

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-80-84

УДК: 616.316-008.8-076.3:548.1

## КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ. ЧАСТЬ I

Симомян Л. А.<sup>1</sup>, Ломиашвили Л. М.<sup>1</sup>, Стафеев А. А.<sup>1</sup>, Чекина А. В.<sup>1</sup>, Седельников В. В.<sup>2</sup>, Юдина М. Н.<sup>3</sup>, Симомян Э. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

<sup>2</sup> АО «ОДК» «Омское моторостроительное объединение им. П. И. Баранова», г. Омск, Россия

<sup>3</sup> Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

### Аннотация

**Предмет исследования** — высушенная капля ротовой жидкости человека (фация).

**Цель** — предложить способ количественной характеристики кристаллического строения ротовой жидкости с применением теории фракталов. **Задача** — создать компьютерную программу для расчета фрактальной размерности, площади кристаллов; длины и ширины осей кристаллов смешанной слюны человека. **Методология.** Для количественного описания кристаллического строения фации ротовой жидкости необходимо создать компьютерную программу. Программа создана в рамках сотрудничества Омского государственного медицинского университета и Омского государственного технического университета. Программа под названием FracSquare разработана с помощью языка программирования Python версии 3.1 и встроенных библиотек math, cv2 и plt, которые реализуют алгоритмы нахождения фрактальной размерности Минковского, поиск и подсчет пикселей, находящихся внутри искомого объекта, а также алгоритм нахождения гипотенузы.

После установки на компьютер и запуска программы необходимо загрузить фото фации слюны и осуществить расчет фрактальной размерности и площади кристалла путем нажатия соответствующих кнопок, на экране появится результат в виде числовых значений.

**Результаты.** Компьютерная программа FracSquare позволяет математически вычислить фрактальную размерность, площадь кристаллов, а также измерить длину и ширину осей кристаллов слюны человека. Данные цифровые значения обеспечивают количественную характеристику кристаллического рисунка фации слюны. **Выводы.** Используя разработанную компьютерную программу, оператор получает точные цифровые значения, на основании которых может объективно оценить микрокристаллический рисунок фации слюны человека с целью выявления патологических процессов, протекающих в организме, индикатором которых является ротовая жидкость.

**Ключевые слова:** саливадиагностика, компьютерная программа, фация, ротовая жидкость, микрокристаллизация, фрактальная размерность, площадь

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Лаура Арменовна СИМОНЯН ORCID ID 0000-0002-0265-1988

ассистент кафедры терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия  
laura.simonyan@mail.ru

Лариса Михайловна ЛОМИАШВИЛИ ORCID ID 0000-0003-1678-4658

д.м.н., профессор, декан стоматологического факультета, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия  
lomiashvili@mail.ru

Андрей Анатольевич СТАФЕЕВ ORCID ID 0000-0002-5059-5810

д.м.н., профессор, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия  
andre.a.s@mail.ru

Анна Витальевна ЧЕКИНА ORCID ID 0000-0002-2569-4964

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия  
annacheckina@yandex.ru

Владимир Васильевич СЕДЕЛЬНИКОВ ORCID ID 0009-0008-1390-1111

к.т.н., ведущий инженер АО «ОДК» «Омское моторостроительное объединение им. П.И. Баранова», г. Омск, Россия  
vvs-50@bk.ru

Мария Николаевна ЮДИНА ORCID ID 0000-0002-9648-6409

к.м.н., доцент кафедры математических методов и информационных технологий в экономике, Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия  
mg-and-all@mail.ru

Эдгар Арменович СИМОНЯН ORCID ID 0009-0000-9402-6364

ординатор кафедры внутренних болезней и семейной медицины ДПО, г. Омск, Россия  
simonyane435@gmail.com

Адрес для переписки: Лаура Арменовна СИМОНЯН

644099, г. Омск, ул. Ленина, 12

+7 (913) 6219515

laura.simonyan@mail.ru

### Образец цитирования:

Симомян Л. А., Ломиашвили Л. М., Стафеев А. А., Чекина А. В., Седельников В. В., Юдина М. Н., Симомян Э. А.  
КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ  
ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ. ЧАСТЬ I. Проблемы стоматологии. 2024; 1: 80-84.

© Симомян Л. А. и др., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-80-84

Поступила 17.03.2024. Принята к печати 22.04.2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-80-84

## QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF HUMAN ORAL FLUID USING THE THEORY OF FRACTALS. PART I

Simonyan L.A.<sup>1</sup>, Lomiashvili L.M.<sup>1</sup>, Stafeev A.A.<sup>1</sup>, Checkina A.V.<sup>1</sup>, Sedelnikov V.V.<sup>2</sup>, Yudina M.N.<sup>3</sup>, Simonyan E.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Omsk State Medical University, Omsk, Russia

<sup>2</sup> Omsk Engine Building Association named after P.I. Baranov, Omsk, Russia

<sup>3</sup> Omsk State Technical University, Omsk, Russia

### Annotation

**The subject** of the study is a dried drop of human oral fluid (facies).

**The goal** is to propose a method for quantitative characteristic for the crystalline structure of oral fluid using fractal theory.

**The task** is to create a computer program to calculate the fractal dimension, the area of crystals; length and width of the axes of mixed human saliva crystals.

**Methodology.** To create a computer program for quantitative description of the crystalline structure of the oral fluid facies. The program was created within the framework of cooperation between Omsk State Medical University and Omsk State Technical University. The program, called FracSquare, was developed using the Python programming language version 3.1 and the built-in libraries math, cv2 and plt, which implement algorithms for finding the Minkowski fractal dimension, searching and counting pixels located inside the desired object, as well as an algorithm for finding the hypotenuse. After installing on the computer and launching the program, you need to load a photo of the saliva facies and calculate the fractal dimension and crystal area by pressing the appropriate buttons; the result will appear on the screen in the form of numerical values.

**Results.** The computer program FracSquare allows you to mathematically calculate the fractal dimension, the area of crystals, and also measure the length and width of the branches of human saliva crystals. These digital values provide a quantitative characterization of the crystalline pattern of the saliva facies.

**Conclusion.** The operator receives accurate digital values using a developed computer program, on its basis he can objectively evaluate the microcrystalline pattern of the facies of human saliva in order to identify pathological processes occurring in the body. The indicator of these processes is oral fluid.

**Keywords:** saliva diagnostics, computer program, facies, oral fluid, microcrystallization, fractal dimension, area

The authors declare no conflict of interest.

**Laura A. SIMONYAN** ORCID ID 0000-0002-0265-1988

Assistant of the Therapeutic Dentistry Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russia  
laura.simonyan@mail.ru

**Larisa M. LOMIASHVILI** ORCID ID 0000-0003-1678-4658

Grand PhD in Medical sciences, Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Dean of the Faculty of Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia  
lomiashvili@mail.ru

**Andrey A. STAFEEV** ORCID ID 0000-0002-5059-5810

Grand PhD in Medical sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia  
andre.a.s@mail.ru

**Anna V. CHECKINA** ORCID ID 0000-0002-2569-4964

PhD in Medical sciences, Associate Professor of the Department of Therapeutic Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia  
annachekina@yandex.ru

**Vladimir V. SEDELNIKOV** ORCID ID 0009-0008-1390-1111

PhD in Technical sciences, Lead Engineer of the Omsk Engine Building Association named after P.I. Baranov, Omsk, Russia  
vvs-50@bk.ru

**Maria N. YUDINA** ORCID ID 0000-0002-9648-6409

PhD in Medical sciences, Associate Professor of the Mathematical Methods and Information Technologies in Economics Department, Omsk State Technical University, Omsk, Russia  
mg-and-all@mail.ru

**Edgar A. SIMONYAN** ORCID ID 0009-0000-9402-6364

Resident of the Department of Internal and Family Medicine, Including Postgraduate Training Courses, Omsk State Medical University, Omsk, Russia  
simonyane435@gmail.com

**Correspondence address: Laura A. SIMONYAN**

644099, Omsk region, Omsk, st. Lenin, 12

+7 (913) 6219515

laura.simonyan@mail.ru

### For citation:

Simonyan L.A., Lomiashvili L.M., Stafeev A.A., Checkina A.V., Sedelnikov V.V., Yudina M.N., Simonyan E.A.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF HUMAN ORAL FLUID USING THE THEORY OF FRACTALS. PART I. Actual problems in dentistry. 2024; 1: 80-84. (In Russ.)

© Simonyan L.A. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-80-84

Received 17.03.2024. Accepted 22.04.2024

## Введение

В настоящее время исследование ротовой жидкости (саливадиагностика) популяризируется среди врачей. Стоматологи, кардиологи, гинекологи, педиатры, инфекционисты используют ротовую жидкость в качестве индикатора физиологических и патологических процессов, протекающих в организме. Саливадиагностика — это современная альтернатива анализу крови, так как является неинвазивным, атравматичным методом по сбору жидкого биологического материала [1]. Саливадиагностика охватывает достаточно широкий спектр диагностических возможностей. Посредством анализа слюны можно определить количественное содержание минеральных и органических компонентов, скорость секреции и вязкость слюны. Исследователи с этой целью непрерывно разрабатывают специальные устройства, датчики, сенсорные системы [2]. Активно исследуется высохшая капля ротовой жидкости — фация [10, 11]. Сегодня для оценки кристаллического рисунка фации слюны применяют качественные и количественные методы. Качественные методы описания носят более субъективный характер, поэтому перспективным направлением считается использование цифровых технологий для анализа кристаллограмм ротовой жидкости, что позволит количественно описать кристаллический рисунок. С этой целью проводят измерение длины и ширины ветвей кристалла, определяют угол его ветвления, рассчитывают расстояние между кристаллами, а также ширину зон фации [4]. Перспективным направлением саливадиагностики является разработка компьютерных программ по анализу таких параметров микрокристаллизации, как площадь кристаллов и их фрактальная размерность [9].

Фрактал — это локализуемый в пространстве самоподобный объект, который можно рассортировать на все большее число похожих или тождественных элементов, становящихся все меньше [8]. Человеческий организм полон сложных структур, имеющих фракталоподобную геометрию, следовательно, для количественной оценки данных структур можно использовать фрактальный анализ [8]. Дендритные кристаллы можно отнести к фрактальным структурам. В связи с тем, что границы кристалла имеют сложную конфигурацию, охарактеризовать периметр границ кристалла возможно с помощью фрактальной размерности. Говоря о размерности, чаще всего имеют в виду измерение этой размерности, т. е. с помощью простой формулы можно понять, какая фигура перед нами: это может быть одномерное изображение фигуры, например, линия, круг, любая геометрическая фигура, нарисованная на плоскости; это может быть двухмерное тело, что позволяет рассчитать у фигуры площадь или же добавить третье измерение и посчитать объем. С точки зрения теории фракталов можно выделить следующие подсистемы: множества, описывающие точки, прямую, поверхность и объем.

Так, теоретическая фрактальная размерность множеств, описывающих точки, равна 0; 1 — для множеств, описывающих прямую (множества, имеющие только длину); 2 — для множеств, описывающих поверхность (имеющие длину и ширину); 3 — для множеств, описывающих объем (множества, имеющие длину, ширину и высоту). Иными словами, фрактальная размерность является размером нерегулярных кривых [8].

Таким образом, саливадиагностика с применением компьютерных технологий является актуальным направлением в медицине, позволяющим врачу объективно оценить состояние ротовой жидкости человека на основании количественной характеристики кристаллического рисунка фации.

**Цель работы** — предложить способ количественной характеристики кристаллического строения ротовой жидкости с применением теории фракталов.

## Материалы и методы исследования

Материалом исследования служит высушенная капля ротовой жидкости человека — фация.

Для анализа кристаллов была создана компьютерная программа FracSquare, написанная на высокоуровневом языке программирования Python версии 3.1 и позволяющая получать фрактальную размерность, площадь кристаллов и длины выделенных отрезков [6]. Программа вычисляет в процентном соотношении площадь занимаемого кристалла на изображении. Соответственно, при загрузке снимка в программу на выходе получаем процент занимаемой площади кристалла относительно всего снимка. Алгоритм вычисления площади кристалла основан на математических вычислениях и реализуется с помощью встроенных библиотек cv2 и plt. При получении изображения алгоритм реверсирует цвета на изображении, а затем строит границы исследуемого объекта для вычисления его площади. При вычислении фрактальной размерности необходимо понимать, что она не имеет единиц измерения. При расчете размерности рассматривались две основные размерности: размерность Минковского и размерность Хаусдорфа–Безиковича [5]. Алгоритм получения размерности основывается на размерности Минковского. Размерности Хаусдорфа и Минковского имеют определенные сходства и свои отличия: если в первой размерности для покрытия множества (исследуемого объекта) в метрическом пространстве используются окружности радиусом  $\epsilon$ , то во второй покрытием служат квадраты (ячейки). Отсюда формула размерности Минковского для ограниченного множества принимает вид:

$$D = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log(\epsilon)}{\log \frac{1}{\epsilon}} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\epsilon)}{-\log \epsilon}, \quad (1)$$

где  $N(\epsilon)$  — минимальное число множеств диаметра, которыми можно покрыть исходное множество [3].

Идея алгоритма, основанного на размерности Минковского, и состоит в том, чтобы разделить исследуемую область на ячейки. На изображение накладывается сетка, состоящая из ячеек — для того, чтобы подсчитать количество ячеек, содержащих объект исследования. С каждым повтором (итерацией) ячейки уменьшаются в размерах. Как только первая итерация заканчивается, количество ячеек, соответственно, удваивается, тем самым уменьшая их размеры вдвое, и проводится следующая итерация. То, что измеряется, — это количество ячеек, необходимых для покрытия объекта, в зависимости от его размера. Эта зависимость между количеством ячеек и размером ячейки отображается на логарифмически-логарифмическом графике в виде точек. Затем проводится аппроксимация данных, и получается прямая, наклон которой принимается за фрактальную размерность.

Обработанное изображение разбивается на ячейки заданного масштаба и подсчитываются те, в которые попали части изображения, по формуле (1).

Другими словами, можно сказать, что у нас есть уравнение прямой:

$$y = mx + c_1$$

где  $y = \log N(\epsilon)$ ,  $x = \log (\frac{1}{\epsilon})$  и  $m = D$ .

Таким образом, чтобы найти фрактальную размерность, необходимо найти линейную регрессию  $\log N(\epsilon)$  относительно  $\log (\frac{1}{\epsilon})$ , а угловым коэффициентом и будет искомой цифрой фрактальной размерности.

Для выделения линий на изображении необходимо зафиксировать две точки, между которыми автоматически проявляется линия и ее длина. Точки в линиях выступают координатами, через которые вычисляются длины треугольника (по классической теореме Пифагора). Для выполнения математических операций, в данном алгоритме используется библиотека math и функция hypot(), которая возвращает евклидово число, то есть корень из квадратов аргументов (длина вектора от координат до точки (x, y)).

### Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки фрактальной размерности и площади кристаллов была разработана программа FracSquare в рамках сотрудничества Омского государственного медицинского университета и Омского государственного технического университета. FracSquare можно использовать в области стоматологии для оценки кристаллического строения ротовой жидкости человека с использованием теории фракталов. Функциональные возможности программы позволяют отобразить снимок в окне интерфейса программы, вычислить фрактальную размерность, площадь кристаллов на снимке, а также измерить длину осей кристалла. Программа позволяет загружать и проводить вычисления изображений таких распространенных форматов, как .jpeg, .png, .tif.

Коллектив авторов при проведении пробного тестирования программы установил, что расчет фрактальной размерности и площади кристаллов на фотографии фации является неточным показателем ввиду большого массива кристаллических структур. В связи с этим, авторы считают целесообразным определение кристалла-представителя. Подбор данного кристалла производится посредством определения медианы. Для этого требуется измерение длины главных осей кристаллов, входящих в поле зрения фотографии фации, а затем вычисление медианы. Напомним, что медиана — это срединное значение набора чисел. Кристалл со срединным значением и будет кристаллом, обладающим самой типичной длиной главной оси, то есть типичным кристаллом-представителем. После того, как кристалл-представитель определен, его можно вырезать (например, в фоторедакторе Photoshop) и, используя разработанную программу FracSquare, провести компьютерную морфометрию, получив данные по таким параметрам, как фрактальная размерность и площадь.

Приведем пример расчета площади и фрактальной размерности кристаллов с применением программы FracSquare. На рисунках 1 и 2 изображены кристаллы ротовой жидкости человека с подсчитанной площадью и фрактальной размерностью. Просматривая рисунки, можно отметить, что кристаллы похожи по строению, однако детальный визуальный анализ позволяет выявить такие различия, как частичное отсутствие у второго кристалла осей первого порядка. Тем не менее, такая оценка является качественной и субъективной. Иначе дело обстоит, если врач оперирует цифровыми значениями, анализ которых позволяет объективно оценить кристаллы. Кроме того, числовые данные



Рис. 1. Кристалл ротовой жидкости человека: фрактальная размерность 1,61; площадь 5,47 %

Fig. 1. Crystal of human oral fluid. Fractal dimension 1.61; Area 5.47%



Рис. 2. Кристалл ротовой жидкости человека: фрактальная размерность 1,58; площадь 3,13%

Fig. 2. Crystal of human oral fluid. Fractal dimension 1.58 Area 3.13%

помогают врачу подтвердить или опровергнуть свою субъективную оценку. В данном случае, расчет фрактальной размерности и площади с применением программы FracSquare двух кристаллов показал различия между ними: площадь и фрактальная размерность кристалла на рисунке 1 больше, чем у кристалла на рисунке 2. Кристалл на рисунке 1 имеет более разветвленную структуру, что говорит об устойчивом энергетическом состоянии ротовой жидкости. В целом, можно утверждать, что уменьшение главной оси дендритов, количества осей первого и второго порядка свидетельствует об уменьшении групп симметрии, что позволяет сделать вывод о деструктурировании (разрушении) кристаллической системы ротовой жидкости [7].

## Выводы

Долгое время врачи и исследователи описывали фацию слюны, основываясь именно на качественной оценке микрокристаллограмм ротовой жидкости. Безусловно, эта методика имеет право на существование, однако ее слабой стороной является субъективность. Компьютерная программа FracSquare предоставляет количественную характеристику кристаллического рисунка фации ротовой жидкости человека. Вычисление таких параметров, как площадь и фрактальная размерность кристаллов характеризует фактическое энергетическое состояние ротовой жидкости. Используя разработанную компьютерную программу, оператор получает точные цифровые значения, на основании которых может объективно оценить кристаллический рисунок фации слюны человека с целью выявления патологических процессов, протекающих в организме, индикатором которых является ротовая жидкость.

## Литература/References

1. Yangyang Cui, Mengying Yang, Jia Zhu et al. Developments in diagnostic applications of saliva in human organ diseases // *Medicine in Novel Technology and Devices*. – 2022;13(100115):1-11. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2022.100115>
2. Chochanon Moonla, Don Hui Lee, Dinesh Rokaya et al. Review - Lab-in-a-Mouth and Advanced Point-of-Care Sensing Systems: Detecting Bioinformation from the Oral Cavity and Saliva // *ECS Sensors Plus*. – 2022;1(021603):1-22. <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2754-2726/ac7533/pdf>
3. wikipedia.org. Фрактальная размерность. [wikipedia.org. Fractal dimension: website. (In Russ.)]. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)
4. Доменюк Д.А., Ведешина Э.Г., Дмитриенко С.В., Калашникова С.А. Качественная и количественная оценка кристаллографии ротовой жидкости в норме и при зубочелюстной патологии. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2016;5(160):38-47. [D.A. Domenyuk, E.G. Vedeshina, S.V. Dmitrienko, S.A. Kalashnikova. Qualitative and quantitative assessment of crystallography of oral fluid in normal conditions and in cases of dental pathology. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2016;5(160):38-47. (In Russ.)]. <https://ksma.elpub.ru/jour/article/view/587/588>
5. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. Учебное пособие. Москва : Постмаркет. 2000:352. [R.M. Kronover. *Fractals and chaos in dynamic systems. Fundamentals of theory*. Textbook. Moscow : Postmarket. 2000:352. (In Russ.)]. <https://b.twirpx.link/file/1352684/>
6. Симонян Л.А., Ломиашвили Л. М., Седельников В. В. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617436. Российская Федерация. № 2023615150 : заявл. 21.03.2023 : опубл. 10.04.2023. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. [L.A. Simonyan, L.M. Lomiashvili, V.V. Sedelnikov et al. Certificate of state registration of a computer program No. 2023617436. Russian Federation. No. 2023615150 : app. 03/21/2023: publ. 04/10/2023. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Omsk State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=52295646>
7. Седельников В.В. Закономерности влияния ультрадисперсных порошков на физико-механические свойства фосфатно-силикатных связующих и литых заготовок : дисс. ... кандидат технических наук. Новокузнецк, 2006:186. [V.V. Sedelnikov. *Patterns of the influence of ultrafine powders on the physical and mechanical properties of phosphate-silicate binders and cast blanks : diss. ... candidate of technical sciences*. Novokuznetsk, 2006:186. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=15910187>
8. Черкасова М.С. Применение фракталов в медицине / М. С. Черкасова. – Текст : непосредственный // *Молодой ученый*. – 2019. – № 8 (246). – С. 175-177. – URL: <https://moluch.ru/archive/246/56636/> (дата обращения: 28.02.2024). [Cherkasova, M. S. Application of fractals in medicine / M. S. Cherkasova. – Text: direct // *Young scientist*. – 2019. – No. 8 (246). – pp. 175-177. – URL: <https://moluch.ru/archive/246/56636/> (access date: 02/28/2024) (In Russ.)]
9. Чиканова Е.С., Федосеев В.Б., Голованова О.А. Использование фрактальной размерности при описании структур высушающих капель. *Вестник Омского университета*. 2015;3(77):62-67. [E.S. Chikanova, V.B. Fedoseev, O.A. Golovanova. The use of fractal dimension in describing the structures of drying drops. *Bulletin of Omsk University*. 2015;3(77):62-67. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-fraktalnoy-razmernosti-pri-opisanii-struktur-vysyhayuschih-kapel>
10. Чуракова Ю.А., Антонова А.А. Микрокристаллография как стандартный метод оценки состояния слюны. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2020;2(80):79-81. [Yu.A. Churakova, A.A. Antonova. Microcrystallography as a standard method for assessing the condition of saliva. *Pacific Medical Journal*. 2020;2(80):79-81. (In Russ.)]. DOI 10.34215/1609-1175-2020-2-79-81.
11. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. Морфология биологических жидкостей человека. Москва. 2001:303. [V.N. Shabalin, S.N. Shatokhina. *Morphology of human biological fluids*. Moscow. 2001:303. (In Russ.)]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21943409>