

- большой диапазон рабочих температур, вплоть до 0,5 °С;
- отсутствие изменения рН.

Их большая стоимость окупается указанными преимуществами, и они являются наиболее перспективными коагулянтами.

К физико-химическим методам также можно отнести флотацию.

Флотация – это метод очистки воды, основанный на прилипании взвешенных в ней примесей к пузырькам воздуха и всплывании их на поверхность.

Метод химической флотации основан на обработке сточной воды реагентами. В результате химических реакций образуются пузырьки газа: кислород, углекислый газ, хлор и другие, которые флотируют примеси из воды. Конструкции установок для химической флотации чаще всего состоят из двух камер. В первой камере, снабженной лопастной мешалкой, происходит смешивание очищаемой воды и реагента. Во второй камере – флотореакторе происходят химические реакции с образованием флотокомпонентов. Образовавшийся шлам с помощью скребка удаляется в шламоприемник.

Кроме того, при флотации происходит аэрация сточных вод, снижение концентрации поверхностно-активных веществ и многочисленных микроорганизмов. Достоинства флотации является высокая степень очистки (до 95 процентов), большая скорость процесса, простая аппаратура.

За рубежом накоплен значительный опыт по эксплуатации установок напорной флотации. Высокий эффект очистки сточных вод при использовании напорной флотации достигается за счет того, что выделение пузырьков газа во флотокамере происходит непосредственно на частицах загрязнений. В этом случае вероятность слипания частиц загрязнений с пузырьком газа или воздуха близка к теоретически возможной. При этом эффективность процесса существенно повышается при использовании газов, по-разному растворяющихся в воде. Так, последовательное введение в воду воздуха и углекислого газа ускоряет флотационный процесс в 2...3 раза. Сущность интенсификации этого способа заключается в том, что вводимый сначала воздух под давлением 0,4...0,6 МПа выделяется во флотокамере в виде пузырьков размером 0,2...0,5 мм, а затем происходит их укрупнение за счет выделения углекислого газа. Если исходная концентрация нефтепродуктов в сточной воде невелика и не превышает 50 мг/л, то регулируя продолжительность очистки или расход реагентов можно добиться конечной концентрации нефтепродуктов ниже 3 мг/л.

Более высокая степень очистки достигается при применении реагентов (хлорида железа, сульфата алюминия и др.) и с использованием флокулирующих веществ, особенно при очистке сточной воды от эмульгированных нефтепродуктов, масел и жиров.

Литература.

1. Д.Н.Смирнов, Очистка сточных вод в процессах обработки. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы// [Текст]/ Водные ресурсы, 2010, N5. -с.617-632.
2. Беспаятнов Г.П., К.К.Рихтер Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде, //Химия 1987.

#### **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ХЛОРАТА НАТРИЯ В ИНТЕРВАЛЕ 298-520 К**

*В.В. Литвиненко, студент группы 10730,*

*научный руководитель: Соболева Э.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Кристаллы хлората натрия являются практически важными материалами, так как являются пьезоэлектриками, пироэлектриками, обладающими хиральностью, оптической и акустической активностью, генерацией второй гармоники. В последние годы интерес к этим объектам резко усилился в связи с поиском новых кристаллов для лазеров на основе комбинационного рассеяния и рамановских лазерных конверторов [1, 2]. Галогенаты натрия являются также удобными модельными объектами для теории твердых тел, одновременно сочетающих два типа химических связей – ионную между узлами кристаллической решетки и ковалентную между атомами, образующими комплексные анионы. Вместе с тем, в знаниях об основных свойствах хлората натрия имеются существенные пробелы. Одним из них является механизм разупорядочения анионной подрешетки  $\text{NaClO}_3$ , состоящей из комплексных молекулярных группировок  $\text{ClO}_3$  в форме уплощенных пирамид. Малоизученными

являются его тепловые и термодинамические характеристики, которые представляют, несомненно, как научный, так и практический интерес.

**Цель работы:** исследование термодинамических функций  $\text{NaClO}_3$ : энтропии, энтальпии и приведенной энергии Гиббса в интервале 298-520 К методом численного интегрирования.

**Задачи исследования:** 1) проанализировать влияние температуры на молярную теплоемкость  $\text{NaClO}_3$  в интервале 298-520 К; 2) определить на основе полученных экспериментальных данных  $C_p(T)$  изменения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса.

Молярная теплоемкость  $\text{NaClO}_3$  при постоянном давлении  $C_p$  была определена в работе [3] с помощью измерителя теплоемкости ИТ-С-400 (погрешность 10 %). На рис. 1 приведены экспериментальные значения теплоемкости кристалла хлората натрия в зависимости от температуры. Высокотемпературная ветвь кривой  $C_p(T)$  при  $T > 400$  К в хлорате натрия демонстрирует несколько повышенную зависимость от температуры, чем следовало бы ожидать для вполне стабильной решетки неполярного диэлектрика за счет взаимодействия только фононов. Данный факт, объясняется тем, что уже с указанной выше температуры инициируется и постепенно нарастает ориентационный беспорядок дипольных моментов за счет хаотической разориентации молекулярных группировок  $\text{ClO}_3$  в последовательных слоях решетки, который, в конце концов, привел бы к фазовому переходу 2-го рода сегнетоэлектрик-параэлектрик с точкой Кюри  $T_c=593$  К [1]. Однако ранее при  $T=530$  К решетка  $\text{NaClO}_3$  теряет динамическую устойчивость и наступает фазовый переход 1-го рода – кристалл плавится.

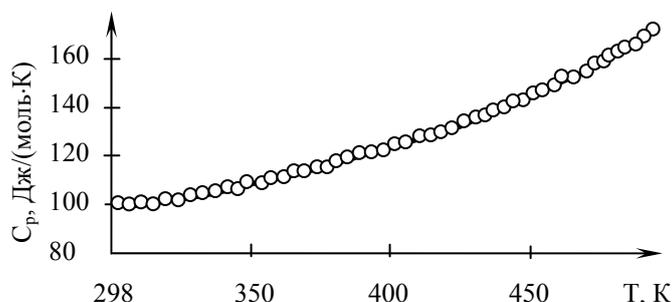


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости кристалла  $\text{NaClO}_3$

Сглаженные значения теплоемкости  $C_p$  при каждой данной температуре представлены в таблице 1, отклонение экспериментальных точек не превышало 1%. Из таблицы 1 видно, что при стандартных условиях теплоемкость ионно-молекулярного хлората натрия примерно в два раза превышает теплоемкость изоморфного с  $\text{NaClO}_3$  типично ионного кристалла хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ). Теплоемкость – одна из важнейших теплофизических (термодинамических) характеристик вещества. Применение теплоемкости для термодинамических расчетов тепловых эффектов химических реакций, тепловых балансов химико-технологических процессов, энтропии, химического равновесия, исследования строения вещества, механизма взаимодействия веществ и т. д. не исчерпывает ее значения. В настоящее время известны точные методы определения теплоемкости в широком интервале температур. Разрабатываются основы теории теплоемкости для простых твердых веществ и газов. Однако законченной теории теплоемкости для сложных твердых и жидких соединений еще нет. Системный анализ накопленных современных знаний показывает, что теплоемкость сложных твердых соединений является функцией не только температуры, энтропии, давления, объема, но, прежде всего: 1) молекулярной массы; 2) типа, строения химической связи, ее основных характеристик, глубины химического взаимодействия между атомами, деформирующими данную химическую связь; 3) плотности соединения; 4) суммы порядковых номеров атомов молекулы; 5) типа кристаллической решетки соединения; 6) других свойств [4].

Полученные данные теплоемкости хлората натрия в исследуемом температурном интервале могут быть описаны следующим эмпирическим соотношением (в единицах  $\text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ ) [4]:

$$C_p = 5,4272 + 645,54 \cdot 10^{-3} T - 174,37 \cdot 10^{-5} T^2 + 214,438 \cdot 10^{-8} T^3 \quad (1)$$

На основе полученных экспериментальных данных из сглаженной кривой  $C_p(T)$  методом численного интегрирования рассчитаны изменения энтропии  $S_T^0 - S_{298}^0$  и энтальпии  $H_T^0 - H_{298}^0$  [5]:

$$H_T - H_0 = \int C_p(T) dT, \quad (2)$$

$$S_T - S_0 = \int \frac{C_p(T)}{T} dT. \quad (3)$$

Для определения изменения энергии Гиббса при нагреве от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$  воспользовались уравнением [5]:

$$G_{T_2}^0 - G_{T_1}^0 = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT - (T_2 - T_1) \cdot S_{T_1}^0 - T_2 \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} dT, \quad (4)$$

где стандартная энтропия для  $\text{NaClO}_3$   $S_{298}^0 = 129,7$  Дж/(моль·К).

Таблица 1

Сглаженные значения молярной теплоемкости и рассчитанные по ним изменения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса  $\text{NaClO}_3$

T, К	$C_p$ , Дж/(моль·К)	$S_T^0 - S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	$H_T^0 - H_{298}^0$ , кДж/(моль·К)	$G_T^0 - G_{298}^0$ , Дж/(моль·К)
298	99,69	-	-	-
300	100,04	0,67	0,20	-260
310	101,85	3,99	1,21	-1582
320	103,70	7,26	2,24	-2936
330	105,62	10,49	3,29	-4321
340	107,61	13,68	4,36	-5740
350	109,69	16,85	5,45	-7192
360	111,87	19,99	6,56	-8678
370	114,16	23,11	7,69	-10201
380	116,59	26,23	8,85	-11751
390	119,15	29,33	10,03	-13340
400	121,87	32,43	11,24	-14961
410	124,75	35,53	12,47	-16624
420	127,81	38,64	13,74	-18312
430	131,06	41,77	15,04	-20040
440	134,52	44,91	16,37	-21808
450	138,19	48,08	17,73	-23621
460	142,10	51,28	19,14	-25462
470	146,24	54,53	20,58	-27356
480	150,65	57,81	22,07	-29283
490	155,32	61,14	23,60	-31261
500	160,27	64,52	25,19	-33271
510	165,52	67,97	26,82	-35341
520	171,08	71,48	28,51	-37456

## Литература.

1. Мэзон У. Пьезоэлектрические кристаллы и их применение в ультразвуке.- М.: Изд-во иностр. литературы, 1952. – 447 с.
2. Беломестных В. Н., Соболева Э. Г., Теслева Е. П. Физико-химическая механика кристаллов хлората натрия //Физико-химические процессы в неорганических материалах (ФХП – 10): доклады Десятой Международной конференции - Кемерово, Кем ГУ, 10 – 12 октяб. 2007. - Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. - с. 317 – 319.
3. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Теплоемкость хлората натрия // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: Труды III Всероссийской научно-практической конференции - Юрга, Россия, 19-21 мая 2005. - Томск: Изд. ТПУ, 2005. - С. 119-121.
4. Беломестных В.Н., Соболева Э.Г. Акустические, упругие и неупругие свойства кристаллов галогенатов натрия.- Томск: Изд. ТПУ, 2009. - 276 с.
5. Семиохин И.А. Физическая химия: Учебник. Изд-во МГУ, 2001. 272 с.