

МРНТИ 31.15.31

Г.Е. Рахматуллина¹ (orcid-0000-0001-5364-1870) - основной автор,
А.А. Клишева² (orcid-0000-0002-5493-324X),
Н.В. Акатьев³ (orcid -0000-0001-9248-2753)

¹Магистрант, ²Магистрант, ³Канд.хим.наук, ст. преподаватель
^{1,2,3}ЗКУ им. Утемисова, г. Уральск, Казахстан
email:¹gulsara_19_99@mail.ru, ²aaklisheva@gmail.com, ³niko_aikidzin@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/CCFD2947>

ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКОЕ, ВИСКОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ И РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРОВ САЛИЦИЛАТА НАТРИЯ В ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДЕ

Аннотация. В работе комплексно исследованы физико-химические свойства растворов салицилата натрия в диметилсульфоксиде в интервале концентраций 0,1 - 1,0 моль·дм⁻³ при различных температурах и атмосферном давлении. Получены зависимости практически важных свойств исследуемых растворов от концентрации в температурном интервале 20-60°C. Определены значения относительной вязкости (η_r) и кажущихся молярных объемов (V_ϕ). С применением уравнения Лоренц-Лоренца рассчитаны индексы молярной рефракции (R_D). Во всём температурном интервале определены параметры Массона (V_ϕ^0 , S_v) и Джонса-Доула (коэффициенты А и В), что позволило установить характер взаимодействий частиц растворённого вещества и растворителя в исследуемых растворах.

Ключевые слова: диметилсульфоксид, салицилат натрия, уравнение Джонса-Доула, параметры Массона, физико-химические свойства растворов.

Введение. Салицилат натрия (o -C₆H₄(OH)COONa, NaSal, SS) – натриевая соль широко распространенной и практически важной салициловой (2-гидроксibenзойной) кислоты (рис.1а). Этот очень легко растворимый в воде (1:1) белый кристаллический порошок можно найти практически в любой химической лаборатории.

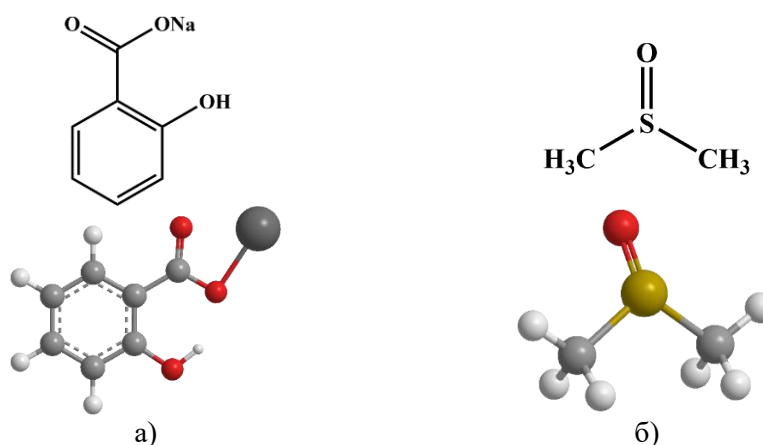


Рисунок 1. Структура салицилата натрия (а) и диметилсульфоксида (б).

Салицилат натрия обладает широким спектром практически важных свойств. Он широко востребован в медицинской практике как нестероидный противовоспалительный препарат [1] и является заменителем ацетилсалициловой кислоты для чувствительных к ней людей [2]. Обладая некоторой токсичностью [3] и склонностью к самоокислению в водных растворах [4], он способен индуцировать апоптоз в раковых клетках [5]. Салицилат натрия проявляет также кератолитические и кератопластические свойства, однако в несколько меньшей степени, чем чистая салициловая кислота [6].

Помимо медицинского применения, салицилат натрия представляет интерес как добавка к антикоррозионным композициям [7], катализатор хемилюминесценции [8] и компонент пиротехнических составов (свистящих ракет) [9]. В аналитической химии салицилат натрия широко применяется как реагент для фотометрического определения нитратов в водах различного назначения [10]. Известен метод фотометрического определения аспирина в виде салицилата натрия [11]. Также описано взаимодействие салицилатанатрия с поверхностно-активными веществами [12].

Диметилсульфоксид (ДМСО, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$, Me_2SO) (рис.16) - универсальный, полярный ($\mu=3.96$ D, $\varepsilon=47,24$) [13], апротонный, малотоксичный ($\text{LD}_{50(\text{крысы})}=15-28$ г/кг) [14] растворитель, сильно сольватирующий многие неорганические ионы [15]. Как и салицилат натрия он применяется в медицине, поскольку обладает антиоксидантной, противогрибковой и противомикробной активностью [16]. В медицинской практике ДМСО известен как препарат «Димексид» обладающий дегидратационным, бактерицидным и анальгетическим действием [17]. В лабораториях органической, неорганической и биологической химии ДМСО стал почти незаменимым растворителем. Он является хорошей средой для консервации клеток [18] и используется при осуществлении химических превращений [19] для протекания многих из которых играет определяющую роль [20-21].

Для описания характера взаимодействия растворенного вещества и растворителя используются различные параметры, первостепенными среди которых являются плотность (ρ), вязкость (η), кажущийся молярный объем (V_ϕ), параметры Джонса-Доула, Массона, показатель преломления (n_D) и индекс молярной рефракции (R_D). Результаты измерения этих параметров могут быть интерпретированы с точки зрения взаимодействия растворенное вещество-растворитель и растворенное вещество-растворенное вещество [22]. Расчеты плотностей и молярных объемов имеют огромное значение при проектировании технологических процессов в химической и биологической промышленности [23-25].

Анализ литературы свидетельствует, что салицилат натрия довольно широко исследован в разбавленных водных растворах в условиях близких к физиологическим, что обусловлено его широким применением в качестве медицинского препарата. Показано, например, что он способствует улучшению всасывания некоторых фармацевтических препаратов, подавляя их молекулярную самоассоциацию [26-27].

Система салицилат натрия - ДМСО, в том числе в диапазоне концентраций $0,1-1,0$ моль·дм⁻³, на сегодняшний день является недостаточно изученной. Помимо фундаментальной ценности, позволяющей более глубоко изучить поведение бинарных электролитов в апротонных растворителях, такие исследования важны для химической промышленности включая

фармакологические производства и технологии тонкого органического синтеза.

В настоящей работе свойства растворов салицилата натрия в ДМСО изучены широким спектром физико-химических методов в диапазоне концентраций 0,1-1,0 моль·дм⁻³ и температурном интервале 20-60°C.

Условия и методы исследований. Салицилат натрия (CAS 54-21-7) производства SigmaAldrich (аналитический реагент чистотой ~99,5% использовался без дополнительной очистки. ДМСО (CAS 67-68-5) очищался по стандартной методике [28] с последующей перегонкой в вакууме водоструйного насоса в атмосфере азота. Исследуемые растворы готовили непосредственно перед применением в свежеперегнанном ДМСО.

Измерение плотности.

Измерение плотности исследуемых растворов проводили пикнометрическим методом. Перед измерениями пикнометр калибровали по бидистиллированной воде ($\rho=0.9970 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), бензолу ($\rho=0.8765 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), гексану ($\rho=0.6606 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), гептану ($\rho=0.6795 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), ацетону ($\rho=0.7845 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$) и свежеперегнанному диметилсульфоксиду ($\rho=1.1010 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$). Значения плотностей взяты из справочной литературы [13]. Погрешность измерения плотностей исследуемых растворов не превышала $\pm 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.

Расчет кажущегося молярного объема.

Кажущиеся молярные объемы исследуемых растворов (V_ϕ , см³·моль⁻¹) рассчитывали из экспериментально полученных значений плотностей по нижеприведенной формуле [22]

$$V_\phi = \frac{M}{\rho} + \frac{1000(\rho_0 - \rho)}{m \cdot \rho \cdot \rho_0} \quad (1)$$

где m - моляльность раствора (моль·кг⁻¹), ρ и ρ_0 - плотности (г·см⁻³) раствора и чистого растворителя соответственно, M - молярная масса растворенного вещества, г·моль⁻¹.

Значения кажущихся молярных объемов использовались для графического нахождения параметров уравнения Массона [29]:

$$V_\phi = V_\phi^0 + S_v \cdot \sqrt{C} \quad (2)$$

где V_ϕ^0 – предельный кажущийся молярный объем, а S_v – полуэмпирический параметр, зависящий от природы растворителя, растворенного вещества и температуры. Значения, соответствующие V_ϕ^0 и S_v получены из линейной графической зависимости V_ϕ от \sqrt{C} . Наклон прямой соответствует параметру V_ϕ^0 , а точка пересечения с осью ординат определяет значение S_v .

Измерение вязкости.

Вязкость растворов определяли с помощью вискозиметра Уббелодде при температуре 20-60°C с интервалом 5°C. Температуру поддерживали с помощью термостата с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Время истечения раствора из капилляра определяли по секундомеру с точностью $\pm 0,01$ сек. Вязкость (η , Нм³·с) рассчитывали по формуле:

$$\eta = \left(\frac{g}{g_0} \right) \cdot T \cdot K \quad (3)$$

где η - кинематическая вязкость (мм²/с), g - ускорение свободного падения в месте измерения (м/с²), g_0 - нормальное ускорение свободного падения (м/с²),

T - время истечения жидкости в секундах, K - постоянная вискозиметра ($\text{мм}^2/\text{с}^2$).

Ускорение свободного падения в месте определения кинематической вязкости $g(\text{м}/\text{с}^2)$, вычисляли по формуле [30]:

$$g=9.780318(1+0.0053024 \sin^2\phi -0.0000059 \sin^22\phi) - 2 \cdot 10^{-6}h, (4)$$

где ϕ – географическая широта места, градус; h - высота над уровнем моря, м.

Относительную вязкость (η_r)рассчитывали по формуле [22]:

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} (5)$$

где η и η_0 - вязкость раствора и чистого растворителя соответственно.

Вязкость использовалась для описания взаимодействия растворенного вещества с растворителем с помощью уравнения Джонса-Доула[31]:

$$\frac{\eta_r - 1}{\sqrt{C}} = A + B\sqrt{C} (6)$$

где η_r - относительная вязкость раствора, A - коэффициент, описывающий взаимодействие частиц растворенного вещества в растворе, B – коэффициент, характеризующий взаимодействия растворенного вещества с растворителем[16], C - концентрация растворенного вещества, моль·дм⁻³. Значения коэффициентов A и B получены из линейной графической зависимости $(\eta_r-1)/\sqrt{C}$ от \sqrt{C} . Наклон прямой соответствует B -коэффициенту; а точка пересечения с осью ординат определяет значение $-A$.

Измерение показателя преломления и расчет индекса молярной рефракции

Показатель преломления (n_D) измеряли с помощью рефрактометра ИРФ-454Б2М с точностью $\pm 0,0002$. Погрешность температурных измерений составляла $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Индекс молярной рефракции R_D рассчитывали по найденным значениям показателя преломления с использованием уравнения Лоренц-Лоренца[32]:

$$R_D = \left[\frac{(n_D^2 - 1)}{(n_D^2 + 2)} \right] \left(\sum_{i=1}^3 \frac{\chi_i M_i}{\rho} \right) (7)$$

где χ_i – молярная доля, а M_i – молярная масса i -го компонента смеси, ρ - плотность раствора ($\text{г}\cdot\text{см}^{-3}$).

Результаты исследований. Экспериментальные значения плотностей исследуемых растворов салицилата натрия в ДМСО, измеренные при различных температурах в диапазоне концентраций 0,1 - 1,0 моль·дм⁻³, а также, рассчитанные по уравнению 1 значения кажущихся молярных объемов представлены на рисунке 2.

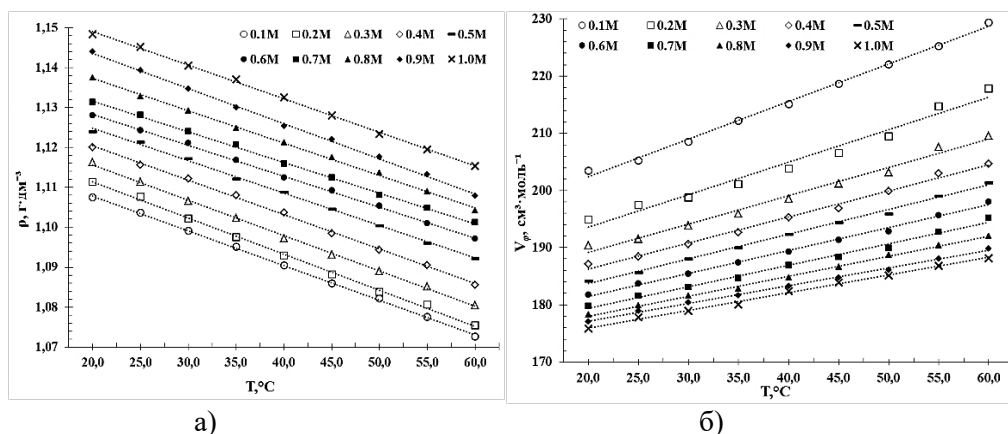


Рисунок 2. Зависимость плотности (а) (ρ , г·см⁻³) и кажущегося молярного объема (б) (V_{ϕ} , см³·моль⁻¹) от температуры для растворов салицилата натрия в ДМСО при различных концентрациях.

Из рисунка 2 (а) видно, что с увеличением концентрации раствора плотность увеличивается, как и следовало ожидать. В исследуемом температурном интервале с увеличением температуры отмечается понижение плотности исследуемых растворов, имеющее линейный характер во всем диапазоне концентраций.

Зависимость, проиллюстрированная на рисунке 2 (б) имеет несколько иной характер. Значения кажущегося молярного объема с повышением концентрации растворов понижаются. В свою очередь с увеличением температуры отмечается повышение значений кажущегося молярного объема исследуемых растворов, так же имеющий линейный характер при всех концентрациях.

Рисунок 3 иллюстрирует температурную зависимость вязкости (η , Нм⁻³·с) и относительной вязкости (η_r) растворов салицилата натрия в ДМСО для различных концентраций исследуемых растворов.

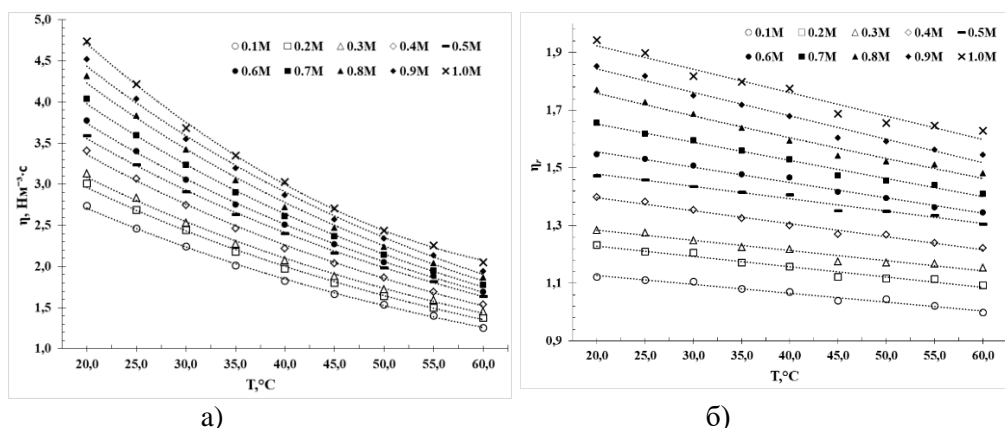


Рисунок 3. Зависимость вязкости (а) (η , Нм⁻³·с) и относительной вязкости (б) (η_r) растворов салицилата натрия в ДМСО от температуры при различных концентрациях

На рисунке 3 (а) видно, что с уменьшением концентрации раствора температурная зависимость вязкости приобретает все более линейный

характер ($R^2_{(1,0M)}=0,9703, R^2_{(0,1M)}=0,9828$). При этом изменение показателя относительной вязкости (рис. 3(б)) на всём диапазоне концентраций строго линейно ($R^2 \geq 0,9950$). Как вязкость, так и относительная вязкость исследуемых растворов увеличивается пропорционально увеличению концентрации и снижается с повышением температуры.

По рассчитанным данным кажущегося молярного объема и относительной вязкости по уравнениям 2 и графически получены параметры Джонса-Доула (коэффициенты А и В) и Массона (V_ϕ^0, S_v) представленные в таблице 1. Коэффициент А является постоянной величиной, не зависящей от концентрации, а коэффициент В является мерой упорядоченности и описывает влияние растворенного вещества на структуру растворителя [33].

Таблица 1

Параметры Джонса-Доула и Массона для раствора салицилата натрия в ДМСО при различных температурах

Т, °С	Параметры Джонса-Доула		Параметры Массона	
	А, дм ³ /2 ·моль ⁻¹ /2	В, дм ³ ·моль ⁻¹	V_ϕ^0 см ³ ·моль ⁻¹	S_v см ³ · моль ⁻³ /2 ·л ¹ /2
20,0	0,059	0,363	-2,715	200,6
25,0	0,058	0,335	-2,745	201,9
30,0	0,052	0,327	-2,850	204,4
35,0	0,057	0,252	-2,964	206,8
40,0	0,056	0,229	-3,150	210,2
45,0	0,057	0,152	-3,330	213,5
50,0	0,053	0,160	-3,640	217,7
55,0	0,056	0,119	-4,081	223,1
60,0	0,060	0,061	-4,235	226,1

Полученные для растворов салицилата натрия в ДМСО значения коэффициентов А близки к нулю, что указывает на очень слабые взаимодействия частиц растворенного вещества между собой. Уменьшение значений коэффициента В с повышением температуры указывает на слабые ориентационные эффекты в сольватном слое [34]. Отрицательные значения V_ϕ^0 говорят о довольно слабых взаимодействиях ион-растворитель, которые ещё более ослабевают с повышением температуры [35]. Значения S_v положительны и с повышением температуры возрастают. Поскольку S_v является мерой взаимодействия ионов между собой [36], полученные данные указывают на наличие сильных ион-ионных взаимодействий в исследуемых растворах во всём температурном интервале, и эти взаимодействия становятся ещё более интенсивными по мере увеличения температуры.

Сравнение численных значений V_ϕ^0 и S_v показывает, что значения V_ϕ^0 намного меньше по величине, чем S_v . Это свидетельствует о том, что в системе салицилат натрия – ДМСО межйонные взаимодействия значительно преобладают над взаимодействием ион-растворитель при всех экспериментальных температурах [37].

Графическая зависимость показателя преломления (n_D) и индекса молярной рефракции (R_D , см³ · моль⁻¹) от температуры при различных концентрациях представлена на рисунке 4.

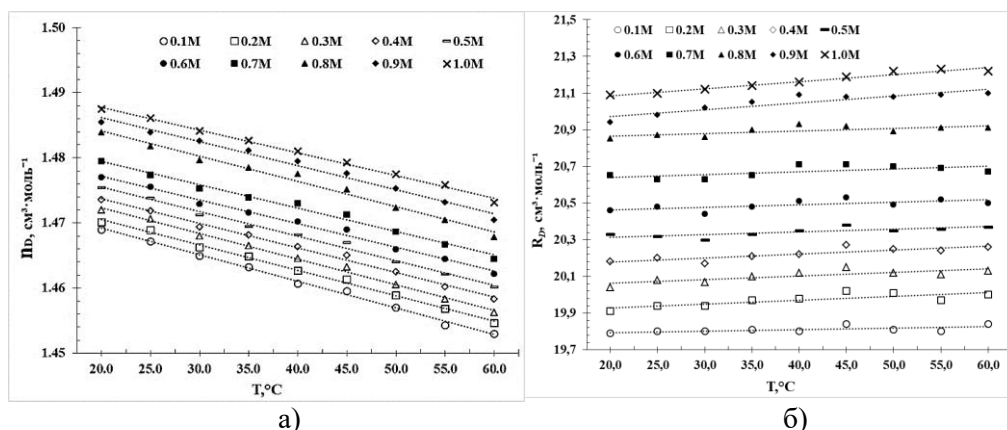


Рисунок 4. Зависимость показателя преломления (а) (n_D) и индекса молярной рефракции (б) ($R_D, \text{cm}^3 \cdot \text{mole}^{-1}$) от температуры для растворов салицилата натрия в ДМСО при различных концентрациях

С увеличением концентрации растворов показатель преломления увеличивается, имея тенденцию к снижению при повышении температуры (рис. 4а). Во всех случаях линейная корреляция составляет $R^2 \geq 0,995$. Индекс молярной рефракции прямо пропорционален молекулярной поляризуемости [38] и для системы салицилат натрия – ДМСО линейно возрастает на незначительную величину с увеличением концентрации (рис. 4б).

Полученные значения показателей преломления позволили построить для исследуемых растворов зависимость отношения $(n^2 - 1)/(n^2 + 2)$ от молярной концентрации, проиллюстрированные на рисунке 5.

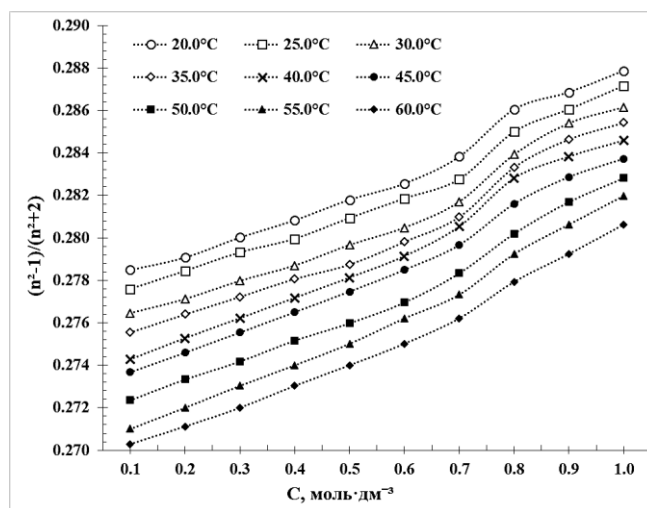


Рисунок 5. Концентрационная зависимость отношения $(n^2 - 1) / (n^2 + 2)$ для растворов салицилата натрия в ДМСО при различных температурах

Из рисунка 5 видно, что для растворов салицилата натрия в ДМСО в диапазоне концентраций 0,1-0,7 $\text{mole} \cdot \text{dm}^{-3}$ характерна довольно чёткая линейная зависимость ($R^2 \geq 0,996$). Однако, после концентрации 0,7 $\text{mole} \cdot \text{dm}^{-3}$ происходит небольшой излом кривой, что говорит об изменении свойств

раствора вызванное изменением состава и структуры образующих его частиц. С возрастанием температуры наклон кривой в области концентраций 0,7-0,8 моль·дм⁻³ становится менее отчётливым и зависимость на всём диапазоне становится более линейной ($R^2_{(20,0^\circ\text{C})} = 0,9781$, $R^2_{(60,0^\circ\text{C})} = 0,9887$). Повидимому, это вызвано смещением равновесия процесса ассоциации-диссоциации в сторону образования ионов. После 0,8 моль·дм⁻³ зависимость вновь становится линейной. Эти данные коррелируют с полученными нами ранее результатами кондуктометрических исследований, где показано, что после концентрации 0,7 моль·дм⁻³ электропроводность раствора салицилата натрия в ДМСО резко снижается, из-за уменьшения количества частиц в растворе, вызванное либо ослаблением процесса диссоциации, либо укрупнением частиц растворенного вещества вследствие образования ассоциатов [39].

В настоящей работе с помощью методов денситометрии, вискозиметрии и рефрактометрии исследованы растворы салицилата натрия в диметилсульфоксиде в широком диапазоне температур и концентраций. Установлено, что концентрационные и температурные зависимости большинства свойств исследуемых растворов имеют вполне ожидаемый, преимущественно линейный, характер.

Количественная оценка параметров Джонса-Доула и Массона позволили установить для исследуемой системы значительное преобладание межионных взаимодействий над взаимодействиями ион-растворитель. Данные рефрактометрии показали, что в области концентраций 0,7 - 0,8 моль·дм⁻³ наблюдается изменение оптических свойств растворов, обусловленное смещением равновесия процесса диссоциации.

Список литературы

1. Amann R, Peskar B.A. Anti-inflammatory effects of aspirin and sodium salicylate // *Eur J Pharmacol.* 2002;447(1):1-9. doi:10.1016/S0014-2999(02)01828-9.
2. Lee E.J. Sodium salicylate induces apoptosis in HCT116 colorectal cancer cells through activation of p38MAPK / E.J. Lee, H.G. Park, H.S. Kang // *International J. Oncology.* – 2003. – Vol. 23, issue 2. – P. 503–508.
3. Palmer BF, Clegg DJ. Salicylate Toxicity // *NEngl J Med.* 2020;382(26):2544-2555. doi:10.1056/nejmra2010852
4. BEYNONCB, JAMESKC. The autoxidation of sodium salicylate in aqueous solution // *J Pharm Pharmacol.* 1967;19(10):660-666. doi:10.1111/j.2042-7158.1967.tb08008.x
5. Энциклопедия косметики PREMIUM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cosmetika.ru/encyclopedia/terms/salitsilat_natriya/. – Дата обращения: 18.04.2020.
6. Malla C. F. et al. Aspirin, sodium benzoate and sodium salicylate reverse resistance to colistin in Enterobacteriaceae and Pseudomonas aeruginosa // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* – 2020. – Т. 75. – №. 12. – С. 3568-3575.
7. Mobin M, Aslam R, Aslam J. Nontoxic biodegradable cationic Gemini surfactants as novel corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid medium and synergistic effect of sodium salicylate: Experimental and theoretical approach. *Mater Chem Phys.* 2017;191:151-167. doi:10.1016/j.matchemphys.2017.01.037
8. Cabello MC, Souza GA, Bello L V., Baader WJ. Mechanistic Studies on the Salicylate-Catalyzed Peroxyoxalate Chemiluminescence in Aqueous Medium. *Photochem Photobiol.* 2020;96(1):28-36. doi:10.1111/php.13180
9. Вышковского, Г.Л. Энциклопедия лекарств [Текст] // Г.Л. Вышковского. – М.: Велант, 2017. – 134 с.

10. Ягов, Г.В. Контроль содержания соединений азота при очистке сточных вод [Текст] / Г.В. Ягов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – Т. 7. – С. 45-52.
11. Albakaa ARM, Ahmed MA, Mohammed BT, Jabbar ZA. Development method for determination of aspirin as sodium salicylate by UV-VIS spectroscopy. *IOP ConfSer Mater Sci Eng*. 2019;571(1). doi:10.1088/1757-899X/571/1/012104
12. YeZ, HanL, ChenH, ShiL, LuoP. Effect of sodium salicylate on the properties of geminisurfactantsolutions. *JSurfactantsDeterg*. 2010;13(3):287-292. doi:10.1007/s11743-009-1176-9
13. David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th Edition (CD-ROM Version 2010) CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL.,3-274 (2010)
14. Chamberlain A. Biochem., vol. 98," //Fluorographic Detection of Radioactivity in Polyacrylamide Gels with the Water-Soluble Fluor, Sodium Salicylate. – 1979. – С. 132-135.
15. Yu Z.-W., Quinn P.J. Dimethyl sulfoxide: a review of its application in cell biology // *Biosc. Rep*. 1994. V. 14. № 6. P. 259-281.
16. Кукушкин, Ю.Н. Диметилсульфоксид-важнейший апротонный растворитель [Текст] / Ю.Н. Кукушкин // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – Т. 9. – С. 54-59.
17. Ивкин, Д.Ю. Диметилсульфоксид – вещество с плеiotропными эффектами, актуальными при заболеваниях опорно-двигательного аппарата [Текст] / Д.Ю.Ивкин, С.В. Оковитый, А.С. Ивкина., Н.А. Анисимова. - Лечащий Врач. – 2019. - № (4):19.
18. Kiseler, M.A. Chemistry and physics of lipids / M.A.Kiseler, T. Gatterlet, P. Lesieur, T. Hauss, M. Ollivon., R.H.Neubert. - Н.2005, v. 133, p. 181-193.
19. Справочник Видаль. Лекарственные препараты в России [Текст]: Справочник. М.: АстраФармСервис,1996. - 219 с.
20. Du X., Lu D., Daharsh E., Yao A., Dewoody R., Yao Jian–An. *J. of Pharmacological and toxicological methods*, 2006, v. 54, p. 164–179.
21. Resende M.S., Ceolin de Bona J., de Souza Sombrio P. *Chemical physics*, 2005, v. 309, p. 283–289.
22. Arun B. Nikumbh, Ravindra C. Bhujbal, “Apparent molar volumes and viscosity b-coefficients of sodium salicylate in different solvent systems at body temperature” *Vol 4 (1) (2014) 343-352*
23. A. Chandra and B. Bagchi, *J. Phys. Chem. B*, 104, 9067 (2000)
24. A. Chandra and B. Bagchi, *J. Chem. Phys.*, 113, 3226 (2000)
25. M. T. Zafarani-Moattar and F. Izadi, *J. Chem. Thermodyn.*, 43, 552 (2011)
26. Touitou E. et al. Prevention of molecular self-association by sodium salicylate: Effect on insulin and 6-carboxyfluorescein // *Journal of pharmaceutical sciences*. – 1987. – Т. 76. – №. 10. – С. 791-793.
27. Touitou, E.; Donbrow, M. *Znt. J. Pharm.* 1982,11, 131-148.
28. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия: Реакции и синтезы в практикуме органической химии и научно исследовательской лаборатории: Пер. с нем. – М.: Мир, - 1999 – 704 с.
29. G. Jones, M. Dole, The viscosity of aqueous solutions of strong electrolytes with special reference to barium chloride *J. Am. Chem. Soc.* 51(1929) 2950-2964.
30. ГОСТ 33768-2015 Метод определения кинематической вязкости и расчет динамической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2019. - 20 с.
31. G. Jones, M. Dole, The viscosity of aqueous solutions of strong electrolytes with special reference to barium chloride *J. Am. Chem. Soc.* 51(1929) 2950-2964
32. Ali A, Hyder S, Sabir S, Chand D, Nain AK. Volumetric, viscometric, and refractive index behaviour of α -amino acids and their groups' contribution in aqueous d-glucose solution at different temperatures. *JChemThermodyn*. 2006;38(2):136-143.
33. M.J. Iqbal, M.A. Chaudhry, *J. Chem. Eng. Data*. doi:10.1021/je8003595

34. Zamir T., Khan A. Study of Ion-Solvent Interactions of Lithium Bromide in, DMSO, H₂O and DMSO-H₂O Mixtures at 25oC //Journal of The Chemical Society of Pakistan. – 2011. – Т. 27. – №. 6. – С. 130.
35. A. Q. Munir, M. Ali, Asian J. Boimed. Pharm. Sci. 2014, 4, 22
36. Arun B. Nikumbh , Ganesh K. Kulkarni and Ravindra C. Bhujbal , International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. P. G. Department of Chemistry, S. S. G. M. College, Kopergaon- 423601, University of Pune, (M.S.), India 1 ,2007
37. Roy, M.N., Dakua, V.K. & Sinha, B. Partial Molar Volumes, Viscosity B-Coefficients, and Adiabatic Compressibilities of Sodium Molybdate in Aqueous 1,3-Dioxolane Mixtures from 303.15 to 323.15 K. *Int J Thermophys* 28, 1275–1284 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10765-007-0220-0>
38. Muhammad Javed Iqbal, Mansoor Ahmed Chaudhry. (2009) Thermodynamic study of three pharmacologically significant drugs: Density, viscosity, and refractive index measurements at different temperatures. *J. Chem. Thermodynamics*. 41, 221–226
39. Тенденции развития естественных и технических наук в современном мире [Текст] // Материалы международной научно-практической конференции – Петропавловск: СКУ им. М. Козыбаева, 2022. - 720 с.

Материал поступил в редакцию 07.02.23.

Г.Е. Рахматуллина¹, А.А. Клишева², Н.В. Акатьев³

^{1,2,3}М.Өтемісов атындағы БҚУ, Орал қ., Қазақстан

ДИМЕТИЛ СУЛЬФОКСИДІНДЕГІ НАТРИЙ САЛИЦИЛАТЫНЫҢ ЕРІТІНДІЛЕРІН ДЕНСИТОМЕТРИЯЛЫҚ, ВИСКОМИМЕТРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ РЕФРАКТОМЕТРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста натрий салицилатының диметилсульфоксидіндегі 0,1 - 1,0 моль·дм⁻³ концентрация диапазонындағы әртүрлі температура мен атмосфералық қысымдағы ерітінділерінің физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Зерттелетін ерітінділердің практикалық маңызды қасиеті 20-60°C температура диапазонындағы концентрацияға тәуелділігі анықталды. Салыстырмалы тұтқырлық (η_r) және салыстырмалы молярлық көлем (V_ϕ) мәндері анықталды. Лоренц-Лоренц теңдеуінің көмегімен молярлық сыну көрсеткіштері (R_D) есептелді. Массон параметрлері (V_ϕ^0 , S_v) және Джонс-Доул (коэффициенттер А және В) барлық температура диапазонында анықталды, бұл зерттелетін затта еріген зат және еріткіш бөлшектерінің өзара әрекеттесу сипатын анықтауға мүмкіндік берді.

Тірек сөздер: диметилсульфоксид, натрий салицилаты, Джонс-Дол теңдеуі, Массон параметрлері, ерітінділердің физика-химиялық қасиеттері.

G.E. Rakhmatullina¹, A.A. Klisheva², N.V. Akatiev³

^{1,2,3}WKU named after M. Utemisov, Ural, Kazakhstan

DENSITOMETRIC, VISCOMETRIC AND REFRACTOMETRIC INVESTIGATION OF SODIUM SALICYLATE SOLUTIONS IN DIMETHYL SULFOXIDE

Abstract. In this work, the physicochemical properties of solutions of sodium salicylate in dimethyl sulfoxide in the concentration range of 0.1 - 1.0 mol·dm⁻³ at various temperatures and atmospheric pressure have been comprehensively studied. Dependences of practically important properties of the studied solutions on concentration in the temperature range of 20-60°C are obtained. The values of relative viscosity (η_r) and

apparent molar volumes (V_ϕ) were determined. Using the Lorentz-Lorenz equation, the molar refraction indices (R_D) are calculated. The Masson parameters (V_ϕ^0 , S_v) and Jones-Dole (coefficients A and B) were determined over the entire temperature range, which made it possible to establish the nature of the interactions between the particles of the dissolved substance and the solvent in the studied solutions.

Keywords: dimethyl sulfoxide, sodium salicylate, Jones-Dole equation, Masson parameters, physicochemical properties of solutions.

References

1. Amann R, Peskar B.A. Anti-inflammatory effects of aspirin and sodium salicylate // *Eur J Pharmacol.* 2002;447(1):1-9. doi:10.1016/S0014-2999(02)01828-9.
2. Lee E.J. Sodium salicylate induces apoptosis in HCT116 colorectal cancer cells through activation of p38MAPK / E.J. Lee, H.G. Park, H.S. Kang // *International J. Oncology.* –2003. – Vol. 23, issue 2. – P. 503–508.
3. PalmerBF, CleggDJ. SalicylateToxicity // *NEngJMed.* 2020;382(26):2544-2555. doi:10.1056/nejmra2010852
4. BEYNONCB, JAMESKC. The autoxidation of sodium salicylate in aqueous solution // *J Pharm Pharmacol.* 1967;19(10):660-666. doi:10.1111/j.2042-7158.1967.tb08008.x
5. Encyclopedia of cosmetics PREMIUM [electronic resource]. - Mode dostupa: https://cosmetika.ru/encyclopedia/terms/salitsilat_natriya/. - Image date: 18.04.2020.
6. Malla C. F. et al. Aspirin, sodium benzoate and sodium salicylate reverse resistance to colistin in Enterobacteriaceae and Pseudomonas aeruginosa // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* – 2020. – T. 75. – №. 12. – C. 3568-3575.
7. MobinM, AslamR, AslamJ. Nontoxic biodegradable cationic Gemini surfactants as novel corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid medium and synergistic effect of sodium salicylate: Experimental and theoretical approach. *Mater Chem Phys.* 2017;191:151-167. doi:10.1016/j.matchemphys.2017.01.037
8. Cabello MC, Souza GA, Bello L V., Baader WJ. Mechanistic Studies on the Salicylate-Catalyzed Peroxyoxalate Chemiluminescence in Aqueous Medium. *Photochem Photobiol.* 2020;96(1):28-36. doi:10.1111/php.13180
9. Vyshkovsky, G.L. Encyclopedia of medicines [Text] // G.L. Vyshkovsky. – M.: Vedanta, 2017. - 134 p.
10. Yagov, G.V. Control of nitrogen compounds in wastewater treatment [Text] / G.V. Yagov // *Water supply and sanitary engineering.* - 2008. – Vol. 7. – pp. 45-52.
11. Albakaa ARM, Ahmed MA, Mohammed BT, Jabbar ZA. Development method for determination of aspirin as sodium salicylate by UV-VIS spectroscopy. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 2019;571(1). doi:10.1088/1757-899X/571/1/012104
12. YeZ, HanL, ChenH, ShiL, LuoP. Effect of sodium salicylate on the properties of geminisurfactant solutions. *J Surfactants Deterg.* 2010;13(3):287-292. doi:10.1007/s11743-009-1176-9
13. David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, 90th Edition (CD-ROM Version 2010) CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL., 3-274 (2010)
14. Chamberlain A. Biochem., vol. 98, " // Fluorographic Detection of Radioactivity in Polyacrylamide Gels with the Water-Soluble Fluor, Sodium Salicylate. – 1979. – C. 132-135.
15. Yu Z.-W., Quinn P.J. Dimethyl sulfoxide: a review of its application in cell biology // *Biosc. Rep.* 1994. V. 14. № 6. P. 259-281.

16. Kukushkin, Yu.N. Dimetilsul'foksid-vazhnejshij aprotionnyj rastvoritel' [Dimethyl sulfoxide is the most important aprotic solvent] [Text] / Yu.N. Kukushkin // Soros Educational Journal. – 1997. – vol. 9. – pp. 54-59.
17. Ivkin, D.Y. Dimetilsul'foksid – veshchestvo s plejotropnymi efektami, aktual'nymi pri zabolevaniyah oporno-dvigatel'nogo apparata [Dimethyl sulfoxide is a substance with pleiotropic effects relevant for diseases of the musculoskeletal system] [Text] / D.Y.Ivkin, S.V. Okovity, A.S. Ivkina, N.A. Anisimova. - The Attending Physician. – 2019. - № (4):19.
18. Kiseler, M.A. Chemistry and physics of lipids / M.A.Kiseler, T. Gatberlet, P. Lesieur, T. Hauss, M. Ollivon., R.H.Neubert. - H.2005, v. 133, p. 181-193.
19. Vidal's Handbook. Medicines in Russia [Text]: Handbook. M.: Astrafarmservice, 1996. - 219 p. Du X., Lu D., Daharsh E., Yao A., Dewoody R., Yao Jian–An. J. of Pharmacological and toxicological methods, 2006, v. 54, p. 164–179.
20. Resende M.S., Ceolin de Bona J., de Souza Sombrio P. Chemical physics, 2005, v. 309, p. 283–289.
21. Arun B. Nikumbh, Ravindra C. Bhujbal, “Apparent molar volumes and viscosity b-coefficients of sodium salicylate in different solvent systems at body temperature” Vol 4 (1) (2014) 343-352
22. A. Chandra and B. Bagchi, J. Phys. Chem. B, 104, 9067 (2000)
23. A. Chandra and B. Bagchi, J. Chem. Phys., 113, 3226 (2000)
24. M. T. Zafarani-Moattar and F. Izadi, J. Chem. Thermodyn., 43, 552 (2011)
25. Touitou E. et al. Prevention of molecular self-association by sodium salicylate: Effect on insulin and 6-carboxyfluorescein //Journal of pharmaceutical sciences. – 1987. – T. 76. – №. 10. – C. 791-793.
26. Touitou, E.; Donbrow, M. Znt. J. Pharm. 1982,11, 131-148.
27. Titze L., Eicher T. Preparativnaya organicheskaya himiya: Reakcii i sintezy v praktikume organicheskoy himii i nauchno issledovatel'skoj laboratorii [Preparative organic chemistry: Reactions and syntheses in the workshop of organic chemistry and research laboratory]: Trans. from German – M.: Mir, - 1999 – 704 p.
28. G. Jones, M. Dole, The viscosity of aqueous solutions of strong electrolytes with special reference to barium chloride J. Am. Chem. Soc. 51(1929) 2950-2964.
29. GOST 33768-2015 Method for determining kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity of transparent and opaque liquids [Text]. - M.: Standartinform, 2019. - 20 p.
30. G. Jones, M. Dole, The viscosity of aqueous solutions of strong electrolytes with special reference to barium chloride J. Am. Chem. Soc. 51(1929) 2950-2964
31. Ali A, Hyder S, Sabir S, Chand D, Nain AK. Volumetric, viscometric, and refractive index behaviour of α -amino acids and their groups' contribution in aqueous d-glucose solution at different temperatures. JChemThermodyn. 2006;38(2):136-143.
32. M.J. Iqbal, M.A. Chaudhry, J. Chem. Eng. Data. doi:10.1021/je8003595
33. Zamir T., Khan A. Study of Ion-Solvent Interactions of Lithium Bromide in, DMSO, H₂O and DMSO-H₂O Mixtures at 25oC //Journal of The Chemical Society of Pakistan. – 2011. – T. 27. – №. 6. – C. 130.
34. A. Q. Munir, M. Ali, Asian J. Boimed. Pharm. Sci. 2014, 4, 22
35. Arun B. Nikumbh , Ganesh K. Kulkarni and Ravindra C. Bhujbal , International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. P. G. Department of Chemistry, S. S. G. M. College, Kopargaon- 423601, University of Pune, (M.S.), India1 ,2007
36. Roy, M.N., Dakua, V.K. & Sinha, B. Partial Molar Volumes, Viscosity B-Coefficients, and Adiabatic Compressibilities of Sodium Molybdate in Aqueous

-
- 1,3-Dioxolane Mixtures from 303.15 to 323.15 K. *Int J Thermophys* 28, 1275–1284 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10765-007-0220-0>
37. Muhammad Javed Iqbal, Mansoor Ahmed Chaudhry. (2009) Thermodynamic study of three pharmacologically significant drugs: Density, viscosity, and refractive index measurements at different temperatures. *J. Chem. Thermodynamics*. 41, 221–226
38. Tendencii razvitiya estestvennyh i tekhnicheskikh nauk v sovremennom mire [Trends in the development of natural and technical sciences in the modern world] [Text] // Materials of the international scientific and practical conference – Petropavlovsk: M. Kozybaev Moscow State University, 2022. - 720 p.