

УДК 543.253

*Б.П. Шипунов, А.В. Тимирязев, Е.В. Кондратова, И.Е. Стась***Влияние высокочастотного электромагнитного поля на удельное вращение растворов аскорбиновой кислоты***B.P. Shipunov, A.V. Timiryazev, E.V. Kondratova, I.E. Stas***The Influence of High-frequency Electromagnetic Field on the Specific Rotation of the Ascorbic Acid Solution**

Впервые приводятся данные, свидетельствующие об изменении оптической активности веществ в результате воздействия ВЧ-поля. Отмечено однонаправленное изменение удельного угла вращения на примере раствора аскорбиновой кислоты. Эффект развивается быстро, за несколько минут.

Ключевые слова: высокочастотное поле, структурные изменения, оптическая активность.

Изучение механизма влияния электромагнитных полей на свойства воды и водосодержащих объектов актуально в связи с возрастающей плотностью искусственных электромагнитных полей и расширением используемого частотного диапазона. Вода как главный компонент водных систем до недавнего времени полагалась абсолютно стабильным и не изменяющим своих физико-химических свойств компонентом. Известно, что воздействие постоянных и переменных магнитных, электрических и электромагнитных полей различного диапазона на воду и разбавленные водные растворы способно изменять многие физико-химические свойства этих систем, в том числе вязкость, диэлектрическую проницаемость и электропроводность воды, степень гидратации ионов, состав комплексных ионов [1, с. 55; 2, с. 71; 3, с. 50; 4, с. 6851]. Наблюдаемые явления объясняются изменением структуры как воды, так и гидратных оболочек ионов [5, с. 15; 6, с. 2048; 7, с. 130; 8, с. 1609]. В ряде публикаций сообщается, что при действии электромагнитного поля определенной частоты наблюдается ускорение или торможение гомогенных химических реакций [9, с. 44; 10, с. 163] или же инициирование реакций, которые не идут в обычных условиях [11, с. 105]. В мировой литературе [12, с. 10128; 13, с. 1185; 14, с. 2515] найдены объективные подтверждения полевых воздействий на структурные ассоциаты воды вследствие изменения как диполь-дипольного взаимодействия, так и энтропийной составляющей, отвечающей определенной степени упорядоченности молекул воды в жидком состоянии. Зарубежные авторы для объяснения наблюдаемых эффектов привлекают гипотезу о влиянии полей на коллективную молекулярную поляризуемость и, как следствие, – измене-

For the first time the research provides evidence of change in the optical activity of substances from exposure to HF electromagnetic fields. A unidirectional change in the specific angle of rotation on the example of a solution of ascorbic acid is noted. Effect develops quickly, within a few minutes.

Key words: high-frequency field, structural change, optical activity.

ние силовых характеристик коллективного взаимодействия молекул растворителя как между собой, так и с молекулами растворенных веществ, что и приводит к изменению отмеченных выше свойств растворов. Сложность изучения полевых воздействий на водные растворы обусловлена отсутствием методов фиксации мгновенной структурной организации растворов и ее изменений как во время, так и после полевого воздействия. Наиболее часто используются косвенные методы, регистрирующие изменения физико-химических свойств растворов и реакционную способность растворенных веществ. Исключительно интересными в таком контексте представляются процессы с участием оптически активных веществ, концентрацию которых и переход из одной оптической конфигурации в другую достаточно просто наблюдать экспериментально. В связи с этим объектом исследований был выбран раствор аскорбиновой кислоты, которая обладает оптической активностью.

Удельное вращение аскорбиновой кислоты в водном растворе $[\alpha]_D^{20} = +24$ град/(дм×г/см³) (1% раствор), а в метаноле $[\alpha]_D^{20} = +48$ град/(дм×г/см³) (при концентрации 0,85%) [15, с. 238]. Удельное вращение, таким образом, зависит от свойств растворителя и, кроме того, от концентрации вещества (с) в растворе. Для водных растворов кислоты удельное вращение характеризуется незначительным уменьшением при значительном увеличении концентрации. Так, для 2,2%-ного раствора $[\alpha]_D^{20} = +22,4$ град/(дм×г/см³), а для 14%-ного раствора $[\alpha]_D^{20} = +20$ град/(дм×г/см³). В то же время 1%-ный раствор натриевой соли аскорбиновой кислоты (точнее – аскорбат-ион) имеет $[\alpha]_D^{20} = +105$ град/(дм×г/см³) [15, с. 238]. Учитывая строение L- и D-изомеров аскорбиновой кислоты

и аскорбат иона L-изомера, можно обоснованно предположить, что переход из L в D конфигурацию крайне маловероятен, тогда как изменение равновесия

автопротолиза может сказаться на величине удельного вращения без изменения концентрации кислоты (рис. 1).

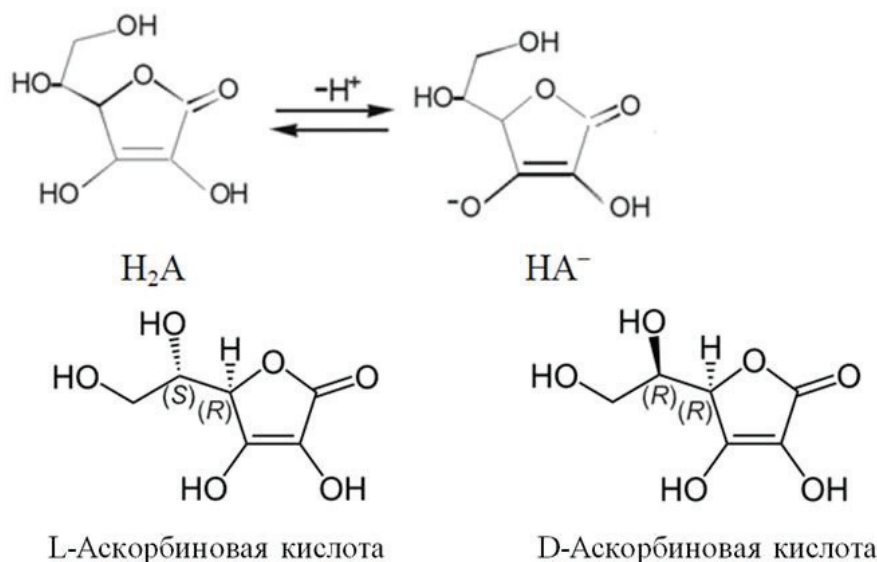


Рис. 1. Структура L- и D-изомеров аскорбиновой кислоты и аскорбат-иона

Цель данного исследования – установить факт воздействия электромагнитного поля диапазона 30–200 МГц на процессы структурных преобразований в водных растворах на основе изменения свойств раствора аскорбиновой кислоты.

Методика эксперимента. Эксперимент был построен следующим образом. Раствор аскорбиновой кислоты 1%-ной концентрации готовили растворением навески в известном количестве дистиллированной воды. Затем весь раствор был разделен на пробы, часть которых использовалась как реперный раствор (не подвергался полевому воздействию), а часть – как паритетные пробы для изучения воздействия ВЧ-поля. Для исследования влияния ВЧ-поля пробы раствора кислоты объемом 150 мл помещали в ВЧ-ячейку и подвергали действию ВЧ-поля определенной частоты некоторое время. В качестве источника ВЧ-напряжения использовали генератор Г4-119А. Частота в процессе облучения оставалась неизменной, а от эксперимента к эксперименту изменялась рандомизированно в диапазоне 30–200 МГц. Напряжение на ячейке составляло 14–17 В.

На данном этапе эксперимента были выбраны частоты 30, 90, 110, 190 МГц. Воздействие ВЧ-поля этих частот на водные системы, по предыдущим нашим данным [9, с. 46; 16, с. 161; 17, с. 191], оказалось наиболее эффективным с точки зрения величины наблюдаемых эффектов. Выдержку растворов в ВЧ-поле осуществляли непрерывно в течение 90 мин. После полевого воздействия растворы переливали в стеклян-

ные стаканы или колбы, которые закрывали полиэтиленовой пленкой, чтобы предотвратить растворение газов и загрязнение пробы. После воздействия растворы либо выдерживали в течение суток, либо исследовали непосредственно после облучения.

Определение удельного вращения растворов аскорбиновой кислоты проводили методом поляриметрии. Удельное вращение рассчитывали по формуле

$$\alpha = [\alpha] \ell c, \quad (1)$$

где α – значение угла поворота плоскости поляризации, измеренное поляриметром; $[\alpha]$ – удельное вращение; ℓ – длина кюветы; c – концентрация раствора. Величина α зависит от природы оптически активного вещества, температуры и длины волны света. Принято выражать α в градусах, ℓ – в дециметрах, c – в граммах на сантиметр кубический. Формула (1) является теоретической основой метода определения концентрации с оптически активного вещества. Для нахождения угла поворота плоскости поляризации применяли полутеневую поляриметр СМ-2 с длиной кюветы 2 дм.

Коэффициент $[\alpha]$ зависит от природы вещества, очень слабо зависит от температуры и приблизительно обратно пропорционален длине волны излучения. Для получения достоверных результатов эксперименты были повторены трижды для каждой частоты и статистически оценены.

Результаты и обсуждение. В таблице приведены результаты расчета удельного вращения для 1%-ных растворов аскорбиновой кислоты контрольного образ-

ца и обработанных на различных частотах. Изменения наблюдались в течение нескольких суток после полевого воздействия. Для большей наглядности и сопоставления относительной эффективности частоты полевого воздействия на рисунке 2 представлены величины удельного вращения для всех частот, которые также измерялись в течение нескольких суток после облучения. В первых экспериментах измерения угла поворота плоскости поляризации проводились через сутки после облучения образцов. В последующих экс-

периментах измерения осуществлялись сразу после воздействия на растворы ВЧ-поля. Полученные данные (рис. 3) показывают, что для одних исследуемых образцов изменение удельного вращения происходит непосредственно после воздействия ВЧ-поля, а для других – через некоторое время после облучения. Влияние частоты выражено достаточно отчетливо. Максимальный эффект полевого воздействия наблюдается для частот 30 и 190 МГц, несколько меньший – для 110 и минимальный – для 90 МГц.

Удельное вращение 1%-ных растворов аскорбиновой кислоты

Время после облучения, сутки	Удельное вращение контрольного раствора и растворов после полевого воздействия различными частотами, град/ (дм×г/см ³)				
	контроль	30 МГц	90 МГц	110 МГц	190 МГц
0	24,0 ± 0,6	24,0 ± 0,6	24,0 ± 0,6	24,0 ± 0,6	24,0 ± 0,6
1	24,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6	25,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
2	24,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6	25,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
3	24,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6	25,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
4	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	25,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6
6	24,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
7	24,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6
8	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
9	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
10	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	31,0 ± 0,6
11	24,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
13	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6
14	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6
15	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
16	24,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
17	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
20	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6
21	24,0 ± 0,6	29,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
22	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	26,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
23	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6
28	24,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6	27,0 ± 0,6	28,0 ± 0,6	30,0 ± 0,6

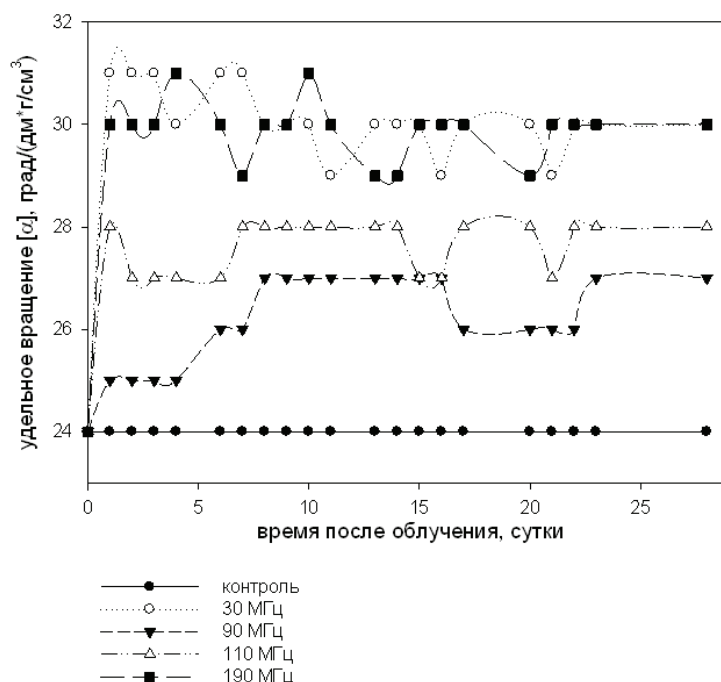


Рис. 2. Изменение удельного вращения в исследуемых растворах аскорбиновой кислоты после полевого воздействия с учетом единичных флуктуаций

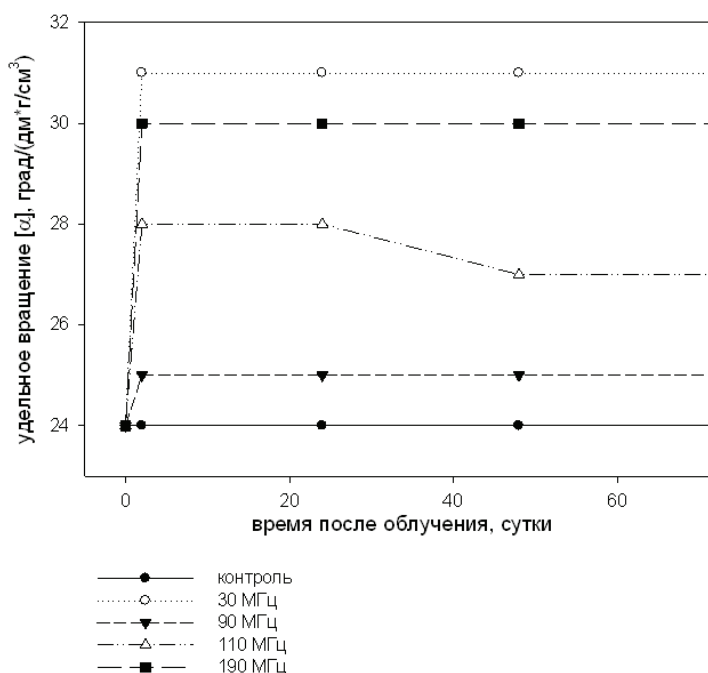


Рис. 3. Усредненные данные изменения удельного вращения 1%-ных растворов аскорбиновой кислоты после воздействия полями различных частот

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что изменение угла вращения во всех пробах происходит быстро, в течение минут, максимум 3 ч. Некоторые вариации данных, изображенные на рисунке 2, можно отнести к температурным нестабильностям, тем более что они укладываются в коридор

ошибок. Особый интерес представляет то, что все изменения угла происходят в сторону его увеличения. Это позволяет объяснить наблюдаемый эффект смещением равновесия процессов таутомерии в результате действия когерентного ВЧ-поля на согласованные ориентации молекул как кислоты, так и растворите-

ля. Это доказывает, что у растворителя изменились способности к гидратационному взаимодействию с растворенным веществом, что и смещает равно-

весе автопротолиза в сторону генерации аскорбат-иона, имеющего большее значение удельного вращения.

Библиографический список

1. Мокроусов Г. М., Горленко Н. П. Физико-химические процессы в магнитном поле / под ред. Д. И. Чемоданова. — Томск, 1988.
2. Гапочка Л. Д., Гапочка М. Г. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ- и СВЧ-диапазонов на жидкую воду // Вестник МГУ. — 1994. — Т. 35, № 4.
3. Шипунов Б. П., Селиков К. В. Исследование воздействия постоянного магнитного поля на некоторые свойства воды и водных растворов // Изв. вузов. Сер. «Химия и химическая технология». — 2005. — Т. 48, вып. 9.
4. Masumi Yamashita, Chris Duffield, William A. Tiller Direct Current Magnetic Field and Electromagnetic Field Effects on the pH and Oxidation-Reduction Potential Equilibration Rates of Water. 1. Purified Water // *Langmuir*. — 2003. — V. 19.
5. Бяков В. М., Петухов В. Р., Сухановская А. И. Поведение молекул сольватной оболочки иона в переменном электрическом поле. — М., 1985.
6. Шульгин Л. П. Перенапряжение электродных реакций в растворах при прохождении симметричного переменного тока // Журн. физ. химии. — 1979. — Т. 53.
7. Классен В. И. Омагничивание водных систем. — М., 1978.
8. Lielmezs J., Musbally G. M. Effect of External Magnetic Field on Diffusion of Electrolytes in Solution // *Electrochimica Acta*. — 1972. — V. 17.
9. Шипунов Б. П., Стась И. Е. Применение маломощного высокочастотного электромагнитного поля для направленного изменения скорости гомогенных реакций // Изв. вузов. Сер. «Химия и химическая технология». — 2010. — Т. 53, вып. 1.
10. Логинова О. Н., Шипунов Б. П., Сичкарёва О. Г., Сафронова Н. В. Влияние электромагнитного поля высокой частоты на кинетику разложения пероксида водорода при каталитическом воздействии ионов кобальта и меди // Известия Алтайского государственного университета. — 2010. — № 3/1.
11. Шипунов Б. П., Кондратова Е. В., Тимирязев А. В. Влияние маломощного высокочастотного электромагнитного поля на скорость химических реакций и константу равновесия реакции мутаротации сахарозы и гидролиза ацетоуксусного эфира // Бутлеровские сообщения. — 2011. — Т. 24, № 1.
12. Niall J. English and Damian A. Mooney. Very Different Responses to Electromagnetic Fields in Binary Ionic Liquid-Water Solutions // *J. Phys. Chem. B*. — 2009. — V. 113.
13. Li Jun Yang, Ka Ma Huang, Xiao Qing Yang. Dielectric Properties of N,N-Dimethylformamide Aqueous Solutions in External Electromagnetic Fields by Molecular Dynamics Simulation // *J. Phys. Chem. A*. — 2010. — V. 114.
14. Chang Kai-Tai and Weng Cheng-I. Properties of aqueous NaCl Solutions in External Electromagnetic Fields // *Molecular Physics*. — 2008. — V. 106.
15. Тимирязев А. В. Влияние электромагнитного поля на смещение равновесия в гетерогенной системе трудно-растворимая соль-вода // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XI Всероссийской конференции студентов и аспирантов. — Томск, 2010.
16. Шипунов Б. П., Тимирязев А. В., Стась И. Е. Смещение гетерогенного равновесия вода-труднорастворимая соль под действием высокочастотного электромагнитного поля // Известия Алтайского государственного университета. — 2010. — № 3/2.
17. Шнайдман Л. О. Производство витаминов. 2-е изд., перераб. и доп. — М., 1973. Пат. 2049729 Российская Федерация, МКИ С 01 G 1/12. Способ получения сульфида металла / А. В. Балувев, В. С. Митяхина. Оpubл. 10.12.95.