

УДК 621.315.61

Изменение поверхностного натяжения воды под действием различных физических факторов

Н. А. Мамедов, Г. И. Гарибов, Ш. Ш. Алекберов, Э. А. Расулов

В работе экспериментально исследуется влияние на поверхностное натяжение воды различных внешних факторов, таких как намагничивание, воздействие электрическим разрядом, воздействие СВЧ-излучения, насыщение воздухом и озоном, обогащение металлическими ионами. Показано, что эти воздействия приводят к уменьшению коэффициента поверхностного натяжения питьевой воды, причем уменьшение коэффициента σ существенно зависит от рода и степени воздействия.

PACS: 61.20.Ne

Ключевые слова: поверхностное натяжение, активная вода, омагничивание воды, серебряная вода, озонирование, мобильные телефоны.

Введение

Во всех физических справочниках для коэффициента поверхностного натяжения σ дистиллированной воды при температуре 20 °С указывают величину в пределах $(71 \div 73) \cdot 10^{-3}$ Н/м. При этом в таблицах зависимости поверхностного натяжения воды от температуры в интервале от 0 до 80 °С величина σ меняется в достаточно широком интервале — от $75,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м до $62,3 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Естественно ожидать, что и другие физико-химические факторы могут существенно влиять на этот коэффициент σ , приводя к определенной девиации протекающих процессов с участием столь важного вещества, как вода (например, в капиллярных явлениях, в явлениях на поверхности и т. д.). Следовательно, во время некоторых исследований с участием естественной воды, а также в целом ряде прикладных задач необходимо учитывать изменение σ воды под влиянием различных внешних воздействий. Этим кругом вопросов мы занимаемся последние 10 лет [1—6].

Целью данной работы было продолжение экспериментальных исследований влияния на поверхностное натяжение воды внешних факторов, в данном случае, таких как намагничивание, воздей-

ствии электрическим разрядом, воздействие СВЧ-излучения, насыщение воздухом и озоном, обогащение металлическими ионами.

Проведенные эксперименты и анализ экспериментальных данных

Известно, что в результате внешних воздействий каждая единица объема воды получает определенное количество энергии, вследствие чего в ней разрушаются, прежде всего, водородные связи. Это способствует образованию свободных радикалов или изменению свойств и структуры агрегатов — кластеров-ассоциантов и клатратов [7, 8], отвечающих за физико-химические свойства воды. При этом в процессе активации длинные молекулярные цепочки $(\text{H}_2\text{O})_n$ (т. н. ассоцианты) разрываются, что, в конечном счете, сказывается на величине коэффициента поверхностного натяжения σ .

В наших опытах для нахождения коэффициента поверхностного натяжения, мы пользовались классическим методом определения высоты поднятия воды по капиллярным трубкам. Для отчета результатов был использован катетометр марки В-630. Точность определения уровней жидкостей в капиллярах и в кювете (широком сосуде) составляла 0,01 мм. Перед каждым измерением производили очистку капилляров по известной методике.

Во всех экспериментах строго контролировалась чистота, постоянство температуры ($t = 24 \div 26$ °С), высота воды в кювете, глубина погружения капилляров и т. д. Это позволило обеспечить высокую воспроизводимость результатов экспериментов.

Результаты измерений занесены в таблицу. В таблице приведены средние значения σ , измеренные одновременно тремя капиллярами и коэф-

Мамедов Неймат Али оглы, доцент.

Гарибов Гейс Ибрагим оглы, доцент.

Алекберов Шахин Шамшад оглы, ст. научный сотрудник.

Расулов Эльдар Айдын оглы, преподаватель.

Бакинский Государственный Университет.

Азербайджан, AZ1148, Баку, ул. 3. Халилова, 23.

Тел. (99412) 439-73-73.

E-mail: mammadovneamat@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 12 августа 2014 г.

© Мамедов Н. А., Гарибов Г. И., Алекберов Ш. Ш., Расулов Э. А., 2014

коэффициенты активности воды α , рассчитанные по формуле [3, 9]:

$$\alpha = \frac{\sigma_{o.e.} - \sigma_{u.e.}}{\sigma_{u.e.}},$$

где $\sigma_{o.e.}$ — коэффициент поверхностного натяжения отстоянной контрольной воды, $\sigma_{u.e.}$ — коэффициент поверхностного натяжения исследуемой воды.

При скорости подачи газа 4 л/мин расход воздуха по объему был 88 л. Здесь кислород O_2 составлял по объему 18,48 л и по массе 26,4 г, из него в одном литре воды растворяется 67,88 мг. Количество растворенного в воде газа вычислялось по закону Генри [10].

Как видно из таблицы, величина коэффициента σ , найденная нами для дистиллированной воды, достаточно близка к литературным данным [11]. Значение коэффициента σ для пресной воды, взятой из городской водопроводной линии, почти совпадает с коэффициентом σ для воды, насыщенной воздухом. Озонирование воды также значительно снижает ее поверхностное натяжение. Видно, что после 22 минутного барботирования озоном (время насыщения воды озоном составляет 22 мин) коэффициент поверхностного натяжения воды уменьшается до величины $58,35 \cdot 10^{-3}$ Н/м, что

на 8 % меньше поверхностного натяжения воды до озонирования. Отметим, что нами было измерено поверхностное натяжение той же озонированной воды через 1,5 часа после озонирования. Опыты показали, что коэффициент σ для этого случая составляет величину $62,32 \cdot 10^{-3}$ Н/м, что почти совпадает с коэффициентом поверхностного натяжения исходной воды без озонирования.

Увеличение величины σ озонированной воды с течением времени связано, по-видимому, с расщеплением молекул озона. Увеличение величины σ с $58,35 \cdot 10^{-3}$ до $62,32 \cdot 10^{-3}$ Н/м объясняется разложением озона уже после 20 минутного отстоя (время распада озона $O_3 \rightarrow O_2 + O$ в воде составляет ~20 мин [10]). Но через 1,5 часа часть водородных связей в воде восстанавливается и σ растет.

Несколько лет назад была опубликована работа [12], где сообщается об очищении воды электрическими разрядами. Вода приобретала бактерицидные свойства. Выяснилось, что в результате эрозии электродов в воде остаются наночастицы (в объеме образуются иониды), которые влияют на ее свойства. В [13] показано, что при разряде в воде образуется перекись водорода, которая увеличивает вязкость воды.

Таблица

Значения коэффициента поверхностного натяжения питьевой водопроводной воды при различных физических воздействиях

№	Тип воды	σ (10^{-3} Н/м)	α (%)
1	Дистиллированная вода	72,21	—
2	Питьевая водопроводная вода через 2 часа после набора	61,85	9,9
3	То же — через 24 часа (контрольная вода)	67,91	0
4	Вода, насыщенная воздухом	62,27	9
5	Вода, насыщенная озоном — через 10 мин	58,35	16,3
6	— через 1,5 часа	62,32	8,96
7	Намагниченная вода в постоянном поле ($B = 3500$ Гс, время воздействия поля 24 часа)	58,1	16,8
8	Воздействие переменным магнитным полем — $B = 1000$ Гс, $f = 1000$ Гц	44,32	53,2
9	Серебряная вода при соотношении числа молекул $N(H_2O)/N(Ag) = 10^8$	61,1	11,14
10	Серебряная вода $N(H_2O)/N(Ag) = 6 \cdot 10^6$	57,43	18,2
11	Серебряная вода $N(H_2O)/N(Ag) = 87000$	56,65	19,87
12	Медная вода $N(H_2O)/N(Cu) = 10^8$	43,7	55,4
13	Медная вода $N(H_2O)/N(Cu) = 6 \cdot 10^6$	41,3	64,4
14	Воздействие электрическим разрядом	61,8	9,8
15	Талая вода	60,43	12,3
16	Воздействие СВЧ-электромагнитными волнами — время воздействия 10 мин	62,61	8,46
17	— время воздействия 20 мин	60,30	12,3
18	— время воздействия 30 мин	57,96	17,16
19	3%-ный H_2O_2	66,81	1,6
20	30%-ный H_2O_2	49,06	38,4
21	3%-ный раствор NaCl (физраствор)	55,78	21,7
22	Сыворотка крови [14]	60	
	Желчь	48	
	Молоко	50	
	Моча	66	

Электрическая обработка воды нами производилась в стеклянной трубке высотой 7,5 см и диаметром 30 мм. С целью устранения влияния материалов эрозии электродов один из них находился внутри стеклянной пробирки с диаметром 10 мм, опущенной в трубку с водой, а другой опоясывал эту трубку снаружи. Фактически вода находилась между двумя барьерами электрического разряда с частотой 20 кГц, напряжением 10 кВ и током 100 мкА, длительность воздействия разряда на воду при этом составляла 1 мин. Такая постановка опыта исключает контакт исследуемой воды с электродами разряда и возможность перехода продуктов эрозии электродов в воду и образование ионидов.

Как видно из таблицы, электрическая обработка воды барьерным разрядом также уменьшает коэффициент поверхностного натяжения σ . Бактерицидность же воды, наблюдаемая в работе [12], по нашему мнению, проявляется за счет изменения условий для жизнедеятельности микроорганизмов в воде.

Из таблицы видно, что коэффициент поверхностного натяжения серебряной воды сильно зависит от концентрации ионов. Минимальная величина σ находится в интервале $(56—57) \cdot 10^{-3}$ Н/м. При дальнейшем увеличении концентрации ионов серебра величина σ растет, что связано, по-видимому, с увеличением числа клатратов серебра в воде [13, 14].

В наших опытах по влиянию СВЧ-излучения на воду выбран сантиметровый диапазон излучения. Плотность потока мощности этого излучения была близка к нормальному (естественному) фону электромагнитного излучения ($0,1$ мкВт/см²) и составляла всего несколько мкВт/см² [15, 16].

Измерения σ отстоянной в течение 24 часов воды производились до и после 10-, 20- и 30-минутного облучения. Чем больше время экспозиции, тем меньше поверхностное натяжение воды.

Результаты вышеизложенных экспериментов показали, что σ воды, а также коэффициент ее активности α существенно зависят от времени и интенсивности воздействия СВЧ-колебаний. Как следствие, можно ожидать влияния подобной активированной воды на все жизненно важные процессы, протекающие в клетках, тканях (и органах) живых организмов. В частности, поскольку мозг человека состоит на 90 % из воды, определенную опасность, видимо, представляют длительные разговоры по мобильным телефонам (особенно для детей) из-за их локального воздействия на мозг, а также на слуховой аппарат и зрение.

Для повышения значимости биофизической части работы в вышеуказанной таблице приведены также известные значения коэффициентов по-

верхностного натяжения жидкостей, работающих в организме человека (сыворотка крови, желчь, молоко, моча) [14]. Сопоставление совокупности значений σ наводит на мысль о том, что для живых организмов требуется вода с относительно малым поверхностным натяжением.

Заключение

Экспериментальные результаты работы по изучению влияния внешних факторов на значение коэффициента поверхностного натяжения воды, в целом, показывают, что чем большее количество энергии (тепловой, механической, электрической, магнитной, электромагнитной) передается воде, тем заметнее уменьшается её коэффициент поверхностного натяжения σ и тем больше коэффициент ее активности.

Литература

1. Мамедов Н. А., Гарибов Г. И., Алекберов Ш. Ш. // Вестник Бакинского Университета. Серия физико-математических наук. 2005. № 4. С. 133.
2. Mamedov N. A., Garibov G. I., Alekberov Sh. Sh. / Presentation 137; 2-1 B. Soil Hydrology, Structure and Micromorphic Properties. 18th World Congress of Soil Science (July 9—15, 2006, Philadelphia, Pennsylvania, USA).
3. Мамедов Н. А., Гарибов Г. И., Алекберов Ш. Ш. / Патент Азербайджанской Республики. И 2008 0015. — 24.01.2008.
4. Mamedov N. A., Garibov G. I., Alekberov Sh. Sh., et al. / 2008 – International Year of Planet Earth. Eurosoil 2008. Soil-Society-Environment. 25—29 August 2008. Vienna, Austria. Book of Abstracts. P. 332.
5. Mamedov N. A., Garibov G. I., Sadikhzade G. M., et al. / Forth International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering. 4—6 September 2008. Pitesti, Romania. Conference Proceedings. P. V-18—V-21.
6. Mamedov N. A., Garibov G. I., Manafova A.M., Alekberov Sh. Sh., Gerayzade A. P. // Technical and Physical Problems of Engineering. 2011. V. 1. No. 1. P. 61.
7. Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Мюллер В. М. Поверхностные силы. — Москва: Наука, 1987.
8. Рассадкин Ю. П. Вода обыкновенная и необыкновенная. — Москва: Галерея сто. 2008.
9. Госьков П. И., Кондрашова А. Г. / Патент Российской федерации. № 2276785 G01N33/18 (2006.01) 2006.05.20.
10. Герасимов Я. И. и др. Курс физической химии. — Москва: Химия. 1987.
11. Кухлинг Х. Справочник по физике. — М.: Мир. 1982.
12. Вестник Российской Академии Наук. 2002. Т. 72. № 10. С. 905.
13. Рэмсден Э. Н. Начала современной химии. — Ленинград. Химия. 1989.
14. Ремезов А. Н. Курс физики, электроники и кибернетики. — Москва. Высшая школа. 1982.
15. Мамедов Н. А., Гарибов Г. Г., Расулов Э. А., и др. // Электронная обработка материалов. 2013. Т. 49. № 3. С. 90.
16. Мамедов Н. А., Гарибов Г. Г., Расулов Э. А., и др. // Известия Национальной Академии Наук Азербайджана. Серия физики и астрономии. Т. 33. № 5. С. 109.

Influence of various external factors on the water surface tension

N. A. Mammadov, G. I. Garibov, Sh. Sh. Alekberov, and E. A. Rasulov

Baku State University
23 Z. Khalilov, Baku, AZ1148, Azerbaijan
E-mail: mammadovnemmat@rambler.ru

Received August 12, 2014

In this paper experimentally investigated the influence of various external factors, such as of the magnetization, the impact of electrical discharge, the impact of electromagnetic radiation of centimeter range, the saturation by air and ozone, enrichment of metal ions on the surface tension of water. It is shown that these impacts lead to a reduction the surface tension coefficient of drinking water, and the decrease in the coefficient σ essentially depends on the nature and degree of exposure.

PACS: 61.20.Ne

Keywords: surface tension, activated water, magnetization, silver water, ozonation, mobile phones.

References

1. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, and Sh. Sh. Alekberov, *Vestnik Bakin. Univer.*, No. 4, 133 (2005).
2. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, and Sh. Sh. Alekberov, in *Proc. 18th World Congress of Soil . Science* (July 9—15, 2006, Philadelphia, Pennsylvania, USA) Presentation 137; 2-1 B. Soil Hydrology.
3. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, and Sh. Sh. Alekberov, Azerbaijan Republic Patent No. I 2008 0015. — Jzniary 24, 2008.
4. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, Sh. Sh. Alekberov et al., in *Proc. 2008 – International Year of Planet Earth. Eurosoil 2008. Soil-Society-Environment*. (25—29 August 2008. Vienna. Austria), Book of Abstracts. P. 332.
5. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, G. M. Sadikhzade, et al., in *Proc. Forth International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering*. (4—6 September 2008. Pitesti. Romania). P. V-18—V-21.
6. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, A. M. Manafova, et al., *Technical and Physical Problems of Engineering* **1**, 61 (2011).
7. B. V. Deryagin, N. V. Churaev, and V. M. Muller, *Surface Forces* (Nauka, Moscow, 1987) [in Russian].
8. Yu. P. Rassadkin, *Ordinary and Nonordinary Water* (Galereya, Moscow, 2008) [in Russian].
9. P. I. Gus'kov and A. G. Kondrashova, RF Patent No. 2276785 G01N33/18 (2006.01) 2006.05.20.
10. Ya. I. Gerasimov et al., *Course on Physical Chemistry*. (Khimiya, Moscow, 1987) [in Russian].
11. H. Kuchling, *Handbook on Physics* (Mir, Moscow, 1982) [in Russian].
12. *Vestnik Russ. Akad. Nauk.* **72**, 905 (2002).
13. E. N. Ramsden, *Foundation of Modern Chemistry* (Khimiya, Leningrad, 1989) [in Russian].
14. A. N. Remezov, *Course on Physics* (Vyssh. Shkola, Moscow, 1982) [in Russian].
15. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, E. A. Rasulov, et al., *Elektronn. Obrabot. Mater.* **49** (3), 90 (2013).
16. N. A. Mamedov, G. I. Garibov, E. A. Rasulov, et al., *Izv. National. Akad. Nauk Azerbajij. Ser. Fizika, Astronom.* **33** (5), 109.