

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-3-47-54

УДК: 616.316-008.8-076.3:548.1

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

Симонян Л. А.<sup>1</sup>, Ломиашивили Л. М.<sup>1</sup>, Ризаев Ж. А.<sup>2</sup>, Седелников В. В.<sup>3</sup>, Юдина М. Н.<sup>4</sup>,  
Маршалок О. И.<sup>1</sup>, Балчайтис В. В.<sup>1</sup>, Хорольский Е. В.<sup>1</sup>, Кириченко Н. А.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Самаркандский государственный медицинский университет, г. Самарканд, Узбекистан

<sup>3</sup> АО «ОДК» «Омское моторостроительное объединение им. П. И. Баранова», г. Омск, Россия

<sup>4</sup> Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

### Аннотация

**Предмет исследования** — ротовая жидкость человека.

**Цель** — количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей компьютера с применением теории фракталов. **Задача** — качественно охарактеризовать кристаллы ротовой жидкости; применить компьютерную программу для расчета фрактальной размерности и площади кристаллов ротовой жидкости. **Методология.** Научно-исследовательская работа состоит из двух этапов. На первом этапе проведена количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике без воздействия электромагнитного излучения компьютера. На втором этапе выполнена количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике под воздействием электромагнитного излучения компьютера. Выполнен лабораторный анализ ротовой жидкости по физико-химическим параметрам: pH, буферная емкость, поверхностное натяжение, общий белок, неорганический фосфор, аммоний, калий, натрий, магний, кальций и  $\alpha$ -амилаза. Определен тип строения микрокристаллов слюны по методике П.А. Леуса. Дополнительно оценено строение кристаллов-представителей. Проведен фрактальный анализ кристаллов (расчет фрактальной размерности и площади кристаллов). **Результаты.** Качественная и количественная оценка состояния ротовой жидкости пользователей в динамике без воздействия электромагнитного излучения компьютера не выявила статистически значимых изменений в физико-химических параметрах и кристаллическом строении. По результатам второго этапа исследований установлено отрицательное воздействие электромагнитного поля компьютера на ротовую жидкость пользователей. Оценка кристаллического строения ротовой жидкости по методике П.А. Леуса отрицательных изменений на фоне излучения компьютера не выявила. Однако визуальная оценка кристаллов-представителей показала, что имеются нарушения в строении кристаллических структур в результате их разрушения и потери осей первого и второго порядков, что подтверждено фрактальным анализом.

**Выводы.** Выявлено негативное воздействие электромагнитного излучения ноутбука на ротовую жидкость пользователей. Качественные и количественные методы кристаллографии взаимодополняемы. Интеграция данных методов в виде количественно-качественной оценки кристаллического строения ротовой жидкости человека позволит врачу расширить диагностические возможности в области саливадиагностики.

**Ключевые слова:** саливадиагностика, компьютерная программа, ротовая жидкость, кристаллическое строение, 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

Жасур Алимджанович РИЗАЕВ ORCID ID 0000-0001-5468-9403

д.м.н., профессор, ректор Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан

dr.jasur@gmail.com

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

Оксана Ивановна МАРШАЛОК ORCID ID 0000-0001-7643-1139

к.м.н., ассистент кафедры терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

marshalok.oksana@bk.ru

Владимир Валерьевич БАЛЧАЙТИС ORCID ID 0000-0002-8248-391X

ассистент кафедры терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

balchaitis@inbox.ru

Евгений Викторович ХОРОЛЬСКИЙ ORCID ID 0009-0003-9419-4474

ассистент кафедры терапевтической стоматологии, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

next\_jh@mail.ru

Николай Александрович КИРИЧЕНКО ORCID ID 0000-0002-8411-0973

младший научный сотрудник центральной научно-исследовательской лаборатории, Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

honotmer\_1608@mail.ru

Адрес для переписки: Лаура Арменовна СИМОНЯН

644099, г. Омск, ул. Ленина, 12

+7 (913) 6219515

laura.simonyan@mail.ru

### Образец цитирования:

Симонян Л. А., Ломиашивили Л. М., Ризаев Ж. А., Седелников В. В., Юдина М. Н., Маршалок О. И., Балчайтис В. В., Хорольский Е. В., Кириченко Н. А. КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ. ЧАСТЬ II. Проблемы стоматологии. 2024; 3: 47-54.

© Zainullin T.A. и др., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-3-47-54

Поступила 12.08.2024. Принята к печати 10.09.2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-3-47-54

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

Simonyan L.A.<sup>1</sup>, Lomiashvili L.M.<sup>1</sup>, Rizaev Zh.A.<sup>2</sup>, Sedelnikov V.V.<sup>3</sup>, Yudina M.N.<sup>4</sup>,  
Marshalok O.I.<sup>1</sup>, Balchaytis V.V.<sup>1</sup>, Khorolsky E.V.<sup>1</sup>, Kirichenko N.A.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

<sup>3</sup> Omsk Engine-Building Association named P.I. Baranov, Omsk, Russia

<sup>4</sup> Omsk State Technical University, Omsk, Russia

### Annotation

**The subject** of the study is human oral fluid.

**The goal** is quantitative and qualitative assessment of the crystalline structure of the oral fluid of personal computer users using the theory of fractals. **The task** is to characterize qualitatively the crystals of the oral fluid of volunteers; apply a computer program to calculate the fractal dimension and area of oral fluid crystals. **Methodology.** Research work consists of two stages. In the first stage, a quantitative and qualitative assessment of the crystalline structure of users' oral fluid was carried out over time without exposure to electromagnetic radiation from a computer. In the second stage, a quantitative and qualitative assessment of the crystalline structure of the users' oral fluid in dynamics under the influence of electromagnetic radiation from a computer was performed. A laboratory analysis of oral fluid was performed according to physicochemical parameters: pH, buffer capacity, surface tension, total protein, inorganic phosphorus, ammonium, potassium, sodium, magnesium, calcium and  $\alpha$ -amylase. The type of structure of saliva microcrystals was determined using the method of P.A. Leus. Additionally, the structure of representative crystals was assessed. A fractal analysis of crystals was carried out (calculation of the fractal dimension and area of the crystals). **Results.** Qualitative and quantitative assessment of the state of users' oral fluid over time without exposure to electromagnetic radiation from a computer did not reveal statistically significant changes in physicochemical parameters and crystal structure. Based on the results of the second stage of research, the negative effect of the computer's electromagnetic field on the oral fluid of users was established. Assessment of the crystalline structure of oral fluid according to the method of P.A. Leus did not reveal any negative changes against the background of computer radiation. However, a visual assessment of the representative crystals showed that there are disturbances in the structure of the crystal structures as a result of their destruction and loss of the first and second order axes, which was confirmed by fractal analysis.

**Conclusion.** The negative impact of laptop electromagnetic radiation on the oral fluid of users has been revealed. Qualitative and quantitative crystallographic methods are complementary. Integration of these methods in the form of a quantitative and qualitative assessment of the crystalline structure of human oral fluid will allow the doctor to expand diagnostic capabilities in the field of saliva diagnostics.

**Keywords:** saliva diagnostics, computer program, oral fluid, crystal structure, 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](mailto:laura.simonyan@mail.ru)

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

Grand PhD in Medical Sciences, Professor, Head of the Department for Therapeutic Dentistry, Dean of the Faculty of Dentistry, Omsk State Medical University, Omsk, Russia

[lomiashvili@mail.ru](mailto:lomiashvili@mail.ru)

Jasur A. RIZAEV ORCID ID 0000-0001-5468-9403

Grand PhD in Medical Sciences, Professor, Rector of Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

[dr.jasur@gmail.com](mailto:dr.jasur@gmail.com)

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](mailto:vvs-50@bk.ru)

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

PhD in Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Methods and Information Technologies in Economics, Omsk State Technical University, Omsk, Russia

[mg-and-all@mail.ru](mailto:mg-and-all@mail.ru)

Oksana I. MARSHALOK ORCID ID 0000-0001-7643-1139

PhD in Medical Sciences, Assistant of the Therapeutic Dentistry Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russia

[marshalok.oksana@bk.ru](mailto:marshalok.oksana@bk.ru)

Vladimir V. BALCHAYTIS ORCID ID 0000-0002-8248-391X

Assistant of the Therapeutic Dentistry Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russia

[balchaytis@inbox.ru](mailto:balchaytis@inbox.ru)

Evgeniy V. KHOROLSKY ORCID ID 0009-0003-9419-4474

Assistant of the Therapeutic Dentistry Department, Omsk State Medical University, Omsk, Russia

[next\\_jh@mail.ru](mailto:next_jh@mail.ru)

Nikolay A. KIRICHENKO ORCID ID 0000-0002-8411-0973

Junior Researcher at the Central Research Laboratory, Omsk State Medical University, Omsk, Russia

[honomer\\_1608@mail.ru](mailto:honomer_1608@mail.ru)

Correspondence address: Laura A. Simonyan

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

+7 (913) 6219515

[laura.simonyan@mail.ru](mailto:laura.simonyan@mail.ru)

### For citation:

Simonyan L.A., Lomiashvili L.M., Rizaev Zh.A., Sedelnikov V.V., Yudina M.N., Marshalok O.I., Balchaytis V.V., Khorolsky E.V., Kirichenko N.A.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF HUMAN ORAL FLUID

USING THE THEORY OF FRACTALS. PART II. Actual problems in dentistry. 2024; 3: 47-54. (In Russ.)

© Zainullin T.A. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-3-47-54

Received 12.08.2024. Accepted 10.09.2024

## Введение

По результатам многих научных наблюдений, ротовая жидкость (РЖ) является индикатором различных состояний организма [1, 3, 7, 14, 15]. Твердая фаза ротовой жидкости — устойчивая система, анализ которой доступен для исследователя [5, 8, 15]. В фации ротовой жидкости создается «специфический структурный ансамбль», который содержит информацию о состоянии организма [14]. Одним из методов исследования данного структурного ансамбля фации ротовой жидкости является кристаллография. Существуют количественные и качественные методы оценки кристаллического строения РЖ. Качественная оценка кристаллического строения РЖ получила широкое распространение. Для этого разработано множество методик [6]. Качественный метод носит описательный характер, прост и удобен в диагностической деятельности врача. Недостатком является субъективный характер оценки состояния ротовой жидкости. Перспективное направление кристаллографии — анализ кристаллического строения РЖ с применением искусственного интеллекта, благодаря которому врач дает объективную количественную оценку состояния ротовой жидкости при ее кристаллизации. Одним из видов такого анализа является фрактальный анализ [2].

Фрактал — это самоподобный объект, который можно рассортировать на тождественные элементы с уменьшением размерности последних [13]. Ярким примером фракталоподобного объекта является матрешка, внутри которой находятся подобные ей объекты меньшего размера. Дендритные кристаллы также можно рассматривать в качестве фракталов. В работе Седельникова В.В. показана корреляционная связь между свойствами кристаллизующихся растворов и их кристаллическим строением после затвердевания [11]. Важно понимать, что при воздействии внешних условий на организм человека изменяются свойства ротовой жидкости и, соответственно, строение кристаллов [14]. В равновесном состоянии кристалл ротовой жидкости человека имеет дендритную форму [10]. Дендрит можно условно описать как совокупность, состоящую из главной оси, перпендикулярно которой располагаются оси первого порядка. К осям первого порядка перпендикулярно располагаются оси второго порядка и так далее. Чем больше совокупность осей  $n$ -го порядка, тем выше симметрия построения кристаллов. Чем больше разветвлен кристалл, тем выше показатели фрактальной размерности и площади. Патологические процессы, связанные с изменением внешних условий, искажают форму кристалла посредством разрушения осей, начиная с  $n$ -го порядка и заканчивая процессом разрушения главной оси кристаллов. Это приводит к деструктурированию квазикристаллической структуры ротовой жидкости, что влечет за собой изменение показателей жидкого состояния РЖ и потерю симметричного строения кристаллов. Диагностировать данный процесс «математическим языком» возможно по изменению формы кристаллов с помощью фрактального анализа.

Таким образом, кристаллография является быстро развивающимся дополнительным методом диагностики. Наряду с качественными методами оценки кристаллического строения ротовой жидкости, активно внедряются и количественные методы, способствующие обнаружению патологических процессов в организме, индикатором которых является ротовая жидкость.

**Цель работы** — провести количественно-качественную оценку кристаллического строения ротовой жидкости пользователей персонального компьютера с применением теории фракталов.

## Материалы и методы исследования

Научно-исследовательская работа (НИР) выполнена на кафедре терапевтической стоматологии Омского государственного медицинского университета. Для отбора 20 соматически здоровых мужчин в возрасте от 20 до 24 лет проведено клиническое стоматологическое обследование, включающее внешний осмотр и осмотр полости рта с определением распространенности и тяжести кариеса (КПУ, КПУп), гигиенического (ОНИ-S) и пародонтального (РМА) индексов. Информацию об осмотре фиксировали в медицинской карте. Каждым потенциальным участником заполнена анкета здоровья и дано письменное согласие на участие в исследовании. Критериями невключения являлись: наличие острой респираторной вирусной инфекции, хронические соматические заболевания, болезни пародонта, слизистой оболочки рта и слюнных желез, курение, прием лекарственных препаратов и биологически активных добавок. За неделю до начала исследования добровольцам проведена профессиональная профилактическая чистка зубов циркулярной щеткой и пастой компании Kerr «CleanPolish» с использованием зубной нити Oral-B.

Материалом исследования служила ротовая жидкость. Участники сплевывали биоматериал объемом 4 мл в стерильные пластмассовые пробирки в утреннее время, натощак. Зубы в день исследования чистили механически без использования зубной пасты, ополаскивателя и других средств. Для получения надосадочной жидкости материал исследования центрифугировали при скорости 7000 оборотов в минуту на протяжении 20 минут. Данную жидкость использовали для определения pH, буферной емкости (кислотной и щелочной), поверхностного натяжения (ПН), общего белка (ОБ), общей концентрации неорганического фосфора (Р), кальция ( $Ca^{2+}$ ), аммония ( $NH_4^+$ ), калия ( $K^+$ ), натрия ( $Na^+$ ), магния ( $Mg^{2+}$ ) и активности  $\alpha$ -амилазы. Фацию получали путем нанесения на чистое обезжиренное предметное стекло 3 капли ротовой жидкости слюны объемом 10 мкл и помещения в суховоздушный термостат на 1 час ( $t = 37^\circ C$ ). Высохшие капли исследованы с помощью биологического микроскопа «Микромед 3 вар. 3-20М» при 4-кратном увеличении. В программе TourView 3.7 выполнено фото центральной части изображения, повторяющейся

не менее чем в двух каплях. Качественная оценка кристаллического строения РЖ проведена по методике, предложенной П.А. Леусом.

Автор определил 3 типа микрокристаллизации РЖ: I тип — крупные древовидные кристаллы, расположенные в центре; II тип — единичные кристаллы по всему полю зрения; III тип — мелкие единичные кристаллы без ориентации [9]. Количественную характеристику кристаллического строения ротовой жидкости осуществляли с применением компьютерной программы FracSquare по способу, описанному в первой части данной статьи [4]. Авторами предложена методика определения кристалла-представителя из массива дендритных кристаллов ротовой жидкости. Подбор данного кристалла осуществляется через вычисление медианы длины главных осей кристаллов. Медиана — это среднее значение набора чисел. Кристалл со средним значением и будет кристаллом, обладающим самой типичной длиной главной оси, то есть типичным кристаллом-представителем. Далее необходимо вырезать данный кристалл (например, в Photoshop) и загрузить изображение в разработанную программу FracSquare для вычисления фрактальной размерности и площади.

В качестве оборудования для проведения экспериментальной части НИР применили ноутбук HP model 3168NGW, за которым участники сидели на рассто-

янии 40 см. Перед использованием ноутбука в испытательной лаборатории ООО «Эргономика-ИЛЮТ» (г. Омск) проведено измерение следующих показателей: уровень напряженности электрического и электростатического полей, измерение плотности магнитного потока с целью исключения повышенного уровня электромагнитных полей, нарушающего чистоту эксперимента научного исследования. Согласно протоколу № 102-ИЗ-23/А-1/ПС/Э/П-1 от 22.06.2023 г. показатели находятся в пределах нормы (рис. 1).

Исследование организовано в следующем порядке (табл. 1):

1 этап: количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике без воздействия электромагнитного излучения персонального компьютера (ЭМИ ПК) (сбор ротовой жидкости осуществлялся трехкратно с интервалом 30 минут). Также изучены в динамике физико-химические параметры ротовой жидкости. Участники первого этапа являются контрольной группой по отношению к участникам второго этапа.

2 этап: количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике под воздействием электромагнитного излучения компьютера (сбор ротовой жидкости осуществлялся трехкратно с интервалом 30 минут).

Кабинет, ЭМИ от ноутбука HP TRN-C129I	Напряженность электрического поля в диапазоне частот (5-2000) Гц	В/м	5,00	±0,87	Дополнение № 1 к руководству по эксплуатации РЭ 4381-003-76596538-06. Антенна измерительная электрическая "П6-71"
	Напряженность электрического поля в диапазоне частот (2-400) кГц	В/м	менее 0,75*	-	Дополнение № 1 к руководству по эксплуатации РЭ 4381-003-76596538-06. Антенна измерительная электрическая "П6-71"
	Плотность магнитного потока в диапазоне частот (5-2000) Гц	мкТл	менее 75*	-	Дополнение № 1 к руководству по эксплуатации РЭ 4381-003-76596538-06. Антенна измерительная магнитная "П6-70"
	Плотность магнитного потока в диапазоне частот (2-400) кГц	мкТл	менее 6,25*	-	Дополнение № 1 к руководству по эксплуатации РЭ 4381-003-76596538-06. Антенна измерительная магнитная "П6-70"
	Напряженность электростатического поля	кВ/м	менее 0,3*	-	Руководство по эксплуатации МГФК.410000.001.Измеритель напряженности электростатического поля "СТ-01"

\* - полученный результат менее нижнего предела измерений

Результаты относятся только к объектам, прошедшим исследования (испытания) и измерения, отбор образцов (проб).

Протокол исследований (испытаний) и измерений № 102-ИЗ-23/А-1/ПС/Э/П-1 от 22.06.2023 с приложением № 1 (средства измерения)

Рис. 1. Таблица результатов лабораторных измерений показателей применяемого ноутбука  
Fig. 1. Table of laboratory measurement results of the laptop used

Динамика физико-химических параметров ротовой жидкости под действием ПК была исследована в 2022 году (таблица 3), данные опубликованы [12]).

Таблица 1

Этапы НИР

Table 1. Stages of research work

Первый этап количественно-качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике без воздействия электромагнитного излучения компьютера	Второй этап количественно- качественная оценка кристаллического строения ротовой жидкости пользователей в динамике под воздействием электромагнитного излучения компьютера
<b>1 сбор (контрольная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется без воздействия ЭМИ ПК	<b>1 сбор (контрольная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется без воздействия ЭМИ ПК
<b>2 сбор (промежуточная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется спустя 30 минут без воздействия ЭМИ ПК	<b>2 сбор (нагрузочная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется после тридцатиминутного воздействия ЭМИ ПК
<b>3 сбор (заключительная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется еще спустя 30 минут без воздействия ЭМИ ПК	<b>3 сбор (заключительная проба)</b> ротовой жидкости осуществляется после тридцатиминутного перерыва от воздействия ЭМИ ПК

Полученные результаты статистически обработаны в программе Statistica 8.0. Применены множественное сравнение сборов с помощью критерия Фридмана; парное сравнение сборов по критерию Вилкоксона. Для иллюстраций таблиц применяли Me (LQ-HQ). Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

Результаты исследования и их обсуждение

Первый этап

Динамическое наблюдение ротовой жидкости по результатам первого этапа исследований показало, что большинство физико-химических параметров ротовой жидкости стабильны. Статистически значимые изменения выявлены лишь по одному показателю — общему белку (табл. 2). Можно сделать вывод о том, что на протяжении 60 минут изменения в составе ротовой жидкости минимальны.

Качественный анализ кристаллического строения РЖ по П.А. Леусу показал, что во всех трех пробах отмечался I тип микрокристаллизации, что говорит о равновесном состоянии РЖ (рис. 2). При зрительном анализе во всех трех пробах кристалл-представитель имеет похожую форму с сохранением осей первого и второго порядков.

Статистически значимых изменений не выявлено и по количественному методу исследования кристаллического строения РЖ. Фрактальная размерность и площадь кристаллов-представителей стабильна, что говорит об устойчивом энергетическом состоянии ротовой жидкости.

Второй этап

Согласно полученным результатам второго этапа исследований, до работы за ноутбуком и после зафиксированы статистически значимые изменения по многим показателям. К ним относятся кислотная буферная емкость, общий белок, альфа-амилаза, аммоний, натрий, магний и кальций (табл. 3). После 30 минут пребывания за компьютером уровень вышеперечисленных параметров снижается по сравнению с контрольной пробой — это позволяет сформировать вывод о наличии отрицательного воздействия ЭМИ ноутбука на ротовую жидкость.

Таблица 2

Результаты статистической обработки физико-химических параметров слюны у добровольцев первого этапа

Table 2. Results of statistical processing of physicochemical parameters of saliva in volunteers of the first stage

Исследуемые параметры слюны	1 проба	2 проба	3 проба	ANOVA
pH, у.е.	7,34 (7,19–7,53)	7,49 (7,32–7,59)	7,45(7,30–7,64)	$p > 0,05$
КБЕ, у.е.	8,84 (8,03–11,45)	9,18 (7,46–11,05)	8,68(6,40–11,75)	$p > 0,05$
ЩБЕ, у.е.	9,88 (9,16–11,60)	9,83 (9,11–11,80)	9,37(8,83–10,70)	$p > 0,05$
<b>ОБ, г/л</b>	<b>1,30 (0,84–1,57)</b>	<b>1,47 (1,16–1,58)</b> $p = 0,03^*$	<b>1,44 (1,23–1,96)</b> $p = 0,01^*$	$\chi^2 = 12,2$ $p = 0,002$
P, ммоль/л	3,46 (2,83–3,99)	3,37 (2,84–4,71)	3,35 (2,60–4,63)	$p > 0,05$
Ам, ед/л	52,95 (33,65–60,20)	59,30 (45,55–469,05)	57,80 (47,70–84,90)	$p > 0,05$
NH <sub>4</sub> , ммоль/л	10,85 (6,26–18,00)	7,97 (5,47–10,16)	5,48 (4,88–7,43)	$p > 0,05$
K, ммоль/л	20,00 (18,55–21,75)	19,30 (17,90–24,55)	19,85 (17,95–23,05)	$p > 0,05$
Na, ммоль/л	6,47 (5,21–10,13)	7,00 (4,77–8,03)	7,35 (5,50–9,02)	$p > 0,05$
Mg, ммоль/л	0,28 (0,23–0,35)	0,25 (0,22–0,29)	0,27 (0,23–0,30)	$p > 0,05$
Ca, ммоль/л	1,72 (1,64–1,81)	1,70 (1,56–1,83)	1,64 (1,57–1,82)	$p > 0,05$
ПН, мН/м	35,98 (32,42–37,33)	33,81 (33,56–34,71)	33,04 (32,41–35,39)	$p > 0,05$

\* Различия статистически значимы в сравнении с первым сбором, ^ — со вторым сбором (критерий Вилкоксона) и между всеми сборами (ANOVA Фридмана) при  $p < 0,05$ . Материал представлен как медиана (нижний и верхний квартили)



Рис. 2.1. (1-я проба)  
Fig. 2.1. (1st sample)



Рис. 2.2. (2-я проба)  
Fig. 2.2. (2nd sample)



Рис. 3.1 (1-я проба)  
Fig. 3.1 (1st sample)

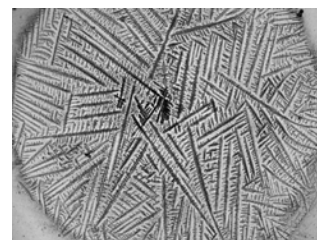


Рис. 3.2 (2-я проба)  
Fig. 3.2 (2nd sample)



Рис. 2.3 (3-я проба)  
Fig. 2.3 (3rd sample)

Рис. 2. Фото центральной зоны фации ротовой жидкости первого этапа исследований  
Fig. 2 Photo of the central zone of the oral fluid facies of the first stage of research



Рис. 3.3 (3-я проба)  
Fig. 3.3 (3rd sample)

Рис. 3. Фото центральной зоны фации ротовой жидкости второго этапа исследований  
Fig. 3. Photo of the central zone of the oral fluid facies of the second stage of research

Качественный анализ кристаллического строения РЖ второго этапа исследований показал, что во всех трех пробах отмечался I тип микрокристаллизации по П.А. Леусу (рис. 3).

При визуальном осмотре кристалл-представитель 2-й пробы после 30 минутного пребывания добровольцев за ноутбуком имеет иное строение, в отличие от кристалла-представителя первой пробы: практи-

Таблица 3

Результаты статистической обработки физико-химических параметров слюны у добровольцев второго этапа  
Table 3. Results of statistical processing of physicochemical parameters of saliva in volunteers of the second stage

Исследуемые параметры слюны	1 проба	2 проба	3 проба	ANOVA
pH, у.е.	7,25 (6,97–7,44)	7,21 (7,06–7,39)	7,19 (6,95–7,36)	$p > 0,05$
КБЕ, у.е.	<b>10,38 (9,03–11,70)</b>	<b>8,83 (7,28–9,78)</b> $p = 0,007^*$	<b>9,26 (6,93–10,26)</b>	$\chi^2 = 9,1$ $p = 0,01$
ЩБЕ, у.е.	10,48 (9,37–11,78)	9,57 (8,59–11,43)	9,98 (9,35–10,69)	$p > 0,05$
ОБ, г/л	<b>1,72 (1,27–1,89)</b>	<b>1,38 (1,13–1,69)</b> $p = 0,002^*$	<b>1,59 (1,21–1,85)</b> $p = 0,018^{\wedge}$	$\chi^2 = 7,9$ $p = 0,019$
P, ммоль/л	3,94 (3,35–4,66)	4,44 (3,53–5,21)	4,15 (3,03–4,66)	$p > 0,05$
Ам, ед/л	<b>36,30 (14,65–50,75)</b>	<b>31,25 (17,15–52,90)</b>	<b>44,70 (18,00–60,05)</b> $p = 0,030^{\wedge}$	$\chi^2 = 6,1$ $p = 0,047$
NH <sub>4</sub> , ммоль/л	<b>10,76 (8,61–14,57)</b>	<b>8,75 (5,87–11,06)</b> $p = 0,0004^*$	<b>7,70 (6,08–10,68)</b> $p = 0,0006^{\wedge}$	$\chi^2 = 18,9$ $p = 0,0008$
К, ммоль/л	26,6 (23,80–30,50)	23,65 (22,0–27,70)	23,40 (22,0–26,70)	$p > 0,05$
Na, ммоль/л	<b>11,26 (7,54–16,70)</b>	<b>9,49 (6,78–12,92)</b>	<b>8,90 (7,51–11,41)</b> $p = 0,023^*$	$\chi^2 = 18,3$ $p = 0,0001$
Mg, ммоль/л	<b>0,36 (0,31–0,60)</b>	<b>0,32 (0,24–0,45)</b> $p = 0,028^*$	<b>0,33 (0,27–0,45)</b> $p = 0,010^*$	$\chi^2 = 8,5$ $p = 0,013$
Ca, ммоль/л	<b>1,93 (1,48–2,32)</b>	<b>1,78 (1,40–2,08)</b> $p = 0,001^*$	<b>1,76 (1,43–2,04)</b> $p = 0,007^*$	$\chi^2 = 10,9$ $p = 0,004$
ПН, мН/м	46,55 (44,37–50,29)	46,37 (42,09–49,82)	47,64 (40,36–50,54)	$p > 0,05$

\* Различия статистически значимы в сравнении с первым сбором,  $\wedge$  — со вторым сбором (критерий Вилкоксона) и между всеми сборами (ANOVA Фридмана) при  $p < 0,05$ . Материал представлен как медиана (нижний и верхний квартили)

чески отсутствуют оси второго порядка и отмечается деструктурирование осей первого порядка и главной оси, что свидетельствует о потере групп симметрий, приводящей к изменению формы кристаллов (табл. 4). Изменение формы кристалла подтверждает нарушение равновесного состояния РЖ из-за воздействия ЭМИ ноутбука. В третьей пробе происходит частичное восстановление осей первого и второго порядков, главной оси, что подтверждается результатами физико-химических параметров РЖ (табл. 3) и фрактальным анализом строения кристаллов (табл. 4).

Таблица 4

**Пример расчета фрактальной размерности и площади у добровольца второго этапа исследований**

**Table 4. An example of calculating the fractal dimension and area of a volunteer of the second stage of research**

Номер пробы	Кристалл-представитель	Фрактальная размерность	Площадь
1 проба		1,605	9,577
2 проба		1,48	6,178
3 проба		1,588	7,5

По полученным результатам видно, что количественная оценка строения кристаллов РЖ добровольцев

имеет более весомое значение, чем качественная. Физико-химические параметры РЖ и кристаллическое строение позволяют косвенно оценить способности компьютерного пользователя к самовосстановлению после воздействия ЭМИ ПК. Чем ближе показатели пробы 1 и 3 друг к другу за определенный период времени, тем выше степень восстановления организма человека.

**Выводы**

Электромагнитное излучение ноутбука неблагоприятно воздействует на ротовую жидкость пользователей: установлено снижение уровня большинства физико-химических параметров, отмечается изменение дендритной формы и потеря симметричного строения кристаллов.

Качественная оценка целостного кристаллического рисунка фации носит субъективный характер. На основании собственных исследований установлено, что качественный анализ фации не всегда позволяет установить патологические процессы, протекающие в организме человека, индикатором которых служит ротовая жидкость.

Количественный анализ самоорганизации капли ротовой жидкости, предложенный авторами, дает возможность врачу/исследователю проводить объективную оценку кристаллического строения РЖ. Фрактальный анализ определяет изменение формы кристалла как в сторону деструктурирования, так и в сторону восстановления. Это позволяет дать косвенную оценку способности организма человека к самовосстановлению при воздействии внешних отрицательных факторов.

Качественные и количественные методы кристаллографии взаимодополняемы. Интеграция данных методов в виде количественно-качественной оценки кристаллического строения ротовой жидкости человека позволит расширить диагностические возможности в области саливадиагностики.

**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. Leszczyński P., Sokalski J., Jerzy. The use of fractal analysis in medicine: A literature review // *Dental and Medical Problems*. – 2017;54:79-83. doi: 10.17219/dmp/67501
3. Mengyuan Song, Hao Bai, Ping Zhang et al. Promising applications of human-derived saliva biomarker testing in clinical diagnostics // *International Journal of Oral Science*. – 2023;135(5):1-17. <https://doi.org/10.1038/s41368-022-00209-w>
4. Симонян Л.Ф., Ломиашвили Л.М., Стафеев А.А. и др. Количественно-качественная характеристика кристаллического строения ротовой жидкости человека с использованием теории фракталов. Часть I. Проблемы стоматологии. 2024;20(1):80-84. [L.A. Simonyan, L.M. Lomiashvili, A.A. Stafeev et al. Quantitative and qualitative characteristics of the crystal structure of human oral fluid using the theory of fractals. Part I. *Actual Problems of dentistry*. 2024;20(1):80-84. (In Russ.)]. DOI 10.18481/2077-7566-2024-20-1-80-84.
5. Ломиашвили Л.М., Елендо М.Б., Седельников В.В. и др. Кристаллография ротовой жидкости как индикатор нарушений состоянии полости рта пользователей персональным компьютером. Актуальные вопросы стоматологии. XX Международная научно-практическая конференция, сборник статей, Омск, 04–06 марта 2014 года. Омск : Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2014:91-93. [L.M. Lomiashvili, M.B. Elendo, V.V. Sedelnikov et al. Crystallography of oral fluid as an indicator of violations of the oral cavity of users of a personal computer. *Current issues in dentistry*. XX International Scientific and Practical Conference, collection of articles, Omsk, March 04–06, 2014. Omsk : State budgetary educational institution of higher professional education "Omsk State Medical Academy" of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2014:91-93. (In Russ.)]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25784060>
6. Симонян Л.А., Ломиашвили Л.М., Анисимова И. В. и др. Методы оценки микрокристаллизации ротовой жидкости (литературный обзор). *Институт стоматологии*. 2022;1(94):90-92. [L.A. Simonyan, L.M. Lomiashvili, I.V. Anisimova et al. Methods for assessing microcrystallization of oral fluid (literature review). *Institute of Dentistry*. 2022;1(94):90-92. (In Russ.)]. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48213688>
7. Митронин А.В., Антонова О.А. Биомаркеры смешанной слюны как индикаторы состояния организма. *Российская стоматология*. 2022;15(1):61-62. [A.V. Mitronin, O.A. Antonova. Biomarkers of mixed saliva as indicators of the state of the body. *Russian Dentistry*. 2022;15(1):61-62. (In Russ.)]. DOI 10.17116/rosstomat20221501125.
8. Походенько-Чудакова И.О. Микрокристаллизация ротовой жидкости в диагностике, прогнозировании развития и течения хирургической патологии челюстно-лицевой области. *Вестник Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К. Ахунбаева*. 2022;2:48-57. [I.O. Pokhodenko-Chudakova. Microcrystallization of oral fluid in the diagnosis, prediction of the development and course of surgical pathology of the maxillofacial region. *Bulletin of the Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaeva*. 2022;2:48-57. (In Russ.)]. DOI 10.54890/1694-6405\_2022\_2\_48.

9. Скрипкина Г.И., Солоненко А.П., Гарифуллина А.Ж. Ротовая жидкость и ее роль в определении уровня здоровья полости рта. Учеб. Пособие. Омск : Изд-во ОмГМ. 2016:48. [G.I. Skripkina, A.P. Solonenko, A.Zh. Garifullina. Oral fluid and its role in determining the level of oral health. Textbook. Manual. Omsk : Omsk State Medical University Publishing House. 2016:48. (In Russ.)]. <http://weblib.omsk-osma.ru/fulltext/k552.html>
10. Саратовкин Д.Д. Дендритная кристаллизация. Москва : Metallurgizdat. 1957:128. [D.D. Saratovkin. Dendritic crystallization. Moscow : Metallurgizdat. 1957:128. (In Russ.)]. <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=75259>
11. Седельников В.В. Структурообразование кристаллизующихся систем при модифицировании их ультрадисперсными порошками. Литейное производство. 2005;1:2-5 ; 2005;2:2-6. [V.V. Sedelnikov. Structure formation of crystallizing systems when modifying them with ultrafine powders. Foundry production. 2005;1:2-5 ; 2005;2:2-6. (In Russ.)]. [http://www.foundrymag.ru/mm\\_2011\\_01\\_bibl.html](http://www.foundrymag.ru/mm_2011_01_bibl.html)
12. Симонян, Л. А. Стабилизация показателей смешанной слюны человека под воздействием электромагнитного излучения персонального компьютера. Проблемы стоматологии. 2022;18(2):87-92. [L.A. Simonyan. Stabilization of indicators of mixed human saliva under the influence of electromagnetic radiation of a personal computer. Actual Problems in dentistry. 2022;18(2):87-92. (In Russ.)]. DOI 10.18481/2077-7566-2022-18-2-87-92.
13. Черкасова М.С. Применение фракталов в медицине. Молодой ученый. 2019;8(246):175-177. [M.S. Cherkasova. Application of fractals in medicine. Young scientist. 2019;8(246):175-177. (In Russ.)]. <https://moluch.ru/archive/246/56636/>
14. 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>
15. Шатохина С.Н. Функциональная морфология биологических жидкостей - новое направление в клинической лабораторной диагностике. Альманах клинической медицины. 2008;18:50-56. [S.N. Shatokhina. Functional morphology of biological fluids - a new direction in clinical laboratory diagnostics. Almanac of Clinical Medicine. 2008;18:50-56. (In Russ.)]. <https://cyberleninka.ru/article/n/funktsionalnaya-morfologiya-biologicheskikh-zhidkostey-novoe-napravlenie-v-klinicheskoy-laboratornoy-diagnostike>