

03:09

Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях

© Г.Н. Санкин, В.С. Тесленко

Институт гидродинамики СО РАН,
630090 Новосибирск, Россия

(Поступило в Редакцию 19 октября 1998 г.)

Представлены результаты экспериментальных исследований медленного (10–40 min) изменения электропроводности ячейки с водой в слабых постоянных магнитных полях. Исследованы релаксационные характеристики и зависимость амплитуды изменения сопротивления от величины магнитного поля (0.02–0.11 Gs). Обнаружена инерционность отклика ячейки на включение и выключение магнитного поля.

Известно влияние сверхслабых (сравнимых с геомагнитными) переменных (0.01–200 Hz) магнитных полей на физико-химические свойства водных растворов, воды и льда [1–3], которое заключается в изменении электропроводности, тангенса диэлектрических потерь, показателя преломления и других свойств исследованных образцов после обработки магнитным полем в течение нескольких часов.

В данной работе показано, что постоянные магнитные поля слабее магнитного поля Земли могут обратимо изменять электрические свойства ячейки с водой, через которую протекает постоянный электрический ток.

Эксперименты проводились на фоне магнитного поля Земли, имеющего среднее значение напряженности 0.59 Gs, вертикальную составляющую 0.56 Gs, горизонтальную составляющую 0.17 Gs, перпендикулярную электрическому полю ячейки 0.58 Gs. Флуктуации геомагнитного поля не контролировались.

Дополнительно включаемое магнитное поле создавалось введением постоянного магнита, соленоидом и прямым проводником на расстоянии 4.5 cm от центра ячейки. В экспериментах с прямым проводником включаемое поле в центре ячейки было направлено вертикально и перпендикулярно электрическому полю ячейки. Значения магнитного поля в тексте и на рисунках указаны для центра ячейки.

В экспериментах использовалась цилиндрическая ячейка из фторопласта диаметром 20 mm с плоскими электродами, расстояние между электродами 5 mm. Были опробованы электроды из нержавеющей стали, титана и угольные электроды. Рабочая поверхность электродов располагалась вертикально.

Ячейка заполнялась дистиллированной и бидистиллированной водой (проводимость $4 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$). Жидкость в ячейке находилась в контакте с воздухом. Перед экспериментом ячейка с водой отстаивалась одни сутки. И затем, после начала пропускания тока, отстаивалась до завершения поляризации жидкости 1–2 h. Ячейка была помещена в термостат из пенопласта. Включаемый источник магнитного поля располагался вне термостата. Эксперименты проводились при температуре 21–23 и 1.3°C. Представленные на рис. 1, 2 результаты отно-

сятся к случаю ячейки с электродами из нержавеющей стали, находящейся при температуре 21°C.

Для измерений использовалась схема электрического моста постоянного тока, в одно из плеч которого была включена исследуемая ячейка. Напряжение питания моста постоянное — 1.5 V. Сигнал с моста усиливался дифференциальным усилителем У5-10 и записывался цифровым осциллографом С9-27. Временное разрешение измерительной схемы составляло 0.15 s. Эффект наблюдался на фоне монотонного дрейфа тока. Величина дрейфа учитывалась при обработке осциллограмм.

На рис. 1 представлена осциллограмма изменения тока через ячейку с дистиллированной водой при включении магнитного поля от прямого проводника $B = 0.11$ Gs. Из осциллограммы видно, что сопротивление ячейки увеличивается до некоторого максимального значения за время $\tau_L = \tau_1 + \tau_2$ (τ_1, τ_2 — время задержки и ответа ячейки на включение магнитного поля) и релаксирует до своего первоначального значения за время $\tau_R = \tau_3 + \tau_4$ (τ_3, τ_4 — время задержки и ответа ячейки на выключение магнитного поля). При токе через ячейку $0.83 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ сопротивление увеличилось примерно на 1% за время $\tau_L \approx 20$ min. Задержка между моментом включения поля и началом изменения сопротивления составляла

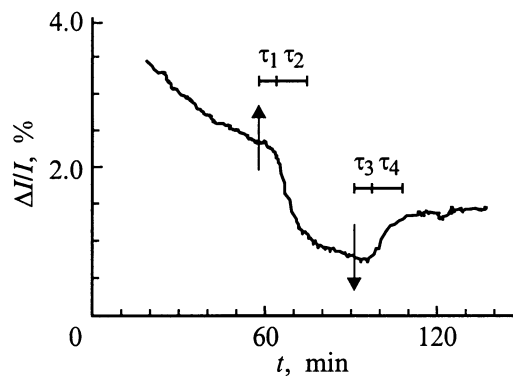


Рис. 1. Зависимость относительного изменения тока через ячейку при включении дополнительного магнитного поля $B = 0.11$ Gs прямого проводника (момент включения и выключения поля показан стрелками).

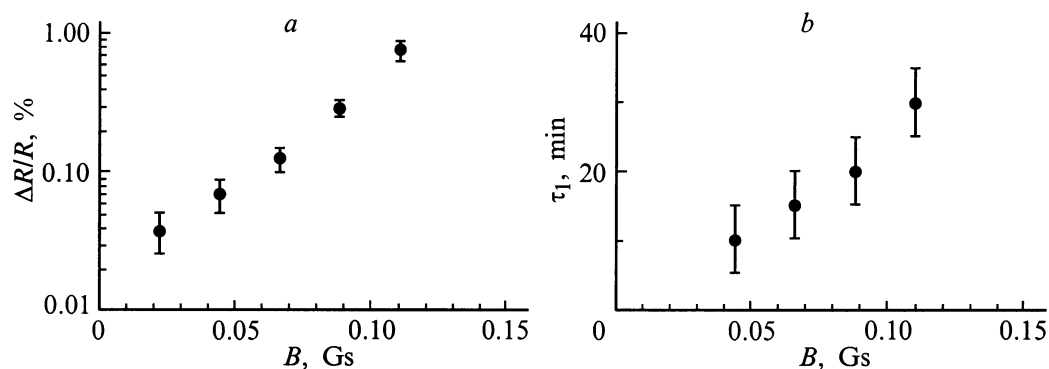


Рис. 2. Зависимость относительного изменения сопротивления ячейки (а) и времени τ_L (b) от дополнительного магнитного поля проводника при температуре 21°C.

$\tau_1 \approx 5$ min. После выключения магнитного поля ячейка переходит в прежнее состояние с задержкой $\tau_3 \approx 5$ min за время $\tau_R \approx 20$ min. При использовании бидистиллированной воды амплитуда изменения тока при том же магнитном поле не изменялась.

Аналогичные явления происходят и в магнитном поле соленоида и поле постоянного магнита в дистиллированной воде. При включении магнитного поля соленоида $B = 15$ Gs величина изменения тока составила 2.5% со временем $\tau_L \approx 30$ min при токе через ячейку $1.5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Амплитуда увеличения электросопротивления не зависит от полярности включаемого магнитного поля. Понижение температуры до 1.3°C не повлияло на характер изменения тока при включении магнитного поля.

На рис. 2, а представлена зависимость амплитуды изменения электросопротивления ячейки с дистиллированной водой от величины включаемого магнитного поля при токе через ячейку $0.78 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. На рис. 2, b представлена зависимость времени переходного процесса τ_L от величины включаемого магнитного поля. Эффект имеет место и в случае магнитного поля, параллельного электрическому полю ячейки, и также не зависит от его направления.

Особо следует отметить, что в обоих случаях (перпендикулярного и параллельного поля) при отключении магнитного поля в интервале τ_2 увеличение сопротивления продолжает расти в течение инерционного времени $\tau_i \leq \tau_2$ и после достижения максимума возвращается к первоначальному значению.

Итак, методом измерения относительного изменения электропроводности воды обнаружен эффект иницирования медленных физико-химических процессов в электролитической ячейке при включении сверхслабых магнитных полей. Обнаружена инерционность отклика ячейки на включение и выключение магнитного поля.

Можно предположить, что эффект обусловлен изменением степени гидратации ионов примесей (в основном растворенного углекислого газа) в объеме воды, что может быть вызвано изменением структуры воды [4]. Как следствие, изменяется адсорбция гидратированных ио-

нов на поверхности электродов, что ведет к перестройке двойного электрического слоя.

Авторы благодарны А.П. Дрожжину за помощь в подготовке экспериментов и В.В. Митрофанову за полезное обсуждение работы.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 96-02-19329).

Список литературы

- [1] Семихина Л.П., Киселев В.Ф. // Изв. вузов. Физика. 1988. № 5. С. 13–17.
- [2] Березин М.В., Зацепина Г.Н., Киселев В.Ф., Салецкий А.М. // Журн. физ. хим. 1991. Т. 65. № 5. С. 1338–1344.
- [3] Новиков В.В. // Биофизика. 1994. Т. 39. № 5. С. 825–830.
- [4] Тимашев С.Ф. // Журн. физ. хим. 1990. Т. 64. № 4. С. 1142–1144.