

УДК 615.465

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Костров Я.В., <sup>1</sup>Белоконова Н.А., <sup>2</sup>Вшивков С.А., <sup>2</sup>Галяс А.Г., <sup>1</sup>Жолудев С.Е.

<sup>1</sup>ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет», Екатеринбург,  
e-mail: yakostrov@yandex.ru, 89221503087@mail.ru, sergey.vshivkov@urfu.ru, zholudev\_se@mail.ru;

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
Екатеринбург, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

В статье приведены результаты изучения водопоглощения, растворимости конструкционных стоматологических полимеров горячего и холодного отверждения: «Фторакс», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», изготовленных в соответствии с инструкцией производителя. Оценить количество вымытых нелетучих веществ из полимера, при использовании дистиллированной воды, можно по изменению плотности раствора и его оптической плотности, измеренной в диапазоне длин волн 220-254 нм. Образцы пластмассы марки «Фторакс», изготовленные с разным содержанием исходных веществ (в допустимых пределах), проанализированы после их взаимодействия с дистиллированной водой, 0,9% раствором хлорида натрия, 0,9% раствором хлорида кальция и модельным раствором слюны. Экспериментальные данные показали, что выделение примесей низкомолекулярных соединений в водную среду зависит от состава среды и соотношения компонентов, которые используются для приготовления конструкционного материала. Выведение примесей из структуры полимера в растворы солей можно оценить по температуре стеклования, которая характеризует термомеханические свойства полимерного материала.

**Ключевые слова:** пластмассы «Фторакс», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», стеклование, остаточный мономер, термомеханические свойства материалов

## ANALYSIS OF METHODS OF EVALUATING OF DENTAL POLYMER MATERIALS

<sup>1</sup>Kostrov Ya.V., <sup>1</sup>Belokonova N.A., <sup>2</sup>Vshivkov S.A., <sup>2</sup>Galyas A.G., <sup>1</sup>Zholudev S.E.

<sup>1</sup>Ural State Medical University, Ekaterinburg,

e-mail: yakostrov@yandex.ru, 89221503087@mail.ru, sergey.vshivkov@urfu.ru, zholudev\_se@mail.ru;

<sup>2</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: sergey.vshivkov@urfu.ru

The article presents the results of a study of water absorption and solubility properties of constructional polymers of hot and cold curing: «Ftoraks», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», made in accordance with the manufacturer's instructions. It is possible to estimate the amount of nonvolatile substances washed out of the polymer, when using distilled water, by the solution density and optic density, measured in the wavelength range 220–254 nm. «Ftoraks» plastic samples made with different monomer content (in permissible range), are analyzed after their interaction with distilled water, 0,9% sodium chloride, 0,9% calcium chloride solution and model solution of saliva. Experimental data have shown that the separation of the monomer in the aqueous medium depends upon the medium composition and the ratio of components used for the preparation of the construction material. The separation of monomer from the polymer structure into solutions of salts is possible to evaluate by the glass transition temperature which characterizes thermomechanical properties of the polymer material.

**Keywords:** plastics «Ftoraks», «Acry-Free», «Castdon», «Nylon», «Perflex», vitrification, residual monomer, the thermomechanical properties of the materials

Важнейшими свойствами материалов для базисов зубных протезов являются водопоглощение и растворимость. Водопоглощение определяет изменение объема конструкции, а растворимость влияет на состояние слизистой оболочки протезного ложа, тканей зубочелюстной системы в целом. У лиц, пользующихся зубными протезами, через несколько лет может возникнуть аллергический стоматит, который является реакцией замедленного типа и носит характер контактного воспаления. Это воспаление специфическое и по клинической картине сходно с химико-токсическим и механическим воспалением. Одним из основных этиологических факторов развития аллергических реакций на акриловый протез является «остаточный мономер», содержащийся в пластмассе и выделяющийся из нее в ротовую жидкость [2–4, 6, 7]. Он

воздействует на функциональное состояние органов и полости рта (титр лизоцима, активность нейтрофилов и т.д.), вследствие чего происходит воспаление тканей протезного ложа. Остаточный мономер в результате конъюгации с белками приобретает свойство антигена с последующей сенсибилизацией в организме человека. Основную роль в развитии аллергической реакции на пластмассовые материалы играют сенсибилизированные лимфоциты, которые образуются в ответ на попадание в организм остаточного мономера (аллергена). Остаточный мономер, повторно связываясь с сенсибилизированными лимфоцитами, запускает ряд морфологических изменений, которые приводят к пролиферации и трансформации сенсибилизированных лимфоцитов и образованию лимфокинов. Лимфокины оказывают цитотоксическое действие

на клетки-мишени, приводя к нарушению их физиологических функций с последующим разрушением. Сенсibilизированные лимфоциты фагоцитируют клетки-мишени, что приводит к увеличению проницаемости сосудов. Все это проявляется в виде воспалительных реакций продуктивного типа, которые обычно проходят после элиминации аллергена. Таким образом, растворимость стоматологических полимерных материалов оказывает влияние на общее функциональное состояние организма пациента и его психофизиологический статус.

Технические требования к качеству и методам испытаний полимерных материалов для базисов зубных протезов изложены в ГОСТ Р 31572-2015 [1] и регламентируют определение водопоглощения, растворимости, содержания остаточного мономера метилакрилата. Водопоглощение и растворимость определяют по изменению веса образцов до и после погружения их в воду, а содержание остаточного мономера метилакрилата – хроматографическим методом, после предварительной экстракции образцов в ацетоне или метаноле.

**Цель работы** – экспериментально исследовать растворимость образцов из базисных стоматологических полимеров горячего и холодного отверждения.

#### Материалы и методы исследования

Объекты исследования представлены в табл. 1.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51889-2002 изготовлено по 5 образцов каждого материала в виде дисков диаметром 50 мм, толщиной 0,6 мм, имеющих плоские верхнюю и нижнюю поверхности.

Для оценки растворимости образцов использован весовой метод. Электропроводность водных

вытяжек измеряли с помощью кондуктометра «Анион 7020». Спектрофотометрический анализ выполнен на приборе LEKI SS 2109 UV: в водных вытяжках измеряли величину светопропускания (Т) и оптическую плотность (Д) при длинах волн 220–254 нм, в кюветках с длиной оптического пути кюв. 50 мм.

Водные вытяжки были проанализированы через 24 часа после погружения 3 образцов в дистиллированную воду, объемом 100 мл. Суммарное время нахождения образцов в воде составило 168 часов.

Образцы пластмассы марки «Фторакс» изготовлены дополнительно с соотношением компонентов 2:1 – образцы № 1(1); № 1(2); 2:0,9 – образцы № 0,9(1); № 0,9(2); 2:1,1 – образцы № 1,1(1); № 1,1(2). Образцы погружали: в дистиллированную воду, 0,9% раствор хлорида натрия, 0,9% раствор хлорида кальция и модельный раствор слюны, состав которого приведен в табл. 2.

Объем каждого раствора, в который погружался образец, составлял 30 мл. Через 24 часа в растворах измерена электропроводность (кондуктометр «Анион 7020») и осмоляльность (осмометр криоскопический медицинский ОСКР-1М), которая характеризует изменение концентрации вещества в водной среде.

Обзорные ИК-спектры НПВО (нарушенного полного внутреннего отражения) образцов записывали на кафедре высокомолекулярных соединений УрФУ с помощью ИК-Фурье Nicolet 6700 спектрометра в области волновых чисел 4000–500 см<sup>-1</sup>. Спектры определяли на отражение света. Термомеханические исследования проводили с помощью прибора TMA 202 Netzsch в диапазоне температур 20–250 °С. Условия измерений приведены в табл. 3.

Термомеханические кривые получены для образцов до и после их взаимодействия с водными средами различного состава. По термомеханическим кривым была определена температура стеклования (T<sub>с</sub>). Температура стеклования – это температура, при которой аморфный полимер из высокоэластичного состояния переходит при охлаждении в стеклообразное состояние. Чем выше температура стеклования, тем меньше образец содержит посторонних примесей [5].

Таблица 1

Тип полимеризации материалов, нормируемые значения водопоглощения и растворимости

№ п/п	Торговая марка	Фирма	Примечание	По ГОСТ Р 51889-2002	
				Растворимость, мкг/мм <sup>3</sup>	Водопоглощение, мкг/мм <sup>3</sup>
1	Фторакс	СтомаДент, Россия	Тип полимеризации – горячий (1 тип по ГОСТ).	1,6	32
2	Acry-Free	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32
3	Castdon	Dreve, Германия	Тип полимеризации – холодный (2 тип по ГОСТ)	8	32
4	Nylon	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32
5	Perflex	Evolon, Израиль	Термопластический материал (3 тип по ГОСТ)	1,6	32

Таблица 2

Состав модельного раствора слюны

Компонент	Формула	Концентрация, г/л
Роданид калия	KSCN	0,5170
Бикарбонат натрия	NaHCO <sub>3</sub>	1,2530
Хлорид калия	KCl	1,4710
Дигидрофосфат натрия	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,1878
Молочная кислота	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	0,9000
Физико-химические свойства	pH = 6,6 $\sigma$ = 3,86 мСм/см В <sub>к</sub> = 3,18 ммоль/л · В <sub>о</sub> = 1,5 ммоль/л	

Таблица 3

Условия определения термомеханических кривых

Параметр	Значение
Режим	Пенетрация
Диаметр индентора	3,94 мм
Диаметр образца	8–9 мм
Толщина образца	1–3 мм
Величина нагрузки	5 сН
Действие нагрузки во времени	Постоянная
Скорость нагрева	2 К/мин
Среда	Азот, 50 мл/мин

**Результаты исследования и их обсуждение**

В табл. 4 приведена исходная масса образцов, масса образцов после выдержки (168 ч) в воде, а также после высушивания в сушильном шкафу при условиях, которые указаны в ГОСТ Р 31572-2015.

Образцы подвергались сушке 10 раз, суммарное время нахождения образцов в сушильном шкафу составило 50 часов. Это свидетельствует о том, что вода прочно удерживается в структуре и существующий критерий оценки растворимости не позволяет оперативно оценить количество вещества, которое выделяется из материала. Альтернативным методом оценки растворимости материала может быть анализ изменений массы водной среды, с которой взаимодействовали образцы материалов. Взвешивая массу водной системы до и после взаимодействия с образцами, мы рассчитали количество выделившегося вещества и растворимость на единицу объема погруженного материала. Из данных следует, что количество выделившегося вещества в водную систему больше, чем потеря массы после высушивания. Иными словами, существующий критерий оценки растворимости не позволяет адекватно оценивать

количество вещества, которое выделяется из материала. Важно обратить внимание на то, что, например, для материала «Фторакс» (образец № 1) растворимость превышает нормируемое значение в 19 раз, а для образца № 3 «Castdon» – в 1,9 раза, если ее оценивать по количеству вещества, выделившегося в водную среду, и не превышает, если оценивать традиционным способом.

В табл. 5 представлены результаты оценки физико-химических свойств водных вытяжек вышеперечисленных образцов. Из данных следует:

- электропроводность ( $\sigma$ ) растворов увеличивается. Значение электропроводности водных систем определяет наличие в ней электролитов: чем больше величина  $\sigma$ , тем больше содержание электролитов;

- величина светопропускания изменяется от 49 до 59% (оптическая плотность соответственно от 0,31 до 0,24). Наибольшее количество веществ выделилось в образцах № 1 и № 3, что согласуется с данными табл. 4 по количеству выделившегося вещества в водную среду (в мкг/мм<sup>3</sup>).

В табл. 6 представлены экспериментальные данные, полученные до и после взаимодействия с дистиллированной водой материала № 1 – «Фторакс». Образцы из этого материала изготовлены с соотношением компонентов 2:1; 2:0,9; 2:1,1. Данный материал получают путем полимеризации привитого сополимера метилметакрилата и фторсодержащего каучука, он представлен двумя компонентами – порошком и жидкостью. Олигомер пластифицируется в ходе внутренней пластификации за счет введения в макромолекулу метилакрилата и наружной – добавлением дибутилфталата до 1%. Добавки красящих пигментов и двуокиси титана делают порошок непрозрачным и придают ему приятную розовую окраску. Согласно инструкции, материал готовят смешением порошка с жидкостью

в соотношении 2:1, но допускается соотношение 2:0,9–2:1,1, т.е. изменение жидкой составляющей на 10%. Жидкость состоит из смеси трех мономеров: метилметакрилата, этилмета-

крилата и метилакрилата, взятых в соотношениях соответственно 89; 8 и 2%. Жидкость может содержать ингибитор гидрохинон (0,005%) и пластификатор дибутилфталат (1%).

Таблица 4

Результаты измерений массы, объема, растворимости и водопоглощения образцов

№ п/п	Объем образцов, мм <sup>3</sup>	Исходная масса образцов, г	Масса образцов после взаимодействия с водой, г	Водопоглощение, мкг/мм <sup>3</sup>	Масса после сушки (50 ч), г	Растворимость, мкг/мм <sup>3</sup>	Объем образцов № 1–3, мм <sup>3</sup>	Изменение массы водной среды (№ 1–3), мкг	Количество выделившегося вещества, мкг/мм <sup>3</sup>
1,1	1809	2,162	2,215	29,298	2,160	1,106	5391	166	30,8
1,2	1847	2,434	2,489	29,778	2,432	1,083			
1,3	1735	2,207	2,259	29,971	2,204	1,729			
1,4	1848	1,931	1,977	24,892	1,929	1,082			
1,5	2714	2,629	2,688	21,739	2,626	1,105			
2,1	2657	3,635	3,699	24,087	3,633	0,753	9065	80	8,8
2,2	2865	3,064	3,120	19,546	3,061	1,047			
2,3	3543	3,637	3,700	17,782	3,634	0,847			
2,4	2714	3,738	3,805	24,687	3,735	1,105			
2,5	3543	4,339	4,407	19,193	4,338	0,282			
3,1	2770	2,957	3,009	18,773	2,955	0,722	7655	116	15,2
3,2	2714	3,163	3,218	20,265	3,161	0,737			
3,3	2171	3,024	3,079	25,334	3,022	0,921			
3,4	2714	3,032	3,083	18,791	3,03	0,737			
3,5	2714	2,884	2,933	18,055	2,881	1,105			
4,1	2624	2,678	2,704	9,909	2,675	1,143	8968	96	10,7
4,2	2624	2,634	2,658	9,146	2,63	1,524			
4,3	3720	3,629	3,653	6,452	3,626	0,806			
4,4	2547	2,536	2,560	9,423	2,534	0,785			
4,5	2624	2,650	2,675	9,527	2,648	0,762			
5,1	2110	2,015	2,048	15,640	2,014	0,474	6620	92	13,9
5,2	2602	2,592	2,628	13,836	2,59	0,769			
5,3	1908	2,431	2,465	17,820	2,43	0,524			
5,4	2714	2,667	2,705	14,001	2,665	0,737			
5,5	2602	2,782	2,818	13,836	2,781	0,384			

Таблица 5

Результаты определения оптической плотности ( $A_{220}$ ) и величины светопропускания ( $T_{220}$ ) при  $\lambda = 220$  нм (через 24 часа)

Показатели	Дистиллированная вода	Водные системы после взаимодействия образцов с дистиллированной водой				
		1	2	3	4	5
$A_{220}$	0,086	0,312	0,247	0,312	0,309	0,241
$T_{220}$ , %	81,2	48,7	55,6	48,8	49,5	58,7
Электропроводность ( $\epsilon$ ), мкСм/см	3,7	13,4	23,7	8,7	13,7	9,6

**Таблица 6**

Физико-химические свойства водных вытяжек из образцов, изготовленных при разном соотношении компонентов (Т:Ж): электропроводность ( $\kappa$ ), оптическая плотность (А), величина светопропускания (Т) при разных длинах волн: 220, 240, 254 нм

Номер образца	Оптическая плотность (А) и величина светопропускания (Т) при разных длинах волн: 220, 240, 254 нм						$\kappa$ , мкСм/см
	A <sub>220</sub>	A <sub>240</sub>	A <sub>254</sub>	T <sub>220</sub> , %	T <sub>240</sub> , %	T <sub>254</sub> , %	
1(1)	0,218	0,119	0,122	60,5	75,9	75,5	16,4
1(2)	0,205	0,131	0,117	62,4	74,0	76,4	29,4
0,9(1)	0,362	0,260	0,249	43,5	54,9	56,5	19,9
0,9(2)	0,337	0,219	0,220	45,9	60,3	60,2	24,4
1,1(1)	0,318	0,172	0,144	48,1	67,3	71,9	15,9
1,1(2)	0,316	0,178	0,146	48,5	67,2	72,1	27,4
Дист. вода	0,116	0,077	0,099	76,6	83,8	79,5	2,1

Образцы с разным соотношением компонентов погружали в дистиллированную воду на 24 часа. Из экспериментальных данных (табл. 6) следует:

- электропроводимость водных вытяжек, полученных от образцов с одинаковым соотношением компонентов, существенно различается и не просматривается зависимость между значением показателя и соотношением компонентов смесей, при которых были изготовлены образцы;

- наименьшая величина оптической плотности (или наибольшее значение величины светопропускания) водных вытяжек наблюдается у образцов с соотношением компонентов 2:1. Наибольшее значение оптической плотности (или наименьшее значение величины светопропускания) водных вытяжек наблюдается у образцов с соотношением компонентов 2:0,9. Это свидетельствует

о том, что из образца, приготовленного при соотношении компонентов 2:0,9, вымывается больше примесей, которые могут быть обнаружены при измерении светопоглощения при длинах волн 220, 240 и 254 нм.

ИК-спектры водных растворов веществ, вымытых из этих образцов с соотношением исходных компонентов 2:0,9, изучены методом ИК-спектроскопии (рис. 1).

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что спектры двух параллелей образца 0,9 качественно совпадают, однако интенсивности полос образца 0,9 (1) в диапазонах 2340–2360 и 2840–2945 см<sup>-1</sup> (валентные колебания в группах CH<sub>3</sub> и CH<sub>2</sub>) больше, в сравнении со спектром образца 0,9 (2). Во всех спектрах идентифицируются полосы, характерные для ИК-спектра воды, что подтверждается сравнением с библиотечными данными.

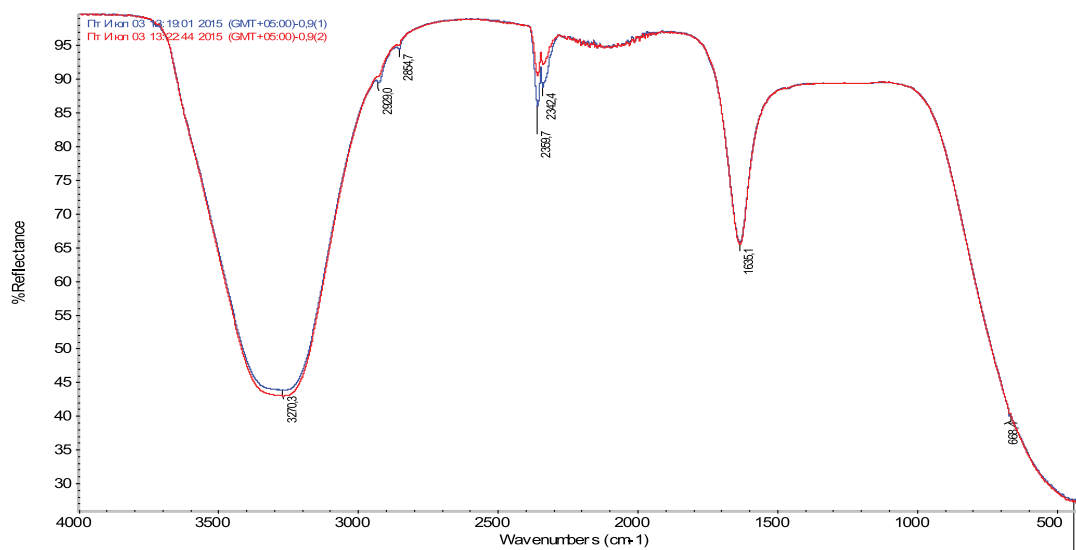


Рис. 1. ИК-спектры водных растворов веществ, вымытых из этих образцов с соотношением исходных компонентов 2:0,9



Интенсивности широкой полосы с максимумом в области валентных колебаний О–Н-связей при 3200–3400 см<sup>-1</sup> и небольших пиков, характерных для спектров алифатических углеводородов, около 2929 и 2855 см<sup>-1</sup> (связанных соответственно с асимметричными и симметричными валентными колебаниями С–Н-связей в метиленовых группах) изменяются антибатно в ряду 0,9(1) – 1(1) – 1,1 интенсивность полосы в этом ряду возрастает, а пиков – убывает. Из этого можно предположить уменьшение концентрации органического вещества в растворе.

Из анализа ИК-спектров полимеризованного материала следует, что частоты полос 2989, 2984, 2919 и 2849 см<sup>-1</sup> отвечают валентным колебаниям групп СН<sub>3</sub> и СН<sub>2</sub>, 1780 см<sup>-1</sup> – колебаниям С=О групп, 1141–1260 см<sup>-1</sup> и 839, 668, 657 – колебаниям С-Ф групп. Это согласуется с литературными данными о химическом строении фторакса, который получается сополимеризацией фторсодержащих акриловых мономеров.

Сравнение спектров образцов с библиотечными данными однозначно показывает, что основным компонентом в составе всех образцов является полиметилметакрилат: степень соответствия – более 95%. В пробах отсутствуют примеси этилметакрилата и метилакрилата, поскольку в спектре образцов не наблюдаются полосы вблизи 3430 см<sup>-1</sup>, при 3105 см<sup>-1</sup>, в интервалах

1640–1580 и 580–690 см<sup>-1</sup>. По тем же причинам можно исключить присутствие дибутилфталата. Принципиальные отличия спектра диоксида титана от спектров пробы и полимера подтверждает отсутствие в образцах TiO<sub>2</sub>. Гидрохинон проявляет себя в спектре рядом характеристических полос: с максимумом 3320 см<sup>-1</sup>, полосы 1856, 1606 и 1626 см<sup>-1</sup>, группа полос в интервале 495–625 см<sup>-1</sup>. В исследованных образцах гидрохинона нет, так как не наблюдаются характеристические полосы.

Анализ спектров образцов 0,9(1), 1(2) и 1,1 в совмещенных координатах (рис. 2) позволяет констатировать: интенсивность полос 2849,3 и 2922,9 см<sup>-1</sup> убывает в ряду 0,9 > 1 > 1,1. Полосы в этом спектральном диапазоне характерны для спектров алифатических углеводородов и отражают колебания связей С–Н в группах СН<sub>3</sub> и СН<sub>2</sub>.

На рис. 3 приведены термомеханические кривые образцов пластмассы «Фторакс» с соотношением Т:Ж = 2:1 до и после взаимодействия с дистиллированной водой. Понижение T<sub>c</sub> может быть связано с содержанием в твердом веществе низкомолекулярных примесей.

В табл. 7 приведена температура стеклования всех образцов до и после отмычки в разных средах. Из данных следует, что образец, приготовленный с соотношением компонента Т:Ж = 2:1, может быть эффективно отмыт в дистиллированной воде

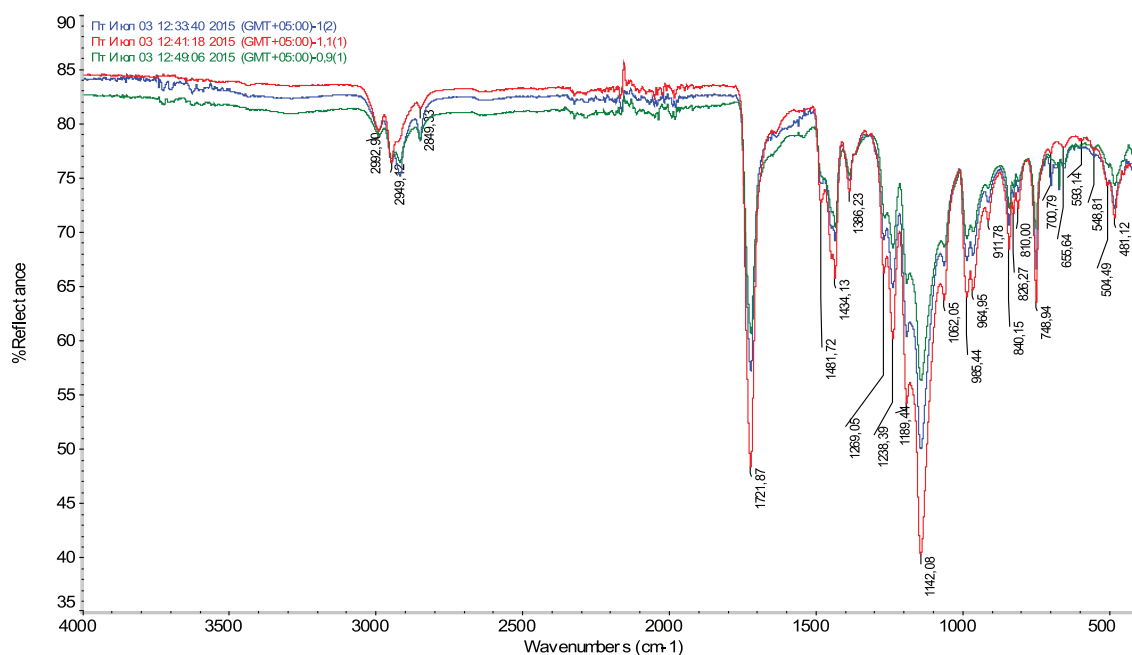


Рис. 2. ИК-спектры образцов 0,9 (1), 1 (2) и 1,1 в совмещённых координатах

и состав отмывочного раствора не влияет на конечный результат. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, с большим содержанием примесей может быть эффективно отмыт в растворе с большой ионной силой – 0,9% раствор хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, содержит меньше примесей, чем образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, поэтому может быть эффективно отмыт в растворе с меньшей ионной силой – 0,9% растворе хлорида натрия.

Из данных следует, что образец, приготовленный с соотношением компонента

Т:Ж = 2:1 может быть эффективно отмыт в дистиллированной воде и состав отмывочного раствора не влияет на конечный результат. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, с большим содержанием примесей может быть эффективно отмыт в растворе с большой ионной силой – 0,9% растворе хлорида кальция. Образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:1,1, содержит меньше примесей, чем образец, приготовленный при соотношении Т:Ж = 2:0,9, поэтому может быть эффективно отмыт в растворе с меньшей ионной силой – 0,9% растворе хлорида натрия.

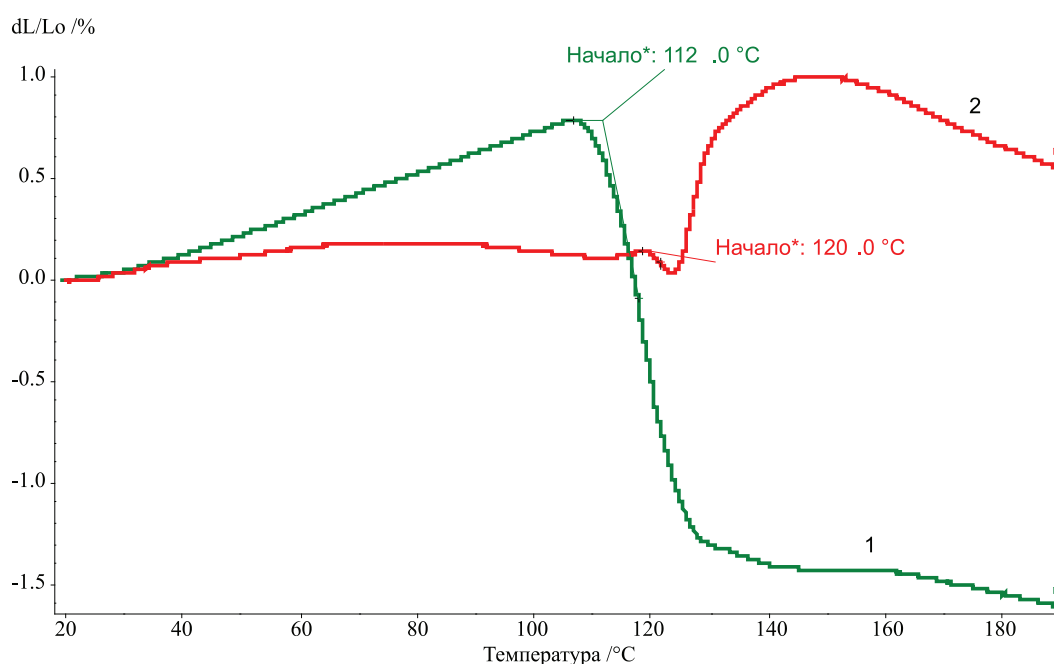


Рис. 3. Термомеханические кривые образцов пластмассы «Фторакс» с соотношением Т:Ж = 2:1 до и после взаимодействия с дистиллированной водой

Таблица 7

Результаты определения температуры стеклования образцов до и после взаимодействия с дистиллированной водой и разными водными системами

Образец Т:Ж	Температура стеклования образцов (T <sub>c</sub> ), °C (±0,5 °C)				
	до взаимодействия с дистиллированной водой или раствором	Среда, с которой взаимодействовали образцы			
		дистиллированная вода	раствор 0,9% NaCl	раствор 0,9% CaCl <sub>2</sub>	МРС
2:0,9	109	119	118,5	121	119
2:1	112	120	120	120	119
2:1,1	100	101	113	102	103

Таблица 8

Электропроводность, плотность, концентрация вещества в растворе до и после взаимодействия с образцами, изготовленными при разном соотношении компонентов (Т:Ж)

№ п/п	Образец Т:Ж	Состав раствора	$\kappa$ , мкСм/см	$\rho$ , г/мл	Концентрация веществ, ммоль/кг
1		H <sub>2</sub> O	2,1 мкСм/см	0,99678	0
2	2:0,9	H <sub>2</sub> O	44,5 мкСм/см	0,9992	0
3	2:1,0	H <sub>2</sub> O	9,7 мкСм/см	1,00194	0
4	2:1,1	H <sub>2</sub> O	70,2 мкСм/см	1,0035	0
5		MPC-2	3,78 мСм	1,00456	78
6	2:0,9	MPC-2	3,94 мСм	1,0025	77
7	2:1,0	MPC-2	4,0 мСм	0,99972	76
8	2:1,1	MPC-2	3,97 мСм	1,00208	76
9		NaCl	13,0 мСм	1,01126	278
10	2:0,9	NaCl	13,7 мСм	1,00597	286
11	2:1,0	NaCl	13,2 мСм	1,00586	282
12	2:1,1	NaCl	13,3 мСм	1,00474	275
13		CaCl <sub>2</sub>	15,0 мСм	1,01076	189
14	2:0,9	CaCl <sub>2</sub>	16,8 мСм	1,00286	197
15	2:1,0	CaCl <sub>2</sub>	17,2 мСм	1,00686	200
16	2:1,1	CaCl <sub>2</sub>	17,2 мСм	1,0083	197

Из экспериментальных данных, представленных в табл. 8, видно:

– концентрация вымываемых веществ не может быть измерена методом осмометрии с использованием вышеуказанного прибора в связи с низкой концентрацией веществ в растворе;

– электропроводность MPC после взаимодействия с образцами увеличилась, концентрация электролитов и плотность растворов незначительно снизились;

– концентрация электролитов и электропроводность 0,9% раствора хлорида натрия после взаимодействия с образцами увеличилась незначительно, а плотность растворов снизилась. Это может быть связано с сорбцией веществ из раствора твердым образцом;

– концентрация электролитов и электропроводность 0,9% раствора хлорида кальция после взаимодействия с образцами увеличилась более существенно, чем после взаимодействия с 0,9% раствором хлорида натрия, а плотность растворов также снизилась. Это можно объяснить сорбцией веществ из раствора твердым образцом.

### Выводы

1. Выделение низкомолекулярных примесей из базисного материала в водную среду зависит от состава среды и соотношения компонентов, которые используются для его приготовления.

2. Оценить количество вымытых нелетучих веществ из полимера, при использовании в качестве отмывочного раствора

дистиллированной воды, можно по изменению плотности раствора или количества выделившегося вещества в водную среду. Для эффективной отмывки образцов в дистиллированной воде в качестве экспресс-критерия контроля целесообразно использовать величину оптической плотности отмывочной воды или величину светопропускания, измеренную в диапазоне длин волн 220–254 нм.

3. Оценить удаление низкомолекулярных примесей из полимера, при использовании растворов солей, можно только по температуре стеклования, которая определяется по результатам анализа термомеханических свойств материала.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 31572-2015 (ИСО 1567-99) Материалы полимерные для базисов зубных протезов. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Госстандарт России, 2002. – 20 с.
2. Жолудев С.Е. Способы улучшения адаптации у лиц с проблемами непереносимости материалов съемных зубных протезов // Маэстро стоматологии. – 2005. – № 19. – С. 22–27.
3. Жолудев С.Е. Особенности протезирования полными съемными протезами и адаптации к ним у лиц пожилого и старческого возраста // Уральский медицинский журнал. – 2012. – № 8. – С. 31–35.
4. Караков К.Г. Методы профилактики непереносимости зубных протезов из акрилатов // Новое в теории и практике стоматологии. Сборник научных работ. – Ставрополь, 2003. – С. 187–189.
5. Тагер А.А. Физикохимия полимеров. – М.: Химия, 1978. – С. 544.
6. Трегубов И.Д., Болдырева Р.И., Михайленко Л.В., Магкелидзе В.В., Трегубов С.И. Применение термопластических материалов в стоматологии: учебное пособие. – М.: Изд-во «Медицинская пресса», 2007. – 140 с.
7. Физико-механические характеристики эластичных материалов для съемных зубных протезов / Б.Н. Корехов, А.Н. Ряховский, И.Я. Поюровская, Т.Ф. Сутугина // Стоматология. – 2009. – № 6. – С. 55–59.