаты обработки изображений фаций с помощью компьютерной программы, реализующей данный алгоритм путем оптического сканирования.

Ключевые слова: дегидратационное самоструктурирование, центрально-осевая симметрия, биожидкость.

In the given work the algorithm of a quantitative estimation of distribution of structural elements, having different optical density, on a film's surface of a dried up drop of bioliquid is submitted. Results of processing of the films images with the help of the computer program realizing the given algorithm by optical scanning are present.

Key words: dehydration self-structurization, central - axial symmetry, bioliquid.

Введение. В последнее время большой научный интерес вызывает явление дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей (БЖ), которое было обнаружено около двух десятилетий назад офтальмологом Е.Г. Рапис [1]. Наиболее информативным методом для изучения этого явления на сегодняшний день признан метод клиновидной дегидратации [2, 3], суть которого состоит в том, что каплю биологической жидкости подвергают высушиванию в определенных лабораторных условиях, в результате чего получают фацию (сухую пленку). При высыхании компоненты жидкости (клетки, молекулы), «борясь за жизнь», т.е. за воду, выстраиваются определенным образом (рис. 1), при этом самоструктурирование остатка отражает пространственное распределение нелетучих биохимических компонентов исследуемой жидкости.

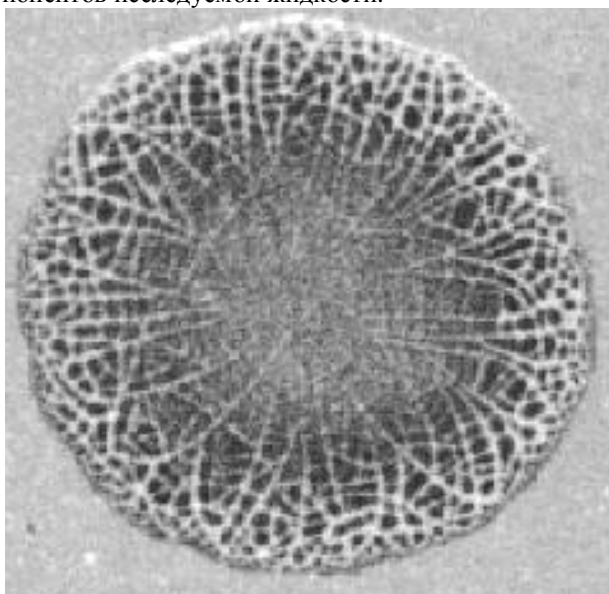


Рисунок 1 – Фация дегидратированной капли сыворотки крови здорового человека (ув.8×1)

Анализ предыдущих исследований. Процесс самоорганизации компонентов чувствителен к малейшим изменениям состава биологической жидкости и влиянию различных факторов внешнего воздействия: инфракрасному и ультрафиолетовому излучению, ультразвуку, температуре. По фации БЖ можно не только выявить патологию на ранней, доклинической стадии, но и определить ряд ее параметров, например, при диагностировании мочекаменной болезни определяют как стадию заболевания, так и химический состав камней, что позволяет назначить правильную диету. На базе методики дегидратирования капли БЖ разработана система диагностики ряда заболеваний [4], которая с успехом применяется в медицинской практике.

На сегодняшний день имеется большая экспериментальная база образцов фаций с достаточно четко определенными закономерностями между наблюдаемыми структурами фации и конкретной патологией. Среди определяемых патологий такие заболевания, как мочекаменная болезнь, вирусный гепатит В, туберкулез, глаукома, лепра и др. [4-7]. Несмотря на эти успехи, физическая природа процесса самоструктурирования БЖ изучена явно недостаточно: трактовки разных авторов носят разрозненный характер и нередко противоречат друг другу.

Анализ результатов дегидратационного структурирования биологических жидкостей в большинстве работ проводится путем визуального сравнения структур фаций: определяют вид и форму структурных элементов, область их нахождения в фации и пр. [4-6]. При этом количественные характеристики при исследовании процесса дегидратации БЖ используются в единичных работах [3]. Следует отметить, что при всей полезности качественных методов такой подход в клинической практике требует от исследователя высокой квалификации и наличия опыта. Между тем, устойчивой тенденцией современной диагностики является автоматизация процессов сбора и

обработки информации, когда участие человека на всем этапе исследований сведено к минимуму. Такой подход требует разработки алгоритмов, позволяющих охарактеризовать проводимый анализ определенным набором количественных параметров.

Цель работы. Обработка изображения дегидратированной капли с помощью разработанной оригинальной компьютерной программы, применение которой является попыткой осуществить автоматизированную обработку изображения фации БЖ.

Материал и результаты исследований. Если рассмотреть фацию любой биологической жидкости, то при всех отличиях, которые характерны для каждого конкретного вида, а также для образцов с различными патологиями, общим для них является то, что фацию БЖ условно можно разделить на несколько концентрически расположенных зон (рис. 2). Внутри одной зональной области, как правило, сохраняется однотипность структурных элементов, может наблюдаться свой, отличный от других зон, рисунок и порядок расположения структур. Вместе с тем, некоторые структурные элементы могут располагаться в нескольких зонах (например, петлеподобные линии, проходящие через центр фации, показанной на рис.1, от одного края капли до противоположного). В соответствии с данными большинства работ по этой тематике, фация имеет центральную зону 1 – зону кристаллических структур, периферийную зону 3 – аморфную, и переходную зону 2 (рис. 2). Для каждой конкретной жидкости в норме деление на зоны будет свое, переходная зона, например, ярко выражена только для сыворотки крови и может отсутствовать для ряда других БЖ.

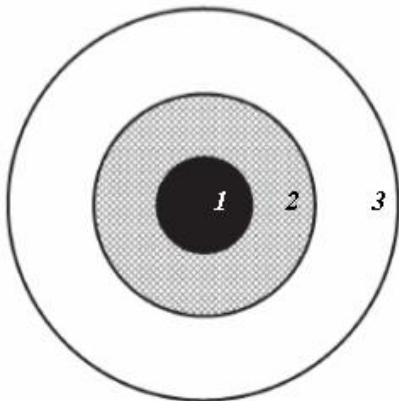


Рисунок 2 – Схема фации биологической жидкости с делением на зоны, вид сверху

Структурирование компонентов является следствием сложного процесса минимизации свободной энергии обезвоживающейся капли биожидкости. В этом случае воспроизводимые результаты могут быть получены только при обеспечении квазиравновесных условий дегидратации [2, 7-9]. Зональное же деление фации происходит по причине радиальной симметрии силового поля, воздействующего на элементы капли, и приводит к возникновению концентрических колец, являющихся следствием серии фа-

зовых переходов капли при высыхании с учетом пиннинга («прилипания» края капли к подложке). В самом деле, высыхающая на плоской горизонтальной подложке капля представляет собой сферический сегмент, обладающий центрально-осевой симметрией относительно вертикали, проходящей через центр капли (рис. 3). Следовательно, поле сил поверхностного натяжения, действующих на каплю, в этом случае тоже подчиняется центрально-осевой симметрии. Его комбинация с однородным гравитационным полем не может нарушить этой симметрии и, следовательно, должна неминуемо приводить к симметричному распределению компонентов капли относительно центральной вертикальной оси. Центрально-симметричный рисунок также будет наблюдаться и в расположении структур фации, что подтверждается полученными снимками дегидратированных капель БЖ.

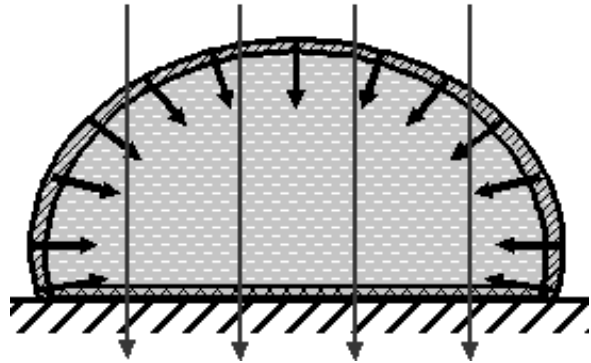
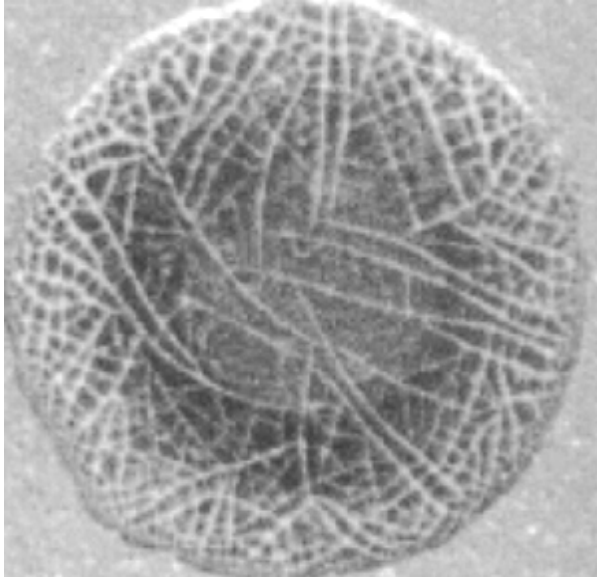


Рисунок 3 – Капля на горизонтальной подложке в центрально-симметричном поле сил тяжести и поверхностного натяжения

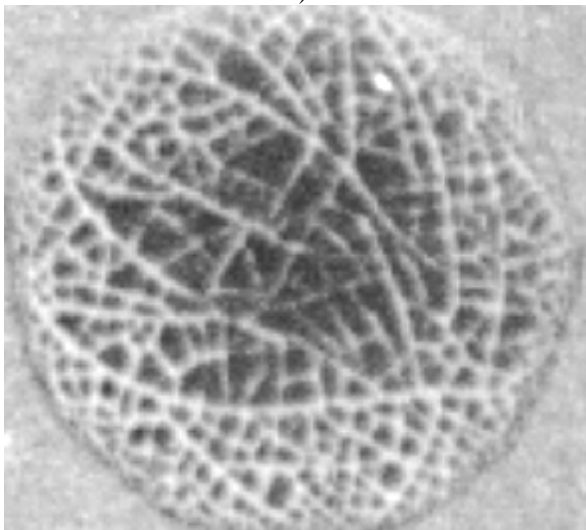
Мы не исключаем, что при дегидратации в силу специфических взаимодействий, приводящих, например, благодаря концентрационному переохлаждению к зарождению на неких центрах и развитию кристаллов соли, в структуре фации могут возникать асимметричные элементы. В результате меняется характер рисунка: появляются ломаные линии, новые структурные элементы, которые могут располагаться хаотично либо упорядоченно, но в любом случае центральная симметрия не сохраняется (рис. 4). Таким образом, структура фации – это отпечаток двух энергетически неравноправных процессов, сопровождающих дегидратацию капли БЖ: пассивных процессов, подчиняющихся силовому полю поверхностного натяжения и гравитации, и активных процессов взаимодействия биоактивных компонентов между собой, нечувствительных к силовому полю.

Соотношение активных и пассивных процессов будет, прежде всего, зависеть от величины сил поверхностного натяжения. Присутствие в жидкости поверхностно-активных веществ, уменьшающих поверхностное натяжение, будет способствовать хаотизации дегидратационного структурирования капли. И все же, в условиях квазиравновесного процесса дегидратации, как показывают опыты, доминантой в

процессе самоструктурирования является подчинение силовому полю, и структура фации в основных чертах имеет центрально-осевую симметрию. Это обстоятельство послужило главным аргументом в пользу сделанного нами выбора радиально-угловой развертки изображения при компьютерной обработке структуры фации.



а)



б)

Рисунок 4 – Фации сыворотки крови с патологиями (ув.8×1)

Исходя из центрально-симметричного характера структурообразования, если в фации условно здоровой БЖ (например, рис.1) просканировать concentрическую область малой по сравнению с радиусом капли толщины dl на расстоянии r от центра, получим характеристику распределения структур в этой области. Произведя сканирование по серии колец, перекрывающих области фации от центральной зоны до периферийной, можно получить количественную оценку пространственного расположения структурных элементов фации (рис.5).

Мы предлагаем метод количественной оценки

изображения с центрально-осевой симметрией для случая, когда видимые структурные элементы имеют отличный от основного фона оттенок.

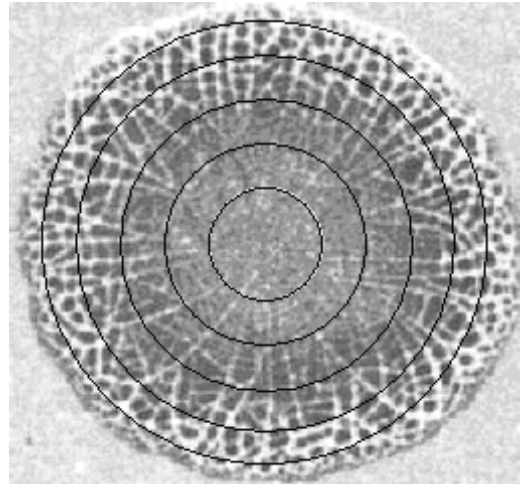


Рисунок 5 – Схема сканирования изображения

Для фации БЖ характерна разная оптическая плотность для каждой группы структурных элементов, отличная как от основного фона фации, так и между разными структурами. При этом данный параметр структурного рисунка изменяется радиально и, таким образом, неодинаков для разных concentрических колец, но может считаться постоянным в пределах узкой concentрической области.

Пример развертки радиально-углового сканирования, выполненной белым светом для одной фации капли сыворотки крови здорового человека по разным радиусам, показан на рис.6. Графики отражают изменения оптической плотности структур фации (ось Y) вдоль длины окружности сканирования. Оптическая плотность (или уровень прозрачности) представлена в относительных единицах: 0 соответствует абсолютной непрозрачности, 200 – абсолютной прозрачности. Ось X отражает расстояние l вдоль длины окружности сканирования и угла развертки j .

Сделав выборку по большому числу окружностей разных радиусов и подсчитав число флуктуаций оптической плотности на разных ее уровнях, получим полную картину изменения пространственной плотности структурных элементов фации в радиальном направлении. При этом возможно построение отдельных графиков для структур каждого конкретного уровня прозрачности. Рис.7-9 представляют распределение структурных элементов фации с разной оптической плотностью (ось Y) в направлении радиального удаления от центра (ось X). Расстояние по оси X выражено в относительных единицах через отношение диаметра измерения к диаметру капли. Аппроксимация кривых проводилась с помощью стандартных линий тренда (в пакете Excel). Проведенные нами исследования позволяют сказать, что структуры фации, образованные разными компонентами БЖ (имеющие разный уровень оптической

плотности) и относящиеся к разным структурным группам, распределяются по ее поверхности регулярным способом, хотя и по-разному. При этом мы не исключаем, что заметно «выпадающие» из кривой

точки отражают как раз наличие в фации спорадически распределенных структур, образованных не подчиняющимися силовому полю процессами.

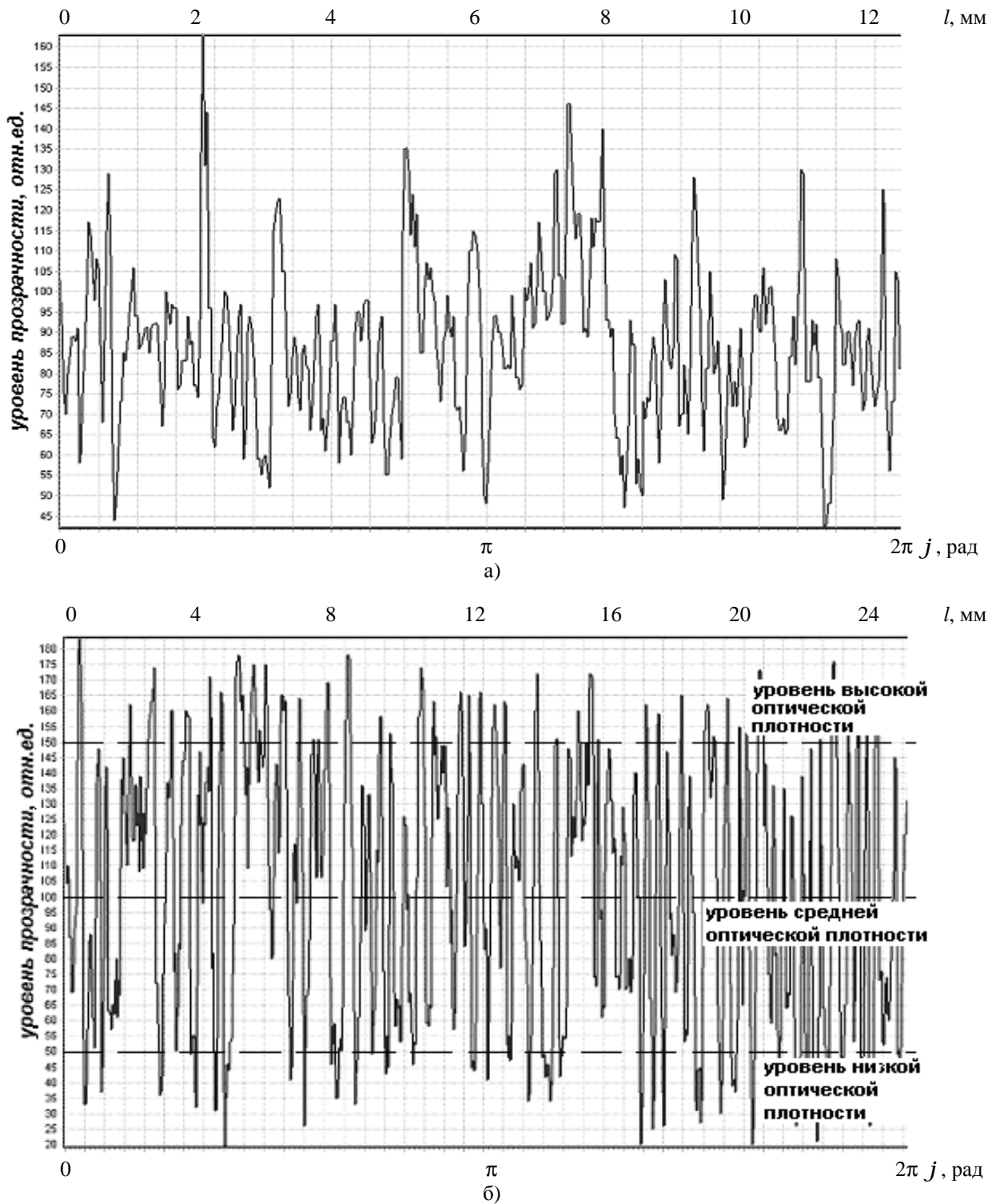


Рисунок 6 – Изменение оптической плотности структур фации сыворотки крови здорового человека для разных радиусов при радиально-угловом сканировании: а) в центральной зоне, $R_{\text{скан}}/R_{\text{капли}} = 0,4$; б) в периферийной, $R_{\text{скан}}/R_{\text{капли}} = 0,8$

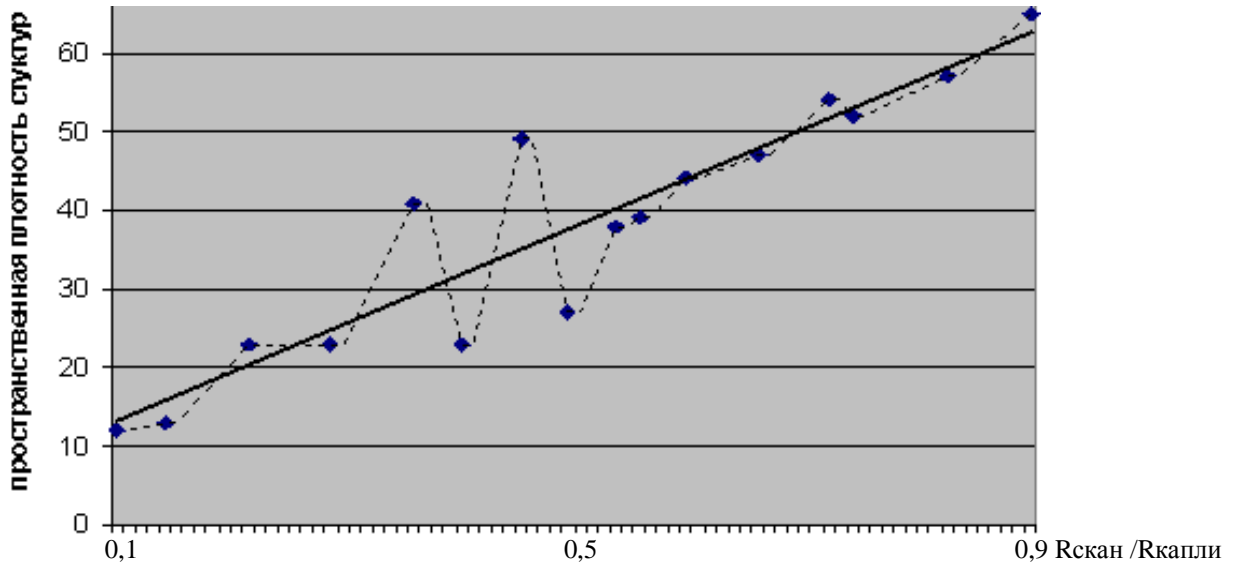


Рисунок 7 – Распределение структурных элементов средней оптической плотности фазии сыворотки крови здорового человека с удалением от центра капли

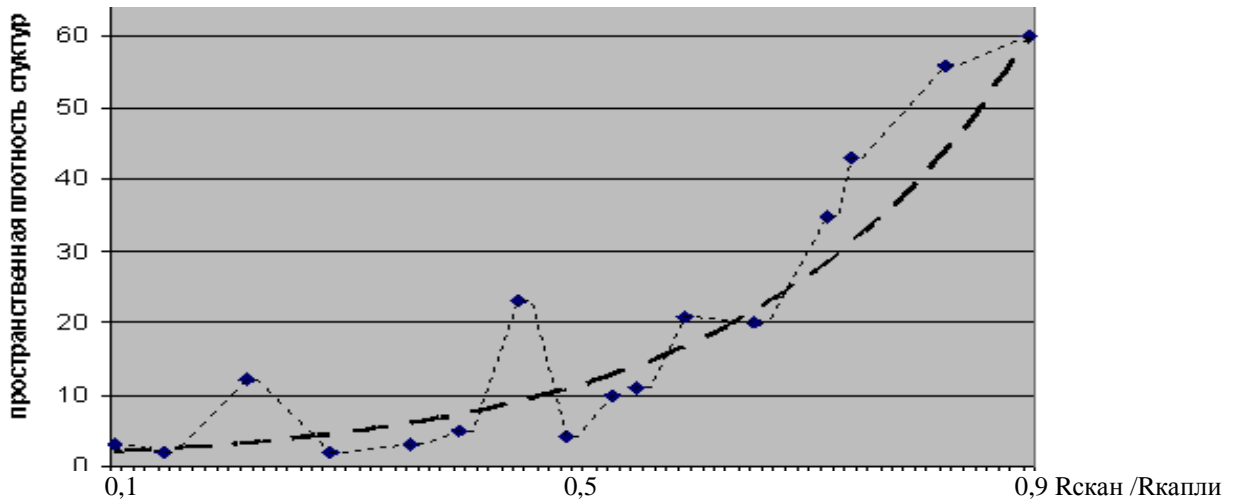


Рисунок 8 – Распределение оптически прозрачных структурных элементов фазии сыворотки крови здорового человека с удалением от центра капли

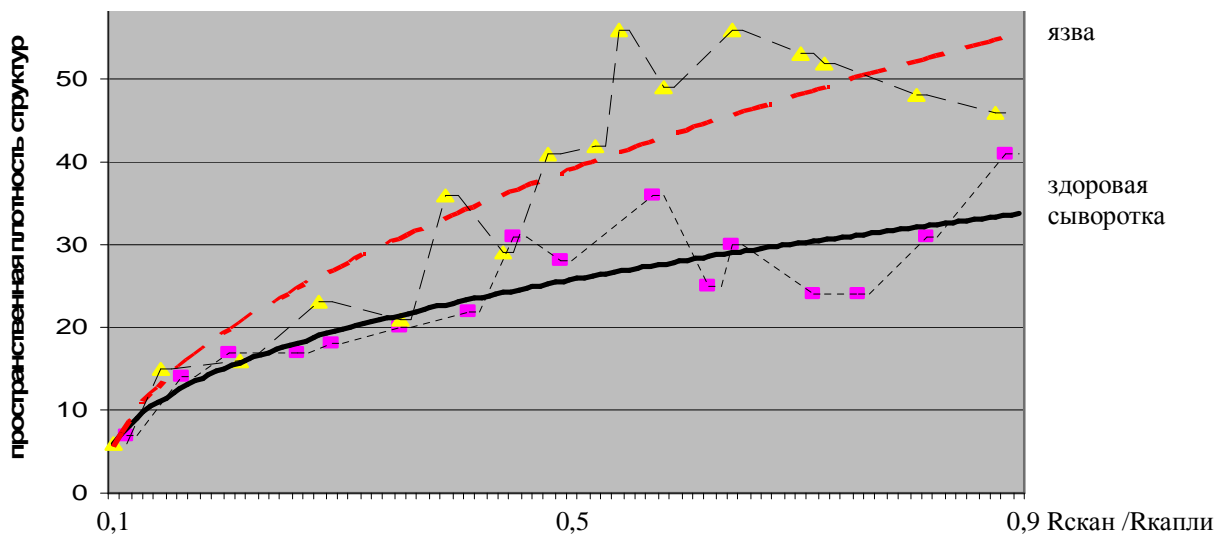


Рисунок 9 – Распределение оптически плотных структурных элементов фазии сыворотки крови с удалением от центра капли: здоровая сыворотка и с язвенной болезнью

Также наблюдаются отличия в пространственной плотности структур разных проб одной БЖ на примере сыворотки крови в зависимости от наличия в них патологий. Эти результаты дают основание заключить, что дегидратационное самоструктурирование имеет отличительные диагностические признаки, которые количественно могут быть обобщены с помощью предлагаемого способа радиально-углового оптического сканирования с последующей компьютерной обработкой базы данных флуктуаций локальной оптической прозрачности фации.

Выводы. Авторами проведены эксперименты по дегидратационному самоструктурированию БЖ методом клиновидной дегидратации, получены фации разных проб сыворотки крови человека. Проанализирован и теоретически обоснован центрально-симметричный характер расположения структур фации сыворотки крови условно здорового человека. Сделаны предположения о связи нарушения центральной симметрии структур фаций БЖ с патологиями. Предложен алгоритм количественной оценки распределения структурных элементов, имеющих разную оптическую плотность, на поверхности фации. Разработана компьютерная программа, реализующая данный алгоритм путем оптического радиально-углового сканирования и представлены результаты обработки изображения фации с ее помощью.

Авторы выражают благодарность за предоставление биоматериала для исследований Центру клинической диагностики при 3-й детской поликлинике г.Кременчуга и лично Ю.Н. Ткаченко.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Рапис Е.Г. Образование упорядоченной структуры при высыхании пленки белка // Письма в ЖТФ. – 1988. Т. 14, 17. — С. 1560–1564.
2. Тарасевич Ю.Ю. Механизмы и модели дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей // УФН. – 2004. Том 174. – № 7. – С.779-790.
3. Яхно Т.А., Яхно В.Г., Санин А.Г., Санина О.А., Пелюшенко А.С. Белок и соль: пространственно-временные события в высыхающей капле // Журнал технической физики. – 2004. – Т. 74, вып. 8. – С. 100 - 108.
4. Шатохина С.М., Шабалин В.Н. Ранняя диагностика уролитиаза, определение степени его активности и состава камнеобразующих солей мочи (Система Литос) // Урология и нефрология. – 1998. - № 1. – С. 19-23.
5. Л.М. Белова, Ю.П. Потехина Исследование конформационных изменений молекулы альбумина в различных условиях методом клиновидной дегидратации (сообщение I) // Нижегородский медицинский журнал. – 2003. - № 3-4. – С. 8-12.
6. Шатохина С. Н. Диагностическое значение кристаллических структур биологических жидкостей в клинике внутренних болезней // Автореферат доктора мед. наук. - М., 1995. – 40 с.
7. Рапис Е.Г., Гасанова Г.Ю. Автоволновой процесс в динамике фазового перехода в пленке белка // Журнал технической физики. – 1991. – Т. 61, 4. – С. 62–71.
8. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Принципы аутоволновой самоорганизации биологических жидкостей // Вестник РАМН. – 2000. – № 3. – С. 45-49.
9. Тарасевич Ю.Ю., Аюпова А.К. Влияние диффузии на разделение компонентов биологической жидкости при клиновидной дегидратации // Журнал технической физики. – 2003. – Том 73, вып. 5. – С. 13-18.

Статья поступила 16.01.07.
Рекомендовано к печати д.т.н., проф.
Шмандием В.М.

