

О влиянии электромагнитного поля на водные растворы

© **Беляев^{1,2,*+} Алексей Петрович, Антипов³ Владимир Викторович**

¹ Кафедра физической и коллоидной химии. Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет. ул. проф. Попова, д.14, лит. А. г. Санкт-Петербург, 197376. Россия.
Тел.: +7 (812) 499-39-00, доб. 41-40. E-mail: Alexei.Belyaev@pharminnotech.com

² Кафедра судебной экспертизы материалов, веществ и изделий. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. ул. Политехническая, д.29.

г. Санкт-Петербург, 195251. Россия. Тел.: +7 (964) 352-50-60. E-mail: lex@spbstu.ru

³ Кафедра аналитической химии. Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Московский пр-т., 26. г. Санкт-Петербург, 190013. Россия.
Тел.: +7 (812) 494-93-71. E-mail: vladimir@mail.ru

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: раствор парацетамола, водные растворы, коллоидные растворы, экстракция, влияние электромагнитного поля, технологические опыты.

Аннотация

Электромагнитное воздействие на процессы формирования сегодня успешно используется для создания новых материалов, для создания очистных сооружений, материалов для химической, пищевой, фармацевтической, строительной и металлургической промышленности. Однако, вследствие сложности проблемы, до конца выявить особенности механизмов воздействия на растворы до сих пор не удалось. Эффективность воздействия на практике подтверждается только экспериментальным путем. Это, в частности, относится к водным растворам, изучению которых посвящена настоящая работа. Приводятся результаты технологических исследований процессов, протекающих при электромагнитном воздействии на водные растворы парацетамола, гексацианоферрата(II) меди и йода. Растворы помещались в специальный кварцевой цилиндр, снабженный металлическим электродом-излучателем в форме спирали. К электродам прикладывалось электрическое поле от генератора. Амплитуда генератора составляла 15В. Частота генератора могла изменяться 0 до 1.0 МГц. В качестве рабочей частоты была выбрана частота 1.0 МГц. Время воздействия составляло 60 минут. Эффективность воздействия оценивалась по результатам измерения оптической плотности. Повторные испытания проводились через одни сутки.

В результате исследования насыщенного раствора парацетамола установлено, что: оптическая плотность раствора под влиянием поля возрастает. Это увеличение носит временный характер. Через сутки величина оптической плотности принимает прежнее значение. Для коллоидного раствора гексацианоферрата(II) меди показано, что его устойчивость после обработки в электромагнитном поле понижается – понижается порог коагуляции. Зависимость порога коагуляции от валентности иона-коагулятора раствора как до воздействия электромагнитного поля, так и после воздействия, подчиняется правилу Шульце-Гарди. Действие электромагнитного поля на водный раствор йода оказывает существенное влияние на экстракцию йода из раствора с помощью четырёххлористого углерода – константа распределения возрастает.

Приводятся методики приготовления растворов, ультрафиолетовый спектр раствора парацетамола и его спектр дифракции рентгеновских лучей, диаграммы соответствующие правилу Шульце-Гарди и зависимости оптической плотности от количества экстрагента.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Беляев А.П., Антипов В.В. О влиянии электромагнитного поля на водные растворы. *Бутлеровские сообщения*. 2026. Т.85. №1. С.29-36. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Беляев А.П., Антипов В.В. О влиянии электромагнитного поля на водные растворы. *Бутлеровские сообщения А*. 2026. Т.12. №1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29/ROI-jbc-RA/26-12-1-4

The output for citing the English online version of the article:

Alexey P. Belyaev, Vladimir V. Antipov. On the influence of electromagnetic fields on aqueous solutions. *Butlerov Communications A*. 2026. Vol.12. No.1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29/ROI-jbc-A/26-12-1-4

Литература

- [1] Беляев А.П., Антипов В.В. Влияние слабого акустического поля на кристаллизацию твердого раствора Pb-Sn. *Бутлеровские сообщения*. **2022**. Т.72. №12. С.74-78. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-72-12-74 [Alexey P. Belyaev, Vladimir V. Antipov. Influence of a weak acoustic field on the crystallization of the solid solution Pb-Sn. *Butlerov Communications B*. **2022**. Vol.3. No.2. Id.17. DOI: 10.37952/ROI-jbc-B/22-3-2-17]
- [2] Беляев А.П., Кукушкин С.А., Рубец В.П. Кристаллизация расплава Pb-Sn эвтектического состава в тепловом поле градиента температуры. *ФТТ*. **2001**. Т.43. №4. С.577-580. [A.P. Belyaev, S.A. Kukushkin, V.P. Rubets. Crystallization of Pb-Sn melt of eutectic composition in a thermal field of temperature gradient. *Physics of the Solid State*. **2001**. Vol.43. No.4. P.577-580. (Russian)]
- [3] Беляев А.П., Рубец В.П., Нуждин М.Ю., Калинин И.П. Механизмы гетероэпитаксиального роста тонких пленок теллурида кадмия в тепловом поле градиента температуры. *ФТТ*. **2001**. Т.43. №4. С.577-580. [A.P. Belyaev, V.P. Rubets, M.Yu. Nuzhdin, I.P. Kalinkin. Mechanisms of heteroepitaxial growth of thin cadmium telluride films in a thermal field of temperature gradient. *Physics of the Solid State*. **2001**. Vol.43. No.4. P.577-580. (Russian)]
- [4] Лисовский Д.С., Дмитриева И.Б. Влияние физико-химических факторов на средний размер липидных наночастиц соевого лецитина в водных растворах. *Бутлеровские сообщения*. **2024**. Т.79. №8. С.116-123. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-79-8-116 [Dimitry S. Lisovsky, Irina B. Dmitrieva. Influence of physical-chemical factors to soybean lecithin lipid nanoparticles average size in aqueous systems. *Butlerov Communications C*. **2024**. Vol.8. No.3. Id.12. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-79-8-116/ROI-jbc-C/24-8-3-12]
- [5] Беляев А.П., Рубец В.П., Нуждин М.Ю. Электрические свойства пленок теллурида кадмия, синтезированных в тепловом поле градиента температуры. *ФТП*. **2003**. Т.37. №6. С.671-673. [A.P. Belyaev, V.P. Rubets, M.Yu. Nuzhdin. Electrical properties of cadmium telluride films synthesized in a thermal field of a temperature gradient. *Semiconductors*. **2003**. Vol.37. No.6. P.671-673. (Russian)]
- [6] Беляев А.П., Рубец В.П., Нуждин М.Ю. Эффекты упорядочения ансамбля дисперсных частиц в слабом поле упругих напряжений подложки при конденсации из паровой фазы в резко неравновесных условиях. *Журнал физической химии*. **2003**. Т.77. №10. С.1847-1852. [Belyaev A.P., Rubets V.P., Nuzhdin M.Yu. Effects of ordering an ensemble of dispersed particles in a weak elastic stress field of the substrate during condensation from the vapor phase under sharply nonequilibrium conditions. *Russ. J. Physical Chemistry*. **2003**. Vol.77. No.10. P.1847-1852. (Russian)]
- [7] Беляев А.П., Рубец В.П., Антипов В.В., Тощходжаев Х.А. Зародышеобразование и рост гетерограницы в поле упругости при резко неравновесных условиях. *Неорганические материалы*. **2009**. Т.45. №4. С.404-407. [A.P. Belyaev, V.P. Rubets, V.V. Antipov, H.A. Toshkhodzhaev. Nucleation and growth of a heteroboundary in an elastic field under sharply nonequilibrium conditions. *Inorganic Materials*. **2009**. Vol.45. No.4. P.404-407. (Russian)]
- [8] Игнатъев И.Э., Пастухов Э.А., Игнатъева Е.В. Принципиальное различие методов низкочастотного и ультразвукового воздействия на расплавы. *Изв. вузов. Цвет. металлургия*. **2014**. №5. С.7-11. [I.E. Ignatiev, E.A. Pastukhov, E.V. Ignatyeva. Fundamental difference between methods of low-frequency and ultrasonic action on melts. *News of universities. Non-ferrous Metallurgy*. **2014**. No.5. P.7-11. (Russian)]
- [9] Кочанов М.И., Васильев А.Н. Электромагнитно-акустическое преобразование - результат действия поверхностной силы. *УФН*. **1993**. Т.163. №10. С.67-80. [M.I. Kochanov, A.N. Vasiliev. Electromagnetic-acoustic transformation – the result of the action of a surface force. *Phys. Usp*. **1993**. Vol.163. No.10. P.67-80. (Russian)]
- [10] Беляев А.П., Рубец В.П., Антипов В.В., Павлова Е.Ю. Устойчивость кристаллической структуры молекулярных кристаллов парацетамола, сформированных при калориметрическом сканировании. *Бутлеровские сообщения*. **2017**. Т.51. №8. С.105-110. DOI: jbc-01/17-51-8-105. [A.P. Belyaev, V.P. Rubets, V.V. Antipov, E.Yu. Pavlova stability of the crystal structure of molecular crystals of paracetamol formed during calorimetric scanning. *Butlerov Communications*. **2017**. Vol.51. No.8. P.105-110. DOI: jbc-01/17-51-8-105 (Russian)]
- [11] Вишнеvский С.Д., Кривоносoв Е.В., Литвинов Л.А. Влияние ультразвука на выращивание кристаллов корунда методом Чохральского. *Неорганические материалы*. **2009**. Т.45. №9. С.1086-1090. [S.D. Vishnevsky, E.V. Krivonosov, L.A. Litvinov. Effect of ultrasound on growing corundum crystals by the czochralski method. *Inorganic Materials*. **2009**. Vol.45. No.9. P.1086-1090. (Russian)]
- [12] Беляев А.П., Антипов В.В. Сенсорный метод микровзвешивания для определения паров атмосферы. *Бутлеровские сообщения*. **2021**. Т.68. №11. С.54-58. DOI: 10.37952/ROI-jbc01/21-68-11-54. [A.P. Belyaev, V.V. Antipov. Sensor method of microweighing for determining atmospheric vapors. *Butlerov Communications*. **2021**. Vol.68. No.11. P.54-58. DOI: 10.37952/ROI-jbc01/21-68-11-54 (Russian)]
- [13] Муллаянов А.И., Осипова Р.Ш., Мусин А.А., Ковалева Л.А. Исследование процесса коалесценции капель эмульсии в неоднородном переменном электрическом поле при наличии межфазной асфальтеновой пленки на границе раздела масло-вода. *Письма в ЖТФ*. **2022**. Т.48. Вып.2. С.27-29.

- [A.I. Mullajanov, R.Sh. Osipova, A.A. Musin, L.A. Kovaleva. Study of the coalescence process of emulsion droplets in a non-uniform alternating electric field in the presence of an interfacial asphaltene film at the oil-water interface. *Letters to JTF*. **2022**. Vol.48. Iss.2. P.27-29. (Russian)]
- [14] Злобина И.В., Бекренев Н.В., Егоров А.С., Кузнецов Д.И. Влияние сверхвысокочастотного электромагнитного поля на межслоевую прочность в отвержденных полимерных композиционных материалах. *Журнал технической физики*. **2023**. Т.93. Вып.2. С.27-29. [I.V. Zlobina, N.V. Bekrenev, A.S. Egorov, D.I. Kuznetsov. Effect of a microwave electromagnetic field on the interlaminar strength in cured polymer composite materials. *Journal of Technical Physics*. **2023**. Vol.93. Iss.2. P.27-29. (Russian)]
- [15] Володин В.В., Голуб В.В., Ельянов А.Е. Влияние акустических колебаний на скорость ячейистого водородно-воздушного пламени в горизонтальном канале. *Письма в ЖТФ*. **2022**. Т.48. Вып.9. С.41-43. [V.V. Volodin, V.V. Golub, A.E. Elyanov. Effect of acoustic vibrations on the velocity of a cellular hydrogen-air flame in a horizontal channel. *Letters to the Journal of Technical Physics*. **2022**. Vol.48. Iss.9. P.41-43. (Russian)]
- [16] T.S. Kумыков. Fractal structure effect on electric field within thunderclouds. *Bulletin Krasec. Physical and Mathematical Sciences*. **2021**. Vol.37. No.4. P.84-91.
- [17] Батыршин Э.С., Муллаянов А.И., Саметов С.П. Разрушение эмульсий “вода в масле” при воздействии неоднородного переменного электрического поля. *Письма в ЖТФ*. **2020**. Т.46. Вып.5. С.52-54. [E.S. Batyrshin, A.I. Mullayanov, S.P. Sametov. Destruction of water-in-oil emulsions under the influence of a non-uniform alternating electric field. *Letters to the Journal of Technical Physics*. **2020**. Vol.46. Iss.5. P.52-54. (Russian)]
- [18] Забулонов Ю.Л., Кадошников В.М., Литвиненко Ю.В. Влиянии электромагнитного поля на устойчивость коллоидов на примере гидроксида железа. *Сборник научных трудов института геохимии окружающей среды*. **2009**. №17. С.63-66. [Yu.L. Zabulonov, V.M. Kadoshnikov, Yu.V. Litvinenko The influence of an electromagnetic field on the stability of colloids using iron hydroxide as an example. *Collection of Scientific Papers of the Institute of Environmental Geochemistry*. **2009**. No.17. P.63-66. (Russian)]
- [19] Alexey P. Belyaev, Vladimir V. Antipov. On the influence of electromagnetic fields on aqueous solutions. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29/ROI-jbc-A/26-12-1-4
- [20] Беляев А.П., Антипов В.В. О влиянии электромагнитного поля на водные растворы. *Бутлеровские сообщения А*. **2026**. Т.12. №1. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29/ROI-jbc-RA/26-12-1-4

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-A/26-12-1-4

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-1-29/ROI-jbc-A/26-12-1-4

On the influence of electromagnetic fields on aqueous solutions

Alexey P. Belyaev,^{1,2,*+} Vladimir V. Antipov³

¹ Department of Physical and Colloidal Chemistry. St. Petersburg State Chemical-Pharmaceutical University. Professor Popov St., 14. St. Petersburg, 197376. Russia.

Phone: +7 (812) 499-3900, add. 41-40. E-mail: Alexei.Belyaev@pharminnotech.com

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Polytechnicheskaya St., 29. St. Petersburg, 195251. Russia. Phone: +7 964 352 5060. E-mail: lex@spbstu.ru

³ Department of Analytical Chemistry. St Petersburg State Institute of Technology (Technical University). Moscow Ave., 26. Saint-Petersburg, 190013. Russia. Phone: +7 (812) 494-93-71. E-mail: vladimir@mail.ru

*Supervising author; +Corresponding author

Keywords: paracetamol solution, aqueous solutions, colloidal solutions, extraction, influence of electromagnetic field, technological experiments.

Abstract

Electromagnetic influence on formation processes is now successfully used to create new materials, wastewater treatment facilities, and materials for the chemical, food, pharmaceutical, construction, and metallurgical industries. However, due to the complexity of the problem, the specific mechanisms underlying its influence on solutions have not yet been fully elucidated. The effectiveness of these influences in practice is confirmed only experimentally. This applies, in particular, to aqueous solutions, which are the subject of this work. The results of technological studies of the processes occurring under electromagnetic influence on aqueous solutions of paracetamol, copperhexacyano-ferrate(II), and iodine are presented. The solutions were placed in a special quartz cylinder equipped with a spiral-shaped metal emitting electrode. An electric field from a generator was applied to the electrodes. The generator's amplitude was 15 V. The generator frequency could be varied from 0 to 1.0 MHz. 1.0 MHz was chosen as the operating frequency. The exposure time was 60 minutes. The effectiveness of the treatment was assessed by measuring the optical density. Repeated tests were conducted after one day.

A study of a saturated paracetamol solution revealed that the optical density of the solution increased under the influence of the field. This increase was temporary. After 24 hours, the optical density returned to its original value. For a colloidal solution of copper hexacyanoferrate(II), its stability after treatment in an electromagnetic field was shown to decrease, leading to a lower coagulation threshold. The dependence of the coagulation threshold on the valence of the coagulant ion in the solution, both before and after exposure to the electromagnetic field, obeys the Schulze-Hardy law. Exposure to an electromagnetic field on an aqueous iodine solution significantly influences iodine extraction from the solution using carbon tetrachloride – the distribution constant increases.

The paper presents methods for preparing solutions, the ultraviolet spectrum of a paracetamol solution, and its X-ray diffraction spectrum, along with diagrams corresponding to the Schulze-Hardy rule and the dependence of optical density on the amount of extractant.