

По нашему мнению, данные таблиц 4 - 6 вполне могут быть использованы для технологических расчетов, однако при появлении более надежных экспериментальных или расчетных оценок их необходимо будет уточнить.

Литература

1. Зайцев И.Д. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ / И.Д. Зайцев, Г.Г. Асеев. – М.: Химия, 1988. – 416 с.
2. Асеев Г.Г. Электролиты. Физико-химические параметры концентрированных многокомпонентных систем / Г.Г. Асеев, И.М. Рыщенко, А.С. Савенков, НТУ «ХПИ». – Харьков, 2005. – 448 с.
3. Aseev G.G. Electrolytes supramolecular interactions and non-equilibrium phenomena in concentrated solutions / G.G. Aseev 2015 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business, 2015. – p.p. 345.
4. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт галургии (ВНИИГ). – Л.: Химия, 1973 Т. I.

УДК 54-145.11.2

Л.З. Васерман; И.С. Тулунов (ГУ «НИОХИМ»)

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ СЖАТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАЛЬЦИЯ ХЛОРИДА, КАЛЬЦИЯ ЙОДИДА, КАЛЬЦИЯ НИТРАТА И МАГНИЯ ХЛОРИДА ПРИ ИХ РАЗБАВЛЕНИИ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ 0 °С ДО 100 °С

Изотерми коефіцієнтів стиснення розчинів з масовою часткою 36 % при розведенні їх водою у температурному інтервалі від 0 °С до 100 °С характеризуються існуванням максимуму, концентраційна координата якого тяжіє до середини діапазону (18 %), але не завжди з ним співпадає. Найбільші максимуми для індивідуальних розчинів CaCl_2 , MgCl_2 , CaI_2 і $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ оцінюються у 1,17 %, 1,20 %, 1,53 % і 1,09 % відповідно. Ізоконцентрати коефіцієнтів стиснення мало залежать від температури, за виключенням низьких концентрацій, де поблизу температури 0 °С вони нерідко є підвищеними. Значення цих коефіцієнтів залежить від виду розчиненої речовини і концентрації розведеного розчину.

Изотермы коэффициентов сжатия растворов с массовой долей 36 % при их разбавлении водой в температурном интервале от 0 °С до 100 °С характеризуются наличием максимума, концентрационная координата которого тяготеет к середине диапазона (18 %), но не всегда с ней совпадает. Наибольшие значения максимумов для индивидуальных растворов CaCl_2 , MgCl_2 , CaI_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ оцениваются в 1,17 %, 1,20 %, 1,53 % и 1,09 % соответственно. Изоконцентраты коэффициентов сжатия мало зависят от температуры, за исключением низких концентраций, при которых вблизи температуры 0 °С их значения зачастую более высоки. Значения этих коэффициентов зависят от вида растворенного вещества и концентрации разбавленного раствора.

Isothermes of compression coefficients of solutions with mass content 36% dissolved by water at 0°C-100°C have maximum with concentration coordinate at

tracted to the middle of the range (18%), but does not always coincide with it. Highest maximum values for separate solutions CaCl_2 , MgCl_2 , CaJ_2 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ are evaluated at 1,17%, 1,20%, 1,53% and 1,09% correspondingly. Isoconcentrates of compression coefficients slightly depend on temperature besides low concentrations when their values are the highest at 0°C . Values of these coefficients depend on the type of dissolved substance and type of dissolved solution.

Ключевые слова: растворы, разбавление, растворы водные, сжатие растворов.

Keywords: solutions, water solutions, solutions compression.

Феномен сжатия (контракции) растворов при их разбавлении или смешении представляет значительный интерес [1]. Проявляется данный феномен в уменьшении объема смешанного раствора относительно суммы объемов исходного раствора и растворителя (или другого раствора) в сопоставимых условиях. На эффект контракции оказывают влияние химический состав разбавляемых (смешиваемых) и результирующих растворов, их температура, давление и некоторые другие факторы. Его количественной оценкой может служить коэффициент сжатия k , представляющий собой выраженное в процентах отношение упомянутой разности объемов к сумме объемов разбавляемого раствора и растворителя (или другого добавляемого раствора). Для получения расчетной оценки эффекта сжатия вместо прямых измерений обычно используют данные по плотности растворов и растворителя. Чем они точнее, тем, естественно, более надежны и получаемые единичные количественные оценки исследуемого эффекта. Однако некоторые существенные особенности данного явления могут быть выявлены и в случае отсутствия высокоточных данных при наличии достаточно больших рядов (последовательностей) первичных точечных оценок, поскольку к таким рядам могут быть применены весьма действенные приемы нивелирования влияния случайных погрешностей, такие как, например, сглаживание методом плавающей медианы. Их применение, однако, не исключает необходимости анализа первичных рядов.

В настоящей работе приведены результаты численного, на базе опубликованных данных, исследования сжатия индивидуальных водных растворов CaCl_2 , CaJ_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и MgCl_2 при их разбавлении водой в диапазоне температур от 0°C до 100°C . Выбор данных солей обусловлен их высокой растворимостью и возможностью сопоставления влияния разных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионов (Cl^- , J^- , NO_3^-) на эффект сжатия в широком интервале температур и концентраций.

Для расчетов принимали значения плотности исследуемых растворов из справочного издания [2] и удельных объемов чистой воды из справочника [3]. В качестве исходных принимали индивидуальные растворы соответствующих солей с одинаковой массовой долей, равной 36 %. Для их разбавленных водой растворов рассчитывали точечные изотермические и изоконцентратные оценки коэффициентов сжатия с интервалами температур $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ (в диапазоне от 0°C до 100°C) и массовой доли компонентов $\Delta C = 2\%$ (в диапазоне от 2 % до 34 %). Числовые ряды таких первичных оценок (изоконцентратные и изотермические) затем сглаживали методом плавающей медианы [4].

Результаты выполненных расчетов (как первичные, так и сглаженные) для изоконцентрат (строки) и изотерм (столбцы) коэффициентов сжатия исследуемых водно-солевых растворов представлены в таблицах 1-8.

Как видно из таблиц 1-8, для изотерм коэффициентов сжатия характерно наличие максимума. Его концентрационная координата тяготеет к середине диапазона (18 %), но не всегда с ней совпадает. Наибольшие размеры максимумов в сглаженных рядах зависят от растворенного вещества и темпе-

ратуры и оцениваются значениями: для раствора CaCl_2 – 1,17 % (при температуре от 25 °С до 30 °С); MgCl_2 – 1,20 % (при температуре 95 °С); CaJ_2 - 1,53 % (при температуре 0 °С); $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 1,09 % (при температуре 0 °С). Если наибольшие найденные оценки максимумов для CaCl_2 , MgCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ близки между собой, то абсолютный максимум для CaJ_2 от них отличается значительно. Изоконцентраты коэффициентов сжатия мало зависят от температуры, однако в области малых концентраций эти коэффициенты, как правило, принимают наибольшее значение в нулевой точке (0 °С) исследованного температурного интервала. Абсолютное же значение изоконцентраты зависит от вида растворенного вещества и концентрации разбавленного раствора. В ряде случаев наблюдается почти полное совпадение поведения изоконцентрат для различных солей. Отмеченные особенности наглядно подтверждаются выборочными сравнительными данными изотермических и изоконцентратных рядов оценок коэффициентов сжатия, приведенными в таблицах 9 – 10.

Таблица 1

Первичные оценки значений коэффициентов сжатия растворов CaCl_2 при разбавлении

Массовая доля CaCl_2 , %	Температура, °С										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,81	0,61	0,45	0,31	0,21	0,14	0,09	0,16	0,13	0,14	0,16
4	0,57	0,48	0,43	0,40	0,39	0,44	0,31	0,37	0,34	0,45	0,37
6	0,67	0,59	0,55	0,44	0,44	0,49	0,39	0,44	0,40	0,52	0,34
8	0,81	0,75	0,72	0,71	0,71	0,78	0,70	0,74	0,70	0,72	0,65
10	0,81	0,77	0,75	0,65	0,66	0,74	0,77	0,81	0,67	0,79	0,71
12	0,94	0,91	0,90	0,91	0,92	1,02	0,88	0,91	0,95	0,98	0,91
14	1,01	0,92	0,92	0,93	0,95	1,06	1,03	0,97	0,91	1,03	0,87
16	1,12	1,04	1,05	1,08	1,02	1,14	1,05	0,98	1,00	1,21	1,05
18	1,08	1,02	1,05	1,08	1,11	1,17	1,18	1,10	1,03	1,24	1,00
20	1,16	1,03	1,07	1,12	1,07	1,22	1,09	1,34	1,10	1,23	1,07
22	1,09	1,07	1,04	1,10	1,05	1,22	1,36	1,35	1,10	1,32	1,08
24	1,04	1,05	1,03	1,02	0,98	1,17	1,24	1,06	0,97	1,19	0,95
26	0,94	0,97	0,96	0,96	0,93	0,97	0,99	1,05	1,03	1,25	1,01
28	0,85	0,82	0,83	0,77	0,82	0,81	0,77	0,82	0,86	1,08	0,77
30	0,70	0,62	0,64	0,67	0,65	0,66	0,65	0,68	0,72	0,94	0,63
32	0,48	0,50	0,54	0,44	0,42	0,45	0,47	0,49	0,52	0,74	0,43
34	0,28	0,25	0,23	0,21	0,21	0,26	0,30	0,24	0,25	0,47	0,25
Массовая доля CaCl_2 , %	Температура, °С										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,18	0,14	0,11	0,19	0,20	0,22	0,14	0,16	0,22	0,27	
4	0,39	0,35	0,42	0,31	0,42	0,35	0,37	0,39	0,35	0,40	
6	0,45	0,51	0,49	0,38	0,49	0,43	0,45	0,66	0,44	0,58	
8	0,75	0,71	0,69	0,69	0,71	0,75	0,68	0,69	0,68	0,81	
10	0,71	0,77	0,75	0,66	0,78	0,73	0,76	0,86	0,76	0,88	
12	0,99	0,96	0,95	0,87	0,98	0,95	0,97	0,98	0,89	1,00	
14	1,03	1,01	0,99	0,92	1,04	1,01	1,04	1,13	1,06	1,25	
16	1,11	1,09	1,08	1,01	1,05	1,12	1,05	1,14	1,08	1,16	
18	1,14	1,12	1,11	1,05	1,17	1,17	1,19	1,27	1,22	1,38	
20	1,11	1,09	1,08	1,03	1,16	1,16	1,09	1,17	1,05	1,19	
22	1,11	1,09	1,09	0,96	1,17	1,18	1,12	1,27	1,08	1,29	
24	1,05	1,04	1,03	0,91	1,04	1,06	1,00	1,06	0,97	1,16	

26	1,01	1,00	1,00	0,97	1,03	1,05	1,07	1,12	1,04	1,14
28	0,84	0,83	0,83	0,88	0,86	0,82	0,83	0,87	0,81	0,89
30	0,68	0,68	0,68	0,66	0,64	0,69	0,70	0,73	0,61	0,75
32	0,47	0,47	0,47	0,53	0,52	0,50	0,51	0,53	0,50	0,54
34	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25	0,32	0,25	0,34	0,24	0,34

Таблица 2

Первичные оценки значений коэффициентов сжатия растворов $MgCl_2$
при разбавлении

Массовая доля $MgCl_2$, %	Температура, °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,34	0,28	0,13	0,13	0,15	0,19	0,15	0,33	0,13	0,34
4	0,43	0,38	0,34	0,34	0,35	0,40	0,36	0,53	0,33	0,43
6	0,57	0,71	0,59	0,59	0,61	0,65	0,61	0,77	0,68	0,57
8	0,76	0,72	0,60	0,70	0,62	0,67	0,72	0,87	0,68	0,76
10	0,90	0,86	0,84	0,85	0,87	0,83	0,87	1,02	0,92	0,90
12	0,89	0,86	0,85	0,86	0,88	0,93	0,87	1,02	0,92	0,89
14	1,10	1,08	1,08	1,09	1,11	1,07	1,19	1,33	1,14	1,10
16	1,09	1,07	0,98	1,01	1,02	0,99	1,01	1,15	1,04	1,09
18	1,10	1,10	1,10	1,13	1,14	1,11	1,13	1,26	1,15	1,10
20	1,06	1,07	1,00	1,03	1,04	1,02	1,10	1,06	1,03	1,06
22	1,06	1,07	1,00	1,04	0,97	1,03	1,11	0,98	1,03	1,06
24	1,07	1,01	0,96	1,00	0,93	0,99	1,06	0,93	0,97	1,07
26	0,95	0,90	0,93	0,90	0,83	0,89	0,95	0,90	0,94	0,95
28	0,85	0,81	0,77	0,75	0,75	0,74	0,79	0,73	0,76	0,85
30	0,69	0,66	0,63	0,61	0,54	0,61	0,64	0,58	0,61	0,69
32	0,47	0,45	0,43	0,42	0,42	0,42	0,44	0,45	0,47	0,47
34	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,32	0,33	0,26	0,19	0,27
Массовая доля $MgCl_2$, %	Температура, °C									
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
2	0,28	0,14	0,21	0,19	0,18	0,19	0,11	0,24	0,18	
4	0,38	0,34	0,41	0,39	0,38	0,39	0,41	0,44	0,39	
6	0,44	0,59	0,66	1,03	0,64	0,64	0,66	0,68	0,64	
8	0,83	0,70	0,76	0,75	0,74	0,74	0,75	0,78	0,74	
10	0,97	0,85	0,90	1,27	0,97	0,88	0,89	1,01	0,98	
12	1,15	0,85	1,00	0,99	0,97	0,88	0,97	1,00	1,06	
14	1,19	1,07	1,22	1,48	1,19	1,18	1,18	1,21	1,27	
16	1,08	0,97	1,11	1,11	1,17	0,98	1,16	1,18	1,16	
18	1,10	1,00	1,13	1,04	1,19	1,09	1,08	1,28	1,17	
20	1,16	1,14	1,10	1,09	1,15	1,04	1,11	1,22	1,21	
22	1,07	1,05	1,09	1,09	1,14	0,95	1,09	1,20	1,18	
24	1,00	0,99	1,03	1,11	1,07	1,04	1,09	1,11	1,10	
26	0,96	0,96	0,90	0,98	1,02	0,99	0,95	1,05	1,04	
28	0,71	0,70	0,88	0,72	0,67	0,71	0,83	0,92	0,92	
30	0,70	0,70	0,64	0,72	0,66	0,69	0,64	0,73	0,73	
32	0,48	0,48	0,41	0,41	0,43	0,76	0,47	0,56	0,55	
34	0,27	0,27	0,20	0,28	0,21	0,22	0,23	0,31	0,31	

Первичные оценки значений коэффициентов сжатия растворов CaJ_2 при разбавлении

Массовая доля CaJ_2 , %	Температура, °C										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,46	0,34	0,28	0,23	0,23	0,25	0,19	0,27	0,25	0,26	0,18
4	0,73	0,62	0,56	0,52	0,52	0,44	0,49	0,47	0,46	0,48	0,51
6	0,93	0,83	0,77	0,74	0,74	0,67	0,73	0,71	0,70	0,73	0,67
8	1,07	0,98	0,92	0,89	0,90	0,93	0,90	0,89	0,88	0,92	0,87
10	1,15	1,06	1,01	0,98	0,99	1,03	1,00	1,00	1,00	1,04	1,00
12	1,34	1,25	1,20	1,19	1,20	1,24	1,22	1,22	1,23	1,19	1,24
14	1,46	1,38	1,33	1,32	1,34	1,29	1,28	1,29	1,30	1,27	1,33
16	1,50	1,43	1,39	1,39	1,41	1,37	1,36	1,37	1,39	1,37	1,35
18	1,57	1,50	1,46	1,47	1,41	1,46	1,46	1,39	1,41	1,40	1,39
20	1,56	1,50	1,46	1,47	1,42	1,39	1,40	1,42	1,37	1,44	1,44
22	1,47	1,42	1,39	1,41	1,36	1,41	1,43	1,38	1,33	1,42	1,42
24	1,39	1,35	1,32	1,35	1,31	1,28	1,31	1,34	1,30	1,31	1,33
26	1,24	1,20	1,18	1,21	1,26	1,23	1,19	1,23	1,20	1,22	1,24
28	1,09	1,05	1,04	1,07	1,05	1,03	1,07	1,04	1,01	1,04	1,08
30	0,92	0,90	0,89	0,86	0,84	0,82	0,87	1,07	0,83	0,87	0,84
32	0,60	0,59	0,58	0,63	0,62	0,61	0,59	0,65	0,56	0,61	0,59
34	0,35	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,30	0,30	0,29	0,35	0,34
Массовая доля CaJ_2 , %	Температура, °C										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,22	0,18	0,26	0,24	0,25	0,27	0,19	0,23	0,28	0,25	
4	0,46	0,52	0,51	0,50	0,51	0,54	0,47	0,52	0,48	0,46	
6	0,72	0,70	0,69	0,69	0,71	0,74	0,69	0,74	0,71	0,70	
8	0,92	0,90	0,91	0,91	0,94	0,89	0,93	0,91	0,88	0,88	
10	1,06	1,14	1,06	1,07	1,10	1,06	1,12	1,10	1,08	1,09	
12	1,22	1,22	1,24	1,16	1,21	1,17	1,14	1,23	1,22	1,15	
14	1,32	1,32	1,26	1,28	1,24	1,31	1,29	1,30	1,29	1,32	
16	1,35	1,35	1,40	1,33	1,39	1,38	1,36	1,38	1,30	1,34	
18	1,39	1,41	1,37	1,40	1,38	1,38	1,37	1,41	1,42	1,38	
20	1,45	1,39	1,45	1,40	1,39	1,40	1,40	1,36	1,38	1,36	
22	1,36	1,38	1,38	1,33	1,33	1,34	1,36	1,33	1,36	1,35	
24	1,28	1,31	1,31	1,27	1,28	1,30	1,24	1,31	1,26	1,26	
26	1,20	1,16	1,17	1,14	1,16	1,19	1,14	1,22	1,18	1,19	
28	1,04	1,01	1,03	1,01	1,04	1,00	1,04	1,05	1,02	1,05	
30	0,89	0,86	0,90	0,80	0,85	0,81	0,86	0,89	0,79	0,83	
32	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57	0,63	0,61	0,65	0,56	0,61	
34	0,33	0,32	0,38	0,30	0,29	0,35	0,27	0,33	0,32	0,31	

Таблица 4

Первичные оценки значений коэффициентов сжатия растворов
Ca(NO₃)₂ при разбавлении

Массовая доля Ca(NO ₃) ₂ , %	Температура, °C										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,33	0,22	0,15	0,10	0,09	0,11	0,15	0,12	0,10	0,12	0,13
4	0,49	0,39	0,32	0,28	0,27	0,29	0,33	0,30	0,29	0,31	0,33
6	0,71	0,61	0,55	0,51	0,50	0,42	0,47	0,44	0,44	0,45	0,48
8	0,79	0,69	0,63	0,60	0,59	0,61	0,56	0,63	0,63	0,65	0,59
10	0,91	0,82	0,77	0,73	0,73	0,74	0,70	0,77	0,78	0,80	0,83
12	0,99	0,91	0,86	0,82	0,82	0,84	0,80	0,78	0,79	0,82	0,85
14	1,02	0,95	0,90	0,87	0,87	0,88	0,84	0,92	0,84	0,88	0,92
16	1,10	1,03	0,99	0,96	0,95	0,88	0,94	0,92	0,94	0,98	0,93
18	1,13	1,06	1,02	1,00	0,99	0,92	0,98	0,97	0,99	0,94	0,99
20	1,10	1,05	1,01	0,99	0,99	0,91	0,97	0,96	0,99	0,95	1,00
22	1,03	0,98	0,95	0,93	0,93	0,94	0,92	0,91	0,95	0,91	0,96
24	1,00	0,95	0,93	0,91	0,91	0,84	0,90	0,89	0,85	0,90	0,88
26	0,91	0,87	0,85	0,84	0,84	0,76	0,83	0,82	0,79	0,84	0,82
28	0,77	0,74	0,73	0,71	0,71	0,72	0,71	0,70	0,67	0,73	0,72
30	0,66	0,64	0,63	0,62	0,62	0,54	0,53	0,53	0,59	0,57	0,64
32	0,50	0,48	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,38	0,45	0,44	0,43
34	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,19	0,18	0,18	0,25	0,25	0,24
Массовая доля Ca(NO ₃) ₂ , %	Температура, °C										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,13	0,17	0,18	0,18	0,18	0,20	0,12	0,16	0,20	0,17	
4	0,37	0,33	0,31	0,29	0,30	0,32	0,35	0,29	0,34	0,31	
6	0,52	0,48	0,47	0,46	0,47	0,49	0,52	0,47	0,53	0,51	
8	0,63	0,60	0,59	0,58	0,59	0,62	0,66	0,62	0,57	0,66	
10	0,79	0,76	0,57	0,56	0,58	0,61	0,65	0,71	0,67	0,76	
12	0,81	0,78	0,79	0,78	0,80	0,84	0,79	0,86	0,82	0,82	
14	0,88	0,85	0,86	0,86	0,88	0,93	0,88	0,86	0,93	0,93	
16	0,90	0,96	0,98	0,89	0,92	0,96	0,92	0,92	0,89	0,90	
18	0,96	0,94	0,96	0,96	1,00	0,96	0,92	1,01	0,99	0,92	
20	0,97	0,96	0,99	0,98	0,94	0,99	0,96	0,97	0,95	0,98	
22	0,94	0,93	0,96	0,96	0,92	0,89	0,95	0,97	0,95	0,90	
24	0,86	0,84	0,88	0,88	0,85	0,91	0,89	0,91	0,90	0,85	
26	0,81	0,80	0,84	0,76	0,81	0,79	0,77	0,81	0,80	0,84	
28	0,70	0,70	0,75	0,67	0,73	0,71	0,70	0,74	0,65	0,70	
30	0,63	0,54	0,60	0,52	0,59	0,57	0,56	0,61	0,53	0,59	
32	0,42	0,42	0,48	0,40	0,39	0,38	0,38	0,44	0,35	0,42	
34	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,32	0,22	0,21	0,21	0,20	

Двукратно (по изоконцентрамам и изотермам) сглаженные ряды значений коэффициентов сжатия растворов CaCl_2 при разбавлении

Массовая доля CaCl_2 , %	Температура, °C										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,53	0,48	0,43	0,31	0,21	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,16
4	0,63	0,59	0,45	0,40	0,40	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
6	0,63	0,59	0,55	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,45
8	0,78	0,75	0,72	0,66	0,66	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71
10	0,79	0,77	0,75	0,71	0,71	0,74	0,77	0,77	0,77	0,72	0,72
12	0,92	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,95	0,95	0,96
14	0,92	0,92	0,92	0,93	0,95	1,03	1,03	0,97	0,97	0,97	1,01
16	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,05	1,09
18	1,05	1,05	1,05	1,07	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
20	1,05	1,05	1,07	1,07	1,09	1,17	1,17	1,10	1,10	1,10	1,10
22	1,05	1,04	1,07	1,07	1,09	1,17	1,17	1,10	1,10	1,10	1,10
24	1,05	1,04	1,03	1,02	1,02	1,17	1,17	1,06	1,06	1,05	1,04
26	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,99	1,03	1,03	1,03	1,01
28	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82	0,86	0,86	0,84
30	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,68	0,72	0,72	0,68
32	0,50	0,50	0,50	0,44	0,44	0,45	0,47	0,49	0,52	0,52	0,47
34	0,27	0,25	0,23	0,21	0,21	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,27
Массовая доля CaCl_2 , %	Температура, °C										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,16	0,14	0,14	0,19	0,20	0,20	0,16	0,16	0,22	0,27	
4	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	
6	0,49	0,49	0,49	0,49	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
8	0,71	0,71	0,69	0,69	0,71	0,71	0,69	0,69	0,68	0,68	
10	0,72	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	
12	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	
14	1,01	1,01	0,99	0,99	1,01	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	
16	1,09	1,09	1,08	1,05	1,05	1,05	1,08	1,08	1,08	1,08	
18	1,09	1,09	1,08	1,08	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	
20	1,09	1,09	1,08	1,08	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	
22	1,09	1,09	1,08	1,08	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	
24	1,04	1,04	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,07	1,06	1,06	
26	1,01	1,00	1,00	1,00	1,03	1,04	1,07	1,07	1,07	1,07	
28	0,83	0,83	0,83	0,86	0,86	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
30	0,68	0,68	0,68	0,66	0,66	0,69	0,70	0,70	0,70	0,70	
32	0,47	0,47	0,47	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	
34	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	

Таблица 6

Двукратно сглаженные (по изоконцентраатам и изотермам) ряды значений коэффициентов сжатия растворов $MgCl_2$ при разбавлении

Массовая доля $MgCl_2$, %	Температура, °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,34	0,28	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,19	0,28	0,28
4	0,42	0,38	0,34	0,34	0,35	0,36	0,36	0,38	0,38	0,38
6	0,59	0,59	0,59	0,59	0,61	0,61	0,65	0,68	0,68	0,57
8	0,74	0,72	0,70	0,67	0,67	0,67	0,72	0,72	0,76	0,76
10	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,87	0,87	0,92	0,92	0,92
12	0,88	0,86	0,86	0,86	0,88	0,88	0,92	0,92	0,92	0,92
14	1,07	1,07	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
16	1,07	1,07	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
18	1,07	1,07	1,07	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
20	1,07	1,06	1,03	1,03	1,03	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06
22	1,07	1,06	1,03	1,00	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,06
24	1,01	1,01	1,01	1,00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,97	1,00
26	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,90	0,94	0,94	0,95
28	0,85	0,81	0,77	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76
30	0,69	0,66	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,69
32	0,47	0,45	0,43	0,42	0,42	0,42	0,44	0,45	0,47	0,47
34	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,32	0,32	0,26	0,26	0,27
Массовая доля $MgCl_2$, %	Температура, °C									
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
2	0,28	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
4	0,38	0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,41	0,41	0,41	
6	0,57	0,59	0,66	0,66	0,64	0,64	0,66	0,66	0,66	
8	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	
10	0,90	0,90	0,90	0,97	0,97	0,89	0,89	0,98	1,01	
12	0,92	0,99	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	1,00	1,03	
14	1,09	1,09	1,11	1,11	1,11	1,16	1,16	1,16	1,18	
16	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,16	1,16	1,17	1,18	
18	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,17	1,18	
20	1,10	1,10	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,18	1,20	
22	1,07	1,07	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,18	1,20	
24	1,00	1,00	1,03	1,07	1,07	1,07	1,09	1,10	1,11	
26	0,96	0,96	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,04	1,05	
28	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71	0,71	0,83	0,92	0,92	
30	0,70	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,73	0,73	
32	0,48	0,48	0,41	0,41	0,43	0,47	0,56	0,55	0,56	
34	0,27	0,27	0,27	0,21	0,22	0,22	0,23	0,31	0,31	

Двукратно сглаженные (по изоконцентрамам и изотермам) ряды значений коэффициентов сжатия растворов CaJ_2 при разбавлении

Массовая доля CaJ_2 , %	Температура, °C										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,40	0,34	0,28	0,23	0,23	0,23	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22
4	0,68	0,62	0,56	0,52	0,52	0,49	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48
6	0,89	0,83	0,77	0,74	0,74	0,73	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70
8	1,04	0,98	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,90
10	1,11	1,06	1,01	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04
12	1,30	1,25	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
14	1,43	1,38	1,33	1,33	1,32	1,29	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32
16	1,47	1,43	1,39	1,39	1,39	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,35
18	1,53	1,50	1,47	1,46	1,42	1,41	1,40	1,40	1,40	1,40	1,39
20	1,53	1,50	1,47	1,46	1,42	1,41	1,41	1,40	1,40	1,42	1,42
22	1,43	1,42	1,41	1,41	1,41	1,40	1,41	1,38	1,38	1,42	1,42
24	1,35	1,35	1,35	1,32	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
26	1,20	1,20	1,20	1,21	1,23	1,23	1,23	1,20	1,22	1,22	1,22
28	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
30	0,91	0,90	0,89	0,86	0,84	0,84	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
32	0,59	0,59	0,59	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
34	0,35	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,34	0,34
Массовая доля CaJ_2 , %	Температура, °C										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,22	0,22	0,24	0,25	0,25	0,25	0,23	0,23	0,25	0,27	
4	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,48	0,48	0,46	
6	0,70	0,70	0,69	0,69	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	
8	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,88	0,88	
10	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,10	1,10	1,10	1,09	1,08	
12	1,22	1,22	1,22	1,21	1,17	1,17	1,17	1,22	1,22	1,22	
14	1,32	1,32	1,28	1,28	1,28	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	
16	1,35	1,35	1,35	1,38	1,38	1,38	1,38	1,36	1,34	1,32	
18	1,39	1,39	1,39	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	
20	1,39	1,39	1,39	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	
22	1,38	1,38	1,38	1,33	1,33	1,34	1,34	1,35	1,35	1,35	
24	1,31	1,31	1,31	1,28	1,28	1,28	1,28	1,26	1,26	1,26	
26	1,20	1,17	1,16	1,16	1,16	1,16	1,18	1,18	1,19	1,19	
28	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	
30	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,83	0,80	
32	0,63	0,63	0,61	0,59	0,59	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	
34	0,33	0,33	0,32	0,30	0,30	0,30	0,33	0,32	0,32	0,32	

Таблица 8

Двукратно сглаженные (по изоконцентрамам и изотермам) ряды значений коэффициентов сжатия растворов $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ при разбавлении

Массовая доля $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, %	Температура, °C										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
2	0,29	0,22	0,15	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
4	0,46	0,39	0,32	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,33
6	0,67	0,61	0,55	0,51	0,50	0,47	0,44	0,44	0,44	0,45	0,48
8	0,75	0,69	0,63	0,60	0,60	0,60	0,61	0,63	0,63	0,63	0,63
10	0,87	0,82	0,77	0,73	0,73	0,73	0,74	0,77	0,78	0,80	0,80
12	0,96	0,91	0,86	0,82	0,82	0,82	0,80	0,79	0,79	0,82	0,82
14	1,00	0,95	0,90	0,87	0,87	0,87	0,87	0,84	0,88	0,88	0,88
16	1,07	1,03	0,99	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93
18	1,09	1,05	1,01	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
20	1,09	1,05	1,01	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96
22	1,01	0,98	0,95	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,94	0,94
24	0,98	0,95	0,93	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,88
26	0,89	0,87	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
28	0,75	0,74	0,73	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72
30	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,54	0,53	0,53	0,57	0,59	0,63
32	0,49	0,48	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39	0,44	0,44	0,43
34	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,19	0,18	0,18	0,25	0,25	0,24
Массовая доля $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, %	Температура, °C										
	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
2	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16	0,17	0,18	
4	0,33	0,33	0,31	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	
6	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,49	0,49	0,51	0,52	0,53	
8	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,62	0,62	0,62	0,62	0,57	
10	0,79	0,76	0,57	0,57	0,58	0,61	0,65	0,67	0,67	0,67	
12	0,81	0,79	0,78	0,79	0,80	0,80	0,84	0,82	0,82	0,82	
14	0,88	0,86	0,86	0,86	0,88	0,88	0,88	0,88	0,93	0,93	
16	0,93	0,96	0,96	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,90	0,89	
18	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	
20	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	
22	0,94	0,94	0,96	0,96	0,92	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	
24	0,86	0,86	0,88	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	
26	0,81	0,81	0,81	0,80	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	
28	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	
30	0,63	0,60	0,59	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	
32	0,42	0,42	0,42	0,40	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	
34	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	

Выборочные сглаженные ряды оценок коэффициентов сжатия
исследуемых растворов для изоконцентрат 2%, 10%, 18% и 28%

Температура, °C	C = 2 %				C = 10 %			
	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂
0	0,53	-	0,40	0,29	0,79	-	1,11	0,87
5	0,48	0,34	0,34	0,22	0,77	0,87	1,06	0,82
10	0,43	0,28	0,28	0,15	0,75	0,86	1,01	0,77
15	0,31	0,13	0,23	0,10	0,71	0,85	0,99	0,73
20	0,21	0,13	0,23	0,10	0,71	0,85	0,99	0,73
25	0,14	0,15	0,23	0,11	0,74	0,85	1,00	0,73
30	0,14	0,15	0,25	0,12	0,77	0,87	1,00	0,74
35	0,14	0,15	0,25	0,12	0,77	0,87	1,00	0,77
40	0,14	0,19	0,25	0,12	0,77	0,92	1,00	0,78
45	0,14	0,28	0,25	0,12	0,72	0,92	1,00	0,80
50	0,16	0,28	0,22	0,13	0,72	0,92	1,04	0,80
55	0,16	0,28	0,22	0,17	0,72	0,90	1,06	0,79
60	0,14	0,21	0,22	0,17	0,75	0,90	1,06	0,76
65	0,14	0,19	0,24	0,18	0,75	0,90	1,07	0,57
70	0,19	0,19	0,25	0,18	0,75	0,97	1,07	0,57
75	0,20	0,19	0,25	0,18	0,75	0,97	1,07	0,58
80	0,20	0,19	0,25	0,18	0,76	0,89	1,10	0,61
85	0,16	0,19	0,23	0,16	0,76	0,89	1,10	0,65
90	0,16	0,19	0,23	0,16	0,76	0,98	1,10	0,67
95	0,22	0,19	0,25	0,17	0,76	1,01	1,09	0,67
100	0,27	-	0,27	0,18	0,76	-	1,08	0,67
Медиана	0,16	0,19	0,25	0,16	0,75	0,89	1,06	0,73
Температура, °C	C = 18 %				C = 28 %			
	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂
0	1,05	-	1,53	1,09	0,82	-	1,05	0,75
5	1,05	1,10	1,50	1,05	0,82	0,85	1,05	0,74
10	1,05	1,07	1,47	1,01	0,82	0,81	1,05	0,73
15	1,07	1,07	1,46	0,99	0,82	0,77	1,05	0,71
20	1,09	1,07	1,42	0,99	0,81	0,75	1,05	0,71
25	1,09	1,09	1,41	0,97	0,81	0,75	1,05	0,71
30	1,10	1,09	1,40	0,97	0,81	0,75	1,04	0,71
35	1,10	1,09	1,40	0,97	0,82	0,75	1,04	0,71
40	1,10	1,09	1,40	0,97	0,86	0,76	1,04	0,71
45	1,10	1,09	1,40	0,97	0,86	0,76	1,04	0,72
50	1,10	1,09	1,39	0,96	0,84	0,76	1,04	0,72
55	1,09	1,10	1,39	0,96	0,84	0,71	1,04	0,70
60	1,09	1,10	1,39	0,96	0,83	0,71	1,04	0,70
65	1,08	1,10	1,39	0,96	0,83	0,72	1,03	0,70
70	1,08	1,10	1,38	0,96	0,83	0,72	1,03	0,71
75	1,16	1,10	1,38	0,96	0,86	0,71	1,03	0,71
80	1,16	1,11	1,38	0,96	0,86	0,71	1,03	0,71
85	1,16	1,11	1,38	0,96	0,83	0,83	1,04	0,71
90	1,16	1,17	1,38	0,97	0,83	0,92	1,04	0,70
95	1,16	1,18	1,38	0,97	0,83	0,92	1,04	0,70
100	1,16	-	1,38	0,97	0,83	-	1,04	0,70
Медиана	1,10	1,09	1,39	0,97	0,83	0,75	1,04	0,71

Таблица 10

Выборочные сглаженные ряды оценок коэффициентов сжатия исследуемых растворов для изотерм 5 °С, 35 °С, 65 °С и 95 °С

Массовая доля, %	Изотерма 5 °С				Изотерма 35 °С			
	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂
2	0,48	0,34	0,34	0,25	0,14	0,15	0,25	0,12
4	0,59	0,42	0,62	0,48	0,37	0,36	0,47	0,30
6	0,59	0,59	0,83	0,71	0,44	0,65	0,71	0,44
8	0,75	0,74	0,98	0,88	0,72	0,72	0,89	0,63
10	0,77	0,87	1,06	1,09	0,77	0,87	1,00	0,77
12	0,91	0,88	1,25	1,22	0,91	0,92	1,22	0,79
14	0,92	1,07	1,38	1,29	0,97	1,09	1,29	0,84
16	1,05	1,07	1,43	1,34	1,00	1,09	1,37	0,94
18	1,05	1,07	1,50	1,38	1,10	1,09	1,40	0,97
20	1,05	1,07	1,50	1,38	1,10	1,06	1,40	0,97
22	1,04	1,07	1,42	1,35	1,10	1,03	1,38	0,92
24	1,04	1,01	1,35	1,26	1,06	0,99	1,31	0,89
26	0,96	0,90	1,20	1,19	1,03	0,90	1,20	0,82
28	0,82	0,85	1,05	1,04	0,82	0,75	1,04	0,71
30	0,64	0,69	0,90	0,83	0,68	0,61	0,87	0,53
32	0,50	0,47	0,59	0,61	0,49	0,44	0,61	0,39
34	0,25	0,27	0,34	0,32	0,25	0,32	0,30	0,18
Массовая доля, %	Изотерма 65 °С				Изотерма 95 °С			
	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂	CaCl ₂	MgCl ₂	CaJ ₂	Ca(NO ₃) ₂
2	0,14	0,19	0,24	0,18	0,22	0,19	0,25	0,17
4	0,37	0,39	0,51	0,31	0,37	0,41	0,48	0,32
6	0,49	0,66	0,69	0,47	0,45	0,66	0,71	0,52
8	0,69	0,75	0,91	0,59	0,68	0,75	0,88	0,62
10	0,75	0,90	1,07	0,57	0,76	1,01	1,09	0,67
12	0,95	0,99	1,22	0,78	0,97	1,03	1,22	0,82
14	0,99	1,11	1,28	0,86	1,06	1,18	1,29	0,93
16	1,08	1,11	1,35	0,96	1,08	1,18	1,34	0,90
18	1,08	1,10	1,39	0,96	1,16	1,18	1,38	0,97
20	1,08	1,09	1,39	0,96	1,16	1,20	1,38	0,97
22	1,08	1,09	1,38	0,96	1,16	1,20	1,35	0,95
24	1,03	1,03	1,31	0,88	1,06	1,11	1,26	0,90
26	1,00	0,96	1,16	0,81	1,07	1,05	1,19	0,80
28	0,83	0,72	1,03	0,70	0,83	0,92	1,04	0,70
30	0,68	0,70	0,86	0,59	0,70	0,73	0,83	0,57
32	0,47	0,41	0,61	0,42	0,51	0,56	0,61	0,38
34	0,27	0,27	0,32	0,23	0,25	0,31	0,32	0,21

Литература

1. Менделеев Д.И. Растворы /Д.И. Менделеев // Ленинградское отделение Изд-ва АН СССР. Л., 1959. – С. 13 – 56.
2. Зайцев И.Д. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ / И.Д. Зайцев, Г.Г. Асеев // Справочник, М.: Химия, 1988. – 416 с.
3. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров // Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1984, – 80 с.

4. Новицкий Н.В. Оценка погрешностей результатов наблюдений. / Н.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л.: Энергоатомиздат, 1991.

УДК 661.185.6:661.683.004.14

В.А. Левицкий; В.М. Утешев, канд. техн. наук (ГУ «НИОХИМ»);
Т.М. Краснова; С.А. Смирнов, канд. техн. наук (ЗАО «ЭКОХИММАШ»)

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ БЕСФОСФАТНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Викладено результати експериментальних досліджень комплексуючої здатності компонентів синтетичних миючих засобів (СМЗ). Показана необхідність підбору комбінації речовин, що мають властивості зв'язування катіонів жорсткості при розробці рецептури безфосфатного СМЗ.

Изложены результаты экспериментальных исследований комплексобразующей способности компонентов синтетических моющих средств (СМС). Показана необходимость подбора комбинации веществ, обладающих свойствами связывания катионов жесткости при разработке рецептуры бесфосфатного СМС.

The results of experimental studies of the complexing ability of the components of synthetic detergents. The necessity of selecting a combination of substances with properties of cation binding stiffness Formulation without phosphate synthetic detergents.

Ключевые слова: синтетические моющие средства, фосфаты, сесквикарбонат натрия, трона.

Keywords: synthetic detergents, phosphates, sodium sesquicarbonate, trona

В соответствии с европейским законодательством и Концепцией «Государственной программы по снижению и постепенному прекращению использования на территории Украины моющих средств на основе фосфатов» предусматривается уменьшение и постепенное прекращение использования синтетических моющих средств (СМС), содержащих фосфорнокислые соли.

Основная функция фосфатов в составе СМС – связывание катионов кальция и магния, образующих соли жесткости. Если в составе не будет фосфатов, с катионами кальция и магния начнут взаимодействовать ПАВ, моющая способность СМС при этом будет снижаться.

В настоящее время в качестве заменителей триполифосфата натрия (ТПФ) в составе СМС используются следующие вещества:

- цеолиты (синтетические алюмосиликаты);
- лимонная кислота и ее соли – цитраты;
- фосфонаты – эфиры и соли фосфоновой кислоты;
- поликарбонаты – эфиры и соли поликарбоновой кислоты;
- сесквикарбонат натрия (трона);
- комплексоны – трилон А и Б.

Из этого перечня технология получения полупродуктов – цеолита и сесквикарбоната натрия разработана институтом НИОХИМ. Настоящая работа посвящена рассмотрению свойств этих компонентов бесфосфатных моющих средств.

1. Цеолиты (синтетические алюмосиликаты). Синтетический цеолит NaA – многие годы считается основной альтернативой ТПФ в составе