

СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

В работе представлены результаты по круглосуточному мониторингу транспортных свойств воды.

Введение

Биологические эффекты электромагнитных излучений систематически изучаются [1-3]. В этих работах отмечается зачастую негативное действие неионизирующего излучения даже при сверхмалых дозах облучения. Обращает на себя внимание общность реакций всего живого на действие электромагнитного излучения (ЭМИ). В организме человека, животных и растений всегда циркулируют электрические токи, которые играют существенную роль в функционировании организма. Все нервные сигналы передаются посредством электрических импульсов. Большинство биохимических реакций (начиная от реакций, протекающих при усвоении пищи, и заканчивая реакциями, связанными с мозговой активностью) связано с протеканием электрических процессов в жидких средах организма [4]. Это обстоятельство побудило нас к исследованию электрохимических процессов в чистой воде. Вода как универсальный растворитель представляет особый интерес в изучении действия ЭМИ на живые объекты, поскольку позволяет приблизиться к выявлению первичного акта воздействия излучения в связи с высокой чувствительностью окислительно-восстановительных процессов к действию внешних факторов. До сих пор природа первичного акта воздействия излучений на биологические объекты не нашла удовлетворительного объяснения. В связи с этим, согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), целесообразно придерживаться предупредительной политики – максимально уменьшить время воздействия ЭМИ техногенного происхождения, поскольку длительное воздействие окружающей среды, даже незначительное, может представить источник опасности для здоровья человека, если оно приводит к стрессу [5]. Существует общая для всех организмов закономерность реакции на сверхслабые воздействия. Основ-

А.А. Артамонов*,

соискатель,
младший научный
сотрудник ГНЦ РФ,
Институт медико-
биологических
проблем РАН

В.В. Цетлин,

доктор
технических наук,
заведующий
лабораторией
радиационной
безопасности
космических полетов
ГНЦ РФ,
Институт медико-
биологических
проблем РАН



ные закономерности высокой чувствительности к слабым внешним воздействиям описаны в [6].

С другой стороны, на основании анализа литературных данных, сделан вывод о том, что в настоящее время нет приемлемого описания структуры жидкости и, в частности, воды, которое позволяло бы оценивать реакцию воды на физические факторы слабой интенсивности, в том числе естественные вариации электромагнитного и радиационного фона. Отсутствие такой теории не позволяет объяснить эксперименты, проводимые в условиях экранировки от ЭМИ, постоянного магнитного поля и др. Также не существует представления о механизме слабых воздействий космо- и геофизических факторов.

В работе [7] установлена тесная связь между изменением электропроводных свойств воды и солнечной активностью. По мнению авторов такая связь свойств может быть причиной корреляции солнечной активности и различных процессов в биосфере. Однако авторы так и не раскрыли, каким образом, по их мнению, может происходить влияние Солнца через воду. Используемый в работе [7] метод электрохимического анализа показал высо-

* Адрес для корреспонденции: artamonovanton@yandex.ru

кую чувствительность к слабым внешним факторам. Как предполагают авторы, высокая чувствительность к слабым воздействиям связана с областью приэлектродного слоя (электрохимического контакта). Электрохимический контакт – это та область, в которой разыгрываются основные электрохимические процессы. С этим понятием связаны многие электрохимические характеристики, такие как работа выхода электрона, потенциал нулевого заряда, электродный потенциал и т.п. Влияние природы материала и специфика его взаимодействия с растворителем закладывается в параметры структуры приэлектродного слоя [8].

Материалы и методы исследования

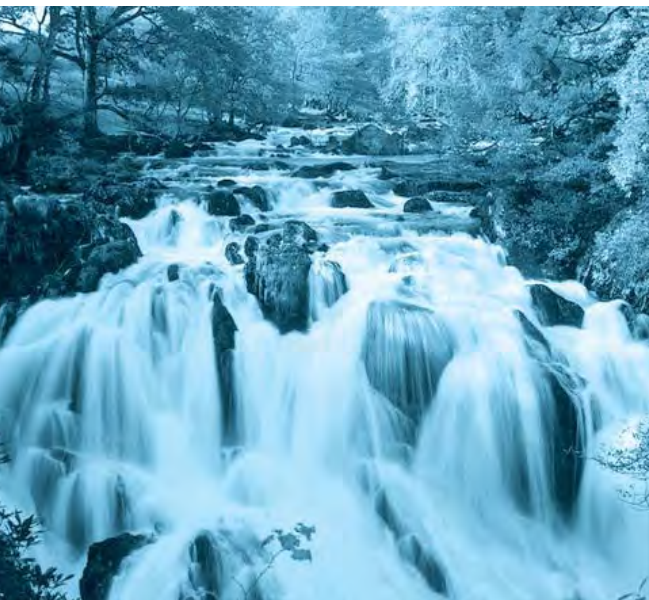
В основу метода мониторинга транспортных свойств воды было положено круглосуточное измерение электрических токов в межэлектродном промежутке, заполненном водой высокой очистки и при постоянном стабилизированном напряжении, подаваемом на электроды (этот метод реализован на установке, разработанной Цетлиным В.В., Бондаренко В.Г., Федотовой И.В.).

При водоподготовке использовали две ступени очистки воды. Сначала получали дистиллят на дистилляционной установке в соответствии с ГОСТ Р 6709-72, затем дистиллят очищали в установке по деионизации воды. Установка для получения деионизированной воды предназначена для глубокого удаления ионных примесей (катионов и анионов) из предварительно очищенной воды –

дистиллята. Установка оснащена сменными патронами с загрузкой катионитом в Н-форме и анионитом в ОН-форме. Принцип работы установки основан на том, что при последовательном пропускании дистиллированной воды, содержащей растворённые катионы и анионы, сначала через фильтр с загрузкой катионитом в Н-форме, а затем через фильтр с загрузкой анионитом в ОН-форме происходит адсорбция катионов раствора на катионите с замещением их в растворе на H^+ ионы, а затем адсорбция анионов раствора на анионите с замещением их на OH^- ионы. Ионы H^+ и OH^- в растворе рекомбинируют с образованием молекул воды. Оставшиеся в растворе ионы примеси удаляются при пропускании воды через фильтр смешанного действия, представляющим собой загрузки из смеси катионита в Н-форме и анионита в ОН-форме в соотношении 2:3. Для контроля над удельной электропроводностью очищенной воды на выходе из последнего фильтродержателя установлена кондуктометрическая ячейка с измерительным прибором HI 983322-1 «HANNA». В автоматическом режиме регистрировалась удельная электропроводность при частоте переменного тока 2 кГц. В таком режиме удавалось добиваться необходимой чистоты деионизированной воды с электропроводностью $\sigma = 0,1-0,2$ мкСМ/см.

В экспериментальной установке использовались электрохимические ячейки в виде стаканов с притертой крышкой из стекла марки Ригех. В крышке кюветы предусмотрены отверстия для ввода электродов. Электроды были изготовлены в виде платиновой ленты, навитой на рамку из органического стекла



**Ключевые слова:**

вода,
электромагнитный
фон

или в виде тонких пластин из инертных практически не растворяющихся в водной среде материалов – пищевой нержавеющей стали размером $35 \times 20 \text{ мм}^2$.

В ячейку с помощью дозатора объемом 1 моль заливалась вода высокой очистки. Межэлектродное расстояние могло устанавливаться в пределах от 5 мм до 30 мм.

На электроды подавалось постоянное стабилизированное напряжение в пределах 2,4 В. В качестве блока питания использовался блок «Instek GPS4303» с величиной стабилизированного напряжения в диапазоне $\pm 15 \text{ В}$ при уровне стабилизации $\pm 0,05 \%$. Вся установка, включая компьютер и блок стабилизированного питания, подключалась к внешней электросети через блок бесперебойного питания (Иррон). Такие параметры установки позволяют системе работать в круглосуточном режиме мониторинга в течение нескольких лет с 2005 г. в заданном режиме стабильного питания установки. Для контроля питания на экран компьютера выводилась изолиния подаваемого на кюветы напряжения. По изолинии можно было судить о том, что стабильность подаваемого напряжения равна $\pm 1,3 \text{ мВ}$.

Потенциал, снимаемый с омического сопротивления, последовательно включенного в сеть, подавался через преобразователь «I-U» и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) типа E14-140 фирмы L-card. Регистрация сигналов осуществлялась по предварительно заданным параметрам в формате знакового целого двухбайтного числа. При этом пользователь мог выбрать номер канала получения данных, установить частоту работы АЦП в режиме непрерывного ввода сигнала на частотах дискретизации от 0,122 до 105 Гц, задать коэффициент усиления, указать

имя файла для записи, а также создать паспорт испытания. Система АЦП позволяет также в режиме записи сигналов включать опцию управления выходом цифровыми линиями.

При выборе режима работы АЦП опирались на метрологические характеристики преобразователей напряжения измерительных устройств E14-140 производства ЗАО «Л-Кард». Преобразователи E14 обеспечивают высокую точность измерений при соблюдении определенных условий, которые формируют выбор режима работы. Также было учтено, что метрологические характеристики в многоканальном режиме существенно зависят от частоты переключателя входного коммутатора, которая определяется параметром «межканальная задержка», зависящим от частоты дискретизации.

Электрохимические ячейки помещались в термостат, где температура может поддерживаться в заданном интервале с точностью $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Ячейки могли находиться также при комнатной температуре в деревянном чехле, защищающем от света.

Результаты и их обсуждение

С помощью экспериментальной установки был проведен круглосуточный мониторинг в течение нескольких лет, начиная с 2005 г. Токи регистрировались при постоянном подаваемом напряжении и постоянной температуре, при этом электрохимические ячейки находились в защищенном от света месте. На *рис. 1* показаны типичные кривые токов, протекающих в межэлектродном промежутке, заполненном водой (ячейка со стальными электродами) для каждого месяца 2008 г.

С января по март максимумы наблюдались преимущественно с 16 до 18 часов по московскому времени, а минимумы – с 6 утра до 12 дня. Резко меняется картина токов в апреле. Уже с апреля по июль появляются несколько максимумов, один из которых ярко выраженный. Эти четыре месяца отличаются сильными амплитудами вариаций, иногда превосходящими 60 % от максимальной регистрируемой за сутки величины. Август также выделяется сильной вариативностью, но отличается от предыдущих месяцев тем, что максимумы возникают в ранний период времени суток. Оставшиеся месяцы с сентября по декабрь имеют слабо выраженные флуктуации токов, не превосходящие 15 % от максимального значения. Максимумы встречаются в дневные часы с 10 до 14 и имеют размытый слабо выражен-

ный характер. Однако стоит заметить, что суточная динамика токов, несмотря на общую ежедневную повторяемость, менялась от одних суток к другим. Возможной причиной подобных флуктуаций могут быть техногенные процессы в окружающем пространстве, геофизические процессы, связанные с климатом, сейсмической обстановкой или вызванные изменением гравитационных взаимодействий Земли, Солнца и др.

небесных тел при циклическом движении Земли. При длительных измерениях суточных вариаций токов было отмечено влияние влажности воздуха на амплитуду вариаций. Этот факт можно объяснить поглощающими способностями влаги, находящейся во взвешенном состоянии в воздухе. В работе [9] было показано, что характеристики электромагнитной эмиссии из Земли зависят не только от прочности, но и от структурно-

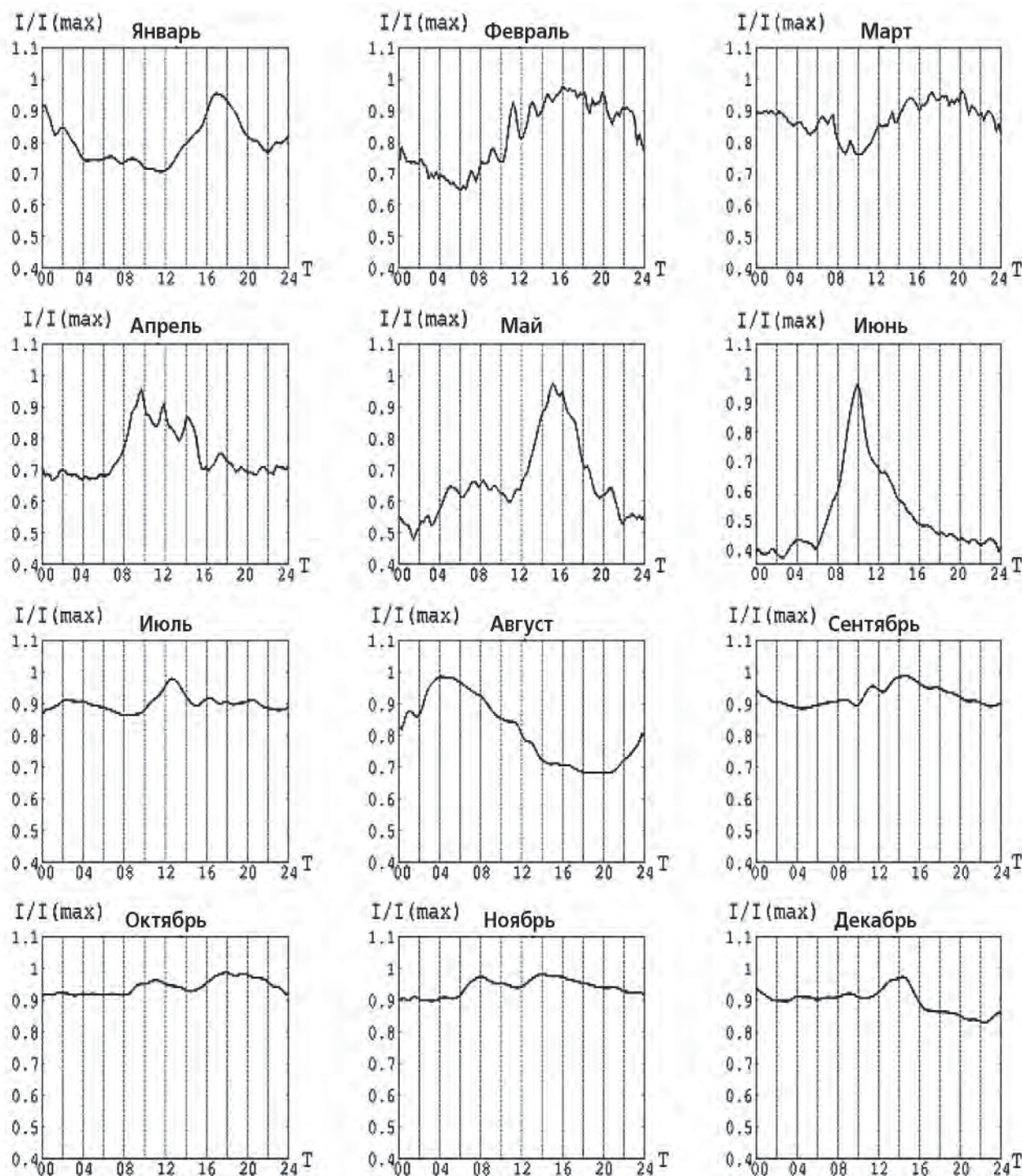


Рис. 1. Типичные кривые токов проводимости в воде для каждого месяца 2008 г. По оси ОУ отложено нормированное значение токов $I/I(\max)$, по оси ОХ отложено время T , час.

текстурных особенностей, проводимости, влажности и минерального состава. Интенсивность электромагнитного проявления области напряженного состояния ненарушенного (устойчивого) блока плавно нарастает по мере приближения к области нарушения (неустойчивости). Электромагнитные свойства этих слоев зависят, главным образом, от количества воды, присутствующей в породе в жидкой фазе или в связанном состоянии. Свойства воды, в свою очередь, зависят от уровня минерализации и, особенно, содержания соли. [10].

Анализируя литературу по вопросу происхождения ЭМИ Земли, авторы пришли к выводу, что основным источником электромагнитной эмиссии является вода, которая присутствует в породе. Неудивительно, что и вода является приемником этого излучения.

На *рис. 2-5* представлены результаты круглосуточного мониторинга тока в электрохимической ячейке с платиновыми электродами. Ячейка находилась в термостате с постоянной температурой $25 \pm 0,1$ °C в защищенном от света месте. Данные представлены за период 01.11.2008 – 30.11.2009.

Для ячеек с различным химическим составом электродов экспериментально установлено, что токи в течение суток имеют противоположный ход (см. *рис. 6*).

Это объясняется тем, что платиновый электрод имеет положительный электрохимический потенциал ($\varphi_{Pt} = + 1,2$ В), а железный

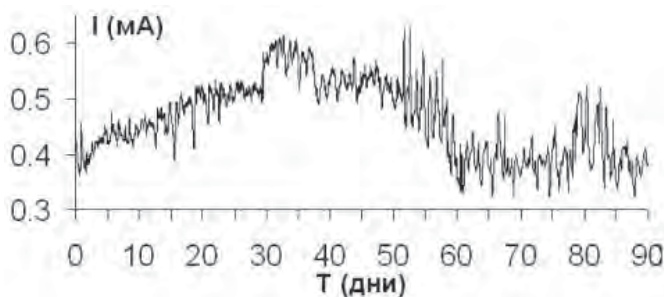


Рис. 2. Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.12.2008 г. – 29.02.2009 г.

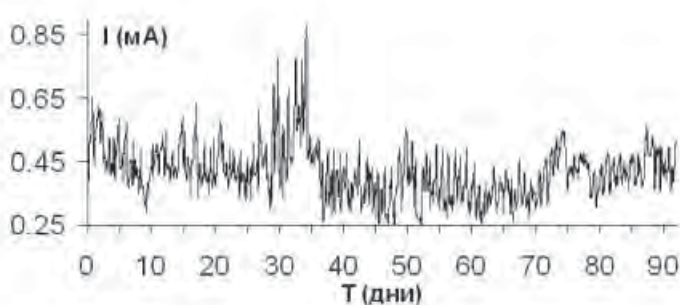


Рис. 3. Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.03.2009 г. – 31.05.2009 г.

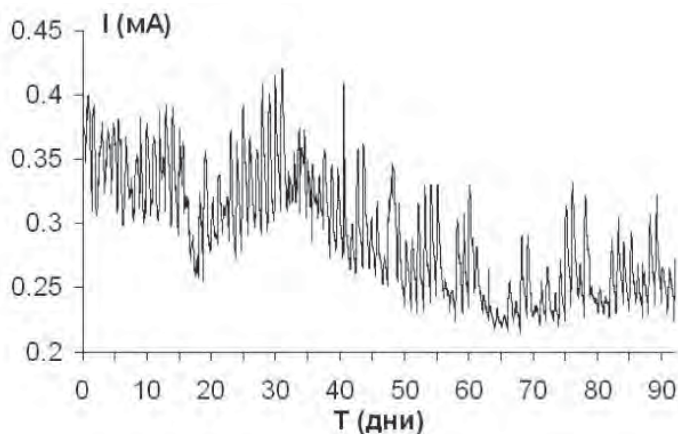


Рис. 4. Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.06.2009 г. – 31.08.2009 г.

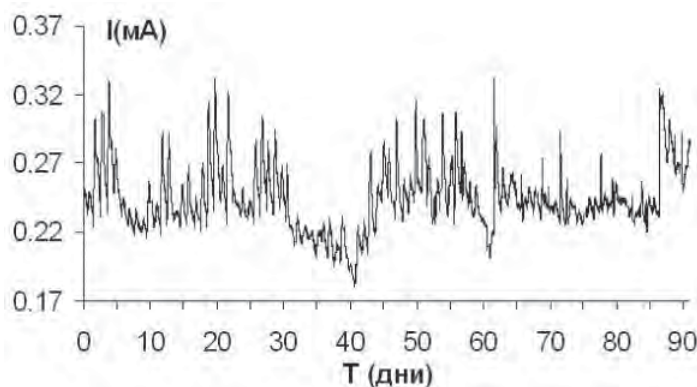


Рис. 5. Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.09.2009 г. – 30.11.2009 г.

электрод обладает отрицательным электрохимическим потенциалом ($\varphi_{Fe} = - 0,44$ В), что приводит к различным лимитирующим реакциям на электродах. На *рис. 6* первая ячейка (кривая отмечена красным цветом) содержит платиновые электроды. Вторая (синяя кривая) и третья (черная кривая) ячейки содержат стальные электроды. Первая и вторая ячейки находятся рядом в светоизолирующем деревянном ящике. Третья ячейка находится внутри термостата, защищенного от внешнего ЭМИ листом алюминия толщиной 1,5 мм. Тот факт, что в одинаковых условиях токи в ячейках 1 и 2 с различными электродами имеют разную динамику, указывает на электрохимическую причину этого явления и показывает, что влиянием температуры нельзя объяснить факт суточных вариаций токов в электрохимических ячейках. Металлический экран ЭМИ оказывает воздействие, которое превышает возможные погрешности эксперимента, тем самым подчеркивая решающую роль электромагнитного фона окружающей среды на воду.

Разная суточная динамика токов в ячейках с различными электродами и в различных

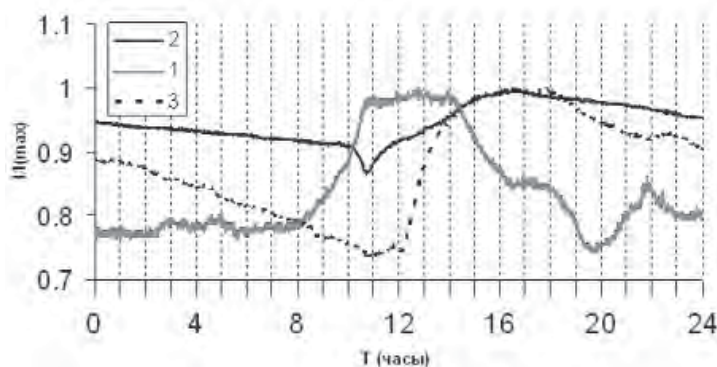


Рис. 6. Суточные вариации токов в электрохимических ячейках, содержащих различные электроды.

условиях указывает на высокую чувствительность контактной разности потенциала к внешним условиям (ЭМИ Земли низкой интенсивности) а также материал, с которой соприкасается вода.

Заключение

В работе представлен экспериментальный материал по суточному мониторингу транспортных свойств воды. Существование суточных вариаций свойств воды позволит по-новому оценить роль воды в различных процессах живой и неживой природы. Объем статьи не позволил авторам более подробно обсудить результаты и представить все доказательства природы суточных вариаций токов, регистрируемых в электрохимической ячейке. В работе предпринята попытка продемонстрировать, что вода может быть проводником взаимодействия слабых электромагнитных полей геофизического и техногенного происхождения с живыми организмами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Развитие научного потенциала высшей школы № 2.1.1./3179»

Литература

1. Mileva K. Georgieva B., Radicheva N. About the biological effects of high and extremely high frequency electromagnetic fields. // Acta. Physiol. Pharmacol. Bulg. V. 27. 2003. № 2. P. 89-100.
2. Goodman E. M. Greenebaum B., Marron M. T. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. // Int. Rev. Cy-tol. 1995. V. 158. P. 279-338.
3. Naarala J. Hoyto A., Markkanen A. Cellular effects of electromagnetic fields. // Altern. Lab. Anim. 2004. V. 32. № 4. P. 355-360.
4. Построение диалога о рисках электромагнитных полей. Радиационная программа отдела по защите среды, окружающей человека / Под ред. Григорьева Ю., Григорьева О. Женева, Швейцария. Всемирная организация здравоохранения. 2004. 79 с.
5. Rudiger M. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics. 1998. V. 74 № 4. P. 494-522
6. Кисловский Л.Д. // В кн. «Биологическое действие ЭМП.» Под ред. Красногорской Н.В. Москва. Наука. 1984. Т.2. С. 17.
7. Агеев И.М. Шишкин Г.Г. Корреляция солнечной активности с электропроводностью воды. // Биофизика. 2001. Т.46. № 5. С. 829-832.
8. Салем Р.Р. Теория двойного слоя. М.: Физматлит, 2003. 44с.
9. Frid V. Electromagnetic radiation induced by mining rock failure / Frid V. (?) Vozoff K. // International Journal of Coal Geology. 2005. V. 7. P. 17-23.
10. Воронин В. И., Черняков А. М., Уваров В. Н. Электромагнитное проявление геодинамических объектов земной коры. // Радиофизика и электроника. 2002. Т.7. № 1. С. 68-76.



A.A. Artamonov, V.V. Tsetlin

DAILY VARIATIONS OF WATER PHYSICAL PROPERTIES

Results on round-the-clock monitoring of water transport properties have been presented in the paper.

Key words: water, electromagnetic background