

УДК: 616.314-008.8

## Фазовый, элементный, аминокислотный, структурный состав минералов зубных и слюнных камней\*

Е.С. Чиканова<sup>1, a</sup>, О.А. Голованова<sup>1, b</sup>, И.С. Грушко<sup>2, c</sup><sup>1</sup>Омский государственный университет, ул. Мира 55а, Омск, Россия<sup>2</sup>Южно-Российский государственный технический университет, пр. Просвещения 132, Новочеркасск, Россия<sup>a</sup>rock\_queen@bk.ru, <sup>b</sup>golovanoa2000@mail.ru, <sup>c</sup>gryshko\_ira@mail.ru

Статья поступила 15.10.2012, принята 05.02.2013

*Проведено детальное комплексное изучение минерального и элементного составов зубных и слюнных камней. По данным рентгенофазового анализа минеральная компонента большинства исследованных слюнных и зубных камней представлена апатитом. В составе дентолитов в подчиненном количестве также обнаружены другие фосфаты кальция (брушит и октакальций фосфат). Апатиты этих патогенных минералов плохо окристаллизованы, что проявляется на рентгенограммах как снижение интенсивности и увеличение полуширины дифракционных отражений. Основными компонентами зубных и слюнных камней являются кальций и фосфор. По нашим данным, содержание кальция в слюнных камнях варьируется от 30 до 34 масс. %, а фосфора – от 15 до 17 масс. %. Кроме того, в слюнных и зубных камнях могут присутствовать: Mg – 0,2-0,4; Na – 0,3-0,7; K – 0,03-0,6; Cl – 0,0-0,1 масс. %. В ходе исследования представительной коллекции слюнных и зубных камней, а также образцов ротовой жидкости жителей Омского региона в их органической компоненте, нами определено присутствие 15 аминокислот. Сравнение аминокислотного состава исследуемых образцов показывает, что содержание аминокислот максимально в слюнных камнях и минимально – в ротовой жидкости. Полученные данные могут быть использованы для повышения эффективности профилактики и лечения заболеваний, сопровождающихся образованием патогенных органоминеральных агрегатов в организме человека.*

**Ключевые слова:** органоминеральные агрегаты, дентолиты, саливолиты.

## Phase, element, amino acid, structural composition of dental and salivary stones minerals

E.S. Chikanova<sup>1, a</sup>, O.A. Golovanova<sup>1, b</sup>, I.S. Grushko<sup>2, c</sup><sup>1</sup>Omsk State University, 55a, Mira av., Omsk, Russia<sup>2</sup>South Russian State Technical University, 132, Prosveshcheniya str., Novocherkassk, Russia<sup>a</sup>rock\_queen@bk.ru, <sup>b</sup>golovanoa2000@mail.ru, <sup>c</sup>gryshko\_ira@mail.ru

Received 15.10.2012, accepted 5.02.2013

*A detailed comprehensive study of the mineral and elemental composition of dental and salivary stones has been conducted. According to X-ray phase analysis, the mineral component of the most of the studied salivary and dental stones is presented by apatite. Other calcium phosphates (brushite and octacalcium phosphate) have also been found in the dentoliths composition in small quantities. The apatites of these pathogenic minerals are poorly crystallized minerals, that is revealed on the radiographs of the intensity reduction and the diffraction reflections half-width increase. The main components of dental and salivary stones are calcium and phosphorus. According to our data, the calcium content in the salivary stones varies from 30 to 34 % wt. and phosphorus - from 15 to 17 % wt. In addition, the salivary and dental stones may include: Mg - 0,2-0,4; Na - 0,3-0,7; K - 0,03-0,6; Cl - 0,0-0,1 % wt. While studying the representative collection of the salivary and dental stones as well as stomatic fluid samples of Omsk region inhabitants, the presence of 15 amino acids have been detected in their organic component. The amino acid composition comparison of the samples shows that the amino acid content has its maximum in salivary stones and is minimal in stomatic fluid. The data obtained can be used to improve the prevention and treatment of the diseases associated with the formation of pathogenic organic aggregates in the human body.*

**Key words:** organic-mineral aggregates, dentoliths, salivoliths, composition.

Характерным патогенным новообразованием, возникающим в ротовой полости 80 % людей, являются зубные (дентолиты) и слюнные камни (саливолиты).

По сравнению с саливолитами, дентолиты встречаются гораздо чаще.

Зубные камни представляют собой каменные затвердения на внутренних и внешних частях зубов. Камни встречаются примерно у 75–80 % всего населения земного шара, т. е. абсолютное большинство людей в процессе жизни приобретают наросты на зубах, кото-

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-05-90425-Укр\_ф\_а) и в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (проект № 14.В37.27.2037).

рые способствуют появлению более серьезных болезней зубов (пародонтоза и др.) [1, 2].

Среди заболеваний слюнных желез слюннокаменная болезнь (сиалолитиаз, калькулезный сиаладенит) является наиболее распространенной (80 %). Слюнные камни чаще образуются в поднижнечелюстной железе и поднижнечелюстном канале (90-95 %), значительно реже они присутствуют в околоушной железе и околоушном протоке (5-8 %) [1, 2]. Образование слюнного камня в малых слюнных железах встречается крайне редко.

#### Морфология и текстурно-структурные особенности

**Зубные** камни редко достигают больших размеров. Крупные камни имеют размеры от финиковой косточки до грецкого ореха. Они бывают трех цветов: белые, желтые и коричневые (рис. 1). Белые и желтые камни – мягкие образования, возникающие на шейке зубов и быстро разрастающиеся вдоль всей поверхности коронки; желтые камни встречаются значительно чаще, чем белые. И те и другие зубные отложения легко снимаются с поверхности зуба. Содержание минерального вещества в них колеблется от 56,5 до 76 масс. % [3, 4]. Коричневые камни намного тверже, чем камни других цветов. Обычно они возникают в виде каймы вдоль губной поверхности зуба нижней челюсти, несколько реже – верхней челюсти. Коричневые камни – очень плотные по своей консистенции и прирастают к зубу настолько крепко, что отделить их бывает сложно. Содержание минерального вещества в них около 87 масс. %. Камни темно-коричневого цвета наблюдаются у курильщиков.

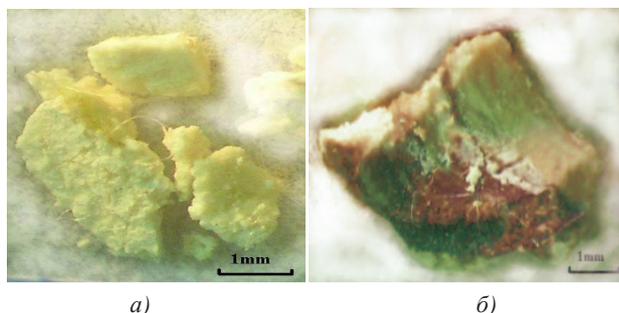


Рис. 1. Зубные камни: а) зернистые; б) пластинчатые

Зубные камни исследуемой коллекции имеют небольшой размер: от 1-2 до 6 мм. Они представляют собой зернистые (рис. 1а) или пластинчатые (рис. 1б) образования неправильной формы. Зернистое строение характерно для мягких камней, представленных белыми рыхлыми массами. На сколах пластинчатых дентолитов хорошо видны чередующиеся слои различного цвета.

**Слюнные** камни различаются по форме, которая в определенной степени зависит от их местонахождения (рис. 2). Обычно камни, располагающиеся в области железы, округлые, с неровной поверхностью, а образовавшиеся в протоке слюнной железы – продолговатые. Величина камней самая разная – от просяного зерна до горошины, встречаются даже размером с куриное яйцо. Цвет камней может быть белым с оттенками желтого и серым, с оттенками коричневого.

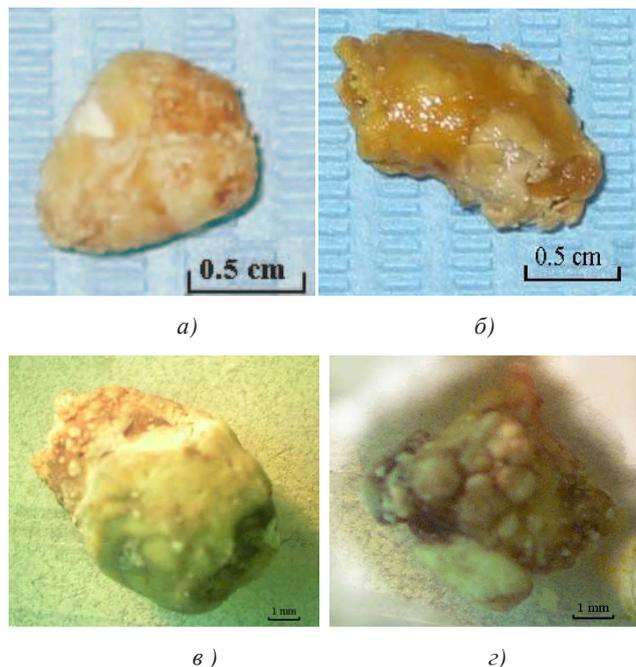


Рис. 2. Слюнные камни различной формы и цвета, образовавшиеся в слюнных железах (а, б) и протоках (в, г)

Камни исследуемой коллекции имеют округлую (рис. 2а) или продолговатую форму (рис. 2б, в); встречаются также агрегаты неправильной формы (рис. 2г). Саливолиты, образовавшиеся в протоке слюнной железы, имеют размер от 6 до 10 мм (рис. 2в, г). Камни, сформированные в слюнных железах, более крупные (рис. 2а, б). Среди них нами исследован уникальный по размеру – от 1 до 2,5 см в диаметре при весе 5,3 г – камень овальной формы из нижнечелюстной железы [5]. Камни, сформированные в слюнных протоках, характеризуются более гладкой и однородной поверхностью по сравнению с образовавшимися в железах. По данным электронно-микроскопического исследования, размеры пор на поверхности камня из нижнечелюстной железы (рис. 3) варьируются от 250 до 650 мкм.

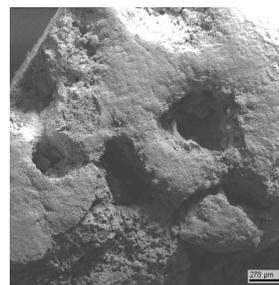


Рис. 3. Электронно-микроскопический снимок пор на поверхности слюнного камня

Среди исследуемых камней есть твердые и компактные образования, а также хрупкие. На срезах камней под бинокулярным микроскопом хорошо видно, что образования, внешне достаточно компактные, внутри могут быть пористыми (рис. 4).

Для слюнных камней характерно концентрически-слоистое строение – слои неорганического вещества обособляются более тонкими слоями органического (рис. 4, 5). Минеральные слои в основном имеют толщину 1 мм. Мощность слоев органического вещества

обычно колеблется в пределах 1-5 мм [6]. Толщина минеральных слоев в камне из нижнечелюстной железы варьируется в пределах 0,4-0,7 мм, органических – 0,1-0,4 мм. Выделен также смешанный слой толщиной порядка 0,4 мм, представляющий собой неравномерное вкрапление органических частиц в слой минеральной фазы. Под световым микроскопом хорошо видно, что большинство исследованных камней имеют один центр, от которого происходило их разрастание (рис. 4а). Встречаются также камни с несколькими центрами (ядрами), вокруг которых формируются концентрические слои. Видно, что в процессе роста камня эти структуры объединяются (рис. 4б). В качестве ядра саливоцитов могут быть актиномицеты, попадающие из полости рта, слущенный эпителий стенок протока, скопления лейкоцитов [7]. Кроме этих, наиболее обычных, описаны ядра из различных инородных тел: кусочки угля, кусочек скорлупы семечки от подсолнуха и т. п.

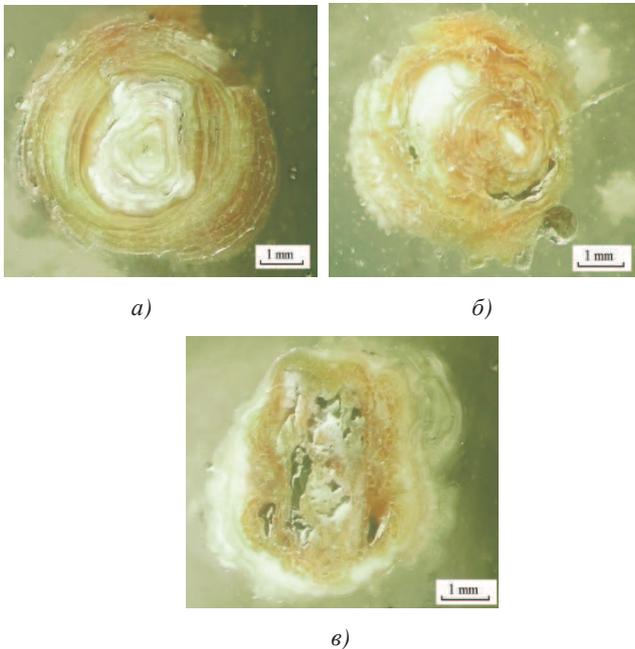


Рис. 4. Срезы слюнных камней под бинокулярным микроскопом

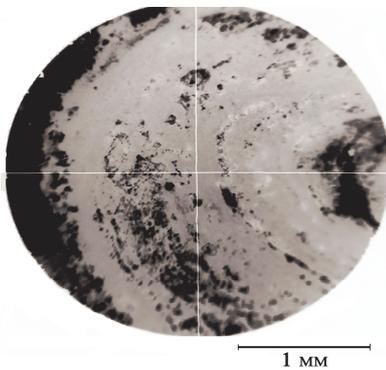


Рис. 5. Микрофотография шлифа слюнного камня (негативное изображение)

Детальное электронно-микроскопическое исследование уникального камня из поднижнечелюстной же-

лезы показало, что на его поверхности наблюдается присутствие множества микросферолитов диаметром 8–30  $\mu\text{m}$  (рис. 6). Исследование внутреннего строения этого камня выявило оолитовую текстуру (рис. 7а), особенно наглядно проявляющуюся на трехмерной картине распределения его плотности, полученной методом рентгеновской компьютерной микротомографии (рис. 8). Ядра микросферолитов распределены по всему объему образца, межсферолитовое пространство заполнено чередующимися органическими и минеральными слоями концентрической формы (рис. 7б). Проявление концентрически-слоистого строения камня от микро- до макроисследования, а также наличие сферолитов различного порядка (не ниже 3-го) позволяют говорить о многоуровневой структуре слюнных камней.

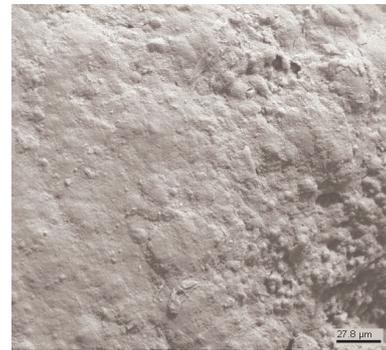


Рис. 6. Электронно-микроскопическое изображение скопленных микросферолитов на поверхности слюнного камня

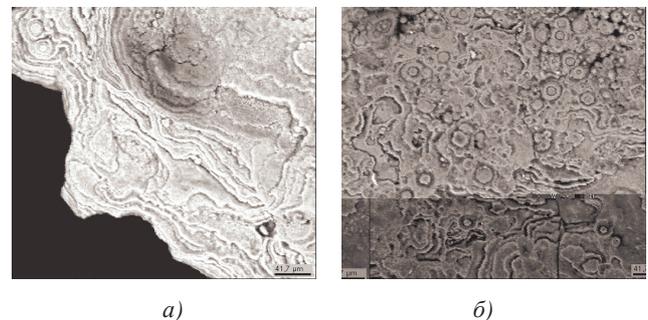


Рис. 7. Внутреннее строение слюнного камня: а) оолитовая текстура; б) распределение микросферолитов 3-го порядка



Рис. 8. Микротомографии слюнного камня

#### Минеральный состав

Минеральный состав *слюнных и зубных камней* по сравнению с уrolитами менее разнообразен (табл. 1), что в основном обусловлено особенностями состава камнеобразующей среды. Основными минералами этих образований являются фосфаты кальция (апатит, брусит, октакальций фосфат, витлокит). При этом

самым распространенным минералом является апатит. Кроме того, описаны отдельные находки, которые встречаются редко – фосфаты магния (струвит, ньюберит), а также оксалаты и карбонаты кальция (уэвеллит, уэдделлит, кальцит, арагонит) [2, 6 – 10].

Таблица 1

*Вещественный состав зубных и слюнных камней*

Минерал	
Название	Формула
Апатит*	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F})$
Брушит*	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Витлокит	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Монетит	$\text{CaHPO}_4$
Ньюберит	$\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Октакальций фосфат*	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Струвит	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Уэвеллит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Струвит	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Уэвеллит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Уэдделлит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Кальцит	$\text{CaCO}_3$
Арагонит	$\text{CaCO}_3$

\* Минералы, обнаруженные в исследуемой коллекции.

По данным рентгенофазового анализа, минеральная компонента большинства исследованных слюнных и зубных камней представлена апатитом [2, 6 – 10]. В составе зубных камней в подчиненном количестве также обнаружены другие фосфаты кальция (брушит и октакальций фосфат).

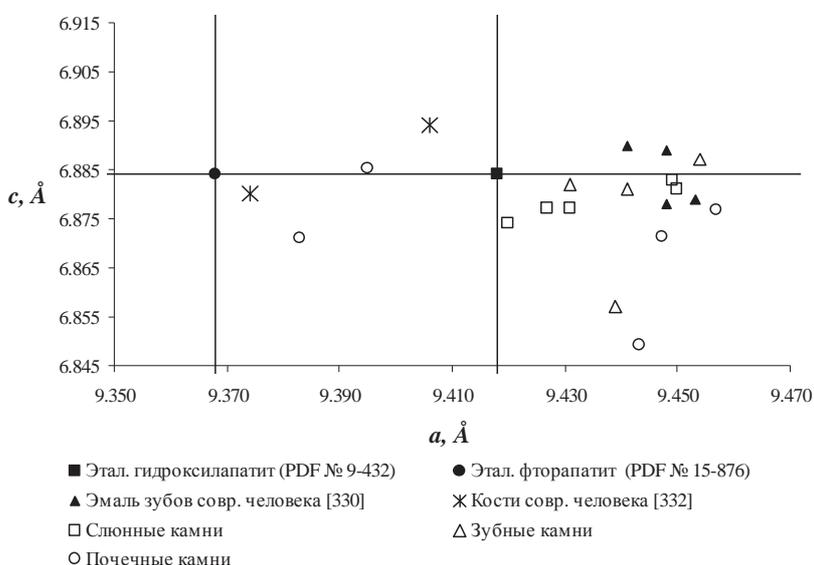
Сравнение минерального состава образующихся в полости рта патогенных образований (зубные и слюнные камни) с физиогенными (эмаль и дентин зубов) показывает, что состав зубных и слюнных камней более разнообразен. Причина этого, вероятно, связана с тем, что на формирование дентолитов и саливолитов и твердых тканей зубов оказывают влияние разные факторы.

Апатиты зубных и слюнных камней плохо окристаллизованы, что проявляется на рентгенограммах в виде снижения интенсивности и увеличения полуширины дифракционных отражений. Значения параметра *a* исследованных биоапатитов больше, чем у стехиометрического гидроксилатапата (табл. 2, рис. 9), что характерно для кальций-дефицитных гидроксилатапатитов, содержащих воду в каналах структуры. По данным химических анализов, соотношения атомных количеств кальция и фосфора (Ca/P) в слюнных камнях варьируются от 1,52 до 1,61 [5]. Значение параметра *c* может быть, как больше, так и меньше значения, характерного для стехиометрического гидроксилатапата.

Таблица 2

*Вариации параметров элементарной ячейки апатита слюнных и зубных камней*

Камни	Параметры элементарной ячейки, Å	
	<i>a</i>	<i>c</i>
Зубные	9,431 – 9,454(3)	6,857 – 6,887(2)
Слюнные	9,419 – 9,452(3)	6,873 – 6,882(2)



**Рис. 9.** Параметры элементарной ячейки апатитов, образующихся в организме человека. Погрешности определения значений *a* и *c* не превышают: 0,001 (эмаль зубов), 0,003 и 0,002 (слюнные и зубные камни), 0,004 и 0,003 (почечные камни), 0,006 и 0,003 (кости) Å соответственно

По данным ИК-спектроскопии, исследуемые апатиты зубных и слюнных камней различаются по содержанию и распределению карбонат-иона (рис. 10). На большинстве ИК-спектров камней, кроме полос, соответствующих валентным и деформационным колебаниям  $\text{PO}_4^{3-}$ -ионов (575, 610, 1070  $\text{cm}^{-1}$ ), присутствуют

полосы поглощения, характерные для колебаний  $\text{CO}_3^{2-}$ -ионов и молекулы воды (1650  $\text{cm}^{-1}$ ). Однако в некоторых образцах полосы поглощения, характерные для колебаний  $\text{CO}_3^{2-}$ -ионов, малоинтенсивны или отсутствуют (спектры 1, 3). На всех спектрах карбонатсодержащих апатитов дентолитов и саливолитов (спектры 2,

4, 5) присутствует полоса поглощения  $880\text{ см}^{-1}$  и дуплет  $1460, 1420\text{ см}^{-1}$ , что указывает на замещение карбонат-ионом  $[\text{PO}_4]$ -тетраэдров (замещение В-типа). На некоторых спектрах (спектры 2, 5) добавляется полоса  $1550\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о дополнительном замещении  $\text{CO}_3^{2-}$ -ионами  $\text{OH}$ -групп в каналах (замещение А-типа).

Кроме того, на большинстве ИК-спектров зубных и слюнных камней присутствуют широкая полоса валентных колебаний молекул воды при  $3440\text{ см}^{-1}$ , указывающая на наличие молекул воды в каналах структуры апатита, и полоса деформационных колебаний воды при  $1650\text{ см}^{-1}$  [11].

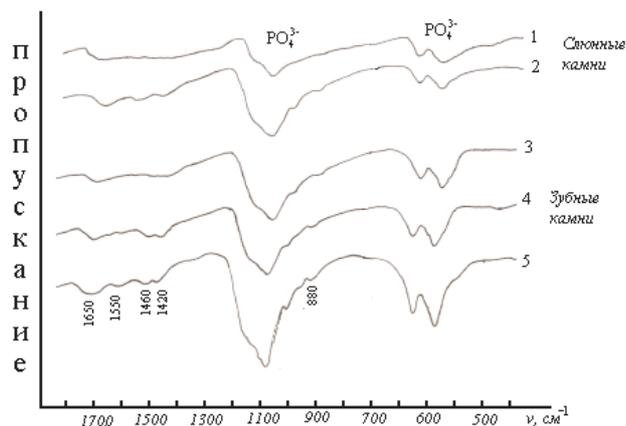


Рис. 10. Примеры ИК-спектров апатитовзубных и слюнных камней

Судя по параметрам элементарной ячейки, диапазон изменений химических составов апатитов зубных и слюнных камней меньше, чем почечных, что, вероятно, обусловлено вариациями составов соответствующих камнеобразующих сред.

В целом параметры элементарной ячейки патогенных апатитов меняются в более широком диапазоне по сравнению с параметрами физиогенных апатитов [12, 13], в первую очередь с параметрами хорошо изученных апатитов твердых тканей зуба (рис. 9). Причина этого, вероятно, связана с тем, что механизм образования и состав физиогенных биоминералов полностью контролируется организмом, в то время как формирование патогенных образований вызвано аномальным функционированием организма и, как правило, протекает без физиологического контроля.

**Элементный состав.** Основными компонентами зубных и слюнных камней являются кальций и фосфор. В сильноминерализованных зубных камнях этих элементов содержится, соответственно, 29 и 16 %, в мягких зубных камнях – 21 и 12 масс. % [2, 10]. Таким образом, минерализация дентолитов возрастает со зрелостью камня. По нашим данным, содержание кальция в слюнных камнях варьируется от 30 до 34 масс. % (0,75-0,85 ат. ед.), а фосфора – от 15 до 17 масс. % (0,48-0,425 ат. ед.). Кроме того, в слюнных и зубных камнях могут присутствовать: Mg – 0,2-0,4; Na – 0,3-0,7; K – 0,03-0,6; Cl – 0,0-0,1 масс. % (Mg – 0,0083-0,017; Na – 0,013-0,03,1; K – 0,0008-0,015; Cl – 0,0-0,0028 ат. ед.) [10, 14]. В проанализированных образцах дентолитов и саливолитов пациентов Омского

региона, кроме того, обнаружены микроэлементы (табл. 3. Так как литературные данные по содержанию элементов приведены в масс. %, для сравнения свои результаты мы представляем в масс. % и ат. ед.), содержание которых варьируется от  $10^{-4}$  до  $10^{-2}$  масс. %. Характерный для апатита широчайший спектр, как изовалентных, так и гетеровалентных замещений [15, 16] позволяет предположить вхождение примесей в кристаллическую структуру апатита. Кроме того, так как большинство из определенных микроэлементов (Zn, Cu, Ni, Fe и др.) являются хорошими комплексообразователями, они могут формировать устойчивые соединения с органической компонентой слюнного камня.

Ряд средних концентраций микроэлементов в зубных камнях жителей Омска ( $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Rb} > \text{Ti} > \text{Ba} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{V} > \text{Mn} > \text{Br} > \text{Ag} > \text{Sn} > \text{I} > \text{Zr}$ ) практически противоположен соответствующему концентрационному ряду, характеризующему зубные камни жителей Москвы ( $\text{Fe} > \text{Ti} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Ba} > \text{Zr} > \text{V}$ ) [17]) (рис. 11). В зубных камнях жителей Омска наблюдается значительное увеличение содержания Zn (в 2,5 раза выше, чем Fe), тогда как для Москвы, наоборот, Fe в 9 раз выше, чем Zn. Еще одной особенностью омских дентолитов является более высокое суммарное количество микроэлементов Ti, V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr, Ba (в 3,4 раза). Таким образом, полученные экспериментальные данные по микроэлементному составу дентолитов подтверждают его зависимость от условий окружающей среды.

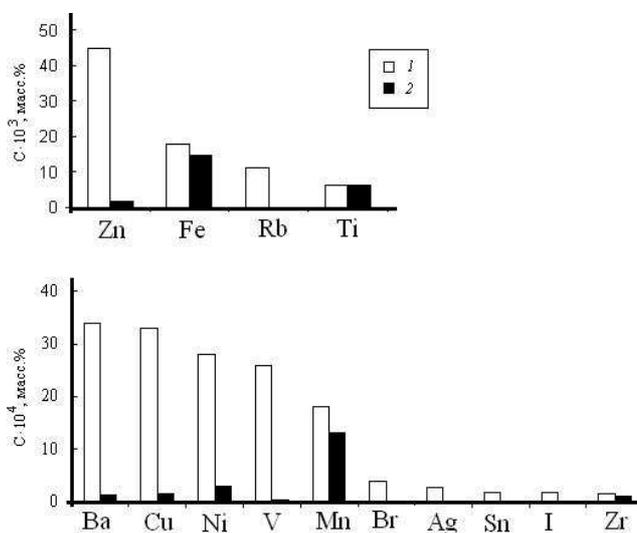


Рис. 11. Микроэлементный состав зубных камней жителей Омска (1) и Москвы (2)

Органическая компонента. Известно [6], что общее содержание органической компоненты в зубных и слюнных камнях, по данным разных исследователей, колеблется в значительных пределах и в большой степени зависит от зрелости и минерализации камня. Содержание органического вещества в дентолитах, по данным Т.Л. Пилата [7], составляет от 13 до 25 % от общей массы камня [2], а в саливолитах, по данным Карне и др. [18], – 33–66 % и выше. В белках, представляющих основную массу органики в зубных и слюнных камнях, определены практически все аминокислоты [6].

Таблица 3

*Содержание микроэлементов в зубных и слюнных камнях жителей Омского региона по данным рентгенофлуоресцентного анализа*

Химический элемент	Зубные камни			Слюнный камень	
	Крайние значения	Содержание			
		Среднее 10 <sup>4</sup> масс. %	Элементов, ат. ед.	Среднее 10 <sup>4</sup> масс. %	Элементов, ат. ед.
Fe	84-416	178	3,18	99,0	1,77
Ti	10-209	62	1,29	19,2	0,4
V	10-68	26	0,51	27,2	0,53
Ag	1,0-5,9	2,6	280,8	не обнаружен	
Mn	10-25,9	18	0,32	<10	<0,18
Ni	5-47,1	28	0,48	24	0,41
Cu	10-74,4	33	0,51	35	0,55
Zn	24-881	450	6,92	320,2	4,92
Sn	1-4,4	1,8	0,0087	не обнаружен	
I	1-3	1,7	0,013	не обнаружен	
Ba	5,2-101,7	34	0,25	6,6	0,028
Br	3-5,9	3,8	0,0475	не обнаружен	
Rb	79,3-145,4	113	1,33	не обнаружен	
Zr	1,0-2,4	1,4	0,015	2,4	0,026
Sr	не обнаружен			128,5	1,49

Показано, что только глутаминовая и аспарагиновая кислоты, а также глицин, аланин, валин и серин представлены в существенных количествах. Кроме белков, в органической компоненте камней обнаружены углеводы (глюкоза, галактоза, арабиноза, глюкозамины и галантозамины) [2], а также липиды (фосфолипиды, холестерол, жирные кислоты и др.) [6].

В ходе исследования представительной коллекции слюнных и зубных камней, а также образцов ротовой жидкости жителей Омского региона, в их органической компоненте нами определено присутствие 15 аминокислот (табл. 4 – в масс. %, для сравнения с литературными данными, и в г/моль).

Таблица 4

*Суммарное содержание аминокислот в зубных и слюнных камнях*

Объект	Содержание аминокислот, масс. %		Среднее содержание белковой компоненты в пересчете на альбумин, 10 <sup>-3</sup> г/моль
	Диапазон вариаций	Среднее значение	
Зубные камни	3,34-6,72	5,23	347,8
Слюнные камни	4,49-10,89	7,69	511,4
Ротовая жидкость	0,28-0,40	0,34	22,61

Сравнение аминокислотного состава исследуемых образцов показывает, что содержание аминокислот максимально в слюнных камнях и минимально в ротовой жидкости. Важно отметить, что ряд средних значений содержания аминокислот в ротовой жидкости (глутаминовая кислота > лизин > лейцин > глицин > аспарагиновая кислота > серин > аланин > аргинин > тирозин > валин > треонин > изолейцин > гистидин > метионин) отличается от соответствующих рядов аминокислот в дентолитах (глутаминовая кислота > аланин > лизин > аспарагиновая кислота > лейцин > аргинин > глицин, серин > валин > тирозин > треонин > фенилаланин > изолейцин > гистидин > метионин) и саливолитах (глутаминовая кислота > лизин > аргинин > аспарагиновая кислота > фенилаланин > лейцин > тиро-

зин > глицин > серин > валин > гистидин > аланин > изолейцин > треонин > метионин).

Анализируя результаты определения содержания аминокислот в различных патогенных образованиях фосфатного типа, следует отметить, что содержание в них глутаминовой кислоты и лизина больше, чем других аминокислот. При этом содержание этих аминокислот в камнях выше, чем в соответствующих биологических жидкостях, в которых они образуются (моча и слюна). Отличительной особенностью данных аминокислот является наличие в их составе дополнительных боковых функциональных групп: аминогруппы – в лизине, карбоксильного остатка – в глутаминовой кислоте. Этим можно объяснить наиболее активное участие

как самих аминокислот, так и белков с их высоким содержанием в процессе образования фосфатных камней.

Единой теории, объясняющей природу исследуемого биокостного взаимодействия, в настоящее время не существует. Однако на основании имеющихся к настоящему времени данных можно предположить, что специфическая роль белковых соединений в процессах образования патогенных агрегатов обусловлена способностью апатита избирательно взаимодействовать при адсорбции с аминокислотами и белками, находящимися в физиологическом растворе. При этом могут образовываться комплексы веществ белковой природы с тяжелыми металлами, присутствующими в биологических жидкостях [19, 20]. Не исключено также встраивание некоторых аминокислот в каналы кристаллической структуры апатита [21].

### Литература

1. Кораго А.А., Тимофеев С.А., Меренкова Б.М. Тонкая экцентрическая зональность в кораллоподобном почечном камне // Биоминералогия-92: тез. докл. Первой межгос. конф. Сыктывкар, 1992. С. 17–18.
2. Пилат Т.Л., Фатахов Ю.Б. Кинетика формирования минерализованных зубных отложений // Стоматология. 1988. № 3. С. 11–13.
3. Грохольский А.П., Файзуллаев Т.Н. Зубные отложения при болезнях пародонта. Ташкент: Медицина УзССР, 1982. 72 с.
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия. М.: Высш. шк., 1987. 295 с.
5. Ельников В.Ю., Голованова О.А., Кузьмина М.А., Франк-Каменецкая О.В. Изоморфные замещения в кристаллической структуре струвита почечных камней // Сб. тез. IV Национальной кристаллохимической конф. Черногоровка, 2006. С. 202–203.
6. Кораго А.А. Введение в биоминералогии. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
7. Пилат Т.Л. Зубной камень и его влияние на ткани пародонта // Стоматология. 1984. № 3. С. 88–90.
8. Бельская Л.В., Голованова О.А., Блинов В.И., Савченко Р.К., Франк-Каменецкая О.В., Ельников В.Ю. Особенности фазового состава и кристаллической структуры зубных и слюнных камней // Вестн. Омского ун-та. 2006. № 2. С. 56–58.
9. Голованова О.А., Бельская Л.В., Казанцева Р.В. Минеральный и элементный составы зубных камней жителей Омского региона // Вестн. С-Петерб. ун-та. 2006. № 1(7). С. 90–93.
10. Ткаленко А.Ф. Влияние физико-химических характеристик слюны, слюнных и зубных отложений на исход лечения больных слюнокаменной болезнью: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2004. 22 с.
11. Голованова О.А., Ачкасова Е.Ю., Россеева Л.В. Роль геохимического фона в развитии эндемических заболеваний (Омский регион) // Материалы III Международной конференции «Экогеология – 2003»: науч. чтения им. акад. Ф.Ю. Левинсона. СПб.: СПбГУ, 2003. С. 7–9.
12. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1982. С. 98–106.
13. Халфиев Н.Г. Лучевые методы диагностики и оценка эффективности лечения калькулезного холецистита. Казань, 1996. С. 143–145.
14. Ельников В.Ю., Франк-Каменецкая О.В., Голованова О.А. Структура, минеральный и химический состав слюнного камня человека. Вопросы образования // Минералогия техногенеза – 2005: сб. ст. Миасс, 2005. С. 156–163.
15. Франк-Каменецкая О.В., Пихур О.Л., Голубцов В.В. Вариации химического состава и параметров кристаллической решетки апатитов эмали зубов жителей различных промышленных центров // Биокостные взаимодействия: жизнь и камень: материалы II междунар. симпозиума. СПб., 2004. С. 194–197.
16. Франк-Каменецкая О.В. Изоморфные замещения в кристаллической структуре биоапатов по данным рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопии // Спектроскопия, рентгенография и кристаллохимия минералов: междунар. науч. конф. Казань, 2005. С. 238–240.
17. Голованова О.А., Ачкасова Е.Ю., Пятанова П.А. Микроэлементы почечных камней и их влияние на процесс патогенного минералообразования // Вестн. С-Петерб. ун-та. 2005. № 4(7). С. 87–92.
18. Kani T., Kani M., Mariwaki Y., Doi Y. Microbeam X-ray diffraction analysis of dental calculus // Dent. Res. 1983. Vol. 62, № 2. P. 92–95.
19. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.
20. Эмсли Дж. Элементы. М.: Мир, 1993. 256 с.
21. Россеева Е.В., Голованова О.А., Франк-Каменецкая О.В. Влияние аминокислот на образование гидроксилатапата почечных камней // Кинетика и механизм кристаллизации. Нанокристаллизация. Биокристаллизация: тез. докл. IV междунар. науч. конф. Иваново, 2006. 57 с.

### References

1. Korago A.A., Timofeev S.A., Merenkova B.M. et al. Fine eccentric zoning in the staghorn nephroliths// Biomineralogija-92: tez. dokl. Pervoy Mezghos. konf. Syktyvkar, 1992. S. 17–18.
2. Pilat T.L., Fatakhov Yu. B. The kinetics of the mineralized dental deposits formation // Stomatologiya. 1988. № 3. S. 11–13.
3. Grokhol'sky A.P., Fayzullaev T.N. Dental deposits in periodontal diseases. Tashkent, Meditsina UzSSR, 1982. 72 s.
4. Damaskin B.B., Petrij O.A. Electrochemistry. M.: Vyssh. shk., 1987. 295 s.
5. El'nikov V.Yu., Golovanova O.A., Kuz'mina M.A., Frank-Kamenetskaya O.V. Isomorphic substitution in the struvite nephroliths crystal structure // Sb. tez. IV Natsional'noy kristalloghimicheskoy konf. Chernogorovka, 2006. S. 202–203.
6. Korago A.A. Introduction to biomineralogy. SPb.: Nedra, 1992. 280 s.
7. Pilat T.L. Odontolith and its effect on periodontal tissues// Stomatologiya. 1984. № 3. S. 88–90.
8. Bel'skaya L.V., Golovanova O.A., Blinov V.I., Savchenko R.K., Frank-Kamenetskaya O.V., El'nikov V. Yu. Specifics of the phase composition and crystalline structure of dental and salivary stones // Vestn. Omskogo un-ta. 2006. № 2. S. 56–58.
9. Golovanova O.A., Bel'skaya L.V., Kazantseva R.V. Odontoliths mineral and elemental composition of Omsk region inhabitants// Vestn. Sankt-Peterb. un-ta. 2006. № 1(7). S. 90–93.
10. Tkalenko A.F. Influence of physical and chemical characteristics of saliva, salivary and dental deposits on the treatment outcome of the patients having salivolithiasis: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. M., 2004. 22 s.
11. Golovanova O.A., Achkasova E.Yu., Rosseeva L.V. The role of the geochemical background in the endemic diseases clinical behavior (Omsk region)// Materialy III Mezhdunar. konf. «Ekogeologiya – 2003». SPb.: SPbGU, 2003. S. 7–9.
12. Frolov Yu.G. The Course of Colloid Chemistry. M.: Khimiya, 1982. S. 98–106.
13. Halfiev N.G. Radiologic diagnosis and assessment of calculous cholecystitis treatment efficiency. Kazan', 1996. S. 143–145.
14. El'nikov V.Yu., Frank-Kamenetskaya O.V., Golovanova O.A., et al. Structure, mineral and chemical composition of human pytaloliths. Voprosy obrazovaniya// Mineralogiya tekhnogenez – 2005. Miass, 2005. S. 156–163.
15. Frank-Kamenetskaya O.V., Pikhur O.L., Golubtsov V.V. et al. Variations in the apatites chemical composition and crystal lattice parameters of enamel of the residents living in various industrial centers // Biokostnye vzaimodeystviya: zhizn' i kamen': Materialy II mezhdunar. simpoziuma. SPb., 2004. S. 194–197.
16. Frank-Kamenetskaya O.V. Isomorphic substitution in the bioapatites crystal structure according to the data X-ray and infrared spectroscopy // Spektroskopiya, rentgenografiya i kristalloghimiya mineralov: mezhd. nauch. konf. Kazan'. 2005. S. 238–240.
17. Golovanova O.A., Achkasova E. Yu., Pyatanova P.A. Minor constituents of nephroliths and their impact on minerogenesis// Vestn. S.-Peterb. un-ta. 2005. № 4(7). S. 87–92.
18. Kani T., Kani M., Mariwaki Y., Doi Y. Microbeam X-ray diffraction analysis of dental calculus // Dent. Res. 1983. V. 62. № 2. P. 92–95.
19. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish A., Strochkova L.S. Human microelementoses. M.: Meditsina, 1991.
20. Emsly J. The elements. M.: Mir, 1993. 256 s.
21. Rosseeva E.V., Golovanova O.A., Frank-Kamenetskaya O.V. Effect of amino acids on the formation of nephroliths hydroxyapatite// Kinetika i mekhanizm kristallizatsii. Nanokristallizatsiya. Biokristallizatsiya: tez. dokl. IV mezhdunar. nauch. konf. Ivanovo, 2006. 57 s.