

## ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВАНИЯ ВОДЫ БИОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

© 2015 г. И.М. Агеев, Ю.М. Рыбин, Г.Г. Шишкин

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),  
125993, Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4

E-mail: [imageev@mail.ru](mailto:imageev@mail.ru), [ggshiskin@mail.ru](mailto:ggshiskin@mail.ru)

Поступила в редакцию 10.02.14 г.

После последней доработки 16.04.15 г.

Представлены результаты экспериментов по изучению причин отклонения температурного коэффициента электропроводности воды при нагревании ее рукой в сравнении с нагреванием электрическим источником тепла той же температуры. Полученные результаты позволяют сделать предположение о двух возможных причинах наблюдаемого явления, которые связаны с различием спектрального состава излучения руки по сравнению с электрическим источником тепла и с растворением в воде углекислого газа, выделяемого через кожу руки.

*Ключевые слова:* эмиссия, излучение, электропроводность, поглощение, диссоциация.

Вода является крайне чувствительным веществом, физические параметры которого изменяются при практически любом внешнем воздействии. Библиография по этому вопросу весьма обширна, причем исследователи уделяют основное внимание действию на воду электромагнитных излучений и полей различных частот и интенсивностей. В качестве примера можно привести работы [1,2]. В наших работах [3–5] сообщалось о корреляции электрофизических свойств воды и параметров солнечной активности, а также о воздействии на нее слабых магнитных полей, сравнимых с геомагнитным полем. В работе [5] представлены результаты экспериментальных исследований, свидетельствующих о том, что при нагревании воды рукой измеренный относительный температурный коэффициент электропроводности оказывается значительно больше, чем при нагревании физическим источником энергии.

Это говорит о наличии факторов физической или химической природы, действующих на воду при выполнении измерений. Действительно, любой живой организм формирует в окрестности своего обитания сложную по составу физико-химическую среду, которая включает большое количество химических веществ, находящихся в газообразном состоянии, а также различного рода физические поля [6]. Комплексное воздействие указанной среды на воду может вызывать наблюдаемый эффект. Остается невыясненным вопрос о том, какие именно из всех компонент оказывают наибольшее влияние на воду. Очевидно, в первую очередь в качестве наиболее значимой физической компоненты следует рассмотреть электромагнитное излучение руки в инфракрасном диапазоне, а в качестве химической – углекислый газ, выделяе-

мый через кожу руки [7], поскольку эти составляющие значительно больше по интенсивности и концентрации соответственно в сравнении с другими физико-химическими компонентами эмиссии. Углекислый газ растворяется в дистиллированной воде с образованием ионов водорода и кислотного остатка угольной кислоты. Значительное изменение электропроводности воды при растворении в ней малых доз углекислого газа подробно исследовано и описано в работе [8].

К настоящему времени накоплено достаточное количество экспериментальных данных, демонстрирующих, что многие физические свойства воды, например спектр поглощения или удельная электропроводность, зависят не только от значения ее температуры, но и от материала источника тепла [9,10]. Это связано с различиями спектров излучения нагретых твердых тел, которые могут изменяться в широких пределах [11]. В работе [9] сообщается, что коэффициент прозрачности и электропроводность воды при нагревании ее различными источниками тепла варьирует в пределах 5–8%. При воздействии на воду рукой это значение может быть больше и достигать нескольких десятков процентов [10,11].

В данной работе экспериментально исследованы аномальные изменения электропроводности воды при нагревании ее биологическим объектом (рукой оператора). Сравнение этих результатов с результатами, полученными при нагревании воды электрическим источником тепла, а также эксперименты с этанолом позволили определить долю физических (излучение) и химических ( $\text{CO}_2$ ) компонент, эмитированных кожей руки, и высказать предположение о механизме действия физической компоненты, свя-

занным с особенностями спектра излучения руки.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Водно-электрический датчик, использовавшийся в экспериментах, представлял собой открытую кондуктометрическую ячейку, выполненную из диэлектрического материала в форме плоского параллелепипеда с двумя металлическими электродами из нержавеющей стали или из платины (размеры  $40 \times 20 \times 10$  мм, объем воды около  $1 \text{ см}^3$ ). Электроды плоской или цилиндрической формы устанавливали в непосредственной близости от узкой вертикальной стенки датчика. В центре донной части датчика располагали терморезистор для измерения температуры воды. При изготовлении корпуса датчика применяли такие материалы, как полистирол, полипропилен и полиэтилен. В экспериментах было испытано несколько различных модификаций датчиков, однако описанная конструкция обладала наиболее хорошими электрофизическими и эксплуатационными характеристиками. Устройство датчика и экспериментальная техника более подробно описаны в работах [5,10,11].

Площадь поверхности воды в датчике примерно совпадала с размерами наиболее излучающей центральной внутренней части ладони оператора. Ладонь была выбрана из соображений удобства проведения экспериментов, и, кроме того, эмиссия физико-химических компонент из ладони оказалась выше, чем из других частей тела человека. Перед воздействием руки оператора тщательно очищали от посторонних загрязнений и протирали медицинским спиртом.

На электроды подавали переменное синусоидальное напряжение частотой 200–300 Гц и амплитудой 0,5 В, формируемое цифровым генератором. Регистрацию тока, протекающего через датчик, производили с использованием аналого-цифрового преобразователя. В экспериментах использовали полученную стандартным методом бидистиллированную воду с удельной проводимостью около  $2 \text{ мкСм/см}$ .

Измерения выполняли одновременно с использованием двух одинаковых датчиков, на один из которых осуществлялось воздействие, а второй использовался в качестве контрольного.

Последовательность действий (процедур) при исследовании обычно состояла в следующем. В датчики заливали воду и выдерживали несколько минут для выравнивания температуры по объему и со стенками датчика. Затем производили нагревание воды излучением от

электрического источника тепла на 1–2 градуса. В качестве такого источника применяли электрический нагреватель, представляющий собой медную пластинку с черненым диэлектрическим покрытием. Нагреватель (так же как и руку) располагали над открытой поверхностью воды, на расстоянии около 3–5 мм. Необходимый зазор устанавливали с помощью диэлектрической накладки на датчик.

Эксперименты показали, что нагревание воды излучением такого источника тепла приводило к увеличению ее удельной электропроводности по величине, близкой к справочным данным (2–2,5% при нагревании на  $1^\circ\text{C}$ ). Затем убирали электрический нагреватель и повторяли процедуру, нагревая воду рукой оператора. Ток электрического нагревателя устанавливали из условия, чтобы приращения температуры воды при нагревании воды рукой и при использовании нагревателя были одинаковыми. Типичное время воздействия равнялось одной минуте.

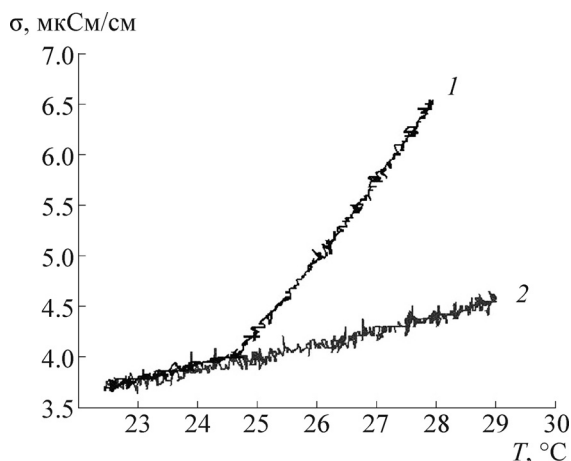
Для количественной оценки эффекта использовали температурный коэффициент электропроводности, показывающий величину относительного изменения проводимости в процентах при изменении температуры на один градус.

Экспериментальная аппаратура обеспечивала относительную точность измерения удельной электропроводности воды не ниже  $0,01 \text{ мкСм/см}$  и относительную точность измерения температуры воды – не ниже  $0,01^\circ\text{C}$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Ранее проведенные исследования изменения температурного коэффициента электропроводности воды при нагревании ее излучением руки экспериментатора показали существенное отличие по сравнению с подобным воздействием электрического нагревателя [5,10–12]. В качестве примера на рис. 1 показано типичное изменение электропроводности воды при нагревании ее одновременно в двух одинаковых датчиках. При температуре около  $24,5^\circ\text{C}$  в одном из датчиков (кривая 1) электрический нагреватель был заменен рукой оператора. Видно, что нагревание рукой характеризуется значительно большим температурным коэффициентом.

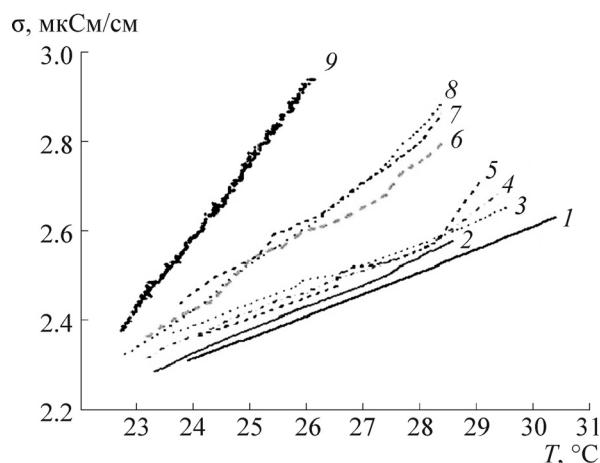
Для выяснения причины наблюдаемого отличия были проведены аналогичные измерения с использованием в качестве нагревателя различных материалов. На рис. 2 представлены кривые зависимости удельной электропроводности воды от температуры при нагревании ее источниками тепла, изготовленными из различ-



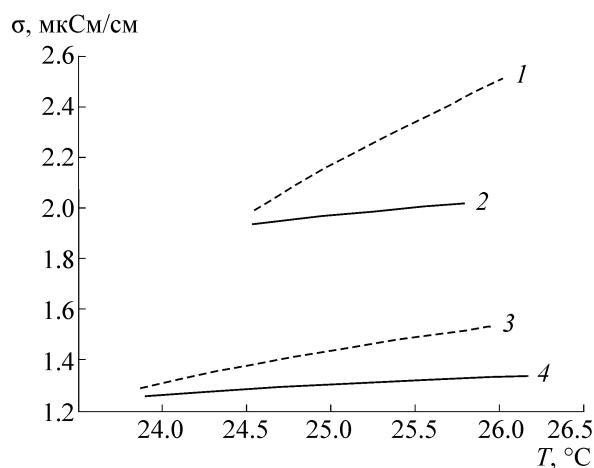
**Рис. 1.** Зависимости удельной электропроводности воды при нагревании ее физическим источником тепла – кривые 2 и 1 до  $T = 24,5^{\circ}\text{C}$  и рукой оператора – кривая 1 после  $T = 24,5^{\circ}\text{C}$ .

ных материалов. Цифрами около кривых обозначены соответственно: 1 – табличное значение температурного коэффициента электропроводности воды 2,5%/град, 2 – медь, 3 – лавсан, 4 – стекло, 5 – триацетат целлюлозы, 6 – свинец, 7 – целлофан, 8 – магний, 9 – рука экспериментатора. Нетрудно видеть, что температурный коэффициент при использовании нагретых меди, лавсана, стекла и триацетата целлюлозы имеет значения, близкие к 2,5%/град. Вместе с тем при нагревании воды свинцом, целлофаном и магнием, спектральный состав излучения которых в большей степени отличается от спектра излучения черного тела, температурный коэффициент электропроводности был заметно больше. Тем не менее и в этом случае эффект оказался выражен заметно слабее, чем при нагревании воды рукой.

Для выяснения роли химического фактора (эмиссия  $\text{CO}_2$ ), который наряду с физическим фактором (излучение руки оператора) может приводить к наблюдаемому явлению, были проведены серии экспериментов с использованием вместо воды этанола (96% спирта по объему). На рис. 3 приведены кривые, иллюстрирующие результаты этих экспериментов. Кривая 1 относится к случаю нагревания воды рукой, кривая 2 – нагревателем с температурой около  $40^{\circ}\text{C}$ . Кривая 3 соответствует нагреву этанола рукой и кривая 4 – нагревание этанола нагревателем с той же температурой. Из рисунка видно, что изменение проводимости воды и этанола под действием излучения руки оператора существенно больше, чем под действием излучения электронагревателя. В приведенном эксперименте температурные коэффициенты

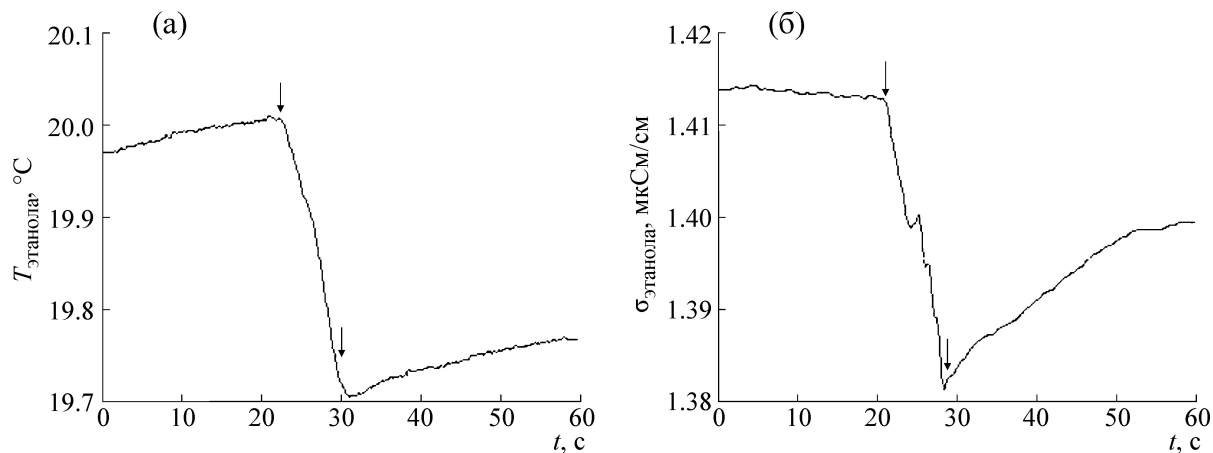


**Рис. 2.** Зависимости удельной электропроводности воды от температуры при нагревании ее источниками тепла, изготовленными из различных материалов: 1 – табличное значение, равное 2,5%/град, 2 – медь, 3 – лавсан, 4 – стекло, 5 – триацетат целлюлозы, 6 – свинец, 7 – целлофан, 8 – магний, 9 – рука оператора.

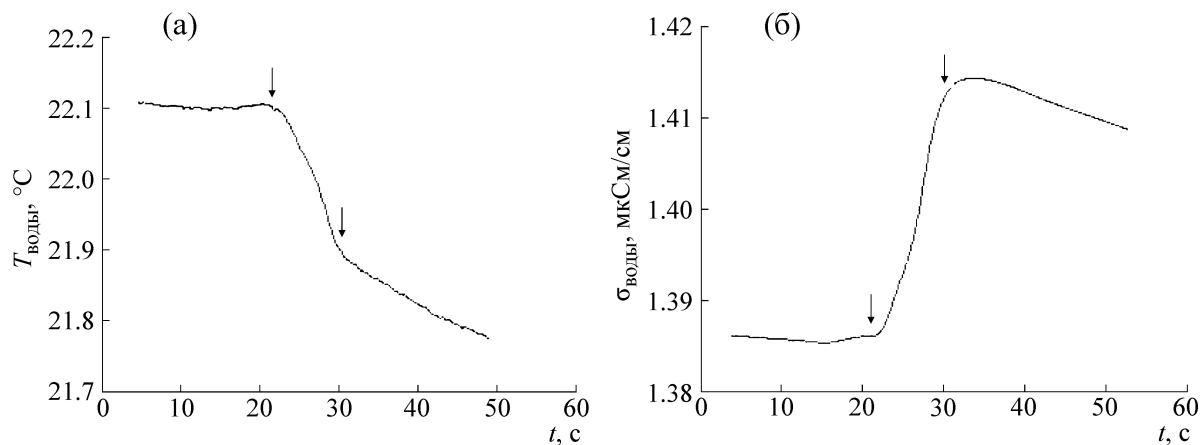


**Рис. 3.** Зависимости удельной электропроводности воды и этанола от температуры при нагревании их электрическим источником тепла и рукой оператора: 1 – нагревание воды рукой, 2 – нагревание воды источником тепла, 3 – нагревание этанола рукой, 4 – нагревание этанола источником тепла.

электропроводности составили для воды 20,6%/град при воздействии на нее рукой и 2,5%/град при нагревании электрическим нагревателем. Для этанола воздействие рукой обеспечило температурный коэффициент 12%/град, а электрическим нагревателем – 3,2%/град. Таким образом, эффект аномального увеличения температурного коэффициента электропроводности наблюдается как для воды, так и для этанола, но в меньшей степени.



**Рис. 4.** Изменение температуры этанола (а) и его удельной электропроводности (б) при охлаждении потоком воздуха с повышенным содержанием углекислого газа. Стрелками отмечены моменты начала и окончания обдува этанола.



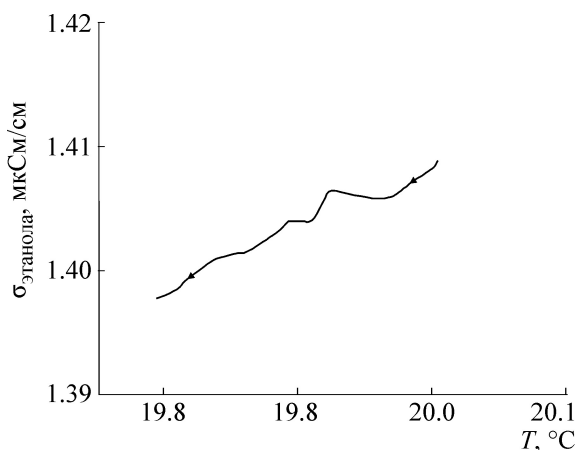
**Рис. 5.** Изменение температуры воды (а) и ее удельной электропроводности (б) при охлаждении потоком воздуха с повышенным содержанием углекислого газа. Стрелками отмечены моменты начала и окончания обдува воды.

В следующей серии экспериментов, результаты которой представлены на рис. 4 и 5, на этанол и воду в течение 10 с действовали потоком воздуха с повышенным (до 4%) содержанием углекислого газа. Начало и окончание действия потока воздуха на рисунках обозначены стрелками (между 20-й и 30-й секундами). При включении потока воздуха в обоих датчиках наблюдалось понижение температуры жидкости, обусловленное увеличением интенсивности ее испарения, как это видно на рис. 4а для этанола и на рис. 5а для воды. Однако в экспериментах с этанолом снижению температуры соответствует, как и ожидается, уменьшение проводимости (рис. 4б), а в датчике с водой наблюдается противоположная реакция, а именно рост проводимости, несмотря на понижение температуры (рис. 5б). Для наглядно-

сти тот же эффект представлен на рис. 6 и 7, где графики построены по данным рис. 4 и 5 в координатах «проводимость–температура» для временного отрезка 10 с, соответствующего действию потока воздуха с повышенным содержанием  $\text{CO}_2$ . Поскольку обе жидкости охлаждаются, временной ход измерений на рис. 6 и 7 направлен справа налево, как показано стрелками. Приведенные результаты экспериментов показывают, что углекислый газ не действует (или действует весьма незначительно) на этанол, но существенно воздействует на воду, повышая ее электропроводность.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

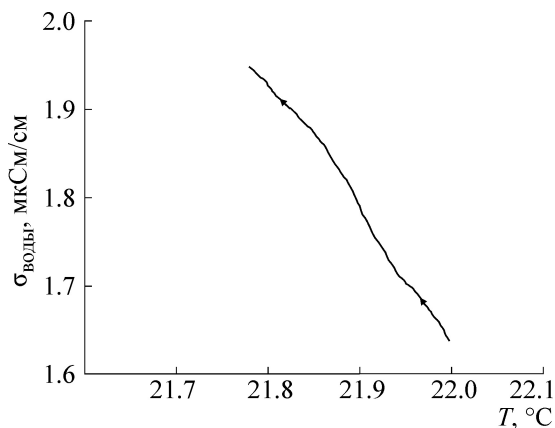
Выполненные эксперименты свидетельствуют о существовании двух основных причин,



**Рис. 6.** Зависимость удельной электропроводности этанола от его температуры при обдуве воздухом с повышенным содержанием углекислого газа. Стрелками отмечено направление течения времени.

которые приводят к увеличению температурного коэффициента электропроводности при ее нагревании организмом человека. Сущность химического воздействия не вызывает вопросов, поскольку увеличение проводимости воды при растворении в ней углекислого газа достаточно хорошо исследовано [8] и, как отмечено во введении, обусловлено его растворением в дистиллированной воде с образованием ионов водорода и кислотного остатка угольной кислоты.

В то же время физический механизм, т.е. увеличение проводимости воды вследствие отличия спектра излучения руки от излучения черного тела, требует дополнительных исследований, включающих детальные измерения спектра излучения руки с высоким разрешением. В литературе имеются сведения о спектре излучения кожи человека, которые показывают его отличия от спектра излучения черного тела, однако приводимые спектры сняты с недостаточным разрешением по частоте и носят скорее интегральный характер. По нашим предположениям в основе физического механизма исследуемого явления лежит возможность резонансного поглощения излучения водой в некоторых относительно узких спектральных областях, приводящего к возбуждению вращательно-колебательных уровней структур воды. При возбуждении в молекуле воды вращательных и колебательных степеней свободы происходит изменение ее формы и размеров, что вызывает увеличение потенциальной энергии молекулы. Все это способствует распаду молекул воды при меньшей температуре по сравнению со случаем, когда нагревание производится в условиях, близких к термодинамическому равновесию, т.е. при нагревании черным телом с тем-



**Рис. 7.** Зависимость удельной электропроводности воды от температуры при обдуве ее воздухом с повышенным содержанием углекислого газа. Стрелками отмечено направление течения времени.

пературой, близкой к температуре руки, или при нагревании за счет теплопроводности.

Более ярко выраженный эффект при воздействии на воду рукой оператора по сравнению с нагреванием источниками тепла, изготовленными из разных материалов может объясняться интенсивным резонансным поглощением излучения в условиях хорошего согласования спектра «излучателя», которым является вода в составе организма, с частотной полосой «приемника», которым является вода датчика.

Спектры поглощения этанола и воды различаются, хотя в некоторых спектральных областях существует частичное их перекрытие [14]. Вероятно, поглощение излучения воды в составе организма этанолом в этих областях спектра также приводит к наблюдаемому эффекту, но существенно ослабленному по сравнению с водой.

В пользу электромагнитной природы излучения свидетельствуют также ранее выполненные исследования изменения температурного коэффициента от расстояния между рукой и поверхностью воды. Зависимость совпадает с теоретической зависимостью интенсивности потока электромагнитного излучения, падающего на воду, при изменении расстояния между излучающей поверхностью и поверхностью воды при наличии между ними волновода с поглощающими стенками. Результаты этих измерений достаточно полно освещены в работах [12,15].

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что аномально высокий рост удельной проводимости воды при ее нагревании рукой оператора связан с влиянием на нее двух факторов:

- резонансным поглощением молекулами воды неравновесного излучения руки;
- растворением в воде углекислого газа, диффундирующего через кожу руки.

В случае облучения рукой этанола, также как и в случае облучения воды различными нагретыми материалами, аномальный рост проводимости обусловлен только первым из отмеченных факторов, что также приводит к наблюдаемому, но менее выраженному эффекту.

Наши предыдущие исследования [11,12] показали значительное изменение температурного коэффициента электропроводности воды при изменении психоэмоционального и физиологического состояния человека. Поэтому разработка аппаратуры и методик для количественной оценки каждой из составляющих компонент эмиссии и выявление связи этих составляющих с психоэмоциональным и физиологическим состоянием человека позволит существенно повысить возможности медицинской диагностической аппаратуры.

### ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования обнаружили аномальное увеличение электропроводности воды под воздействием эмиссии физических и химических компонент руки оператора.

Обнаруженное явление предположительно связано с резонансным поглощением неравновесного излучения руки молекулами воды, а также с растворением в воде углекислого газа, диффундирующего через кожу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е. Е. Фесенко и О. А. Пономарев, *Биофизика* **45** (3), 389 (2000).
2. О. В. Бецкий, Н. Н. Лебедева и Т. И. Котровская, *Биомед. технологии и радиоэлектроника*, № 1, 37 (2003).
3. И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин, М. Д. Бубнова и Ю. М. Рыбин, в сб. *Материалы VI международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»* (Санкт-Петербург, 2012), с. 2.
4. И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин, С. М. Еськин и др., в сб. *Научные труды V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»* (Санкт-Петербург, 2009), сс.155–161.
5. И. М. Агеев и Г. Г. Шишкин, *Биофизика* **47**, 726 (2002).
6. Ю. В. Гуляев, *Биомед. радиоэлектроника*, № 12, 3 (2000).
7. С. В. Царенко, В. В. Вахницкая, Н. В. Белова и Л. А. Давыдова, *Капнометрия и капнография: «изгои» реанимационного мониторинга*, <http://reancenter.ru/node/116>.
8. T. S. Light, E. A. Kingman, and A. C. Bevilacqua, in *209<sup>th</sup> Amer. Chem. Soc. Nat. Meet.* (Anaheim, CA, USA, 1995).
9. А. Т. Лукьянов, Докл. нац. академии наук республики Казахстан. *Физика*, № 6, 18 (2000).
10. G. G. Shishkin, I. M. Ageev, Yu. M. Rybin, and A. G. Shishkin, *Open J. Appl. Sci.* **3**, 278 (2013), doi:10.4236/ojapps.2013.33035. Published Online July 2013 (<http://www.scirp.org/journal/ojapps>)
11. G. G. Shishkin, I. M. Ageev, V. N. Litvinov, et al., in *Intern. Proc. of Computer Science and Information Technology* (ICTTA, Sidney, 2011), v. 5, pp. 53–58.
12. G. G. Shishkin, I. M. Ageev, and A. G. Shishkin, in *37<sup>th</sup> Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW – THz 2012)* (Wollongong, Australia, 2012).
13. Л. Н. Латыев, В. А. Петров, В. Я. Чеховской и Е. Н. Шестаков, *Излучательные свойства твердых материалов* (М., Энергия, 1974).
14. *Спектры поглощения воды и этанола в ИК-области*, <http://webbook.nist.gov/chemistry>.
15. И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин и С. М. Еськин, *Электр. журн. «Труды МАИ»*, № 25 (2006), <http://www.mai.ru>.

## Peculiarities of Water Heating by a Biological Object

I.M. Ageev, Yu.M. Rybin, and G.G. Shishkin

*Moscow Aviation Institute (National Research University), Volokolamskoe shosse 4, Moscow, 125993 Russia*

Experimental results of the study on causes of the difference in thermal conductivity coefficient of water under water heating by a biological object (operator hand) compared to heating by an electric radiator of the same temperature are given. Two possible causes of the observed effect, which are associated with the difference in the spectral composition of radiation generated by the operator hand compared to an electrical source of heat and solubility in water of CO<sub>2</sub> released from human skin, are discussed.

*Key words: emission, radiation, conductivity, absorbance, dissociation*