

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Рук. деп. в ВИНТИ №44-В2024 от 25.11.2024г.

УДК 541.123

Терещенко А.Г.

Насыщенные растворы веществ
для задания относительных влажностей воздуха в диапазоне 100 – 40 %

Томск 2024

1. Введение

В лабораторной практике, при исследовании влияния относительной влажности воздуха на продукцию и процессы, создается строго определенная относительная влажность воздуха, обычно влажность создается водными растворами в ограниченном объеме (камере, контейнере, эксикаторе) [1, 2]. В настоящее время наиболее распространённым методом создания определенных величин относительной влажности воздуха в камерах является использование насыщенных растворов веществ. Существует ряд нормативных документов, которые рекомендуют такие вещества [3, 4], но величины относительных влажностей, приведенные в них, не охарактеризованы точностью. В ASTM E 104-02 [5] точность приводится, но во всех этих документах приводится чуть больше десятка значений относительных влажностей воздуха на весь 100 % диапазон. Разрыв между приводимыми величинами относительных влажностей может достигать почти 10 %. Между тем в лабораторной практике, например, при использовании динамического метода определения гигроскопических точек веществ, иногда требуются более близкие между собой справочные значения относительных влажностей, так как это влияет на точность метода, и требуется информация об их точности, т. е. чтобы эти значения были охарактеризованы неопределенностями.

Данная работа представляет справочные данные по гигроскопическим точкам твердых веществ в диапазоне от 100 до 40 % относительной влажности воздуха (ОВ) при 25°C, определенных динамическим методом [1, 2] и опубликованных ранее в трех экспериментальных статьях [3 - 5]. В таблицу с данными из этих статей (значения гигроскопической точки и стандартная неопределенность), включены так же вещества из ASTM E 104-02, которые использовались как опорные вещества в динамическом методе определения гигроскопических точек веществ.

2.Результаты

Значения гигроскопических точек в таблице представлены в виде убывающего ряда, и они взаимосогласованы друг с другом. Гигроскопическая точка вещества – это равновесная относительная влажность воздуха (в % ОВ) над насыщенным раствором этого чистого вещества. Насыщенный раствор вещества – это раствор, в котором в равновесном состоянии присутствует как жидкая фаза, так и кристаллы этого вещества; соотношение жидкости и кристаллов не влияет на величину относительной влажности над раствором.

В таблицу включены вещества из списка ASTM E 104-02, среди которых есть вещества (KI, K₂CO₃), насыщенные растворы которых гидролизуются и выделяют в воздух посторонние газы. Некоторые органические вещества, включенные в таблицу (карбамид, ацетамид) обладают своей заметной летучестью при комнатной температуре, что так же необходимо учитывать при экспериментах с ними.

Таблица - Рекомендуемые значения гигроскопических точек веществ в диапазоне 100 – 40 % ОВ при 25 °С.

Название вещества	Формула твёрдой фазы насыщенного раствора	Величина гигроскопи- ческой точки, % ОВ	Использовать с осторожностью
Нитрат бария	Ba(NO ₃) ₂	98.4±0.6	
Сульфат калия	K ₂ SO ₄	97.3±0.5	
Перхлорат аммония	NH ₄ ClO ₄	94.2±1.0	
Нитрат калия	KNO ₃	92.6±1.1	
Хлорид бария	BaCl ₂ ·2H ₂ O	90.2±1.0	
Хромат калия	K ₂ CrO ₄	86.4±0.8	
Сульфат лития	Li ₂ SO ₄ ·H ₂ O	84.5±0.5	
Хлорид калия	KCl	84.2±0.3	
Бромид цезия	CsBr	83.8±0.4	
Бромид калия	KBr	80.9±0.5	
Сульфат аммония	(NH ₄) ₂ SO ₄	80.0±0.5	
Уротропин	(CH ₂) ₆ N ₄	77.2±0.4	
Хлорид аммония	NH ₄ Cl	77.1±0.3	
Сульфат цезия	Cs ₂ SO ₄	75.7±0.3	

Карбамид	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	75,6±0,2	летуч
Хлорид натрия	NaCl	75,3±0,2	
Хлорид рубидия	RbCl	75,1±0,2	
Бромид бария дигидрат	$\text{BaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	74,5±0,3	
Нитрат натрия	NaNO_3	73,9±0,3	
Хлорат натрия	NaClO_3	73,4±0,3	
Хлорид стронция гексагидрат	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	71,0±0,3	
Йодид калия	KI	68,9±0,3	гидролизуется
Перхлорат лития тригидрат	$\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	68,3±0,3	
Хромат натрия гексагидрат	$\text{Na}_2\text{CrO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	67,0±0,5	
Хлорид цезия	CsCl	65,7±0,6	
Нитрат аммония	NH_4NO_3	61,2±0,6	
Бромид стронция гексагидрат	$\text{SrBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	58,6±0,4	
Бромид натрия дигидрат	$\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	57,6±0,4	
Ацетамид	CH_3CONH_2	55,2±0,6	летуч
Нитрат магния гексагидрат	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	52,8±0,6	
Нитрат кальция тетрагидрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	49,8±0,6	
Перхлорат натрия моногидрат	$\text{NaClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	45,5±0,4	
Роданид калия	KNCS	45,3±0,4	
Нитрат лития тригидрат	$\text{LiNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	44,2±0,4	
Карбонат калий полуторогидрат	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$	43,2±0,4	гидролизуется
Перхлорат магния гексагидрат	$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	41,1±0,4	

3. Заключение

Представлены справочные данные по гигроскопическим точкам ряда твердых веществ в диапазоне 100 – 40 % ОВ. Насыщенные растворы рассмотренных веществ могут быть использованы для задания относительных влажностей воздуха в лабораторной практике, при этом следует всесторонне

рассматривать конкретные ситуации, учитывать летучесть или последствия гидролиза некоторых солей. Расширение числа опорных веществ в динамическом методе определения гигроскопических точек, приводит к увеличению точности динамического метода определения гигроскопических точек. Эти данные будут представлены на сайте «Справочник по гигроскопичности» <https://hygroscopy.tpu.ru/>

Литература

1. Tereshchenko A.G. Dynamic Method for the Determination of Hygroscopicity of Water-Soluble Solids // Journal of Solution Chemistry. 2020. Vol. 49. P. 1029-1051.
2. Tereshchenko A.G. Improving the Dynamic Method for Determining Hygroscopic Points of Soluble Solids // Journal of Solution Chemistry. 2023. Vol. 52. P.861–869.
3. Tereshchenko A.G. Structuring of reference data on the hygroscopic points of soluble substances // Journal of Chemical Thermodynamics. 2021. Vol. 159. 106471.
4. Tereshchenko A.G. Structuring of reference data on the hygroscopic points of soluble substances in the range 41–69% RH // Journal of Chemical Thermodynamics. 2022. Vol. 171. 106790.
5. Терещенко А.Г. Определение динамическим методом гигроскопических точек твердых растворимых веществ в диапазоне 100 – 73 % относительной влажности воздуха. / Томск. политехн. ун-т. - Томск, 2024. – 15 с. Рукопись деп. ВИНТИ РАН 25.11.2024, № 42-B2024.

Печатается в соответствии с решением Ученого совета Инженерной школы новых производственных технологий Томского политехнического университета от 29 октября 2024 г., протокол № 10.