



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 541.8

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9337

### Объемные и рефрактометрические свойства бинарных растворов н-пропанол - н-алкилэтаноаты

Галина Юрьевна Харченко<sup>✉</sup>,

Юрий Константинович Сунцов, Алексей Александрович Иванов

Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия,  
harchenko.g.u@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Селективность при хроматографировании и ионном обмене органических веществ определяется во многих случаях рефрактометрическими и объемными свойствами растворов. Поэтому изучение закономерностей изменения данных свойств при варьировании температуры, молярной массы и концентрации компонентов имеет важное прикладное значение.

В работе изучены зависимости мольных объемов и рефракций бинарных смесей, образованных общим компонентом н-пропанолом с первыми пятью представителями гомологического ряда н-алкилэтаноатов от температуры и молярной массы второго компонента.

Установлены положительные отклонения от правила аддитивности для изотерм плотности двухкомпонентных растворов. Причем их величина возрастает с увеличением молекулярной массы н-алкилэтаноата в гомологическом ряду. Рассчитанные для этих растворов величины мольных объемов линейно связаны с мольной долей, молярной массой н-алкилэтаноата в смеси и температурой системы. Предложены уравнения, позволяющие рассчитывать мольный объем растворов систем с точностью 0.02 см<sup>3</sup>/моль в интервале температур. Корреляционным анализом установлено, что для растворов постоянных концентраций мольные объемы смесей аддитивно возрастают с увеличением молярной массы н-алкилэтаноата и линейно зависят от мольной доли н-пропанола в смеси. С учетом перечисленных закономерностей предложено обобщающее уравнение, нормирующее вклад в значение  $V_m$  всех параметров ( $x$ ,  $M$ ,  $T$ ).

Изотермы показателя преломления растворов плавно возрастают с увеличением концентрации и молярной массы н-алкилэтаноата в смеси. Температурный градиент растворов практически не зависит от состава и составляет 0.0003 град<sup>-1</sup>. Рассчитанные значения мольных рефракций растворов линейно возрастают с увеличением концентрации и молярной массы сложного эфира в смеси. Получены соотношения  $R_m=f(x)$  для исследованных систем и предложено уравнение, обобщающее вклад мольной доли и молярной массы эфира в значение мольной рефракции.

Предложенные в работе уравнения, позволяют прогнозировать физико-химические свойства растворов во всем диапазоне концентраций и могут использоваться для расчета свойств многокомпонентных систем, для оперативного контроля процессов производства алифатических спиртов и н-алкилэтаноатов, а также для определения селективности поглощения сорбентами молекул и ионов минерального и органического сырья.

**Ключевые слова:** рефрактометрия, плотность, мольный объем, мольная рефракция, н-пропанол, н-алкилэтаноаты, уравнения состояния.

**Для цитирования:** Харченко Г.Ю., Сунцов Ю.К., Иванов А.А. Объемные и рефрактометрические свойства бинарных растворов н-пропанол - н-алкилэтаноаты // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2022. Т. 22, № 3. С. 310-318. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9337>



Original article

## Volumetric and refractometric properties of binary solutions of n-propanol and n-alkylethanoates

Galina Yu. Kharchenko<sup>✉</sup>, Yuri K. Suntsov, Alexey A. Ivanov

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation, harchenko.g.u@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** In many cases, the selectivity in chromatography and ion exchange of organic substances is determined by the refractometric and volumetric properties of the solutions. Therefore, it is important to study the patterns of changes in these properties at different temperature, molar weight, and concentration of the components.

In this article, we used binary mixtures composed of the common component, n-propanol, and the first five representatives of the n-alkylethanoate homological series. We studied the dependence of the molar volume and refraction of the solutions on temperature and the molar mass of the second component.

The density isotherms of the two-component solutions showed positive deviations from the additivity rule. Moreover, their value increased with the increase in the molecular weight of n-alkylethanoate in the homologous series. The calculated values of molar volumes for these solutions were linearly related to the molar fraction and molar weight of n-alkylethanoate in the mixture, as well as to the temperature of the system. We provided equations for the calculation of the molar volume of the solutions of the systems with an accuracy of 0.02 cm<sup>3</sup>/mol in the temperature range of 298.15-338.15K. By correlation analysis, we found that in the case of constant concentration solutions, the molar volume of the mixtures increased additively with the molar weight of n-alkylethanoate and depended linearly on the molar fraction of n-propanol in the mixture. Taking these patterns into account, we proposed a generalising equation normalising the contribution of all the parameters (x, M, T) to the value of V<sub>m</sub>.

The refractive index isotherms of the solutions rise gradually with the increase in the concentration and molar weight of n-alkylethanoate in the mixture. The temperature gradient of the solutions is almost independent of the composition and is 0.0003 deg<sup>-1</sup>. The calculated values of the molar refractions of the solutions increase linearly with an increase in the concentration and molar weight of the ester in the mixture. We obtained the relations of R<sub>m</sub>=f(x) for the studied systems and proposed an equation generalising the contribution of the molar fraction and molar weight of the ester to the value of the molar refraction.

The equations proposed in the article make it possible to predict the physical and chemical properties of the solutions in the whole range of concentrations. They can be used to calculate the properties of multicomponent systems for the operational control of aliphatic alcohol and n-alkylethanoate production processes. Moreover, they can be used to determine the selectivity of absorption of mineral and organic raw material molecules and ions by sorbents.

**Keywords:** refractometry, density, molar volume, molar refraction, n-propanol, n-alkylethanoates, equations of state.

**For citation:** Kharchenko G.Yu., Suntsov Yu.K., Ivanov A.A. Volumetric and refractometric properties of binary solutions of n-propanol and n-alkylethanoates. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*. 2022. 22(3): 310-318. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9337>

### Введение

При хроматографировании и ионном обмене селективность органических веществ во многих случаях определяется рефрактометрическими и объемными свойствами растворов. Поэтому исследование данных свойств при варьировании температуры, молярной массы и концентрации компонентов требует детального изучения. В производстве алифатических спиртов часто встречаются растворы, содержащие н-

пропанол и сложные эфиры уксусной кислоты [1]. Расчеты на этапе проектирования и контроль хода производственных процессов требуют данных об объемных и рефрактометрических свойствах бинарных растворов, образованных указанными компонентами. Целью настоящей работы явилось исследование объемных и рефрактометрических свойств бинарных смесей, образованных общим компонентом н-пропанолом и метил-, этил-, н-пропил-, н-бутил- и н-пентилэтанолом.

### Экспериментальная часть

Химически чистые реактивы дополнительно очищались обезвоживанием по методикам [2] и перегонялись без доступа воздуха на лабораторной ректификационной колонне ОВ-503/1. Контроль остаточной влаги в реактивах осуществлялся потенциометрическим титрованием с использованием реактива Фишера [3,4]. Содержание влаги в очищенных реактивах не превышало 0.1%. Физические

константы очищенных веществ удовлетворительно совпадали с данными [5] и представлены в таблице 1.

Измерения плотности бинарных растворов при температурах 298.15, 318.15 и 338.15 К, проведены с использованием пикнометров Рейшауэра, рабочим объемом 50 см<sup>3</sup>, погрешностью опытов ±0.0001 г/см<sup>3</sup>. Значения показателя преломления смесей при тех же температурах получены на рефрактометре ИРФ-25.

Таблица 1. Плотность и показатель преломления веществ при 298.15 К  
 Table 1. Density and refractive index of the substances at 298.15 K

Наименование вещества	Плотность $\rho_4 \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup>		Показатель преломления, $n_D$	
	эксперимент	литературные данные	эксперимент	литературные данные
<i>n</i> -пропанол	0.7994	0.8010	1.3830	1.3850
метилэтанол	0.9222	0.9320	1.3574	1.3610
этилэтанол	0.8942	0.9020	1.3697	1.3720
<i>n</i> -пропилэтанол	0.8823	0.8880	1.3818	1.3828
<i>n</i> -бутилэтанол	0.8755	0.8813	1.3916	1.3950
<i>n</i> -пентилэтанол	0.8710	0.8760	1.4001	1.4008

Таблица 2. Экспериментальные значения плотности растворов систем, образованных *n*-пропанолом и *n*-алкилэтанолатами  
 Table 2. Experimental values for the density of the solutions of the systems formed by *n*-propanol and *n*-alkylethanoates

Температура T, К	Плотность $\rho \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup> растворов систем при концентрациях (x) спирта в мольных долях					
	1.00	0.80	0.60	0.40	0,20	0,00
	<i>n</i> -пропанол - метилэтанол					
298.15	<b>0.7994</b>	<b>0.8188</b>	<b>0.8426</b>	0.8687	0.8957	0.9222
318.15	0.7833	0.8003	0.8219	0.8460	0.8710	0.8955
	<i>n</i> -пропанол – этилэтанол					
298.15	<b>0.7994</b>	0.8212	0.8414	0.8603	0.8779	0.8942
318.15	0.7833	0.8025	0.8206	0.8378	0.8540	0.8693
338.15	0.7659	0.7826	0.7988	0.8144	0.8293	0.8437
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -пропилэтанол					
298.15	<b>0.7994</b>	0.8212	0.8398	0.8558	0.8698	0.8823
318.15	0.7833	0.8027	0.8196	0.8344	0.8476	0.8595
338.15	0.7659	0.7836	0.7990	0.8126	0.8249	0.8365
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -бутилэтанол					
298.15	<b>0.7994</b>	0.8220	0.8405	0.8556	0.8673	0.8755
318.15	0.7833	0.8042	0.8205	0.8337	0.8449	0.8555
338.15	0.7659	0.7854	0.8007	0.8132	0.8240	0.8346
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -пентилэтанол					
298.15	<b>0.7994</b>	0.8224	0.8397	0.8529	0.8629	0.8710
318.15	0.7833	0.8048	0.8210	0.8335	0.8436	0.8527
338.15	0.7659	0.7861	0.8016	0.8136	0.8237	0.8329

Таблица 3. Экспериментальные значения показателя преломления растворов систем *n*-пропанол и *n*-алкилэтанойты Т, К

Table 3. Experimental values of the refractive index of the solutions of the systems of *n*-propanol and *n*-alkylethanoates at T, K

Температура Т, К	Показатель преломления $n_D$ растворов систем при концентрациях (x) спирта в мольных долях					
	1.00	0.80	0.60	0.40	0.20	0.00
	<i>n</i> -пропанол - метилэтанойт					
298	1.3829	1.3768	1.3708	1.3664	1.3629	1.3574
318	1.3750	1.3690	1.3624	1.3573	1.3532	1.3474
	<i>n</i> -пропанол – этилэтанойт					
298	1.3830	1.3793	1.3762	1.3736	1.3714	1.3697
318	1.3751	1.3705	1.3670	1.3640	1.3613	1.3595
338	1.3665	1.3611	1.3573	1.3543	1.3516	1.3482
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -пропилэтанойт					
298	1.3830	1.3824	1.3820	1.3816	1.3816	1.3818
318	1.3752	1.3738	1.3828	1.3722	1.3720	1.3720
338	1.3664	1.3645	1.3630	1.3619	1.3612	1.3612
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -бутилэтанойт					
298	1.3829	1.3854	1.3872	1.3888	1.3903	1.3916
318	1.3750	1.3765	1.3783	1.3797	1.3806	1.3821
338	1.3662	1.3670	1.3685	1.3697	1.3708	1.3729
	<i>n</i> -пропанол – <i>n</i> -пентилэтанойт					
298	1.3827	1.3883	1.3921	1.3953	1.3976	1.4001
318	1.3748	1.3799	1.3835	1.3863	1.3887	1.3909
338	1.3665	1.3711	1.3744	1.3772	1.3797	1.3814

Экспериментальные данные представлены в таблицах 2-3.

### Обсуждение результатов

Построенные на основе экспериментальных данных изотермы плотности бинарных растворов, образованных *n*-пропанолом и *n*-алкилэтанойтами имеют положительные отклонения от правила аддитивности. Установлено, что увеличение молярной массы сложного эфира в гомологическом ряду приводит к росту отклонений плотности растворов от правила аддитивности для изученных систем (табл. 2).

По результатам измерений рассчитаны значения мольных объемов бинарных

растворов систем *n*-пропанол - *n*-алкилэтанойт. Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением концентрации и молярной массы сложного эфира в смеси мольные объемы растворов систем линейно возрастают (рис. 1) и могут быть описаны изотермами вида  $V_m = k_i \cdot x + b_i$ , где  $x$  - мольная доля *n*-пропанола,  $k_i$  и  $b_i$  – коэффициенты.

Изменение температуры в диапазоне температур 298.15-338.15 К не оказывает влияния на вид изотерм для мольных объемов растворов всех изученных систем, причем коэффициенты  $k_i$ ,  $b_i$  тоже линейно зависят от температуры (рис. 2).

Аналогичные зависимости наблюдались и для растворов других систем [6,7].

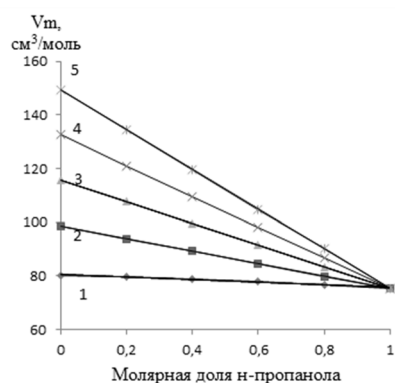


Рис. 1. Зависимость мольного объема от молярной доли н-пропанола при температуре 298.15 К: 1 – н-пропанол - метилэтанонат, 2 – н-пропанол - этилэтанонат, 3 – н-пропанол- н-пропилэтанонат, 4 – н-пропанол- н-бутилэтанонат, 5 – н-пропанол - н-пентилэтанонат.

Fig. 1. Dependence of the molar volume on the molar fraction of n-propanol at 298.15 K: 1 – n-propanol and methylethanoate, 2 – n-propanol and ethylethanoate, 3 – n-propanol and n-propylethanoate, 4 – n-propanol and n-butylethanoate, and 5 – n-propanol and n-pentylethanoate.

Учитывая эти закономерности, для исследуемых растворов получили уравнения:

н-пропанол – метилэтанонат  
 $V = (8.9838 + 0.04673T) \cdot x + (0.1166T + 45.862)$ , (1)

н-пропанол – этилэтанонат  
 $V = (-3.7303 - 0.06580T) \cdot x + (0.1480T + 54.473)$  (2)

н-пропанол- н-пропилэтанонат  
 $V = (-17.786 - 0.07647T) \cdot x + (0.1595T + 68.270)$  (3)

н-пропанол – н-бутилэтанонат  
 $V = (-31.552 - 0.08652T) \cdot x + (0.1689T + 82.201)$  (4)

н-пропанол – н-пентилэтанонат  
 $V = (-47.674 - 0.08928T) \cdot x + (0.1737T + 97.651)$ , (5)

где  $x$  – молярная доля н-пропанола в растворе.

Уравнения (1-5) позволяют рассчитывать мольный объем растворов систем с точностью  $\pm 0.02$  см<sup>3</sup>/моль в интервале температур 298.15-338.15 К. Проведенным корреляционным анализом установлено, что для растворов постоянных концентраций мольные объемы смесей аддитивно возрастают с увеличением молярной массы (числа групп (-CH<sub>2</sub>-)) н-алкилэтаноната (рис. 3). Определено также, что

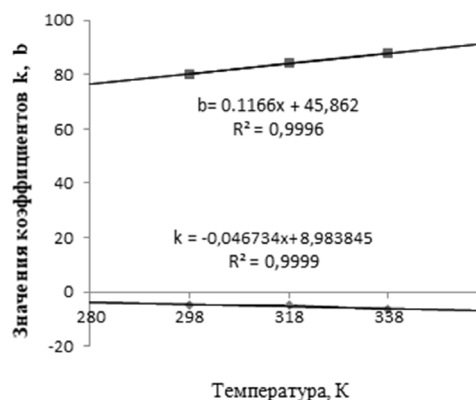


Рис. 2. Зависимость значений коэффициентов для изотерм  $V_m = k_i x + b_i$  от температуры для растворов системы н-пропанол – метилэтанонат.

Fig. 2. Dependence of the coefficient values for the  $V_m = k_i x + b_i$  isotherms on temperature for the solutions of the n-propanol and methylethanoate system.

численные характеристики изотерм для растворов систем постоянного мольного состава также линейно зависят от молярной доли н-пропанола в смеси (рис. 4).

Учитывая эти закономерности, получили обобщенное уравнение:

$$V = [0.9361 \cdot M - 25.911 + (0.00096 \cdot M + 0.05496) \cdot T] + x \cdot [(-1.0059 \cdot M + 84.382) + (-0.00075 \cdot M + 0.00409) \cdot T],$$
 (6)

где  $x$  – мол. доля н-пропанола в растворе;  $M$  – молярная масса н-алкилэтаноната. Уравнение (6) описывает объемные свойства растворов систем, образованных общим растворителем (н-пропанолом) и пятью первыми представителями гомологического ряда сложных эфиров уксусной кислоты в интервале температур 298.15-338.15 К с указанной выше точностью.

На основании экспериментальных данных (табл.3) построены изотермы показателя преломления исследованных растворов  $n_D = f(x)$ . Установлено, что кривые не имеют характерных изломов и с ростом концентрации и молярной массы

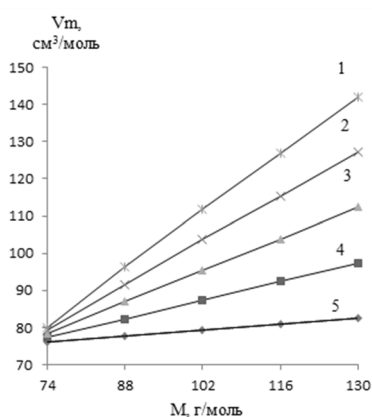


Рис. 3. Зависимость мольного объема от молярной массы *n*-алкилэтаноата для растворов систем постоянного молярного состава 1- 0.1, 2 – 0.3, 3 – 0.5, 4 – 0.7, 5 – 0.9, при  $T=298.15$  К.

Fig. 3. Dependence of the molar volume on the molar weight of *n*-alkylethanoate for the solutions of the systems of constant molar composition, 1 – 0.1, 2 – 0.3, 3 – 0.5, 4 – 0.7, and 5 – 0.9, at  $T=298.15$  K.

сложного эфира в растворе плавно увеличиваются. Расчеты показали, что температурный градиент растворов практически не зависит от состава и составляет  $\cong 0.0003$  град<sup>-1</sup>. Известно, что характер изотер показателя преломления двойных систем зависит от свойств веществ, определяющих межмолекулярное взаимодействие, а также от способа выражения состава растворов. На основании экспериментальных данных рассчитаны значения мольных рефракций для индивидуальных веществ и их бинарных смесей по формуле Лорентц-Лоренца:

$$R_m = \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho}, \quad (7)$$

где  $R_m$  – мольная рефракция, см<sup>3</sup>/моль,  $n_D$  – показатель преломления,  $M$  – молярная масса раствора,  $\rho$  – плотность раствора, г/см<sup>3</sup>. Следует отметить, что мольная рефракция является структурно-чувствительной характеристикой растворов. Выяснено, что для изученных растворов значения мольных рефракций линейно возрастают с увеличением концентрации и молярной массы сложного эфира в

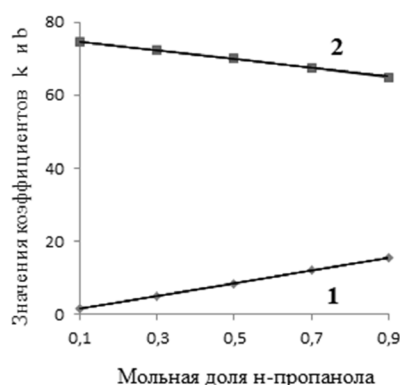


Рис 4. Значений коэффициентов (1 – коэффициент  $k_j$ , 2 – коэффициент  $b_j$ ) зависимости вида  $V_m = k_j + b_j$  от мольной доли *n*-пропанола в растворах систем при температуре 298.15 К.

Fig 4. Values of the coefficients (1 is  $k_j$ ; 2 is  $b_j$ ) for the  $V_m = k_j + b_j$  dependence on the molar fraction of *n*-propanol in the solutions of the systems at a temperature of 298.15 K.

смеси (рис. 5) и могут быть описаны линейными уравнениями:

*n*-пропанол -метилэтаноат:

$$R_m = -0.0972 \cdot x + 17.74 \quad (8)$$

*n*-пропанол -этилэтаноат:

$$R_m = -4.7674 \cdot x + 22.35 \quad (9)$$

*n*-пропанол - *n*-пропилэтаноат:

$$R_m = -9.4382 \cdot x + 27.03 \quad (10)$$

*n*-пропанол - *n*-бутилэтаноат:

$$R_m = -14.059 \cdot x + 31.62 \quad (11)$$

*n*-пропанол - *n*-пентилэтаноат:

$$R_m = -18.711 \cdot x + 36.282 \quad (12)$$

где  $x$  – мольная доля *n*-пропанола в растворе.

Уравнения (8-12), значения коэффициентов в которых найдены методом наименьших квадратов с использованием программы Microsoft Excel 2007, позволяют рассчитывать мольную рефракцию смесей с погрешностью  $\pm 0.01$  см<sup>3</sup>/моль. Как видно из рис. 6, значения мольной рефракции для растворов постоянного состава при увеличении молярной массы сложного эфира в ряду гомологов аддитивно возрастают. Известно, что мольная рефракция является средней мерой поляризуемости молекул в жидкости. Можно

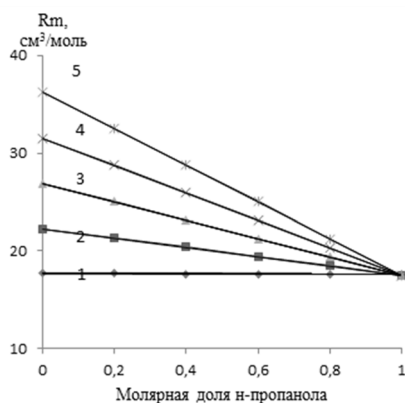


Рис. 5. Зависимость мольной рефракции от молярной доли н-пропанола при температуре 298.15 К: 1 – н-пропанол - метиэтаноеат, 2 – н-пропанол - этилэтаноеат, 3 – н-пропанол- н-пропилэтаноеат, 4 – н-пропанол- н-бутилэтаноеат, 5 – н-пропанол - н-пентилэтаноеат.

Fig. 5. Dependence of the molar refraction on the molar fraction of n-propanol at 298.15 K: 1 – n-propanol and methylethanoate, 2 – n-propanol and ethylethanoate, 3 – n-propanol and n-propylethanoate, 4 – n-propanol and n-butylethanoate, and 5 – n-propanol and n-pentylethanoate.

утверждать поэтому, что поляризуемость молекул сложного эфира в исследуемых растворах при  $x = \text{const}$  возрастает дискретно в гомологическом ряду с увеличением молярной массы н-алкилэтаноеата на гомологическую разность. Такая закономерность в изменении дипольных моментов молекул н-алкилэтаноеатов согласуется данными литературы [8,9].

Также установлена линейная зависимость значений коэффициентов в уравнениях прямых  $R_m = k \cdot M + b$   $x = \text{const}$  от молярного состава исследуемых растворов. Выявленные закономерности позволили на основе соотношений (8-12) получить обобщенное уравнение вида:

$R_m = (-0.3316x + 0.3304)M + 24.455x - 6.7485$  (13)  
 где  $R_m$  – мольная рефракция,  $\text{см}^3/\text{моль}$ ;  $M$  – молярная масса н-алкилэтаноеата;  $x$  – мольная доля н-пропанола в растворе. Полученное уравнение (13) позволяет рассчитывать мольную рефракцию растворов, образованных н-пропанолом и сложными эфирами уксусной кислоты

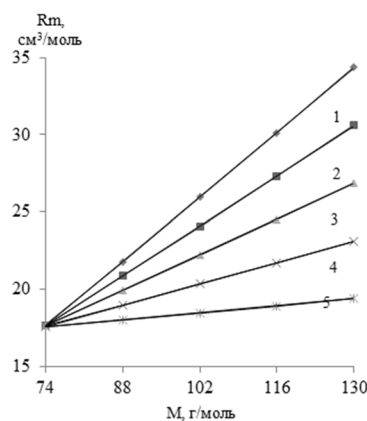


Рис. 6. Зависимость мольной рефракции от молярной массы н-алкилэтаноеата для растворов постоянного молярного состава 1 – 0.1, 2 – 0.3, 3 – 0.5, 4 – 0.7, 5 – 0.9, при  $T = 298.15$  К.

Fig. 6. Dependence of the molar refraction on the molar weight of n-alkylethanoate for the solutions of constant molar composition, 1 – 0.1, 2 – 0.3, 3 – 0.5, 4 – 0.7, and 5 – 0.9, at  $T = 298.15$  K.

при  $T = 298.15$  К, с точностью  $\pm 0.2 \text{ см}^3/\text{моль}$  и может быть использовано в химико-инженерной практике при производстве спиртов, сложных эфиров, а также при хроматографическом и ионообменном разделении компонентов [2, 9, 10].

### Заклучение

Рассчитанные на основе опытных данных значения мольных объёмов и рефракций растворов, содержащих н-пропанол – н-алкилэтаноеаты, оказались линейно зависящими от молярного состава систем и молярной массы н-алкилэтаноеата в гомологическом ряду. На основе установленных закономерностей предложены уравнения, описывающие объёмные и рефрактометрические свойства растворов во всем диапазоне концентраций при различных температурах. Полученные уравнения (1-13) могут быть использованы для оперативного контроля технологических процессов получения н-



пропанола, *n*-алкилэтаноев, а также для определения селективности поглощения сорбентами молекул и ионов минерального и органического сырья [9,10].

### Список литературы

1. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного и нефтехимического синтеза. М. Химия. 1975. 532 с.

2. Органикум. Практикум по органической химии. Ч. 1 и 2. М. Мир. 1979. 900 с.

3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Количественный анализ. М. Химия. 1971. 454 с.

4. Золотов Ю.А., Дорохова Е. Н., Фадеева В. И. и др. Основы аналитической химии. Кн. 2. Методы химического анализа. М. Высшая школа. 2004. 503 с.

5. National Institute of Standards and Technology (NIST). Search for Species Data by Chemical Formula. Режим доступа: <https://webbook.nist.gov/chemistry/formser.html> (дата обращения 20.03.2022)

6. Сунцов Ю.К., Сорокина Ю.Н., Чуйков А.М. Объёмный и рефрактометрический контроль состава растворов бинарных систем этанол - *n*-алкилбутаноаты // *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2015. Т. 1. С. 195-199.

7. Магомедов М.М., Сунцов Ю.К., Чуйков А.М. Объёмный и рефрактометрический контроль состава бинарных растворов *n*-алкилэтаноев // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2016. №. 1-2 (7). С. 376-379.

8. Осипов О.А., Минкин В.И., Гарновский А.Д. Справочник по дипольным моментам. М. Высшая школа. 1971. 413 с.

9. Рудаков О.Б., Востров И.А., Федоров С.В., Филипов А.А., Селеменев В.Ф., Приданцев А.А. Спутник хроматографа. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж. Водолей. 2004. 528 с.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

10. Селеменев В.Ф., Рудаков О.Б., Рудакова Л.В., Беланова Н.А., Назарова А.А. Фосфолипиды на фоне природных матриц. Воронеж. Научная книга. 2020. 318 с.

### References

1. Lebedev N.N. Chemistry and technology of basic and petrochemical synthesis. M. Chemistry. 1975. 532 p. (In Russ.)

2. Organicum. Workshop on organic chemistry. Ch. 1 and 2. M. Mir. 1979. 900 p.

3. Kreshkov A.P. Fundamentals of analytical chemistry. Theoretical foundations. Quantitative analysis. M. Chemistry. 1971. 454 p. (In Russ.)

4. Zolotov Y.A., Dorokhova E. N., Fadeeva V. I. and others. Fundamentals of analytical chemistry. Book 2. Methods of chemical analysis. M. Higher School. 2004. 503 p. (In Russ.)

5. National Institute of Standards and Technology (NIST). Search for Species Data by Chemical Formula. Access mode: <https://webbook.nist.gov/chemistry/formser.html> (accessed 20.03.2022)

6. Suntsov Yu.K., Sorokina Yu.N., Chuikov A.M. Volumetric and refractometric control of the composition of solutions of binary systems of ethanol - *n*-alkylbutanoates. *Problems of ensuring safety during the liquidation of the consequences of emergency situations*. 2015; 1: 195-199. (In Russ.)

7. Magomedov M.M., Suntsov Yu.K., Chuikov A.M. Volumetric and refractometric control of the composition of binary solutions of *n*-alkylethanoates. *Modern technologies for civil defense and emergency response*. 2016; 1-2 (7); 376-379. (In Russ.)

8. Osipov O. A., Minkin V. I., Garnovsky A.D. Handbook of dipole moments. M. Higher School. 1971. 413 p. (In Russ.)





9. Rudakov O.B., Vostrov I.A., Fedorov S.V., Fillipov A.A., Selemenev V.F., Pridantsev A.A. Satellite of the chromatographer. Methods of liquid chromatography. Voronezh. Aquarius. 2004. 528 p. (In Russ.)

10. Selemenev V.F., Rudakov O.B., Rudakova L.V., Belanova N.A., Nazarova A.A. Phospholipids against the background of natural matrices. Voronezh. Publishing House - printing center "Scientific Book". 2020. 318 p. (In Russ.)

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Г.Ю. Харченко** – к.х.н., доцент кафедры химии, Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия;

**Ю.К. Сунцов** – д.х.н., профессор кафедры химии, Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия;

**А.А. Иванов** – студент, Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия.

**G.Yu. Kharchenko** – PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [harchenko.g.u@mail.ru](mailto:harchenko.g.u@mail.ru)

**Yu.K. Suntsov** – Doctor of chemistry, Professor, Department of the Department of Chemistry, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: [jsyntsov@mail.ru](mailto:jsyntsov@mail.ru)

**A.A. Ivanov** – student, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 17.05.2022; одобрена после рецензирования 16.06.2022; принята к публикации 17.06.2022.*

*The article was submitted 17.05.2022; approved after reviewing 16.06.2022; accepted for publication 17.06.2022.*