

*Б.П. Шипунов, А.В. Тимирязев, И.Е. Стась*  
**Смещение гетерогенного равновесия  
вода–труднорастворимая соль  
под действием высокочастотного  
электромагнитного поля**

*B.P. Shipunov, A.V. Timiryazev, I.E. Stas*  
**Shift of Heterogeneous Equilibrium  
“Water and Poorly Soluble Salt”  
by the Action of High-Frequency  
Electromagnetic Field**

Впервые показано, что действие высокочастотного маломощного электромагнитного поля вызывает смещение равновесия труднорастворимая соль – вода как в сторону увеличения растворимости, так и в сторону уменьшения. Эффект развивается не сразу во время облучения, а через 5–7 дней и сохраняется в течение как минимум трех месяцев.

**Ключевые слова:** гетерогенное равновесие, электромагнитное поле, растворимость, изменения в структуре воды.

Гетерогенное равновесие в водных растворах считается классическим примером стабильности и воспроизводимости. Именно поэтому константы такого равновесия в виде произведения растворимости труднорастворимых неорганических солей приводятся в таблицах термодинамических величин. В то же время известно, что добавка сильных индифферентных электролитов увеличивает растворимость солей за счет так называемого солевого эффекта.

При этом главный компонент системы – вода – считается абсолютно стабильным и не изменяющим своих физико-химических свойств компонентом. Это можно считать достаточно грубым приближением, поскольку известно достаточно много работ, в которых приводятся данные по изменению физико-химических свойств воды и разбавленных водных растворов при воздействии магнитных, электрических и электромагнитных полей различного диапазона [1–3].

Кроме этого, было обнаружено, что при действии электромагнитного поля определенной частоты наблюдается ускорение или торможение гомогенных химических реакций [4].

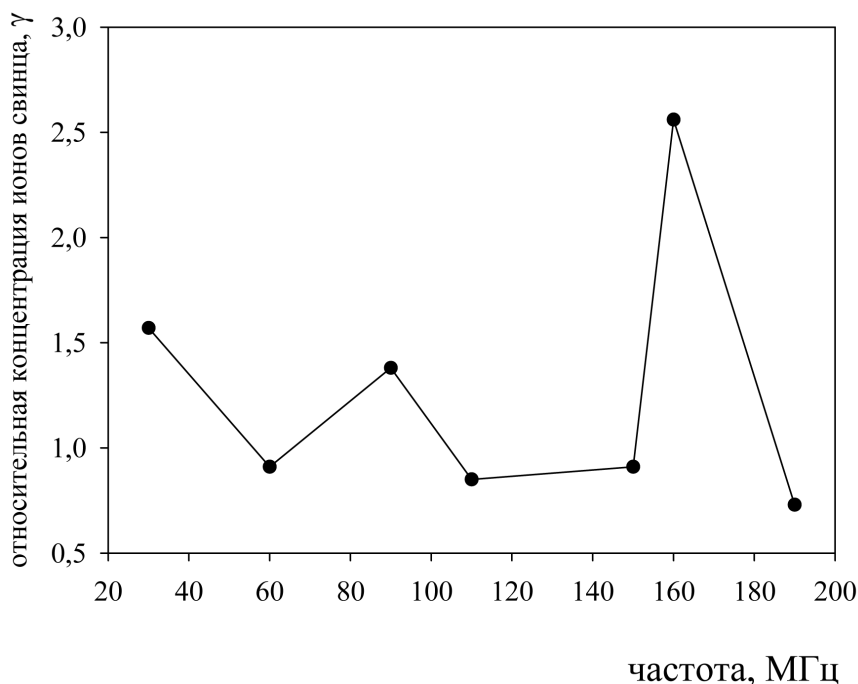
В связи с вышеизложенным представлялось интересным изучить влияние ВЧ поля диапазона 30–200 МГц на равновесие труднорастворимая соль – водный раствор.

В качестве объекта исследования был выбран сульфат свинца –  $PbSO_4$ . Это бинарная соль, которая отли-

For the first time it is shown that high-frequency low-power electromagnetic field causes the shift of water and poorly soluble salt equilibrium towards both increasing and decreasing of solubility. The effect is developed not during the radiation, but in 5–7 days later and kept for at least three months.

**Key words:** heterogeneous equilibrium, electromagnetic field, solubility, changes in water structure.

чается невысокой растворимостью,  $PP = 1,6 \times 10^{-8}$  [5]. Выбор соли был основан на минимизации числа факторов, способных исказить результаты эксперимента. Соль образована сильной кислотой, следовательно, колебания pH в небольших пределах не скажутся заметно на растворимости. Величина растворимости, порядка  $1,2 \times 10^{-4}$  М, позволяет применять обычные методы для количественного определения как сульфат-иона, так и иона свинца. В качестве метода количественной оценки изменения растворимости нами был выбран метод инверсионной вольтамперометрии на ртутнопленочном электроде в двухэлектродном режиме на фоне 0,01М раствора хлорида калия. Время накопления – 60 с, потенциал электронакопления – 0,8 В (НХСЭ). В качестве вспомогательного электрода использовался насыщенный хлорсеребряный электрод. Объем фонового раствора – 10 мл, объем пробы насыщенного раствора сульфата свинца – 50 мкл. Удаление кислорода и перемешивание раствора осуществлялось барботированием азотом. Измерения проводились с помощью полярографа ПУ-1. Регистрация вольтамперограмм – с помощью двухкоординатного потенциометра. Облучение гетерогенной системы осуществляли с помощью генератора Г4-119. Частота облучения варьировалась в диапазоне 30–200 МГц с шагом 10 МГц в рандомизированном порядке. Напряжение на ячейке составляло 14–17 В.



Относительное изменение концентрации ионов свинца  $\gamma$  в насыщенном растворе его сульфата после воздействия ВЧ поля на гетерогенную систему

Облучение гетерогенной системы осуществлялось непрерывно в течение 90 минут. После этого проводился анализ раствора. Затем раствор с осадком выдерживался в течение 3-х суток и вновь анализировался раствор над осадком. Оценка изменения растворимости проводилась сопоставлением высоты пика анодного растворения свинца при добавлении пробы в ячейку для анализа из необлученного раствора и соответствующего раствора после облучения. Для удобства представления результаты приведены на рисунке в виде относительных величин –  $\gamma$  как отношение концентрации ионов в растворе после ВЧ

воздействия к концентрации ионов свинца в необлученной системе.

Полученные результаты однозначно показывают существенное смещение гетерогенного равновесия под действием ВЧ поля. Причем в большей степени проявляется эффект увеличения растворимости, особенно на частотах 30 и 160 МГц. Наиболее сильное уменьшение – на частоте 190 МГц. Это можно объяснить, базируясь на теории активности изменением активности молекул и агрегатов молекул растворителя вследствие изменения его организации под действием осциллирующей электрической составляющей электромагнитного поля.

### Библиографический список

1. Мокроусов Г.М., Горленко Н.П. // Физико-химические процессы в магнитном поле. – Томск, 1988.
2. Гапочка Л.Д, Гапочка М.Г., Королев и др. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ- и СВЧ диапазонов на жидкую воду // Вестник МГУ. Сер. 3: Физ. астрономия. – 1994. – Т. 35, №4.
3. Шипунов Б.П., Селиков К.В. Исследование воздействия постоянного магнитного поля на некоторые свойства воды и водных растворов // Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология. – 2005. – Т. 48, вып. 9.
4. Шипунов Б.П., Стась И.Е. Применение маломощного высокочастотного электромагнитного поля для направленного изменения скорости гомогенных реакций // Известия вузов. Сер.: Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53, вып. 1.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. 4-е изд. – М., 1971.