

УДК 544.723

DOI: 10.34824/VKNIRAN.2021.5.1.001

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДВУХ - ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРЕЦИЗИОННЫМИ МЕТОДАМИ

© Джамбулатов Роман Суламбекович (а), Альтемиров Магомед
Алхазурович (b)

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

Аннотация. Работа посвящена исследованию поверхностных свойств водных растворов двух- и трехкомпонентной системы органических веществ (вода-ацетон; вода-диоксан 1.4; вода-ацетон-диоксан 1.4.). Для исследований использован тензиометр К-100, позволяющий проводить измерения величины поверхностного/межфазного натяжения, угла смачивания и т.д. Для измерения поверхностного натяжения в работе использованы методы кольца Дью Нуи и пластины Вильгельми. Показано, что на изотермах поверхностного натяжения трехкомпонентной системы не содержатся каких-либо особенностей не свойственных изотермам поверхностного натяжения боковых двойных системы. Полученные результаты по измерению поверхностного натяжения в изученных системах позволили определить адсорбцию поверхностно-активных компонентов в воде. Показано, что характер изотерм адсорбции трехкомпонентной системы качественно совпадает с изотермами адсорбции боковых двойных, что позволяет сделать вывод о том, что совместное использование органических веществ в качестве поверхностно-активных компонентов (ацетон и диоксан 1.4.) в воде не усиливают поверхностную активность действие друг друга.

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

STUDY OF SURFACE PROPERTIES OF TWO - THREE-COMPONENT SOLUTIONS OF ORGANIC SUBSTANCES BY PRECISION METHODS

© Dzhambulatov Roman Sulambekovich (a), Altemirov Magomed
Alkhazurovich (b)

- (a) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny. Chechen State University, Russian Federation, Grozny; asldzam@mail.ru

Abstract. The work is devoted to the study of the surface properties of aqueous solutions of two- and three-component systems of organic substances (water-acetone; water-dioxane 1.4; water-acetone-dioxane 1.4.). For research, a tensiometer K-100 was used, which makes it possible to measure the value of surface / interfacial tension, contact angle, etc. To measure the surface tension, the methods of the Dew Nui ring and Wilhelmy plate were used. It is shown that the surface tension isotherms of a three-component system do not contain any features that are not characteristic of surface tension isotherms of lateral binaries. The results obtained by measuring the surface tension in the studied systems made it possible to determine the adsorption of surface-active components in water. It is shown that the nature of the adsorption isotherms of the ternary system qualitatively coincides with the adsorption isotherms of side binaries, which allows us to conclude that the combined use of organic substances as surface-active components (acetone and dioxane 1.4.) In water does not enhance the surface activity of each other.

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

Введение

Экспериментальные и теоретические исследования поверхностных свойств двойных и многокомпонентных растворов органических веществ на сегодня остается актуальной научной задачей [1,2,4,6,7]. Интерес к изучению данных систем вызван их широким использованием во многих технологических процессах, а также областью решаемых научных проблем в области термодинамики поверхности, коллоидной химии и т.д. Сегодняшний уровень развития современных технологии и разработка на их основе новых подходов, требует расширение имеющихся знаний в области процессов на границе раздела фаз. С целью достижения указанных целей необходимы надежные экспериментальные данные о величине поверхностного натяжения данных систем. Этим обусловлен тот интерес, который проявляется к области теоретического и экспериментального исследования влияния различных поверхностно-активных веществ на свойства поверхности [7-9].

Таким образом, целью данной работы является изучение поверхностных свойств водных растворов органических растворов прецизионными методами исследования.

Для проведения экспериментальных исследований, представленных в данной работе, использован автоматический тензиометр К-100, спроектированный для многостороннего применения в различных областях науки и промышленности [5]. Программное обеспечение включает самые последние методы исследований поверхностного и межфазного натяжений, а также краевого угла смачивания.

Технические характеристики и область применения тензиометра К-100: диапазон измерения поверхностного и межфазного натяжение: $-1...1000$ мН/м; разрешение $0,01$ Н/м; диапазон температуры $-10...130$ °С.

Процесс измерения на данном тензиометре полностью автоматизирован, имеет модульную конструкцию. Методы измерения разделены на несколько групп, каждая из которых имеет свое программное обеспечение (прибор без компьютера работать не может). Для работы по каждому из методов предусмотрен свой набор дополнительных принадлежностей.

Функциональные возможности тензиометра К-100 позволяет проводить прецизионные измерения поверхностного натяжения и межфазного натяжения, критической концентрации мицелл (ККМ), краевого угла смачивания твердых тел, волокон и порошков. Кроме того, эта установка позволяет определять плотность жидкостей и твердых веществ, а также определять скорость седиментации дисперсий.

Экспериментальная часть

В рамках проведенных исследований по изучению поверхностных свойств водных растворов органических веществ, изучена тройная система система вода – ацетон – диоксан 1.4. и боковых двойных: вода – ацетон и вода – диоксан 1.4. Для измерений использованы методы пластины Вильгельми и кольца Дью Нуи. По результатам исследований получены изотермы концентрационной зависимости поверхностного натяжения данных систем.

Как видно из рис. 1, в двойных системах ацетон – вода и диоксан 1.4 – вода, как и в трехкомпонентной системе ацетон – диоксан 1.4 – вода, при небольшом содержании добавляемого компонента (от 0 до 0,1 мольных долей органических веществ) поверхностного натяжения интенсивно уменьшается, т.е. органические вещества проявляют поверхностную активность на воде. Дальнейшее увеличение доли адсорбата в изученных системах приводит к тому, что наклон кривой зависимости поверхностного натяжения от мольных долей претерпевает более монотонное снижение. Анализ изотерм показывает, что наибольшая активность ацетона и диоксана 1.4. в воде наблюдается в интервале до 0.2 мольных долей.

Анализ полученных данных показал, что характер изотерм поверхностного натяжения трехкомпонентной системы (диоксан 1.4 – ацетон = 1:1) обусловлен совместным влиянием органических компонентов (диоксан 1.4 и ацетон) на величину поверхностное натяжение воды. При этом, как видно из рис. 1, данная изотерма занимает промежуточное положение между изотермами концентрационной зависимости поверхностного натяжения боковых двойных систем.

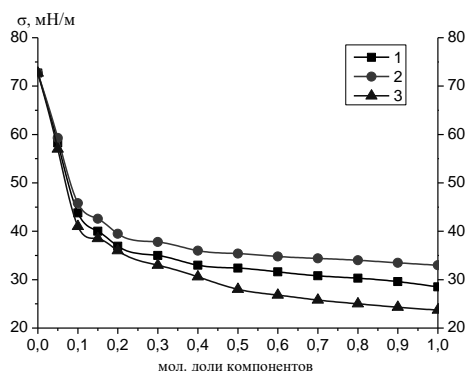


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов: 1) ацетон – диоксан 1.4 – вода (диоксан 1.4 – ацетон =1:1); 2) вода – диоксан 1.4; 3) вода – ацетон при 293 К

Такое положение дает основание утверждать, что поверхностно-активные компоненты в данной тройной системе не усиливают поверхностную активность друг друга.

По экспериментальным данным нами были проведены расчеты адсорбции (N-вариант по Гуттенгейму и Адаму) [6].

По полученным данным по концентрационной зависимости поверхностного натяжения трехкомпонентной системы $X_{\text{ац-н}} : X_{\text{диок}} = 1:1$, нами проведены расчеты адсорбции ацетона и диоксана. Полученные результаты суммарной адсорбции поверхностно-активных компонентов в воде представлены на рисунке 2.

Как видно из представленных данных, величина адсорбции ацетона и диоксана 1.4 в трехкомпонентной системе положительна. Положительным значением характеризуется и величина адсорбции изученных компонентов (ацетон и диоксан 1.4.) в качестве второго компонента с водой.

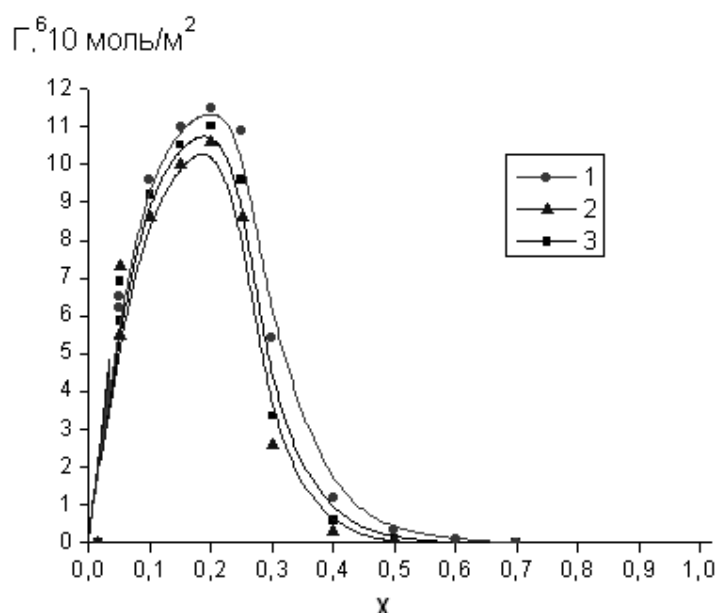


Рис. 2. Изотерма адсорбции компонентов в системе ацетон – диоксан 1.4 – вода при 293 К.
1 – адсорбция ацетона в системе вода – ацетон; 2 – адсорбция диоксана 1.4 в системе вода – диоксан 1.4; 3 – адсорбция ацетона и диоксана 1.4 в *трехкомпонентной* системе $X_{\text{ац-н}} : X_{\text{диок}} \text{ по сечениям } = 1:1$

Из анализа полученных изотерм видно, что изотерма адсорбции органических веществ тройной системы по форме и величине имеет близкие значения с изотермами адсорбции ацетона и диоксана 1.4 в составе боковых двойных. Из графиков видно, что эти кривые имеют близкие значения по величине адсорбции.

Выводы

Использованный нами тензиометр, являющийся прецизионным прибором для научных исследований свойств поверхности, объемных свойств (плотности) и дисперсного состояния вещества позволил получить достоверные результаты по концентрационной зависимости поверхностного натяжения трехкомпонентной системы и боковых двойных водных растворов органических веществ.

Анализ экспериментальных исследований (рис. 1) позволяет подтвердить сделанный ранее, на основе изучения металлических систем, вывод о том, что на изотермах поверхностного натяжения трехкомпонентной системы не содержатся каких-либо качественных особенностей сравнительно со значениями поверхностного натяжения боковых двойных данной трехкомпонентной системы [3].

Как видно из изотермы (рис. 2), величина адсорбции до 0.6 мольных долей системы вода-ацетон-диоксан 1.4. является положительным. При концентрациях в диапазоне 0.1-0.2. молярных долей органических компонентов в воде величина адсорбции претерпевает резкое увеличение и достигает максимума значений, после чего наблюдается интенсивное снижение адсорбции, вплоть до концентрации 0,4 мольных долей. Далее при дальнейшем увеличении концентрации происходит более плавное снижение равновесных значений адсорбции. Связано это, по-видимому с тем, что адсорбционный слой при данной концентрации уже заполнен адсорбатом и при дальнейшем увеличении концентрации добавочных компонентов (диоксан-ацетон) не сопровождается увеличением концентрации адсорбата в поверхностном слое. При концентрации добавочных компонентов от 0.6 мольных долей и выше, адсорбция в многокомпонентной системе равна нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алчагиров Б.Б., Алчагирова Л.Г., Апеков А.М., Шебзухова И.Г. Поверхностное натяжение растворов вода – этиловый спирт // В сборнике: Физика поверхностных явлений, межфазных границ и фазовые переходы Труды симпозиума. 2013. № 3. С. 11-14.
2. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Межидов В.Х., Элимханов Д.З. Концентрационные зависимости поверхностного натяжения и плотности растворов системы ацетон-этанол-вода при 293К // Журнал физической химии. 2018. Т. 92. № 5. С. 843-845.
3. Дадашев Р.Х., Кутуев Р.А., Элимханов Д.З. Особенности изотерм поверхностных свойств расплавов некоторых двойных систем // Материалы 10 - международного междисциплинарного симпозиума «Упорядочение в минералах и сплавах» (ОМА-10). 2007. Т1. С. 181-184.
4. Джамбулатов Р. С., Дадашев Р. Х., Элимханов Д. З., Дадашев И. Н. Изотермы поверхностного натяжения тройных систем диоксан–ацетон–вода и глицерин – этанол – вода // Журнал физической химии. 2016. Т. 90. № 10. С. 1-5.
5. Официальный сайт фирмы // KRUSS URL: <http://www.kruss.de>. (дата обращения: 3.03.2021).
6. Шебзухова И.Г., Апеков А.М. Изотермы поверхностного натяжения в системах вода - этиловый спирт (пропиловый спирт, изопрпиловый спирт) // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. Серия: Физические науки. 2005. № 10. С. 13-14.
7. Fainerman V.B., Miller R., Wustneck R., Makievski A.V. Adsorption isotherm and surface tension equation for a surfactant with changing partial molar area // Ideal surface layer. J. Phys. Chem. 1996. V.18. Pp. 669-675.

8. Milton J. 2004. Surfactants and interfacial phenomena. Third edition - Surfactant // Research Institute Brooklyn College the City University of New York. Pp. 167-168
9. Schonhorn H. Theoretical relationship between surface tension and cohesive energy density Phys. Chem. 1965. № 6. Pp. 2041-2043.

REFERENCES

1. Alchagirov B.B., Alchagirova L.G., Apekov A.M., Shebzukhova I.G. Surface tension of water - ethyl alcohol solutions // In the collection: Physics of surface phenomena, interphase boundaries and phase transitions Proceedings of the symposium. 2013. No. 3. Pp. 11-14.
2. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Mezhidov V.Kh., Elimkhanov D.Z. Concentration dependences of surface tension and density of solutions of the acetone-ethanol-water system at 293K // Journal of Physical Chemistry. 2018.Vol. 92. № 5.Pp. 843-845.
3. Dadashev R.Kh., Kutuev R.A., Elimkhanov D.Z. Features of isotherms of surface properties of melts of some binary systems // Proceedings of the 10th International Interdisciplinary Symposium "Ordering in Minerals and Alloys" (OMA-10). 2007. T1. Pp. 181-184.
4. Dzhambulatov RS, Dadashev R. Kh., Elimkhanov DZ, Dadashev IN Isotherms of surface tension of ternary systems dioxane – acetone – water and glycerin – ethanol – water // Journal of Physical Chemistry. 2016.Vol. 90. № 10. Pp. 1-5.
5. Official website of the firm // KRUSS URL: [http:// www. kruss.de](http://www.kruss.de). (accessed: 03.03.2021).
6. Shebzukhova I.G., Apekov A.M. Isotherms of surface tension in systems water - ethyl alcohol (propyl alcohol, isopropyl alcohol) // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University. Series: Physical Sciences. 2005. № 10. Pp. 13-14.
7. Fainerman V.B., Miller R., Wustneck R., Makievski A.V. Adsorption isotherm and surface tension equation for a surfactant with changing partial molar area // Ideal surface layer. J. Phys. Chem. 1996. V.18. Pp. 669-675.
8. Milton J. 2004. Surfactants and interfacial phenomena. Third edition - Surfactant // Research Institute Brooklyn College the City University of New York. Pp. 167-168
9. Schonhorn H. Theoretical relationship between surface tension and cohesive energy density Phys. Chem. 1965. № 6. Pp. 2041-2043.