

Введение Научный и технологический интерес к ионным жидкостям (ИЖ) и их смесям с различными жидкостями в последние годы быстро возрастает [1-4], в то время как их термодинамические и структурные свойства еще не до конца изучены [5]. Большой научный интерес к ИЖ обусловлен наличием таких специфических свойств, как широкий интервал жидкого состояния и низкие температуры плавления, высокая удельная электропроводность, хорошая растворяющая способность по отношению к разнообразным соединениям, каталитическая активность, нелетучесть, нетоксичность. Пожалуй, самым важным и привлекательным свойством ионных жидкостей является возможность управления физическими, химическими и биологическими свойствами ИЖ путем подбора структуры катиона и аниона [6-9]. Изучение ионных жидкостей также сконцентрировано в применении их в зеленой химии в качестве зеленых растворителей для замены летучих, токсичных органических растворителей. По сравнению с обычными молекулярными растворителями, ИЖ обычно энергонезависимы, в большинстве случаев негорючие, менее токсичны, хорошо растворяют органические и неорганические материалы и могут быть использованы в более широком диапазоне температур. Таким образом, спектр потенциального применения ИЖ очень широк: растворители, катализаторы, теплоносители, экстрагенты, электролиты, сенсоры, жидкие кристаллы и т.д. Нетоксичность, большая растворяющая способность, нелетучесть и многие другие свойства ионных жидкостей вызывают большой интерес для применения их в медицине. В журнале *Green Chemistry* опубликована статья группы британских и американских ученых, которые предложили заменить ртуть на ионную жидкость – соль органического соединения, которая при нормальных условиях существует в жидком состоянии [6]. Ионные жидкости давно известны химикам, они используются в системах доставки лекарств в организм, в аккумуляторах и топливных элементах [10]. ИЖ являются наиболее подходящим материалом для замены ртути в медицинских жидкостных ртутных термометрах. У ИЖ по сравнению с ртутью несколько преимуществ. Помимо низкой токсичности, они обладают более быстрым откликом на изменение температуры. Низкое давление паров позволяет устранить последствия разрушения термометра с меньшими усилиями и более эффективно. По сравнению с молекулярными жидкостями, также широко используемыми в термометрии (такими, например, как этанол), у ИЖ более широкий температурный диапазон применения [6]. С целью изучения возможности использования ионной жидкости [Emim][Cl] в термометрии было экспериментально исследовано ее объемное тепловое расширение. Схема установки и методы измерений К стеклянной колбе на 60 мл плотно прикреплена узкая стеклянная капиллярная трубка с делениями. Колба помещена в термостат, который позволяет устанавливать температуру от 10 до 100°C (рис.1). Рис. 1 - Схема установки с целью установления погрешностей

измерений экспериментально были измерены коэффициенты расширения этанола и сравнены с литературными данными [11]. Рис. 2 - Коэффициент объемного расширения этанола После термостатирования определялось изменение объема. По результатам измерений была построена полиномиальная зависимость изменения объема этанола от температуры и аналитически продифференцирована. Относительная погрешность измерений составила 10% (рис.2). Коэффициент объемного расширения рассчитывался по формуле: , (1) где  $dV$  - изменение объема (м<sup>3</sup>),  $V$  - объем жидкости (м<sup>3</sup>),  $dT$  - изменение температуры (К). Коэффициент расширения ионной жидкости [Emim][Cl] Были приготовлены водные растворы ионной жидкости [Emim][Cl] 25% масс., 50% масс., 75% масс., 100% масс. и воды. Предварительно замерив температуру полученных растворов, наполнили колбы ионной жидкостью разных концентраций до определенной метки на капилляре, от которой начали вести отсчеты. Колбы поместили в термостат и нагревали от 10°C до 100°C и измеряли изменение объема. Измерения для чистой ионной жидкости [Emim][Cl] проводились при температурах от 80°C до 100°C, так как ниже 80°C данная ИЖ находится в твердом состоянии. По результатам измерений были построены полиномиальные зависимости объема от температуры и продифференцированы. В результате получены линейные зависимости коэффициента объемного расширения от температуры. Результаты измерений представлены на рис. 3. Проанализировав данные результаты получили зависимость для описания коэффициента объемного расширения ионной жидкости [Emim][Cl] при разных концентрациях и температурах от 10 до 100°C: , (2) где  $A = 8,3 \cdot 10^{-5} - 5,44 \cdot 10^{-6} \cdot X + 4,58 \cdot 10^{-7} \cdot X^2 - 7,56 \cdot 10^{-9} \cdot X^3 + 4,46 \cdot 10^{-11} \cdot X^4$ ,  $B = 6,91 \cdot 10^{-6} - 1,67 \cdot 10^{-9} \cdot X + 6,29 \cdot 10^{-11} \cdot X^2 - 1,46 \cdot 10^{-11} \cdot X^3$ ,  $X$  - концентрация ионной жидкости (% масс.),  $T$  - температура (°C). Рис. 3 - Коэффициент объемного расширения [Emim][Cl] Максимальная относительная погрешность коэффициента расширения, вычисленного по формуле (2), по сравнению с экспериментальными данными составила 7%. Среднеквадратическое отклонение было рассчитано по формуле (3): , (3) где  $n$  - количество экспериментов,  $\beta_{\text{экс}}$  - экспериментальные значения коэффициента расширения,  $\beta_{\text{расч}}$  значения коэффициента расширения, рассчитанные по формуле (2), и составило  $2,34 \cdot 10^{-5}$ . Расчет шкалы термометра Для того, чтобы шкала термометра была равномерной, подбираем концентрацию ионной жидкости, при которой с изменением температуры коэффициент расширения остается постоянным. Исходя из полученной зависимости для определения коэффициента объемного расширения (2) было найдено, что это условие выполняется при концентрации ионной жидкости [Emim][Cl] 79%. При данной концентрации коэффициент расширения равен 0,0005228 К-1. Объем термометрической жидкости  $V$  (м<sup>3</sup>) был рассчитан по формуле [12]: , (4) где  $V_0$  - объем жидкости при температуре  $t_0=0^\circ\text{C}$  (м<sup>3</sup>),  $\beta_{\text{ж}}$  - коэффициент объемного расширения термометрической жидкости (К-1),  $\beta_{\text{ст}}$  - коэффициент объемного

расширения стекла ( $\beta_{ст} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ). Берем начальный объем ионной жидкости равный начальному объему ртути в медицинском максимальном ртутном термометре  $V_0 = 0,126 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  [12],  $\beta_{[EMIM][Cl]} = 5,228 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ . Отсюда получаем  $V = 2,718 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$ . Рассчитываем объем резервуара [12]: , (5) где  $\Delta t$  - изменение температуры ( $\Delta t = 32^\circ\text{C}$ , так как шкала термометра имеет начальную отметку  $32^\circ\text{C}$ .)  $V_{рез} = 1,281 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$ . Далее рассчитываем диаметр трубки [12]: , (6) где для медицинского термометра  $t_1 = 32^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 42^\circ\text{C}$ ,  $L$  - смещение столбика ртути по капиллярной трубке при нагревании от  $t_1$  до  $t_2$  ( $L = 0,1 \text{ м}$ ). Диаметр трубки составил  $9,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ . Заключение В данной работе были измерены коэффициенты объемного расширения водных растворов  $[EMIM][Cl]$  при различных концентрациях и в температурах от 10 до  $100^\circ\text{C}$ . На основе этих данных получена зависимость для описания коэффициента объемного расширения ионной жидкости  $[Emim][Cl]$  в исследуемом диапазоне температур и концентраций. Рассчитаны параметры медицинского жидкостного термометра с применением ИЖ  $[EMIM][Cl]$  в качестве рабочей жидкости