

Ненашева Елизавета Андреевна - аспирант,

РУДН, г.Москва

Быкова Марина Владимировна – к.м.н, доцент,

РУДН, г.Москва

Поюровская Ирина Яковлевна – ведущий инженер,

НМИЦ ЦНИИСиЧЛХ МЗ РФ, г.Москва

Гавриленко Мария Александровна,

РУДН, г.Москва

## ИСПЫТАНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА ЦВЕТОАНАЛИЗАТОРЕ СПЕКТРОН-М

**Аннотация:** представлено испытание многослойного диоксида циркония на цветоанализаторе Спектрон-М. Рассмотрено пять образцов – многослойного типа и послойного типа. Анализировано сравнения характеристик цвета и коэффициентов прозрачности. При изучении использован белый и темный фон.

**Ключевые слова:** Керамика на основе диоксида циркония;  
Многослойные заготовки; Цвет; Прозрачность; Эстетические свойства

### Введение

Эстетические свойства материала являются не менее важными, чем прочностные. Эстетика реставрации зависит от выбора цвета материала (основного цветового тона, светлоты и насыщенности цветом) в сочетании с правильным количеством прозрачности, опалесценции, флуоресценции и



текстуры поверхности [1]. Исследованию эстетических параметров многослойного диоксида циркония посвящены ряд работ. Например, статья Elsaka S. (2019) [2], Alves M. и соавт. (2020) [3], Shirani M. и соавт. (2021) [4], Khosravani S. и соавт. (2022) [5] и многие другие.

Ряд работ посвящен оценке цветовых параметров многослойного диоксида циркония в цветовой системе CIE L\*a\*b\*[3]. Также у многослойного диоксида циркония определяли параметр прозрачности, TP [4], коэффициент контрастности, CR [2] и опалесценцию [4]. Несколько работ посвящено изучению оптических параметров каждого слоя многослойного диоксида циркония в отдельности [5]. Кроме того, исследовали влияние толщины слоя [5] и фазового состава различных слоёв [4] на оптические свойства многослойного диоксида циркония; цвета фиксирующего цемента на окончательный цвет реставрации [5]. Было установлено, что на точность соответствия цвета реставрации из многослойного диоксида циркония окружающим зубам влияет не только тип материала [4], но и толщина, и расположение реставрации в пределах заготовки [5], и цвет фиксирующего цемента [5].

**Целью настоящей работы** явилось изучение оптических свойств отечественной диоксидциркониевой керамики Ziceram ML в сравнении с импортными аналогами с применением аппарата Спектрон-М.

### **Материалы и методы**

Изучены образцы многослойной диоксид циркониевой керамики:

- 1.«Ivoclar Prime»: цвет – B13, размер - 20 мм x 5,2 мм x 1,077 мм.
- 2.«Aconia SHTML»: цвет – A1, размер - 20 мм x 5,2 мм x 1,119 мм.
- 3.«Wecera SHTML»: цвет – A2, размер - 20 мм x 5,2 мм x 1,152 мм.



4.«Ivoclar ML MULTI»: цвет – А3, размер - 20 мм x 5,2 мм x 1,072 мм.

5.«Ziceram ML ET»: цвет – А3, размер - 20 мм x 3 мм x 1,5 мм.

Общая обработка образцов: до и после обжига - 500 °С в час до t 1500, выдержка 2 часа на t 1500; остывание 400 °С в час до 100 °С. Форма – прямоугольная.

Для объективной оценки цвета, а также других эстетических характеристик восстановительных материалов, необходимо использовать стандартные условия наблюдения и аппаратные методы измерений с помощью таких приборов, как спектрофотометры и колориметры. Такие приборы должны выдавать результаты наблюдений или измерений цвета в понятной универсальной форме, не зависящей от вида и конструкции прибора. Для этой цели предложены несколько систем измерения цвета.

Цветовая система Манселла (Munsell). Эта система включает три координаты:

1.цвет - основная характеристика, определяющая наблюдаемый цвет предмета, связанный со спектром света, отраженного данным предметом;

2. светлота - характеризует цвет как светлый или темный. Это важный показатель для характеристики цвета зубов и восстановительных материалов. Если этот показатель имеет невысокое значение, то восстановленный зуб кажется серым и неживым;

3.насыщенность - мера интенсивности цвета, т. е. насыщенность цвета. Например, если приготовить водный раствор метиленового синего концентрацией 0,1%, то насыщенность цвета этого раствора будет меньше, чем у раствора того же красителя концентрацией 1%.



Цветовая система X, Y, Z основана на спектральных характеристиках, выражающих величину коэффициента отражения на определенной длине волны. Система основана на физических, оптических, характеристиках цвета, но не очень удобна для практического использования в оценке цвета стоматологических материалов.

Цветовая система CIE L\*a\*b\* также включает определение спектра отраженного от предмета света и величину коэффициента отражения в системе X,Y,Z. Из полученных физических параметров X,Y,Z рассчитываются более удобные величины L\*, a\*, b\*. Преимуществом данной системы является то, что ее можно представить в виде трехмерного цветового пространства, хорошо согласующегося с визуальным восприятием цветов, а единицы измерения каждого цвета просты для понимания (рис. 1).



Рисунок 1 Система измерения цвета CIE L\*a\*b\* в виде трехмерного цветового пространства



Цветовая система CIE L\*a\*b\* удобна для количественного выражения разницы между двумя оттенками цвета, которую представляют показателем  $\Delta E$  и вычисляют по формуле:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

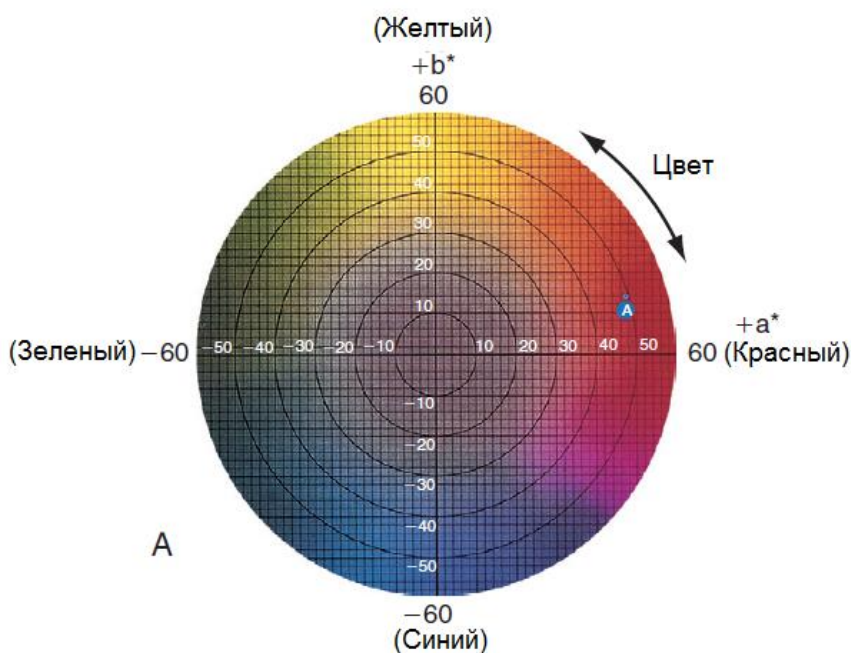
В стоматологической клинической практике для определения цвета натуральных зубов с целью подбора восстановительного материала близкого по цвету и общей эстетической характеристике применяют стандартные шкалы цветов, которые часто называют стандартными или эталонными расцветками зубов. Такие расцветки должны охватывать цветовое пространство, соответствующее всем возможным оттенкам натуральных зубов. Хотя в сфере цветового пространства, охваченного системой CIE L\*a\*b\*, область цветовых оттенков (см.рис.1), соответствующая цветам зубов, очень невелика, стоматологические расцветки должны логичным образом разделять это пространство на ряд цветов, причем образцы расцветок следует выполнять с учетом природы восстановительного материала, для которого они предназначены.

Коэффициент прозрачности определяли по разнице в цвете испытуемых образцов, измеренных на Спектрон-М на черном и белом фоне и выражали результат в %.

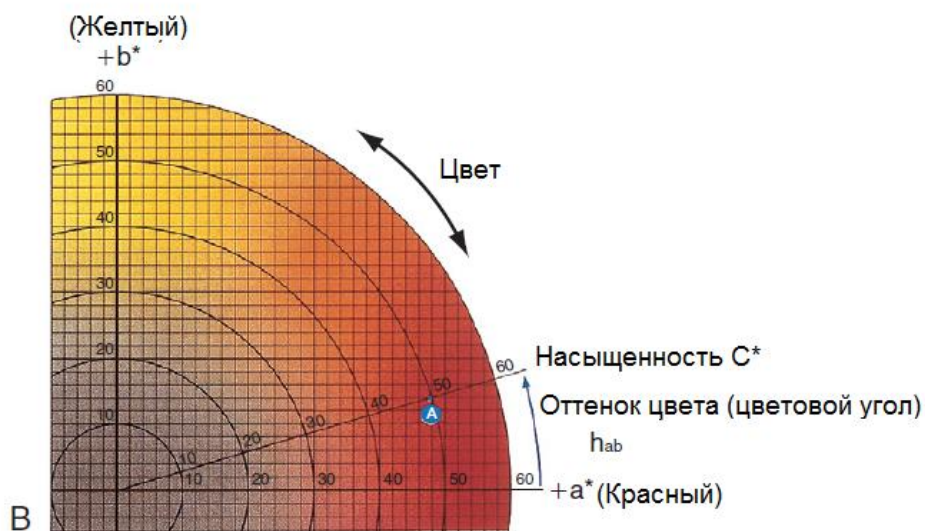
Значения параметра прозрачности (TP) были определены путем вычисления цветовой разницы между показаниями на черном и белом фоне для



ОДНОГО И ТОГО ЖЕ ОБРАЗЦА.



A



B

$L^*a^*b^*$  - срез цветовой системы, на котором показано положение цвета красного яблока в точке А (наверху и внизу). В характеристиках данной системы цвет яблока выражен показателем светлоты  $L^* = 42,83$ ; характеристикой  $a^*$  (по красно-зеленой оси)  $= 45,04$  и характеристикой  $b^*$  (по желто-зеленой оси)  $= 9,52$ . Если для сравнения взять цвет А2 из расцветки керамики VITA, то его характеристики цвета в системе  $L^*a^*b^*$  будут:  $L^* = 72,99$ ;  $a^* = 1,00$  и  $b^* = 14,41$

## Результаты



I. Определение цвета и коэффициента прозрачности для многослойных образцов-полосок.

Внешний вид образцов многослойного оксида циркония

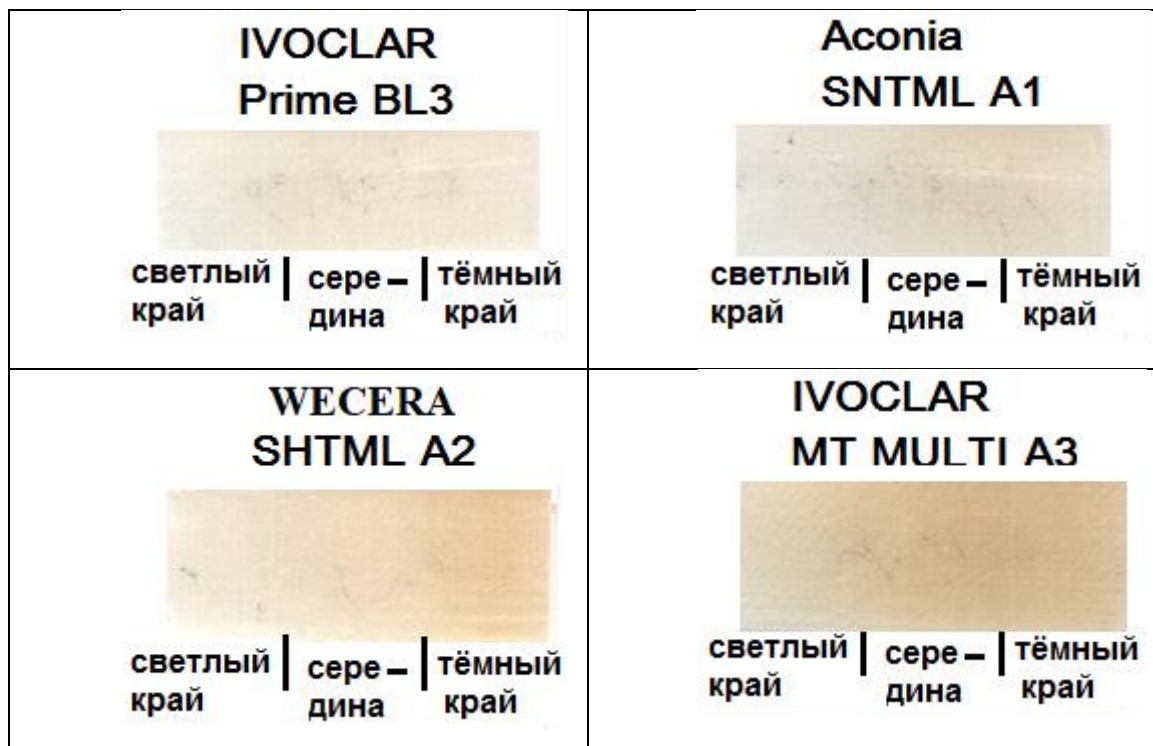


Таблица 1

Толщина пластин образцов многослойного диоксида циркония для исследования на цветоанализаторе Спектрон-М.

№ п/п	Фирма, название	Цвет	Толщина, мм		
			Темный край	Середина	Свет лый край
1	Ivoclar, Prime	BL3	1,08	1,077	1,023
2	Aconia, SNTML	A1	1,041	1,112	1,119



3	WECERA , SHTML	A2	1,022	1,064	1,152
4	Ivoclar, MT MULTI	A3	1,048	1,059	1,072

Сравнение характеристик цвета образца Ivoclar, Prime цвет BL3 в системе CIE L\*a\*b\*.

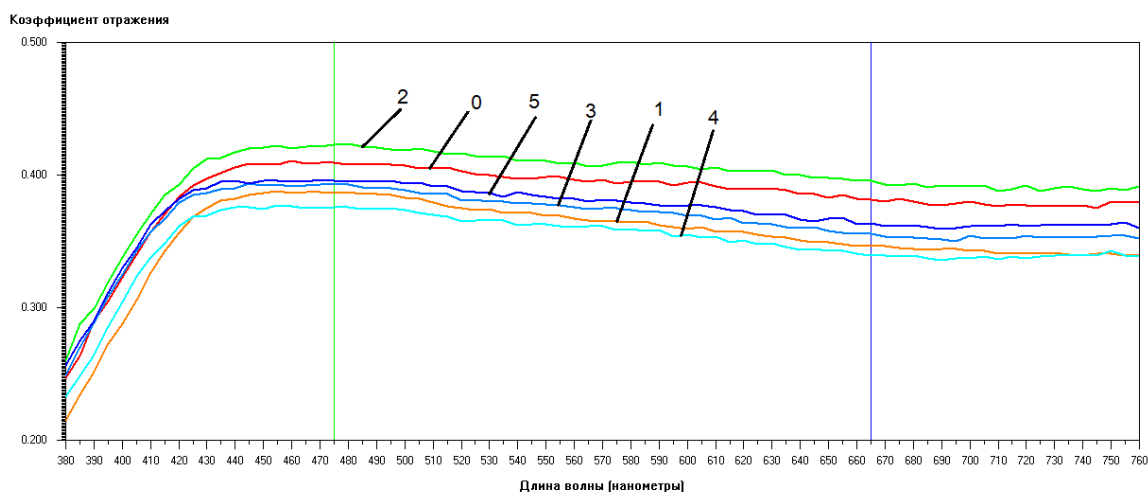


Рисунок 1. Спектральные характеристики образцов Prime цвет BL3

					Delt E
0	Prime BL3 темн	Prime бел фон темн край	[A, B, L] = [-1.206, -0.213, 69.404]		0.00
1	Prime BL3 свет	Prime бел фон свет край	[A, B, L] = [-1.808, -0.840, 67.345]		2.23
2	Prime BL3	Prime бел фон середина	[A, B, L] = [-1.199, -0.131, 70.326]		0.93
3	Prime BL3 чер фон	Prime BL3 чер ф темн край	[A, B, L] = [-1.317, -1.114, 67.935]		1.73
4	Prime BL3 чер фон	Prime BL3 чер ф свет край	[A, B, L] = [-1.369, -0.949, 66.785]		2.73
5	Prime BL3 чер фон	Prime BL3 чер ф середина	[A, B, L] = [-1.283, -0.803, 68.370]		1.19





Рисунок 2. Значения характеристик цвета  $L^*a^*b^*$  для образцов Prime цвет BL3

Сравнение характеристик цвета образца Aconia, SNTML цвет A1 в системе CIE  $L^*a^*b^*$ .

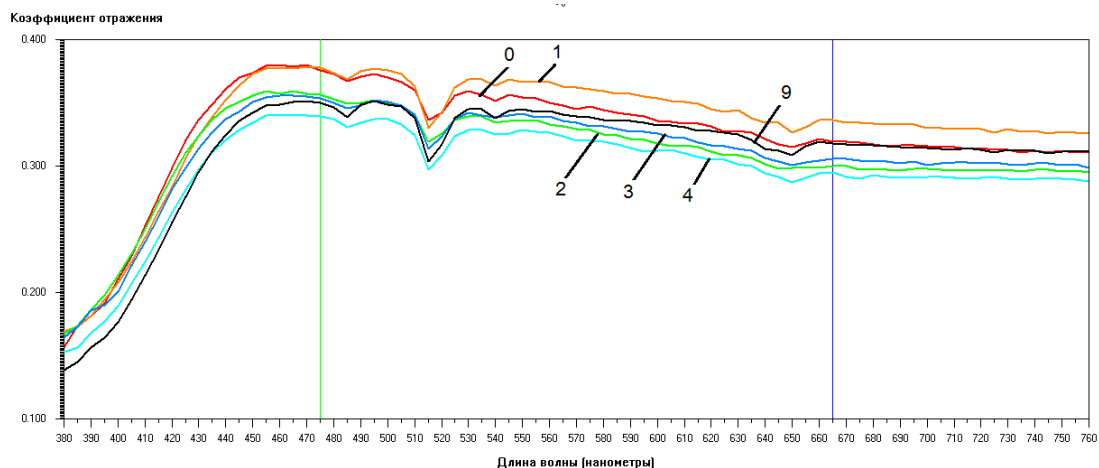


Рисунок 3. Спектральные характеристики образцов SNTML цвет A1

				Delt E
<input checked="" type="checkbox"/>	0	SNTML A1   SNTML A1 бел фон свет край	(A, B, L) = (-2.970, -0.126, 65.853)	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	1	SNTML A1   SNTML A1 бел фон середина	(A, B, L) = (-2.699, 1.917, 66.606)	2.19
<input checked="" type="checkbox"/>	9	SNTML A1   SNTML A1 бел фон темн край	(A, B, L) = (-2.526, 2.693, 64.762)	3.06
<input checked="" type="checkbox"/>	2	SNTML A1   SNTML A1 ч ф свет край	(A, B, L) = (-2.773, -0.520, 64.393)	1.53
<input checked="" type="checkbox"/>	3	SNTML A1   SNTML A1 ч ф середина	(A, B, L) = (-2.719, 0.721, 64.584)	1.55
<input checked="" type="checkbox"/>	4	SNTML A1   SNTML A1 ч ф тем край	(A, B, L) = (-2.719, 1.060, 63.496)	2.65

Рисунок 4. Значения характеристик цвета  $L^*a^*b^*$  для образцов SNTML цвет A1

Сравнение характеристик цвета образца WECERA, SHTML цвет A2 в системе CIE  $L^*a^*b^*$ .



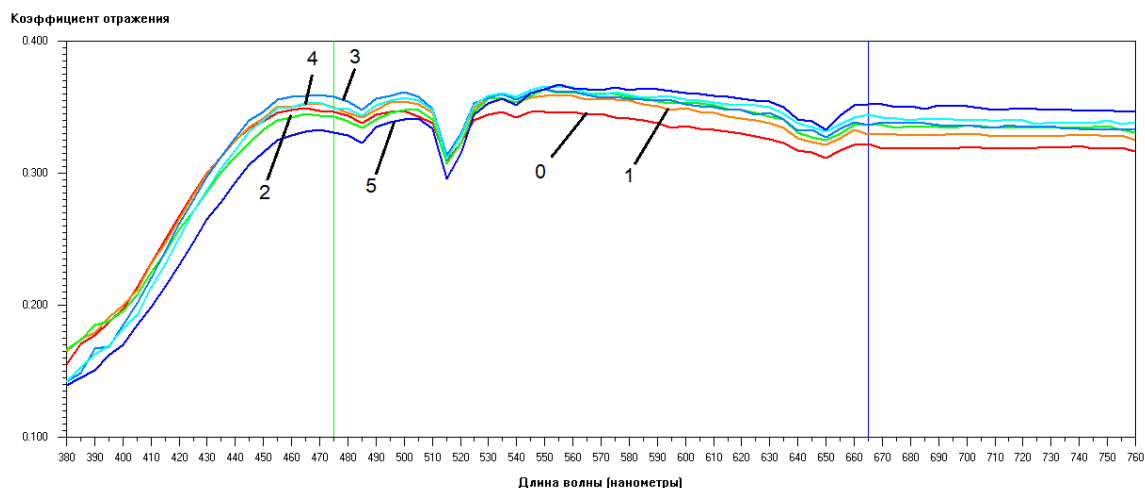


Рисунок 5. Спектральные характеристики образцов SHTML цвет A2

				Delt E
<input checked="" type="checkbox"/>	0	SHTML A2 чер	SHTML A2 чер ф свет край	(A, B, L) = (-2.194, 2.692, 64.907) <b>0.00</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	1	SHTML A2 чер	SHTML A2 чер ф середина	(A, B, L) = (-2.139, 3.827, 65.683) <b>1.38</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	2	SHTML A2 чер	SHTML A2 чер ф темн край	(A, B, L) = (-1.752, 5.198, 65.684) <b>2.66</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	3	SHTML A2 свет	SHTML A2 бел фон светл край	(A, B, L) = (-2.221, 3.999, 65.981) <b>1.69</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	4	SHTML A2	SHTML A2 бел фон середина	(A, B, L) = (-2.110, 5.157, 66.020) <b>2.71</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	5	SHTML A2 темн	SHTML A2 бел фон темн край	(A, B, L) = (-1.298, 7.772, 65.664) <b>5.21</b>

Рисунок 6. Значения характеристик цвета  $L^*a^*b^*$  для образцов SHTML цвет A2

Сравнение характеристик цвета образца Ivoclar, MT MULTI цвет A3 в системе CIE  $L^*a^*b^*$ .



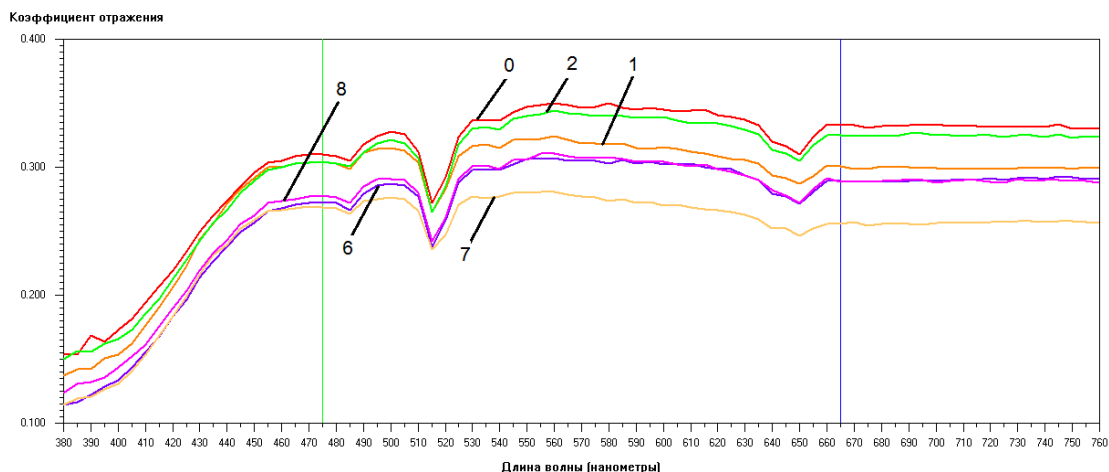


Рисунок 7. Спектральные характеристики образцов Ivoclar, MT MULTI цвет А3

					Delt E	
●	✓	0	MT MULTI А3 бел	MT MULTI А3 бел фон темн край	(A, B, L) = (-1.078, 8.107, 64.273)	<b>0.00</b>
●	✓	1	MT MULTI А3 бел	MT MULTI А3 бел фон свет край	(A, B, L) = (-2.322, 6.233, 62.565)	<b>2.82</b>
●	✓	2	MT MULTI А3 бел	MT MULTI А3 бел фон середина	(A, B, L) = (-1.207, 8.187, 63.734)	<b>0.56</b>
●	✓	6	MT MULTI черн	MT MULTI А3 чер фон темн край	(A, B, L) = (-1.535, 8.460, 60.905)	<b>3.42</b>
●	✓	7	MT MULTI черн	MT MULTI А3 чер фон свет край	(A, B, L) = (-2.524, 5.234, 59.041)	<b>6.14</b>
●	✓	8	MT MULTI черн	MT MULTI А3 чер фон середина	(A, B, L) = (-1.644, 7.833, 61.137)	<b>3.20</b>

Рисунок 8. Значения характеристик цвета L\*a\*b\* для образцов Ivoclar, MT MULTI цвет А3

Таблица 2

Коэффициент прозрачности образцов многослойного диоксида циркония

№ п/п	Фирма, название	Цвет	Коэффициент прозрачности, %		
			Темный край	Середина	Светлый край
1	Ivoclar, Prime	BL3	20,6	19	13,8
2	Aconia,	A1	14,9; 11	12,8	17,1;



	SNTML				15,6
3	WECERA, SHTML	A2	19,7	16,6	13,3
4	Ivoclar, MT MULTI	A3	10,9	15,1	11,2; 8,0

\*Контрольный образец: эталон A2 из расцветки Degufill ultra толщиной 2,19 мм. Образец-эталон полированный!

II. Определение цвета и коэффициента прозрачности для одноцветных образцов-полосок.

Внешний вид образцов-полосок Ziceram ML ET для испытаний на цветоанализаторе Спектрон-М.



Рисунок 9. Одноцветные образцы-полоски Ziceram ML ET (кроме образца №4): 1 – светлый слой; 2 – промежуточный слой; 3 – тёмный слой; 4 – трёхцветный образец, цвет A3



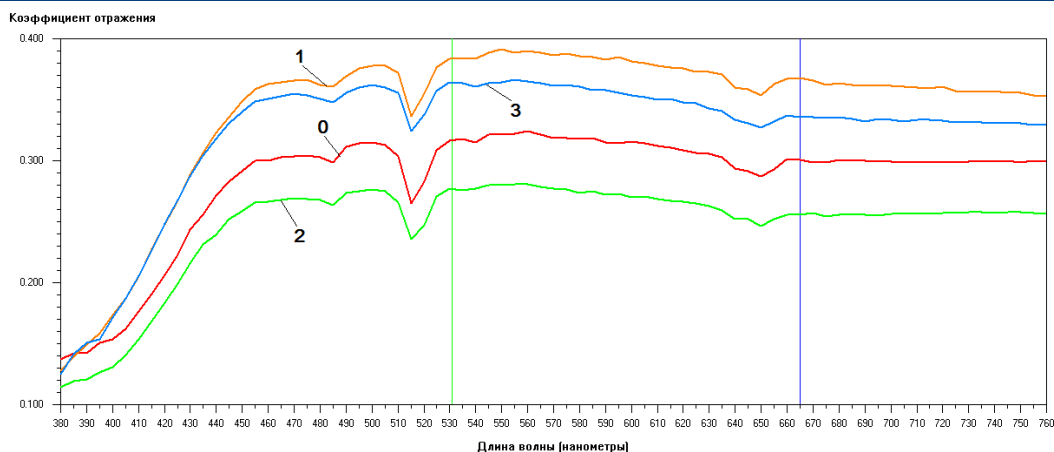


Рисунок 10. Сравнение спектров светлого края трёхцветных образцов с одноцветным образцом светлого цвета: 0 – светлый край трёхцветного образца на белом фоне; 1 – светлый цвет одноцветного образца-полоски на белом фоне; 2 – светлый край трёхцветного образца на чёрном фоне; 3 – светлый цвет одноцветного образца-полоски на чёрном фоне.

			Delt E
<input checked="" type="checkbox"/>	0	MT MULTI АЗбел [A, B, L] = (-2.322, 6.233, 62.565)	<b>0.00</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	1	обр 1 св слой б ф [A, B, L] = (-2.718, 7.324, 67.806)	<b>5.37</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	2	MT VULTI черн ф [A, B, L] = (-2.524, 5.234, 59.041)	<b>3.67</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	3	обр 1 св слой ч ф [A, B, L] = (-3.011, 5.472, 66.184)	<b>3.76</b>

Рисунок 11. Сравнения характеристик цвета CIE L\*a\*b\* для светлого края трёхцветных образцов с характеристиками цвета одноцветного образца №1 светлого цвета.



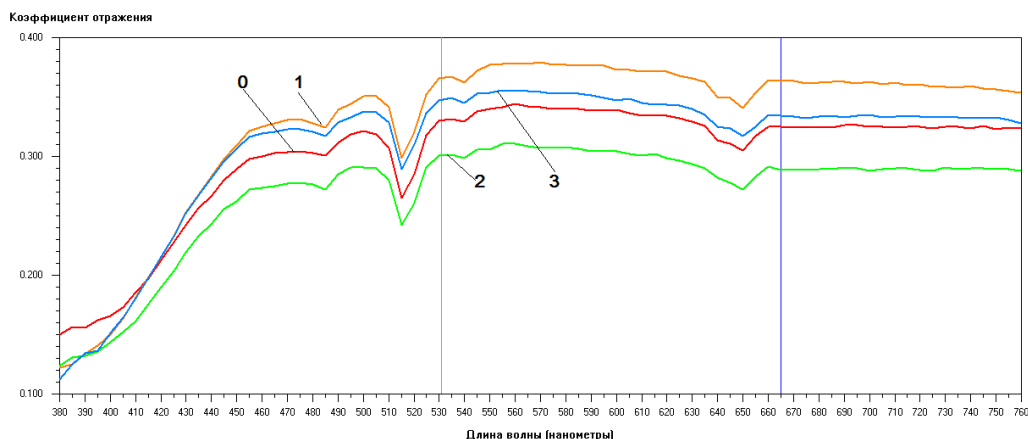


Рисунок 12. Сравнение спектров промежуточного цвета (середины) трёхцветных образцов с одноцветным образцом цвета промежуточного слоя: 0 – цвет середины трёхцветного образца на белом фоне; 1 – цвет промежуточного слоя одноцветного образца-полоски на белом фоне; 2 – цвет середины трёхцветного образца на чёрном фоне; 3 – цвет промежуточного слоя одноцветного образца-полоски на чёрном фоне.

		Delt E		
<input checked="" type="checkbox"/>	0	MT MULTI A3 бел	(A, B, L) = (-1.207, 8.187, 63.734)	<b>0.00</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	1	обр 2 промеж б ф	(A, B, L) = (-1.665, 10.202, 66.416)	<b>3.39</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	2	MT VULTI черн ф	(A, B, L) = (-1.644, 7.833, 61.137)	<b>2.66</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	3	обр 2 промеж ч ф	(A, B, L) = (-2.166, 8.231, 64.961)	<b>1.56</b>

Рисунок 13. Сравнения характеристик цвета CIE L\*a\*b\* для промежуточного цвета (середины) трёхцветных образцов с характеристиками цвета одноцветного образца №2 промежуточного слоя.



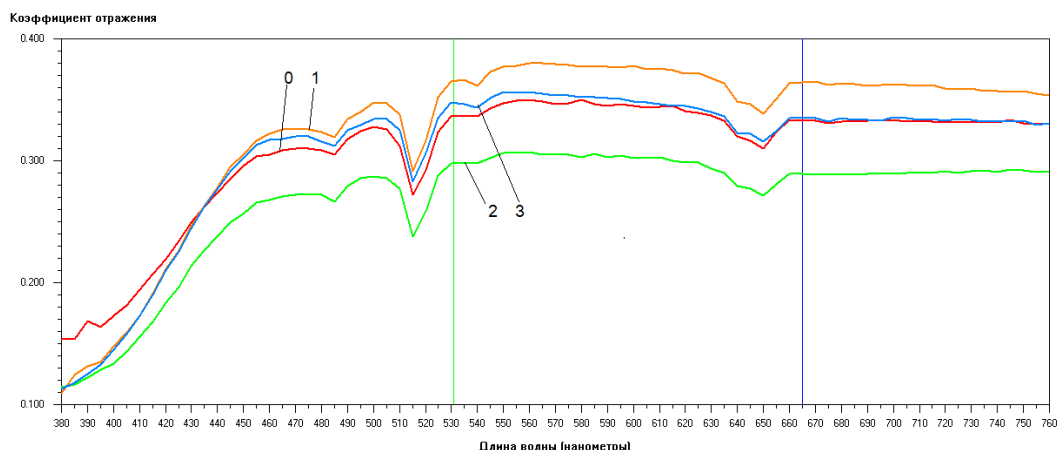


Рисунок 14. Сравнение спектров тёмного края трёхцветных образцов с одноцветным образцом цвета тёмного слоя: 0 – цвет тёмного края трёхцветного образца на белом фоне; 1 – цвет тёмного слоя одноцветного образца-полоски на белом фоне; 2 – цвет тёмного края трёхцветного образца на чёрном фоне; 3 – цвет тёмного слоя одноцветного образца-полоски на чёрном фоне.

			Delt E
<input checked="" type="checkbox"/>	0	MT MULTI А3 бел (A, B, L) = (-1.078, 8.107, 64.274)	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	1	обр3темнслойбф (A, B, L) = (-1.440, 10.795, 66.349)	3.41
<input checked="" type="checkbox"/>	2	MT VULTI чернф (A, B, L) = (-1.535, 8.461, 60.905)	3.42
<input checked="" type="checkbox"/>	3	обр3темн слойчф (A, B, L) = (-2.047, 8.800, 64.862)	1.33

Рисунок 15. Сравнения характеристик цвета CIE L\*a\*b\* для тёмного края трёхцветных образцов с характеристиками цвета одноцветного образца №3 тёмного слоя.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов полосок Ziceram ML ET (цвет А3) на цветоанализаторе Спектрон-М

№	Наименов	То	Характеристики цвета в системе	Кoeffф
---	----------	----	--------------------------------	--------



	ание	лщина, мм	CIE L*a*b*			ициент прозрачнос ти, %
			a* чф/бф**	b* чф/бф	L* чф/бф	
1	Светлый слой	1,2 38	- 3,011/ 2,718	5,472 /7,324	66,184/ 67,806	10,8
2	Промежу точный слой	1,3 19	- 2,166/ 1,665	8,231 /10,202	64,961 /66,416	5,8
3	Тёмный слой	1,2 37	- 2,047/ 1,440	8,800 /10,795	64,862/ 66,349	10,8
4	Трёхслой ный	1,4 47*	- 2,327/ 1,848	7,351 /9,053	65,788/ 67,035	7,6

\*Толщина трёхслойного образца №4 в 3-х точках: 1,447мм - середина, 1,384 мм- темный край, 1,372 - светлый край. Определение цвета в средней части полоски, т.е. цвет промежуточного слоя

\*\*чф/бф – характеристики цвета на чёрном (чф) и белом фоне (бф)





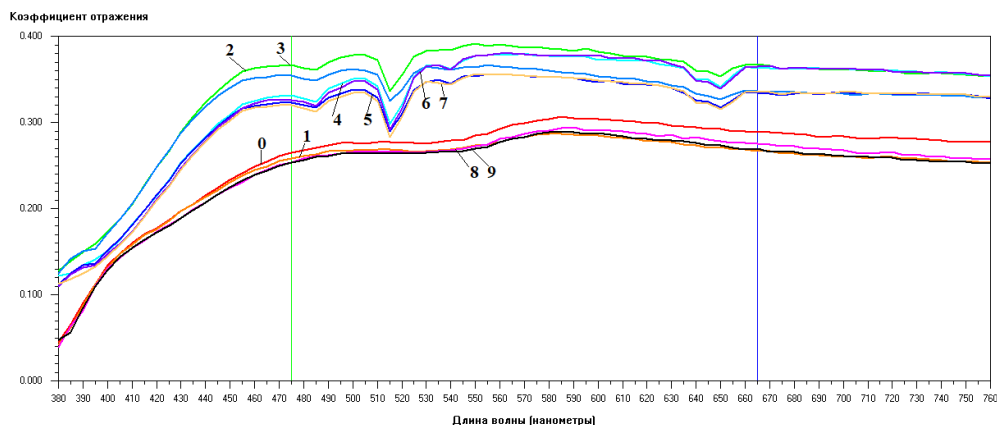


Рисунок 16. Сравнение спектров одноцветных образцов-полосок светлого, промежуточного и тёмного слоя со спектрами эталонов А3 из расцветок Septodont и Vivadent: 0-1 – спектры эталона А3 расцветки Septodont на белом и чёрном фоне; 2-3 – спектры одноцветного образца №1 светлого слоя на белом и чёрном фоне; 4-5 – спектры одноцветного образца №2 промежуточного слоя на белом и чёрном фоне; 6-7 – спектры одноцветного образца №3 тёмного слоя на белом и чёрном фоне; 8-9 – спектры эталона А3 расцветки Vivadent на белом и чёрном фоне.

					Delt E
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Septodont эталон	А3 б ф	(A, B, L) = (-1.269, 10.162, 60.291)	<b>0.00</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Septodont эталон	А3 ч ф	(A, B, L) = (-2.016, 8.742, 59.157)	<b>1.96</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	2	обр 1 св слой б	обр 1 св слой б ф	(A, B, L) = (-2.718, 7.324, 67.806)	<b>8.16</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	3	обр 1 св слой ч	обр 1 св слой ч ф	(A, B, L) = (-3.011, 5.472, 66.184)	<b>7.73</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	4	обр 2 промеж	обр 2 промеж слой б ф	(A, B, L) = (-1.665, 10.202, 66.416)	<b>6.14</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	5	обр 2 промеж	обр 2 промеж слой ч ф	(A, B, L) = (-2.166, 8.231, 64.961)	<b>5.13</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	6	обр 3 темн слой б	обр 3 темный слой б ф	(A, B, L) = (-1.440, 10.795, 66.349)	<b>6.09</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	7	обр 3 темн слой ч	обр 3 темный слой ч ф	(A, B, L) = (-2.047, 8.800, 64.862)	<b>4.83</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	8	Vivadent А3 3 мм	А3 толщ 3 мм б ф	(A, B, L) = (-1.349, 9.893, 59.253)	<b>1.07</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	9	Vivadent А3 3 мм	А3 толщ 3 мм ч ф	(A, B, L) = (-1.616, 9.507, 59.024)	<b>1.47</b>



Рисунок 17. Сравнения характеристик цвета CIE L\*a\*b\* одноцветных образцов №№1, 2, 3 с характеристиками цвета эталонов А3 из расцветок Septodont и Vivadent

По литературным данным средние значения характеристик цвета дентина зубов человека составляют:  $L^* = 73,3 \pm 2,3$ ;  $a^* = -2,1 \pm 0,2$ ;  $b^* = 9,1 \pm 1,2$ .

### **Выводы**

Анализ результатов измерений цвета многослойного диоксида циркония на цветоанализаторе Спектрон-М в системе CIE L\*a\*b\* (ГОСТ 31574-2012 , п.6.2.3; 2 [9]; ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) п.7.13.7 [10]) позволяют сделать следующие предварительные выводы:

1. Наиболее выражены изменения характеристик цвета при сравнении более интенсивно окрашенного участка образца (тёмный край) с менее интенсивно окрашенным (светлый край) при измерении цвета образцов на белом фоне.

2. Коэффициент прозрачности испытанных образцов многослойного диоксида циркония не превышает 20,6% (для самого тонкого образца Ivoclar, Prime цвета BL3). Для сравнения прозрачности испытуемых образцов дополнительно определён коэффициент прозрачности эталонного образца из расцветки Degufill ultra, прозрачность которого по результатам измерения приблизительно в два раза выше, чем у образца Ivoclar, Prime цвета BL3. Следует при этом отметить, что образцы многослойного диоксида циркония в представленном виде не полированы в отличие от эталонного образца расцветки Degufill ultra, что, несомненно, влияет на степень прозрачности.

3. Измерения характеристик цвета одноцветного образца (№1) светлого слоя по сравнению с трёхцветным образцом светлого края показали



существенное значение цветового отличия  $\Delta E = 5,37$  (цветовое различие не существенно при  $\Delta E = 2,7$ , ГОСТ Р 58165-2018, п.7.1[11]). На чёрном фоне различие в цвете не существенно,  $\Delta E < 2,7$ .

4. Степень прозрачности (полупрозрачность, просвечиваемость по ГОСТ Р 58165-2018, п.3.10[11]) одноцветных образцов (№№ 1, 2, 3), определённая по показателю коэффициента прозрачности по ГОСТ 31574-2012[12], (таблица 2, п.2) не превышает 10,8%. Образец промежуточного слоя имеет наименьшую прозрачность из испытанных одноцветных образцов, что отличается от степени прозрачности, установленной измерениями середины трёхцветных образцов.

5. Сравнение характеристик цвета одноцветных образцов в системе CIE  $L^*a^*b^*$  с соответствующими характеристиками цвета эталонов АЗ из расцветок Septodont и Vivadent позволяют заключить, что наиболее близок по цвету к эталонам АЗ образец №3 – тёмного слоя.

*Список литературы:*

1. Ziyad TA, Abu-Naba'a LA, Almohammed SN. Optical properties of CAD-CAM monolithic systems compared: three multi-layered zirconia and one lithium disilicate system. Heliyon. 2021;7(10):e08151. Published 2021 Oct 9. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08151.
2. Elsaka S. Optical and Mechanical Properties of Newly Developed Monolithic Multilayer Zirconia // Journal of Prosthodontics, 2019, 28 (1): e 279-e 284, doi: 10.1111/jopr.12730.
3. Alves M., Abreub L., Klippel G., Santos C., Strecker K. Mechanical properties, and translucency of a multi-layered zirconia with color gradient for dental



applications // *Ceramics International*, 2020, 47 (1), 2 – 9, doi: 10.1016/j.ceramint.2020.08.134.

4. Shirani M., Savabi O., Mosharraf R., Akhavankhaleghi M., Hebibkhodaei M., Isler S. Comparison of translucency and opalescence among different dental monolithic ceramics // *J Prosthet Dent.* , 2021, 126 (3), 446e1 – 446e6, doi: 10.1016/j.prosdent.2021.04.030.

5. Khosravani S., Kahnamoui M., Kimyai S., Navimipour E., Mahounak F., Azar F. Final colour of ultra translucent multilayered zirconia veneers, effect of thickness, and resin cement shade // *Biomed Res Int*, 2022, 1, Article ID 2555797, p. 7, doi:10.1155/2022/2555797.

6. Phillips' *Science of Dental Materials*. 12-е изд., 2013, С.36.

7. И. Я. Поюровская *Стоматологическое материаловедение. Уч. пособие.*, М., 2007, с.24.

8. Oscar E. Pecho a, Razvan Ghinea b, Ana и др. Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *journalofdentistry* 40s (2012) e 34 – e 40.

9. ГОСТ 31574-2012 Межгосударственный стандарт. Материалы стоматологические полимерные восстановительные. Технические требования. Методы испытаний. (п.6.2.3).

10. ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) СТОМАТОЛОГИЯ Материалы полимерные восстановительные (п.7.13.7).

11. ГОСТ Р 58165-2018 (ISO/TR 28642:2016) «Стоматология. Руководство по измерениям цвета».



12.ГОСТ 31574-2012 «Материалы стоматологические полимерные восстановительные. Технические требования. Методы испытаний».

