

5. Zakharov A. I., Kukhta M. S. *Forma keramicheskikh izdelij. Filosofiya* [The form of ceramic products. Philosophy]. *Dizajn. Tekhnologiya*. Tomsk: STT, 2015, 224 p (in Russian).
6. Popil'sky R. Ya., Pivinsky Yu. E. *Pressovanie poroshkovykh keramicheskikh materialov* [Pressing powdered ceramic materials]. Moscow: Metallurgiya, 1983, 176 p (in Russian).
7. Timokhova M. I. Osnovnye sposoby oformleniya tekhnicheskoy keramiki metodom pressovaniya [The main ways to design technical ceramics by pressing]. *Steklo i keramika*, 2001, no. 11, pp. 20–23 (in Russian).
8. Lotov V. A. Kontrol' processa formirovaniya struktur v tekhnologii keramicheskikh i silikatnykh materialov [Control of the process of formation of structures in the technology of ceramic and silicate materials]. *Steklo i keramika*, 1999, no. 5, pp. 21–24. (in Russian).
9. Chizhsky A. F. *Sushka keramicheskikh materialov i izdeliy* [Drying of ceramic materials and products]. Moscow: Stroyizdat, 1971, 176 p (in Russian).
10. Kunavin M. M. Metodika rascheta rezhima obzhiga termicheski massivnykh izdeliy iz keramiki [The method of calculation of firing the thermally massive ceramics]. *Steklo i keramika*, 1996, no. 9, pp. 16–19 (in Russian).
11. Zakharov A. I. Formoobrazovanie keramicheskikh izdeliy: princip P. Kyuri i tendencii razvitiya [Formation of ceramic products: the principle of P. Curie and the development trend]. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizayna*, 2014, no. 3, pp. 9–15 (in Russian).
12. Strel'ov K. K., Mamykin P. S. *Tekhnologiya ogneporov* [Refractory technology]. Moscow: Metallurgiya, 1978, 376 p (in Russian).
13. *Ergonomika v upakovke* [Ergonomics in packaging] [Electronic resource]. URL: <http://eqinfo.ru/blog/details?newsId=24> (accessed 21.06.2017) (in Russian).
14. *Osnovnye kriterii podobiya khimiko-tekhnologicheskikh processov* [The main criteria for the similarity of chemical-technological processes] [Electronic resource]. URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3429.html> (accessed 21.06.2017) (in Russian).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРЕМНИЯ С ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИ С НИМ БИНАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Н. В. Молчан, НПЦ «Фармзащита», Московская обл., г. Химки;

Ю. Р. Кривобородов, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва;

В. И. Фертиков, Всероссийский институт легких сплавов, Москва

Ключевые слова: концентрация электронов, плотность, энтальпия, кремний, структура соединений
Keywords: concentration of electrons, density, enthalpy, silicon, structure of compounds

Химические превращения сопровождаются тепловыми процессами и изменениями объема веществ, вступающих в реакцию. Основное уравнение термодинамики в виде

$$dU = TdS - pdV \quad (1)$$

подразумевает, что изменение внутренней энергии системы идет за счет тепловой энергии при изменении объема dV . Тепловые процессы достаточно подробно рассмотрены в многочисленных работах по химической термодинамике и термохимии, как экспериментальных, так и с применением расчетных методов, а данных по изменению объемов при химических реакциях практически нет.

В работах по сульфидам и оксидам [1, 2] было установлено, что нормированная величина изменения объемов (коэффициент уплотнения) коррелирует с термодинамическими характеристиками.

Так как объем молекулы формируется электронами, то вводится величина «концентрация электронов», которая может применяться в качестве структурной характеристики вещества. Изменение структуры вещества без изменения химического состава всегда сопровождается изменением взаимодействия электронов в веществе (фазовые превращения) [3, 4]. Превращения веществ и сопровождающие их явления – сущность химической формы движения, которая определяется взаимодействием электронных оболочек атомов и молекул [5].

Цель данной работы – выявить возможность использования коэффициента уплотнения как характеристики, позволяющей оценивать интенсивность взаимодействия между разнородными атомами, а концентрацию электронов (определяемую в единицах моль/см³) применять в качестве величины, которая дает разрешение на оценку структуры материала. Указанная цель достигалась путем выявления различия в объемах веществ до образования соединения и после на примере ряда бинарных соединений кремния.

Приведенные ниже вычисления построены на основании справочных данных по плотности веществ в конденсированном состоянии [6–8]. Величина атомного объема (объем одного моля атомов химического элемента, см³/моль) характеризует относительную рыхлость электронных оболочек, а величина обратная атомному объему (моль/см³) представляет собой концентрацию ядер атомов в единице объема:

$$C_A = \frac{d}{M}, \quad (2)$$

где C_A – концентрация ядер, моль/см³; d – плотность вещества в конденсированном состоянии, г/см³; M – молярная масса, г/моль.

Если сравнивать вещества при температурах ниже точки плавления для каждого из них, то полученный график (см. рис.) отражает периодическую зависимость рассчитанной концентрации ядер от порядкового номера элемента [9]. По предложенным ранее формулам [1, 2, 9 и 10] были вычислены концентрация электронов для элементов:

$$C_{\text{электр}} = \frac{d}{M} Z, \quad (3)$$

концентрация электронов для соединений типа A_aB_b –

$$C_{\text{электр}} \approx \frac{aZ_A + bZ_B}{M/d} \quad (4)$$

и коэффициенты уплотнения –

$$K_{\text{упл}} = \left(\frac{\sum V_{\text{компон}} - V_{\text{прод}}}{V_{\text{прод}}} \right) \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $C_{\text{электр}}$ – концентрация электронов в единице объема, моль/см³; Z – порядковый номер элемента (Z_A и Z_B – номера элементов A и B соответственно); a – подстрочный индекс элемента A ; b – подстрочный индекс элемента B ; $K_{\text{упл}}$ – коэффициент уплотнения, %; $V_{\text{компон}}$ – молярный объем элемента в конденсированном состоянии, см³/моль; $V_{\text{прод}}$ – молярный объем соединения в конденсированном состоянии, см³/моль.

Результаты вычислений представлены в таблице.

**Коэффициенты уплотнения и концентрация электронов
для бинарных соединений кремния**

Номер элемента, образующего соединение	Концентрация электронов элемента, моль/см ³	Соединение	Коэффициент уплотнения, %
1	2	3	4
1	0,075	Si ₄ H	16,7
3	0,23	LiSi	30,2
		Li ₂ Si	22,9
		Li ₇ Si ₂	40,7
5	1,08	SiB ₄	18,1
		SiB ₆	-8,5
6	1,12	SiC	34,5
7	0,71	Si ₃ N ₄	97,3
8	1,27	SiO ₂	14,6
9	0,93	SiF ₄	5,4
11	0,47	NaSi	19,9
		NaSi ₆	12,0
12	0,86	Mg ₂ Si	9,0
13	1,30	Al ₄ Si	-19,6
14	1,21	кремний	
15	1,11	SiP ₂	37,6
		SiP	1,1
16	1,03	SiS ₂	10,0
17	0,97	SiCl ₄	-5,7
19	0,42	K ₈ Si ₄₆	35,1
20	0,77	CaSi ₂	30,5
		CaSi	28,3
21	1,41	ScSi	22,1
		Sc ₅ S ₃	16,8
22	2,09	Si ₂ Ti	34,0
		TiSi	24,5
23	2,76	V ₃ Si	15,6
		VSi ₂	36,0

Продолжение табл.

1	2	3	4
24	3,31	CrSi ₂	42,4
		Cr ₃ Si	17,2
		CrSi	27,5
25	3,39	MnSi	33,7
		Mn ₅ Si ₃	21,2
26	3,66	FeSi	45,0
		Fe ₂ Si	18,4
27	4,05	CoSi ₂	28,5
		CoSi	38,0
		Co ₂ Si	25,9
28	4,24	NiSi	27,4
		Ni ₂ Si	40,0
		NiSi ₂	26,9
29	4,07	Cu ₅ Si	31,4
		Cu ₁₅ Si ₄	42,5
33	2,52	SiAs ₂	14,8
		SiAs	-8,2
34	2,06	SiSe ₂	-12,8
35	1,36	Si ₅ Br ₁₀	8,1
38	1,10	SrSi ₂	40,1
		SrSi	37,2
39	1,96	YSi ₂	80,4
		SiY	19,3
40	2,84	ZrSi ₂	24,3
		Zr ₂ Si	15,2
		ZrSi	21,7
41	3,78	NbSi ₂	28,1
		Nb ₃ Si	8,2
42	4,48	MoSi ₂	34,2
		Mo ₅ Si ₃	18,6
43	5,05	SiTc	24,2
44	5,49	RuSi	25,8
		Ru ₂ Si	17,2
45	5,42	RhSi	26,8
46	5,20	PdSi	16,3
47	4,58	Ag ₂ Si	-1,1
		Ag ₃ Si	9,1
52	2,55	SiTe ₂	-18,9
		Si ₂ Te ₃	-14,0
53	2,06	SiI ₄	-11,7
56	1,47	BaSi ₂	38,4
		BaSi	33,5
57	2,52	LaSi ₂	17,5
		LaSi	11,4
		La ₃ Si ₂	8,0
58	2,80	CeSi ₂	21,3
		CeSi	9,5
59	2,84	PrSi ₂	23,0
		PrSi	12,1
		Pr ₅ Si ₃	9,9
60	2,91	NdSi ₂	33,2
		NdSi	13,8
		Nd ₅ Si ₄	8,4
62	3,12	SmSi ₂	28,0
63	2,17	EuSi ₂	37,1
		EuSi	29,7

Продолжение табл.

1	2	3	4
64	3,20	GdSi	18,8
		Gd ₅ Si ₃	11,6
		GdSi ₂	30,2
65	3,37	Tb ₂ Si ₃	26,6
		TbSi	18,4
		TbSi ₂	32,9
66	3,47	DySi ₂	34,5
		Dy ₅ Si ₃	12,5
67	3,58	HoSi ₂	34,4
		Ho ₅ Si ₃	13,2
		HoSi	20,3
68	3,68	ErSi ₂	35,5
		ErSi	20,4
		Er ₅ Si ₃	13,7
69	3,81	TmSi ₂	36,9
		Tm ₅ Si ₃	15,0
70	2,82	YbSi ₂	58,0
		Yb ₃ Si ₅	46,4
		Yb ₅ Si ₃	42,1
		YbSi	49,2
71	3,99	LuSi ₂	38,6
		Lu ₅ Si ₃	14,0
		Lu ₂ Si ₃	18,8
72	5,37	HfSi ₂	24,6
		SiHf ₂	14,7
		HfSi	24,4
73	6,70	TaSi ₂	30,7
		Ta ₃ Si	9,4
		Ta ₅ Si ₃	18,5
74	7,79	WSi ₂	33,0
		W ₅ Si ₃	18,5
75	8,50	ReSi ₂	41,1
		ReSi	26,1
		Re ₅ Si ₂	0,6
76	9,04	OsSi	25,9
		OsSi ₂	24,0
		Os ₂ Si ₃	23,9
77	8,98	IrSi	20,1
		Ir ₃ Si ₅	18,8
		Ir ₃ Si	14,1
78	8,57	PtSi	16,3
		Pt ₃ Si	10,5
		Pt ₂ Si ₃	14,5
79	7,74	Au ₂ Si	5,4
		Au ₅ Si	12,7
90	4,15	Th ₃ Si ₂	15,0
		ThSi	14,9
		ThSi ₂	28,3
92	7,36	U ₃ Si ₂	-3,8
		U ₃ Si	3,0
		USi	-4,3
		USi ₂	13,0
93	8,02	NpSi ₂	7,1
		NpSi ₃	18,7
94	7,64	PuSi ₂	9,6
		Pu ₃ Si ₂	-12,0
		PuSi	-9,1

1	2	3	4
95	5,34	AmSi ₂	23,2
		AmSi	-5,2
		Am ₅ Si ₃	13,9
96	5,25	CmSi ₂	28,0
		CmSi	3,0

Для определения каких-то правил, по образованию новых химических соединений из исходных, рассмотрим некоторые ряды одноптипных соединений по группам. Силициды III группы ScSi, SiY, LaSi имеют коэффициенты уплотнения 22,1, 19,3 и 11,4% соответственно, а концентрации электронов у скандия, иттрия и лантана до реакции имеют 1,41, 1,96 и 2,52 моль/см³ соответственно. Таким образом, просматривается зависимость, что при увеличении концентрации электронов исходных партнеров кремния коэффициент уплотнения снижается.

Наиболее сильные взаимодействия у кремния с азотом, железом, никелем, стронцием и редкоземельными элементами. Знак «-» имеют коэффициенты уплотнения у соединений Al₄Si, SiCl₄, SiAs, SiSe₂, SiTe₂, Si₂Te₃, SiI₄, USi, Pu₃Si₂.

Технологические процессы влекут изменения в веществах, которые можно оценить с термодинамических позиций. Так, стандартная энтальпия ΔH°_{298} (кДж/моль) характеризует тепловой эффект реакции. Было сделано предположение, что существует взаимосвязь энтальпии с концентрацией электронов в соединении и в исходном веществе (элементе, образующем соединение).

Величина $K_{упл}$ представляет собой изменение общего объема исходных элементных веществ по сравнению с объемом соединения, выраженное в процентах. Коэффициент уплотнения позволяет характеризовать любое соединение как продукт, полученный в результате либо разрыхления, либо уплотнения электронных оболочек при взаимодействии составляющих его элементов.

Необходимо отметить, что при различии концентрации электронов в веществах, вступающих в реакцию, статистическая концентрация электронов конечного продукта будет формироваться перераспределением электронов из большей концентрации в меньшую, формируя новый объем и как следствие, новую плотность соединения.

Величина коэффициента уплотнения со знаком «+» свидетельствует о том, что образование соединения происходило со сжатием электронных оболочек исходных компонентов, а величина со знаком «-» указывает об обратном процессе – разрыхлении электронных оболочек. При этом, чем выше концентрация электронов полученного соединения, тем выше плотность этого продукта.

Переходя к поиску причин, обуславливающих различия в свойствах материалов необходимо рассмотреть общую концепцию взаимосвязи состав – структура – свойства. Свойства веществ и материалов зависят от химического состава и от взаимного расположения химических элементов (структуры). Структура материала может быть представлена в виде иерархической последовательности подструктур, самая грубая стадия – макроструктура. Основой всего является электронная структура. Термин «структура» может быть определен в различных масштабах, начиная с субатомарного (как, например, при рассмотрении электрических и магнитных свойств), атомарного (при рассмотрении кристаллических материалов), молекулярного (например, при рассмотрении полимеров) и заканчивая, наконец, микроскопическими и макрокопическими масштабами [1].

Для оценки свойств анализируемого объекта следует учитывать все структурные параметры, в том числе и на уровне межатомного взаимодействия, поскольку свойства всех материалов и, соответственно, их структура являются функцией химического состава и внутренней энергии системы. При равенстве структур и равном химическом составе набор технологических и эксплуатационных свойств материала будет одинаковым. При одинаковом химическом составе различия в свойствах материалов определяются различием их структур, изменение которых происходит за счет изменения энергосодержания системы.

Отделение или перемещение одних частей испытуемого образца относительно других частей этого образца связано с внутренним строением объекта испытаний. Все тела состоят из атомов, ядра в которых на пять порядков мельче размеров атома. Таким образом, преодолевается взаимодействие электронных сред, принадлежащих разным структурным группировкам. Справочные данные, собранные в результате физических испытаний веществ, характеризуют взаимодействие электронных сред.

Предложенная величина концентрации электронов ($C_{электр}$) вещества в конденсированном состоянии, определяемая по формулам (1) и (3), характеризует различия строения электронной среды, которая в свою очередь и определяет процессы, происходящие при деформирующих воздействиях и химических реакциях [12]. Величина концентрации электронов для твердых состояний элементных веществ колеблется в пределах от 0,075 моль/см³ для водорода до 9,037 моль/см³ для осмия. Концентрация электронов любых химических соединений в конденсированном состоянии не выходит за эти пределы.

Выводы

1. Коэффициент уплотнения, определяемый как нормированная величина, характеризующая изменения объема веществ в результате прошедшей реакции наряду с термодинамическими величинами, может численно обеспечивать информацию о взаимодействии веществ.

2. Предложено использовать величину концентрации электронов элемента или соединения, определяемую в единицах моль/см³, как структурную характеристику материала.

3. На основании справочных данных по плотности элементарных веществ и бинарных соединений в конденсированном состоянии проведено вычисление изменений взаимодействий между кремнием и другими гомоядерными веществами.

4. Для оценки интенсивности взаимодействия исходных компонентов при образовании бинарных силицидов предложено использовать коэффициент уплотнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Molchan N. V., Fertikov V. I. Determination of Concentration of Electrons for Description of the Structure of Materials, with Sulfides as an Example // *Journal of Materials Sciences and Applications*. – 2015. – Vol. 1, no. 2. – P. 38–44.
2. Молчан Н. В., Фертиков В. И. Концентрация электронов как структурная характеристика оксидов // *Техника и технология силикатов*. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 8–13.
3. Краткая энциклопедия по структуре материалов / пер. с англ.; под ред. Д. В. Мартина. – М.: Техносфера, 2011. – 608 с.
4. Сироткин О. С. Основы инновационного материаловедения. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 158 с.
5. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд [и др.]; под ред. Ю. А. Ершова. – М.: Высшая школа, 1993. – 560 с.
6. International Centre for Diffraction Data. JCPDS PCPDFWIN. – 2002. – V. 2.03.
7. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений. – СПб.: Профессионал, 2007. – 1276 с.
8. Физические величины: справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский [и др.]; под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
9. Молчан Н. В., Фертиков В. И. Метод оценки реакционной способности водорода, бора, углерода и азота // *Технология легких сплавов*. – 2009. – № 2. – С. 47–56.
10. Молчан Н. В., Фертиков В. И. Сжимаемость веществ и размеры атомов // *Материаловедение*. – 2011. – № 6. – С. 2–6.
11. Лидин Р. А., Андреева Л. Л., Молочко Л. Л. Константы неорганических веществ: справочник / под ред. Р. А. Лидина. – М.: Дрофа, 2006. – 685 с.
12. Мюллер П., Нойман П., Шторм Р. Таблицы по математической статистике / пер. с нем. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 278 с.
13. Молчан Н. В., Фертиков В. И. Концентрация электронов и механические свойства веществ // *Материалы конференции «ТестМат-2013»*. – М.: ВИАМ, 2013. – С. 9.

REFERENCES

1. Molchan N. V., Fertikov V. I. Determination of Concentration of Electrons for Description of the Structure of Materials, with Sulfides as an Example. *Journal of Materials Sciences and Applications*, 2015, vol. 1, no. 2, pp. 38–44.
2. Molchan N. V., Fertikov V. I. Koncentraciya ehlektronov kak strukturnaya kharakteristika oksidov [The concentration of electrons as a structural characteristic of oxides]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2016, vol. 23, no. 2, pp. 8–13 (in Russian).
3. *Kratkaya entsiklopediya po strukture materialov* [Brief encyclopedia on the structure of materials]. Ed. by D. V. Martin. Moscow: Tekhnosfera, 2011, 608 p (in Russian).
4. Sirotkin O. S. Fundamentals of Materials Innovation. Moscow: INFRA-M, 2011, 158 p (in Russian).
5. Ershov Yu. A., Popkov V. A., Berlyand A. S., et al. *Obshchaya khimiya. Biofizicheskaya khimiya. Khimiya biogennykh ehlementov. Uchebnik dlya vuzov* [General chemistry. Biophysical chemistry. Chemistry of biogenic elements: the Textbook for high schools]. Ed. by Yu. A. Ershova. Moscow: Vysshaya shkola, 1993, 560 p (in Russian).
6. International Centre for Diffraction Data. JCPDS PCPDFWIN, 2002. V. 2.03.
7. *Novyyu spravochik khimika i tekhnologa. Osnovnye svoystva neorganicheskikh, organicheskikh i elementoorganicheskikh coedineniy* [The new reference book for chemist and technologist. The basic properties of inorganic, organic and element organic compounds]. St.-Petersburg: Professional, 2007, 1276 p (in Russian).
8. Babichev A. P., Babushkina N. A., Bratkovskiy A. M., et al. *Fizicheskie velichiny: spravochnik* [Physical quantities: reference book]. Ed. by I. S. Grigor'ev, E. Z. Meylikhov. Moscow: Energoatomizdat, 1991, 1232 p (in Russian).
9. Molchan N. V., Fertikov V. I. Method of evaluating the reactivity of hydrogen, boron, carbon and nitrogen. *Tekhnologiya legkikh splavov*, 2009, no. 2, pp. 47–56 (in Russian).
10. Molchan N. V., Fertikov V. I. Compressibility of substances and sizes of atoms. *Materialovedenie*, 2011, no. 6, pp. 2–6 (in Russian).

11. Lidin R. A., Andreeva L. L., Molochko L. L. *Konstanty neorganicheskikh veshchestv: spravochnik* [Constants of inorganic substances: reference book]. Ed. by R. A. Lidin. Moscow: Drofa, 2006, 685 p (in Russian).
12. Myuller P., Noyman P., Shtorm R. *Tablitsy po matematicheskoy statistike* [Tables in mathematical statistics]. Moscow: Finansy i statistika, 1982, 278 p (in Russian).
13. Molchan N. V., Fertikov V. I. Concentration of electrons and mechanical properties of substances. *Materialy konferentsii «TestMat-2013»*. Moscow: VIAM, 2013, p. 9 (in Russian).

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОЩЕЛОЧНЫХ КАЛЬЦИЙСИЛИКОФOSФАТНЫХ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ

**Н. В. Свентская, Б. И. Белецкий, Ю. С. Лукина,
РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва**

Ключевые слова: биоактивные стекла, гидроксиапатит, биокomпозиционные материалы, технология получения, пористость

Keywords: bioactive glass, hydroxyapatite, biocomposition materials, technology of production, porosity

Введение

В настоящее время при лечении костных травм и закрытии дефектов применяют различные типы неорганических имплантационных материалов, среди которых значительное распространение получили кальцийфосфатные цементы, пористые керамические и стеклокристаллические матриксы.

Наибольший вклад в исследование реакции организма на имплантацию стекол и стеклокерамик силикатной, алюмосиликатной и алюмоборосиликатной систем внесли Л. Хенч [1], О. Андерсон и К. Карлсон [2, 3]. Хенч Л. предложил классифицировать стекла системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ в зависимости от реакции организма на их подсадку на три основные группы:

биodeградирующие (под действием физиологических сред организма резорбция составов происходит за 10–30 сут; составы не применяют в имплантологии);

биоактивные (под действием физиологических сред организма на поверхности образуются слои силикагелей и карбонатапатита; составы применяют в имплантологии, способны связываться с костью тканью остеοидного типа);

биоинертные (устойчивы к действию физиологических сред организма; составы применяют в имплантологии, обеспечивают формирование фиброзной капсулы, отделяющей имплантат от костной ткани).

Хенч Л. установил, что к группе биоактивных стекол относятся высокощелочные кальцийсиликофосфатные стекла, содержащие в составе не более 60 мол. % SiO_2 , высокие концентрации оксидов натрия и кальция и высокое отношение $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$.

Биологическая активность высокощелочных кальцийсиликофосфатных стекол обусловлена их высокой реакционной способностью. Под действием физиологических сред организма из поверхностных слоев стекломатрицы постепенно высвобождаются ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , PO_4^{3-} , а силикатные группы гидратируются до $\equiv\text{Si}(\text{OH})$, $=\text{Si}(\text{OH})_2^{2-}$, $-\text{Si}(\text{OH})_3^{3-}$ ионов с образованием слоев силикагеля. Силикагель, в дальнейшем, выступает в роли подложки, на которой закрепляются остеогенные клетки, и происходит формирование коллагенового матрикса кости. Ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , PO_4^{3-} участвуют в минерализации коллагенового матрикса с образованием карбонатапатита и, тем самым, активно участвуют в собственной регенерации костной ткани. Высокощелочные кальцийсиликофосфатные стекла обладают: биологической совместимостью с костной, мышечной тканью и физиологическими средами организма, способны активизировать закрепление, рост, пролиферацию и дифференциацию остеогенных, фиброгенных клеток, способны формировать в контактной с костью зоне ткань остеοидного типа.

Следует отметить, что недостатком высокощелочных кальцийсиликофосфатных стекол является сложность получения пористых прочных материалов на их основе вследствие склонности стекол к кристаллизации [1–3]. Анализ литературы показал, что в настоящее время отсутствуют технологии получения пористых композитов с фосфатами кальция на основе данных стекол, приближающихся по уровню пористости и прочности к значениям, близким к костной ткани.

Целью настоящей работы является разработка технологии получения биокomпозиционных материалов на основе высокощелочных кальцийсиликофосфатных стекол и гидроксиапатита кальция с регулируемой поровой структурой для ортопедии; разработка составов материалов по уровню свойств, приближающихся к кортикальной и трабекулярной костной ткани; определение параметров направленного регулирования поровой структурой композиционного материала и размером пор в материале.