

УДК 532.612:546.682.121

DOI: 10.34824/VKNIRAN.2020.3.3.015

**ОШИБКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ
БЕНТОНИТА ДВУМЯ НЕЗАВИСИМЫМИ МЕТОДАМИ**

© Дадашев Райком Хасимханович (а), Джамбулатов Роман Суламбекович (б)

(а) Чеченский государственный университет, профессор, д.ф.-м.н. Академия наук Чеченской Республики, Российская Федерация, г. Грозный; центр проблем материаловедения, директор, профессор, д.ф.-м.н., raykom50@mail.ru

(б) Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Российская Федерация, г. Грозный; отдел физико-математических исследований, заведующий отделом, научный сотрудник, asldzam@mail.ru

Аннотация. В работе показано, что измерение поверхностного натяжения высокодисперсных суспензий представляет сложную задачу. Поэтому для повышения воспроизводимости экспериментальных результатов измерения, нами была разработана методика измерения поверхностного натяжения дисперсных систем. В связи с этим целью настоящей работы является определение средней квадратичной ошибки измерения поверхностного натяжения суспензии бентонита по результатам, полученных нами с помощью разработанной методики. Представленные результаты позволяют найти соотношение случайной и систематической погрешности измерения поверхностного натяжения.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, ошибка измерения, суспензия бентонита, пространственные структуры, дисперсная система, случайная и систематическая ошибка измерения.

**ERROR IN MEASURING THE SURFACE TENSION OF BENTONITE SUSPENSIONS
BY TWO INDEPENDENT METHODS**

© Dadashev Raykom Khasimkhanovich (a), Dzhambulatov Roman Sulambekovich (b)

(a) Chechen State University, Russian Federation, Grozny; professor, doctor of physics and mathematics. Academy of Sciences of the Chechen Republic. Russian Federation, Grozny; center for materials science problems, director, professor, doctor of physics and mathematics, raykom50@mail.ru

(b) Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Grozny; department of physical and mathematical research, department head, researcher. asldzam@mail.ru

Abstract. The paper shows that measuring the surface tension of highly dispersed suspensions is a difficult task. Therefore, to improve the reproducibility of experimental measurement results, we have developed a technique for measuring the surface tension of dispersed systems. In this regard, the purpose of this work is to determine the root-mean-square error in measuring the surface tension of a bentonite suspension from the results we obtained using the developed technique. The results obtained allow us to find the ratio of the random and systematic error in measuring the surface tension.

Key words: surface tension, measurement error, bentonite suspension, spatial structures, dispersed system, random and systematic measurement error.

Известно, что бентониты, как и суспензии на их основе, имеют важное значение во многих сферах человеческой деятельности. Поскольку водные суспензии бентонита относятся к высокодисперсным системам, то на первое место по актуальности выходят исследования их поверхностных свойств. При этом имеющиеся в литературе работы, посвященные исследованиям в данной области разрозненны и часто противоречивы [1,6-8].

Количественное и качественное несоответствие получаемых экспериментальных результатов может быть обусловлено следующими объективными причинами:

- бентонит представляет собой минерал (основной компонент: монтмориллонит) способный в водной среде самопроизвольно диспергироваться с образованием частиц различных размеров (от коллоидных до грубодисперсных частиц). В связи с этим в подобных системах наблюдается непрерывная седиментация грубодисперсных частиц, что влияет на измеряемое значение поверхностного натяжения (σ);
- способностью бентонита в водной среде образовывать пространственные (коагуляционные) структуры, которые оказывают заметное влияние на σ ;
- определенное влияние на свойства поверхности водной суспензии бентонита могут оказывать ионы, переходящие из твердой фазы в дисперсионную среду [7,8].

Следовательно, точное измерение σ высокодисперсных систем является сложной задачей, что обусловлено тем, что эти системы не являются равновесными и на измеряемое значение σ оказывают влияние различные процессы, протекающие в суспензии.

Как показали наши исследования, большое значение имеет и правильный выбор метода измерения σ суспензии. В работе [5] показано, что при измерении σ суспензии бентонита наиболее приемлемыми являются статические методы. Обусловлено это тем, что при использовании динамических методов измерения σ (максимального давления в газовом пузырьке, отрыва кольца Дю Нуи, пластины Вильгельми и др.) может происходить нарушение целостности пространственных структур в поверхностном слое, образующихся в водных суспензиях бентонита [4]. Нарушение целостности этих структур не позволяет объективно измерить величину σ , поскольку содержащиеся в них частицы коллоидных размеров способны взаимодействовать с поверхностным\межфазным слоем дисперсной системы.

В связи с этим, нами [5] разработана и успешно апробирована методика измерения σ дисперсных систем. Особенностью предложенной методики являлась то, что она основана на использовании суперпозиции экспериментальных значений σ , полученных

двумя независимыми статическими методами измерения σ (методами висящей и лежащей капли). При этом открытым оставался вопрос о величине суммарной погрешности измерения σ предложенным методом.

Ошибки, возникающие в процессе прямых измерений принято классифицировать на систематические и случайные. Систематическая ошибка измерения σ на тензиометре DSA-100 «KRUSS», по данным производителя не превышает 1% [3]. Следовательно, с учетом того, что значение σ измеренных образцов суспензий бентонита лежит в диапазоне 70–50 мН/м, систематическая ошибка измерения не превысит ± 0.7 мН/м.

Нами осознанно приводится максимальное значение погрешности и не учитывается тот факт, что большое количество измерений σ двумя указанными методами (около ста измерений для одной точки) и последующее арифметическое усреднение результатов приводит к закономерному уменьшению величины систематической ошибки измерения σ . Таким образом можно констатировать, что указанная величина систематической погрешности (0.7 мН/м) является максимальной.

Поскольку систематическая ошибка не меняется, разброс экспериментальных значений определяется случайной погрешностью измерения.

Для оценки случайной ошибки имеется несколько подходов [1]. Для этого можно воспользоваться методом определения средней квадратичной ошибки измерения. Данный метод характеризуется тем, что при увеличении количества измерений, ошибки измерения достигают определенного статистического предела, обусловленного сведением случайных колебаний к некоторой постоянной величине.

В работе [3] показано, что с помощью компьютерной программы тензиометра DSA-100, можно получать большой массив данных по концентрационной зависимости σ при небольших временных интервалах, что способствует значительному снижению величины случайной ошибки измерений и способствует упрощению процедуры определения величины ошибки. Поэтому для определения случайной ошибки измерений σ водной суспензии бентонита нами использованы результаты многократных измерений σ водных суспензий бентонита (3-4 серии измерений по 30 измерений в каждой).

По данным экспериментальных исследований, наибольший разброс величины σ наблюдается для суспензий бентонитов с концентрацией твердой фазы около 3 масс. %. В связи с чем для определения максимальной ошибки измерения величины σ использованы экспериментальные данные для этой концентрации твердой фазы бентонита в суспензии. При этом разброс экспериментальных точек концентрационной зависимости σ водных суспензий бентонита другой концентрации твердой фазы, а также для водных растворов, имеет значительно меньшую величину. Полученные результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Поверхностное натяжение суспензии бентонита
при концентрации твердой фазы 3% (N – число измерений)**

N	σ , мН/м	N	σ , мН/м	N	σ , мН/м
1	59,30	11	59,40	21	59,43
2	59,27	12	59,27	22	59,32
3	59,23	13	59,26	23	59,20
4	59,25	14	59,23	24	59,70

5	59,40	15	59,20	25	59,50
6	58,90	16	58,74	26	58,80
7	58,70	17	58,73	27	58,65
8	58,40	18	58,44	28	58,42
9	58,10	19	58,12	29	58,15
10	57,46	20	57,80	30	57,71
Среднее значение			59,10мН/м		

Среднюю квадратичную ошибку измерений находили по формуле:

$$S_n^2 = \sqrt{\frac{\sum(x-x_i)^2}{n(n-1)}}$$

Расчеты показали, что значение этой ошибки равна $S_n = 0.31$ мН/м.

Поскольку коэффициент Стьюдента при 30 измерениях равен 2, то средняя квадратичная ошибка измерения ($\Delta\sigma$) (при концентрации 3% твердой фазы бентонита) равна $\pm 0,62$ мН/м.

Кроме того, из определения случайной погрешности измерений σ двойных и тройных растворов органических веществ следует, что $\Delta\sigma = 0,18-0,26$ мН/м. Сравнение ошибок измерения σ растворов органических веществ и водных суспензий показывает, что погрешность измерения величины σ суспензии выше, чем погрешность измерения растворов. Увеличение погрешности измерения σ суспензии бентонитов по сравнению с аналогичным показателем для растворов, можно объяснить совокупностью свойств, обусловленных сложным составом, структурой и характером взаимодействия между твердой фазой суспензии и водной средой.

Таким образом, проведенные расчеты и анализ полученных результатов показывает, что суммарная ошибка измерения σ суспензии бентонитов определяется систематической ошибкой измерения σ прибором DSA-100, которая, согласно данным производителя не превышает 1%. При этом использование разработанной методики измерения σ суспензии позволяет значительно повысить точность и воспроизводимость получаемых экспериментальных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Витюгин В.М., Фукс О.А., Сомова Т.Н. Исследование влияния концентрации бентонитовых суспензий на поверхностное натяжение и реологические свойства // Известия Томского политехнического института имени С.М. Кирова, 1977. Т. 214. С. 106-108.
2. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Дадашева З.И., Талхигова Х.С. Влияние некоторых факторов на изотермы поверхностного натяжения водных суспензий бентонита // Известия Кабардино-Балкарского университета, 2019. Т.9. №2. С.48-52.
3. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. Измерение поверхностного натяжения методом висящей капли на тензиометре DSA-100 // Сборник Труды КНИИ РАН, Грозный, 2012. № 5. С. 3-7

4. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З. О влиянии пространственных структур на свойства поверхности суспензий бентонита // Вестник Академии наук Чеченской республики. № 2 (49), 2020. С. 21-24
5. Дадашев Р.Х., Джамбулатов Р.С., Элимханов Д.З., Дадашев И.Н. [Методика измерения поверхностного натяжения суспензии бентонитов](#) // [Журнал физической химии](#), 2020. Т. 94. № 7. С. 1114-1118.
6. Пономарев В.В., Бакун В.Г., Кононенко С.А., Савостьянов А.П., Изучение структуры и адсорбционных свойств природного и модифицированных бентонитов // [Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия технические науки](#), 2008. № 3. С. 94-97.
7. Федорова, А. А. Поверхностное натяжение и адсорбция электролитов на границе раздела фаз водный раствор-газ // [Журнал физической химии](#), 2007. Т. 81. № 7. С. 1279 -1281.
8. Шантарин В.Д., Войтенко В.С. Физико-химия дисперсных систем. М.: Недра, 1990. 315 с.
9. Dadashev R.Kh. Thermodynamics of surface phenomena. Cambridge international science publishing, 2008. 281 p.

REFERENCES

1. Vityugin V.M., Fuks O.A., Somova T.N. Study of the effect of the concentration of bentonite suspensions on surface tension and rheological properties // Bulletin of the Tomsk Polytechnic Institute named after S.M. Kirov, 1977. Т. 214. Pp. 106-108.
2. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Dadasheva Z.I., Talkhigova Kh.S. The influence of some factors on the surface tension isotherms of aqueous suspensions of bentonite // Bulletin of the Kabardino-Balkarian University, 2019. V.9. №2. Pp.48-52.
3. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z. Measurement of surface tension by the hanging drop method on the DSA-100 tensiometer // Proceedings of the KNII RAS, Grozny, 2012. No. 5. Pp. 3-7
4. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z. On the influence of spatial structures on the surface properties of bentonite suspensions // Bulletin of the Academy of Sciences of the Chechen Republic. No. 2 (49), 2020. Pp. 21-24
5. Dadashev R.Kh., Dzhambulatov R.S., Elimkhanov D.Z., Dadashev I.N. Method of measuring the surface tension of bentonite suspension // Journal of Physical Chemistry, 2020. V. 94. No. 7. Pp. 1114-1118.
6. Ponomarev VV, Bakun VG, Kononenko SA, Savostyanov AP, Study of the structure and adsorption properties of natural and modified bentonites // Proceedings of higher educational institutions. North Caucasian region. Series of technical science, 2008. No. 3. Pp. 94-97.
7. Fedorova, A.A. Surface tension and adsorption of electrolytes at the water solution-gas phase interface // Journal of Physical Chemistry, 2007. Т. 81. No. 7. Pp. 1279-1281.
8. Shantarin V.D., Voitenko V.S. Physicochemistry of dispersed systems. М.: Nedra, 1990. 315 p.

9. Dadashev R.Kh. Thermodynamics of surface phenomena. Cambridge international science publishing, 2008. 281 p.