

УДК 544.723

DOI: 10.34824/VKNPIRAN.2020.4.4.001

АДСОРБЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

© Джамбулатов Роман Суламбекович (а), Хасбулатова Зинаида Сайдаевна (b),
Альтемиров Магомед Алхазурович (с)

- (a) Чеченский государственный университет. Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный; asldzam@mail.ru
- (b) Чеченский государственный педагогический университет, Российская Федерация, г. Грозный
- (c) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Российская Федерация, г. Грозный

Аннотация. В работе представлены экспериментальные данные исследований концентрационной зависимости поверхностного натяжения двух- трехкомпонентных водных растворов органических веществ, рассчитаны зависимости адсорбции от суммарной доли компонентов в растворе. Расчеты проведены по ранее полученным уравнением Дадашева Р.Х. (N-вариант по Гугенгейму и Адаму), в предположении об идеальности растворов. Эти данные свидетельствуют, что адсорбция компонентов по каждому разрезу трехкомпонентной системы схожи по форме, что позволяет сделать вывод о том, что адсорбция в трехкомпонентных системах можно прогнозировать по концентрационной зависимости поверхностного натяжения двухкомпонентных растворов, являющихся составной частью данной системы.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, адсорбция, поверхностный слой, поверхностно-активные вещества, органические вещества, раствор, монослой.

ADSORPTION PHENOMENA IN AQUEOUS SOLUTIONS OF MULTICOMPONENT SYSTEMS

© Dzhambulatov Roman Sulambekovich (a), Khasbulatova Zinaida Saydaevna (b),
Altemirov Magomed Alkhazurovich (c)

- (a) Chechen state university. Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; asldzam@mail.ru
- (b) Chechen state pedagogical university, Russian Federation, Grozny
- (c) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny

Abstract. The paper presents experimental data on the study of the concentration dependence of the surface tension of two- or three-component aqueous solutions of organic substances; the dependences of adsorption on the total fraction of components in the solution are calculated. The calculations were carried out according to the previously obtained equation of R.Kh. Dadashev. (N-variant according to Guggenheim and Adam), on the assumption that the solutions are ideal. These data indicate that the adsorption of components in each section of the ternary system is similar in shape, which allows us to conclude that adsorption in ternary systems can be predicted from the concentration dependence of the surface tension of two-component solutions that are a component of this system.

Key words: surface tension, adsorption, surface layer, surfactants, organic substances, solution, monolayer.

Введение

Поверхностные свойства органических растворов изучены многими исследователями. При исследовании поверхностных свойств жидких растворов, важнейшим измеряемым свойством поверхности является поверхностное натяжение (σ).

Результаты экспериментальных исследований поверхностных свойств водных органических растворов, обобщены и систематизированы в справочниках [1,2,6,9,11,12]. В этой литературе приведены общие сведения по σ , давлению пара, краевым углам смачивания бинарных и тройных растворов значительного числа ПАВ, а также, водных растворов спиртов, карбоновых кислот с добавками электролитов и т.д. В указанной литературе приводятся некоторые методы расчета и регистрации величины σ растворов.

Основные физико-химические свойства поверхности можно выявить, располагая значениями по температурной и концентрационной зависимости σ двойных и многокомпонентных растворов, что позволяет анализировать процессы на поверхности.

В работах [3,4,5,7] нами представлены результаты экспериментальных исследований σ двойных и тройных растворов органических веществ. Используя эти данные, нами осуществлены расчеты адсорбции компонентов по уравнению Гугенгейма и Адама (N-вариант) [10].

Поскольку данные по изотермам молярных долей компонентов в поверхностном слое и данные по изотермам адсорбции связаны между собой, они не дают качественно новых сведений, поэтому в работе представлены результаты проведенных расчетов по изотермам адсорбции. Следует отметить, во всех изученных системах, согласно критерию симбатности А.И. Русанова [8], минимально возможная толщина соответствует толщине монослоя.

1. Адсорбция в системе ацетон – диоксан 1.4 – вода. В данной системе изучена зависимость σ от концентрации компонентов в тройной системе $X_{\text{ац-н}} : X_{\text{диок}} = 1:1$. при 293 К.

Используя полученные экспериментальные данные, нами проведен расчет адсорбции ацетона и диоксана 1.4 в тройной системе ацетон – диоксан 1.4 – вода. Полученные результаты представлены на рис.1.

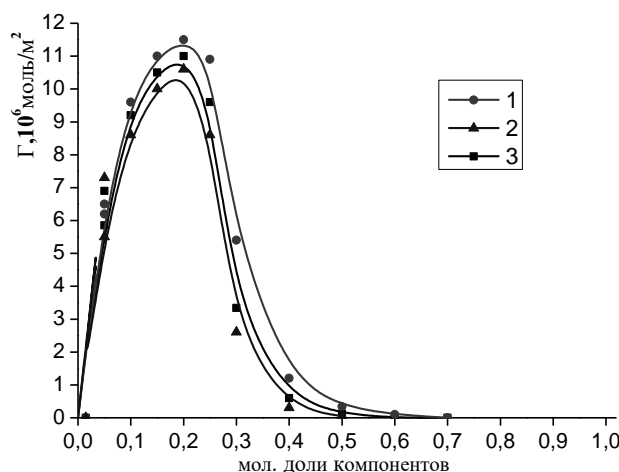


Рис. 1. Зависимость адсорбции от концентрации компонентов в системе ацетон – диоксан 1.4 – вода при 293 К. 1 – адсорбция ацетона в системе вода – ацетон; 2 – адсорбция диоксана 1.4 в системе вода – диоксан 1.4; 3 – суммарная адсорбция ацетона и диоксана 1.4 в тройной системе при изменении составов по сечениям $X_{\text{ац-н.}}: X_{\text{диок.}} = 1:1$

Из рисунка становится видно, что параметры суммарной адсорбции ацетона и диоксана 1.4 в тройной системе имеют положительное значение. Адсорбция в боковых двойных системах вода – ацетон и вода – диоксан 1.4 также положительна. Вместе с тем, важно отметить, что изотерма суммарной адсорбции органических веществ по разрезу тройной системы по форме аналогична к изотермам адсорбции ацетона и диоксана 1.4 в боковых двойных системах. Анализ полученных кривых показывает, что они в пределах погрешности совпадают.

2. Адсорбция в системе вода – этанол – глицерин. Экспериментальные исследования концентрационной зависимости σ выявили, что в тройной системе вода – глицерин – этанол, при этом этанол проявляет повышенную поверхностную активность по отношению к воде, а поверхностная активность глицерина заметно ниже.

Данные выявившиеся в ходе экспериментирования дают возможность изучить особенности изменения изотерм суммарной адсорбции компонентов при замене в растворе этанола глицерином (рис. 2).

Как видно из рис. 2, в концентрационном интервале 0,01 - 0,1 адсорбция глицерина и этанола в боковых двойных положительна. Положительной суммарной адсорбцией характеризуется и влияние добавочных компонентов (этанол и глицерин) в тройной системе. Важно отметить, что изотермы адсорбции компонентов в боковых двойных системах и суммарной адсорбции этих компонентов в тройной системе качественно близки. По мере замены в трехкомпонентных системах концентрации глицерина на этанол, наблюдается рост величины суммарной адсорбции.

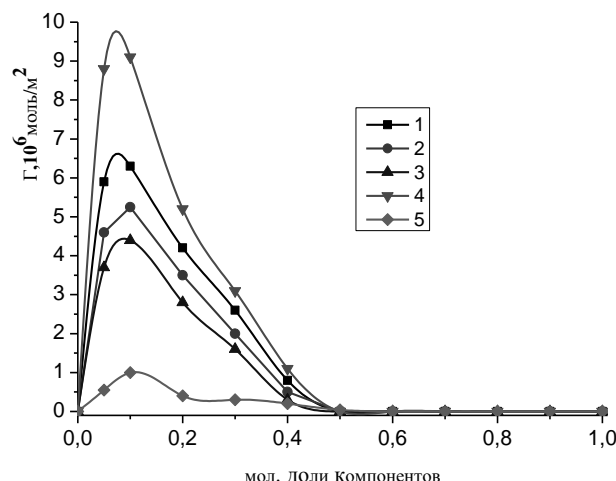


Рис. 2. Зависимость адсорбции от концентрации компонентов в системе вода – этанол – глицерин при 293 К. 1 – адсорбция этанола в системе вода – этанол; 2 – адсорбция глицерина в системе вода – глицерин; 3–5 – суммарная адсорбция этанола и глицерина в тройной системе при изменении составов по сечениям: 3 – $X_{\text{эт.}} : X_{\text{гл.}} = 3:1$; 4 – $X_{\text{эт.}} : X_{\text{гл.}} = 1:1$; 5 – $X_{\text{эт.}} : X_{\text{гл.}} = 1:3$

3. Адсорбция в системе вода – ацетон – этанол. В рассматриваемой системе зависимость концентрации от величины σ в боковых двойных системах вода – ацетон и вода – этанол близки по абсолютной величине.

Как видно из рис. 3, подобная схожесть величин σ в боковых двойных системах объясняет тот факт, что изотермы суммарной адсорбции этих компонентов в трехкомпонентной системе близки по абсолютной величине. При этом адсорбция добавочных компонентов достигает максимума при концентрации 0.1 мольной доли. Дальнейшее увеличение концентрации добавляемых компонентов к воде, величина адсорбции имеет тенденцию к снижению и достигает нуля при 0,5 мольной доли воды.

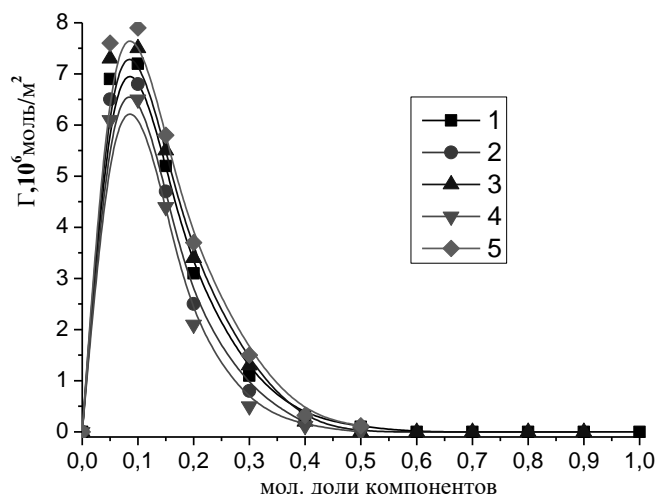


Рис. 3. Зависимость адсорбции от концентрации компонентов в системе вода – ацетон – этанол при 293 К. 1 – адсорбция этанола в системе вода – этанол; 2 – адсорбция ацетона в

системе вода – ацетон; 3–5 – суммарная адсорбция этанола и ацетона при изменении составов по сечениям: 3 – $X_{эм} : X_{ац} = 3:1$; 4 – $X_{эм} : X_{ац} = 1:1$; 5 – $X_{эм} : X_{ац} = 1:3$

Выводы

На основе анализа экспериментальных данных по двойным и тройным растворам, проведены расчеты суммарной адсорбции органических компонентов по формуле, полученной в работе [8]. Установлено, что при добавлении компонентов (ацетон, диоксан 1.4, глицерин, этанол) в двойные и тройные водные растворы органических веществ, данные компоненты выступают в качестве поверхностно-активных веществ, следовательно, их адсорбция положительна. Показано, что в изученных системах суммарные адсорбции компонентов тройных системах качественно близки, что позволяет судить о том, что адсорбционные процессы в многокомпонентных системах прогнозируются по результатам измерений σ боковых двойных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алчагиров, Б. Б. Алчагирова Л. Г., Апеков А. М., Шебзухова И. Г. Поверхностное натяжение растворов вода – этиловый спирт // Сборник: Физика поверхностных явлений, межфазных границ и фазовые переходы. Труды симпозиума. 2013. С. 11-14.
2. Волков, В. А. Поверхностно-активные вещества. Синтез и свойства. Часть 1. Синтез и свойства поверхностно-активных веществ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/254282/grant/> (дата обращения: 17.06.2020).
3. Дадашев, Р. Х. Джамбулатов Р. С., Межидов В. Х., Элимханов Д. З. Концентрационные зависимости поверхностного натяжения и плотности растворов системы ацетон – этанол – вода при 293 К // ЖФХ. 2018. Т. 92. №5. С. 843-845.
4. Джамбулатов, Р. С. Дадашев Р. Х., Элимханов Д. З. Теоретические модели для прогноза поверхностного натяжения растворов диоксан 1.4 – ацетон – вода // Вестник Академии наук ЧР. Грозный, 2015. № 1 (26). С. 5-9.
5. Джамбулатов, Р. С. Дадашев Р. Х., Элимханов Д.З., Дадашев И.Н. Изотермы поверхностного натяжения тройных систем диоксан – ацетон – вода и глицерин – этанол – вода // ЖФХ. 2016. Т. 90. №10. С. 1-5.
6. Плентев, М. Ю. Поверхностно-активные вещества и композиции. М.: Кламель, 2002. 768с.
7. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З., Дадашев И.Н. Поверхностное натяжение раствора ацетон – диоксан 1.4 - вода // Вестник академии наук ЧР. Грозный. 2014. № 4 (25). С. 5-7
8. Русанов, А. И. Порхаев В. А. Межфазная тензометрия – СПб.: Химия, 1994. 398 с.
9. Шебзухова, И. Г. Апеков А. М. Изотермы поверхностного натяжения в системах вода – этиловый спирт (пропиловый спирт, изопропиловый спирт) // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. Серия: Физические науки. 2005. №10. С. 13-14.
10. Dadashev, R.H. Thermodynamics of surface phenomena. Cambridge international science publishing, 2008. 281 p.

11. England, D.C. Transfer of surface-active agents across a liquid-liquid interface / D. C. England, J. C. Berg // *AIChE Journal*. 1971. Vol. 17. № 2. Pp. 313-322.
12. Milton, J. Surfactants and interfacial phenomena // third edition – Surfactant Research Institute Brooklyn College the City University of New York, 2004. Pp. 167-168.

REFERENCES

1. Alchagirov, B. B. Alchagirova L. G., Apekov a.m., Shebzukhova I. G. Surface tension of water – ethyl alcohol solutions // Collection: Physics of surface phenomena, interphase boundaries and phase transitions. Proceedings of the Symposium. 2013. Pp. 11-14.
2. Volkov, V. A. Surfactants. Synthesis and properties. Part 1. Synthesis and properties of surfactants. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.twirpx.com/file/254282/grant/> (accessed: 17.06.2020).
3. Dadashev, R. Kh. Djambulatov R. S., Mezhidov V. H., Elimhanov D. Z. Concentration dependence of surface tension and density of solutions of the system acetone – ethanol – water at 293 K // *IFH*. 2018. T. 92. No. 5. Pp. 843-845.
4. Jambulatov, R. S., Dadashev, R. Kh., Elimhanov D. Z. a Theoretical model for prediction of surface tension of solutions of 1,4 dioxane – acetone – water // *Bulletin of The Academy of Sciences of the Czech Republic. Grozny*, 2015 № 1 (26). Pp. 5-9.
5. Jambulatov, R. S., Dadashev, R. Kh., Elimhanov D. Z. Dadashov, I. N. Isotherms of surface tension of ternary systems dioxane – acetone – water and glycerol – ethanol – water // *IFH*. 2016. T. 90. No. 10. Pp. 1-5.
6. Plentev, M. J. Surfactants and compositions. M. Clavel, 2002. 768 p.
7. Dadashev, R. Kh., Djambulatov R. S., Elimhanov D. Z. Dadashov, I. N. The surface tension of a solution of acetone – dioxane 1,4 - water // *Bulletin of the Academy of Sciences of the Czech Republic. Grozny*. 2014. № 4 (25). Pp. 5-7
8. Rusanov, A. I. Porkhaev, V. A. Interphase tensometry-St. Petersburg: Chemistry, 1994. 398 p.
9. Shebzukhova, I. G. Apekov, a.m. surface tension Isotherms in water – ethyl alcohol systems (propyl alcohol, isopropyl alcohol) // *Bulletin of Kabardino-Balkar state University. Series: Physical Sciences*. 2005. No. 10. Pp. 13-14.
10. Dadashev R. H. thermodynamics of surface phenomena. Cambridge international science publishing, 2008. 281 p.
11. England, D. S. transfer of surfactants across the liquid-liquid interface / D. S. England, J. S. Berg // *Aiche Journal*. 1971. Vol. 17. № 2. Pp. 313-322.
12. Milton, I. surfactants and interfacial phenomena // third edition-research Institute of surfactants Brooklyn College of the city University of New York, 2004. Pp. 167-168.