

УДК 537.22+535.215

ЭДС И ФОТОТОК В ЖИДКОСТИ**Герасимов С.А.***Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: gsim1953@mail.ru*

При облучении светом дистиллированной воды, находящейся в контакте с металлическими электродами, иногда резко уменьшается сила тока, текущего в электрической цепи. Настоящая работа представляет собой попытку выяснить причину этого явления. Измерено значение тока в зависимости от средней освещенности поверхности воды.

Ключевые слова: электродвижущая сила, вода, фотоэффект, освещенность**EMF AND PHOTOCURRENT IN A LIQUID****Gerasimov S.A.***Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: gsim1953@mail.ru*

The optical exposition of distilled water contacting with the metal electrodes causes sometimes a sharp decrease of electric current in the circuit. The work is an attempt to find out a reason of such a phenomenon. The dependence of the electric current versus the average illumination of the water surface is measured.

Keywords: electromotive force, water, photoelectric effect, illumination

Объектом исследования в настоящей работе являются фотоэлектрические эффекты, происходящие в дистиллированной воде. Тем не менее есть все основания считать, что подобные явления в той или иной степени должны происходить практически в любой жидкости. Фотоэффектом называется испускание электронов веществом под действием света. На самом деле такое определение больше подходит к внешнему фотоэффекту. Кроме внешнего фотоэффекта существует также внутренний фотоэффект, наблюдаемый в диэлектриках и полупроводниках. Он заключается в перераспределении электронов по энергетическим уровням под действием света. Если энергия кванта превышает ширину запрещенной зоны, электрон, поглотивший квант света, переходит из валентной зоны в зону проводимости. В результате появляется дополнительная пара носителей тока, что приводит к увеличению проводимости [1]. Получается, что к фотоэлектрическому эффекту следует относиться как изменению электрических свойств тел под действием света, и нет оснований предполагать, что фотоэффект не может происходить в жидкостях. Большинство известных в настоящее время результатов, в том числе и экспериментальных, касающихся фотоэффекта, в основном относятся к взаимодействию света с металлами, полупроводниками и твердыми диэлектриками [2]. Для жидкой фазы такие экспериментальные результаты попросту отсутствуют, что, судя по всему, связано с техническими трудностями и влиянием мешающих факторов. Под действием света могут происходить не только фотоэлектрические явления, но и ряд других процессов, что затрудняет не только регистрацию

фотоэлектронов, но и измерение проводимости. С другой стороны, в настоящее время появились экспериментальные факты, свидетельствующие о том, что в ряде случаев вода может вести себя как источник электрического тока [3, 4]. До конца это явление не исследовано. Поэтому изучение его с точки зрения оптики не только представляет известный интерес, но и поможет выяснить причину возникновения электрической силы (ЭДС), создаваемой водой в контакте с металлическими электродами. Даже если окажется, что причиной ЭДС являются химические реакции дистиллированной воды с электродами, такое явление может оказаться чрезвычайно полезным с практической точки зрения.

Электродвижущая сила

Измерения достаточно просты, хотя и требуют очень больших затрат времени. На рис. 1 показана зависимость падения напряжения U на резисторе R , сопротивление которого 15 кОм, подключенном к двум цилиндрическим электродам: внешнему C и внутреннему I , между которыми находится 40 мл дистиллированной воды. Electroды находятся в светонепроницаемой кювете (рис. 1,а). Внутренний диаметр внешнего электрода, изготовленного из меди, – 47 мм, внешний диаметр внутреннего – 10 мм. Металл внутреннего электрода – латунь, хотя явление, аналогичное здесь описанному, наблюдается и в том случае, когда оба электрода изготовлены из одного материала. Причиной различия металлов является необходимость обеспечения максимальной асимметрии кюветы с физической точки зрения. Внутри кюветы находятся три источника света L (лампы накаливания с но-

минальным напряжением питания 6,3 В) и фотосопротивление F (СФ3-1). Выбор источников света обусловлен необходимостью изменения освещенности поверхности жидкости. Расположение калиброванного фотосопротивления F соответствует положению, при котором значение освещенности совпадает с ее средним по поверхности жидкости значением. Расстояние от нижнего основания внутреннего электрода до дна кюветы – 5 мм. Высота внешнего электро-

да – 45 мм. Кроме того, в кювете установлен датчик, позволяющий контролировать температуру воды с точностью не хуже 0,5 °С. Падение напряжения на резисторе R измерялось при помощи электронного мультиметра DT830В и магнитомеханического микроамперметра М273/2.1. Первый прибор служил для измерений, второй – для контроля. Сопrotивление фоторезистора СФ3-1 измерялось электронным мультиметром VC9808.

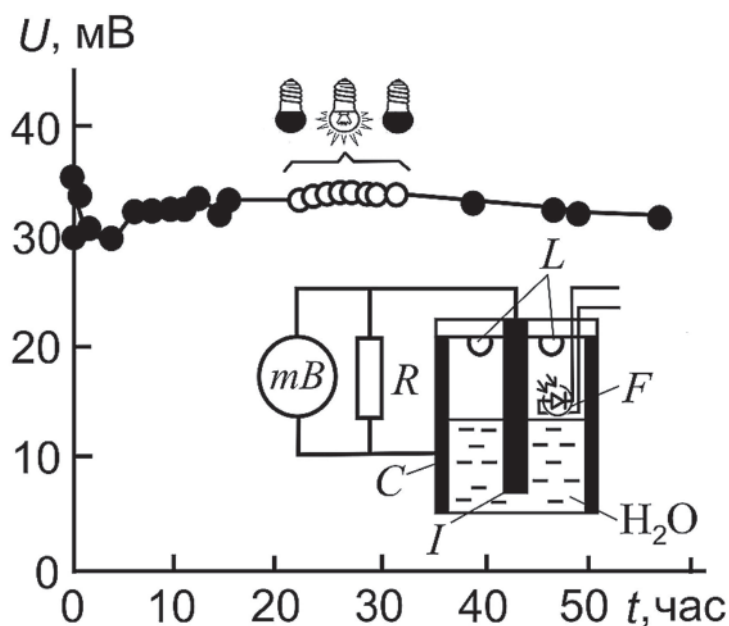


Рис. 1. Зависимость падения напряжения на резисторе R от времени для источника тока

Обращает на себя внимание следующее странное обстоятельство, которое, к сожалению, пока не находит объяснения. За интервал времени, превышающий 50 ч, такая система выделила около $4 \cdot 10^{-3}$ Дж электрической энергии. Причем это не предел. Такая ситуация сохраняется месяцами. Для оптических измерений выбран интервал времени, начинающийся примерно через сутки после загрузки воды в кювету и начала измерений. А вообще следует обратить внимание на чрезвычайную чувствительность системы «вода + электроды», обусловленную дрейфом внутреннего сопротивления на протяжении эксплуатации кюветы.

Аномальный фотоэлектрический эффект

Время экспозиции – 5 мин. Аномальный характер фотоэффекта в жидкости проявляется в трех случаях. Во-первых, при освещении поверхности жидкости падение напряжения, а значит и ток в цепи, не воз-

растают, а падают. Причем такой перепад происходит чрезвычайно быстро, в течение нескольких секунд и менее (рис. 2 и 3). Во-вторых, после резкого падения наблюдается сравнительно медленное возрастание напряжения U . Изменение температуры тут не причем. Измерения показывают, что за такой интервал времени температура либо не изменяется вообще, либо возрастает менее, чем на половину градуса. По крайней мере, это так в пределах точности измерений температуры. Вполне возможно, что такой медленный дрейф обусловлен изменением светимости источника со временем T . Уверенно утверждать, что это действительно так, наверное, преждевременно. Дело в том, что при включении источников света, когда освещенность меняется в десятки-сотни раз, падение напряжения на резисторе изменяется при большой освещенности на 30% и более (см. рис. 2). При этом в течение всего времени экспозиции падение напряжения возрастает примерно на 10–15%,

освещенность же при этом практически не меняется. С другой стороны, если это действительно фотоэлектрический эффект, то зависимость силы фототока от освещенности

должна быть очень резкой. Это связано с тем, что при уменьшении светимости уменьшается и средняя частота оптического излучения лампы накаливания.

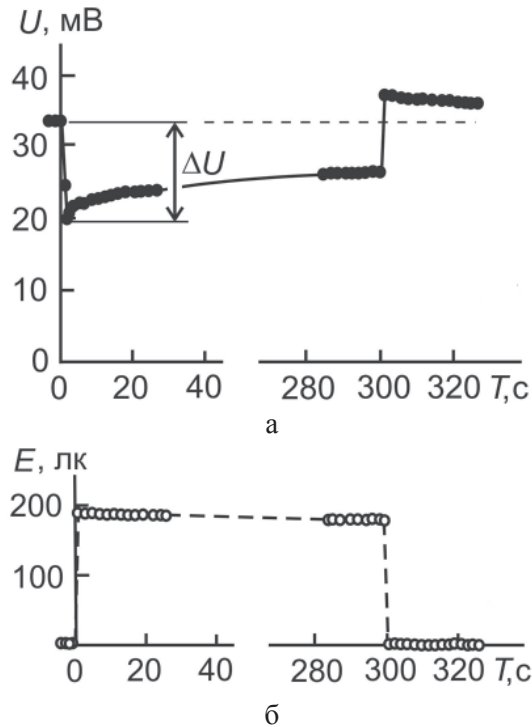


Рис. 2. Зависимость падения напряжения (а) и освещенности (б) от времени экспозиции T при большой освещенности в кювете

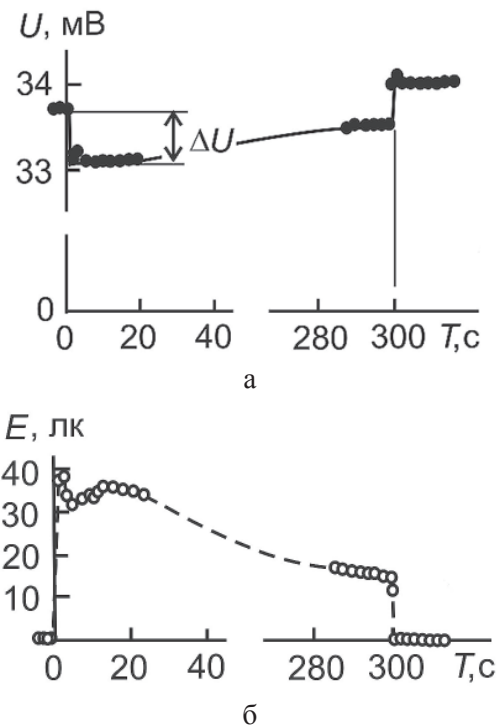


Рис. 3. Падение напряжения (а) и освещенность (б) как функция времени экспозиции T при слабой освещенности воды

В-третьих, пока остается неясной природа резкого возрастания тока при выключении источников света. При этом следует обратить внимание: первоначальное

значение напряжения восстанавливается далеко не сразу, а за время, соизмеримое и даже превышающее время полной экспозиции.

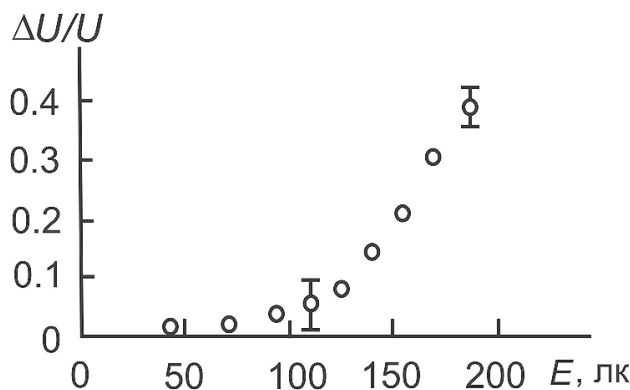


Рис. 4. Перепад напряжения как функция освещенности в кювете

Зависимость перепада напряжения ΔU от освещенности E , показанная на рис. 4, действительно подтверждает пороговый характер эффекта, однако часть вопросов

оставляет без ответа. Прежде всего, это относится к основной особенности такого проявления фотоэффекта: уменьшению тока при оптическом облучении жидкости.

Судя по всему, возможны два сценария явления. Один из них: оптическое излучение в результате фотоэффекта уводит из области, где формируется электродвижущая сила, часть носителей тока, какими являются электроны. Второй: внешний фотоэффект, происходящий на поверхности металлических электродов, создает интервенцию электронов в эту область, носители тока в которой – положительные ионы. Утверждать, который из двух механизмов имеет место, пока преждевременно, как равно в такой же степени рано закрывать вопрос о влиянии освещенности на двойной электрический слой вблизи металла, находящегося в жидкости [5], и на интенсивность протекания химических реакций, которые

могли бы создавать электродвижущую силу. Это не являлось ни целью, ни стимулом настоящей работы. На самом деле это – попытка обратить внимание на явление, требующее не только изучения, но и допускающее практическое применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 926 с.
2. Аут И., Генцов Д., Герман К. Фотоэлектрические явления. – М.: Мир, 1980. – 208 с.
3. Герасимов С.А., Колесников Н.А. Вода: вольтметр или источник тока? // Инженер. – 2011. – № 10. – С. 14–15.
4. Герасимов С.А. Об электрических свойствах воды // Техника и технология. – 2012. – № 1. С. 10–16.
5. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 568 с.