

ПРОЯВЛЕНИЕ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫХ РИТМОВ В ВАРИАЦИЯХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ

© 2018 г. И.М. Агеев, Ю.М. Рыбин, Г.Г. Шишкин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
125993, Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское шоссе, 4

E-mail: imageev@mail.ru, ggshiskin@mail.ru

Поступила в редакцию 02.03.17 г.

После доработки 28.04.17 г.

Выполнены экспериментальные исследования вариаций электрической проводимости дистиллированной воды при непрерывном измерении в течение месяца. Обнаружены долгопериодные (до семи и более суток) вариации электрической проводимости воды, причем влияние температуры на проводимость было минимизировано методиками измерений и обработки данных. Выявлена периодически наблюдаемая корреляция временных вариаций проводимости дистиллированной воды с интенсивностью солнечного излучения на длине волны 10,7 см, с вариациями атмосферного давления и глобальных магнитных индексов. Обсуждаются возможные причины наблюдаемых явлений.

Ключевые слова: вариации электропроводности воды, ритмы геофизических параметров, корреляция и спектры временных вариаций, солнечно-земные ритмы.

В настоящее время существует большое количество работ, свидетельствующих о связи процессов на Земле с космическими явлениями [1,2]. Эти данные постоянно пополняются новыми результатами, обнаруживаются новые феномены, подтверждающие указанную связь, особенно в области воздействия космических явлений на биосферу Земли.

Известно, что характерной чертой биологических систем и биосферы в целом является наличие ритмических изменений их параметров. Статистические исследования показывают, что многие биоритмы совпадают с известными геологофизическими колебательными процессами, однако механизм влияния незначительных по энергетике вариаций параметров внешних полей и излучений на биосистемы остается малопонятным [2–4]. До конца неизвестны доминирующие факторы космических явлений, определяющие реакцию живой природы на их воздействия. Это связано как со сложностью экспериментального выделения роли слабых воздействий на фоне интенсивных шумов окружающей техногенной среды, так и отсутствия убедительных теоретических парадигм.

Многочисленные экспериментальные исследования влияния слабых полей техногенного происхождения на биологические системы также свидетельствуют о реальности их действия. Во многих работах наблюдаемая реакция живых организмов на внешние воздействия свя-

зывается с изменением параметров воды и водных растворов, входящих в состав организмов, поскольку физические параметры воды подвержены заметным изменениям под действием очень слабых внешних воздействий, что также было зафиксировано в ряде экспериментальных работ. При этом особое внимание уделялось воздействию на воду низкочастотных магнитных полей и высокочастотных электромагнитных полей. Результаты этих исследований, а также ссылки на другие работы приведены в публикациях [3,5–14].

Однако систематические исследования долгопериодических колебаний параметров воды практически отсутствуют. Немногочисленные работы, предпринимаемые в этом направлении, часто грешат методическими ошибками, что не позволяет правильно интерпретировать их результаты. Тем не менее в отдельных работах, например [11,15,16], было надежно обнаружено влияние на воду космофизических факторов. Среди подобных публикаций следует выделить исследование итальянского химика Д. Пиккарди [17], который использовал реакцию осаждения оксихлорида висмута в воде в качестве теста по определению влияния космических факторов. На основе многочисленных экспериментов он доказал, что скорость простой окислительно-восстановительной химической реакции (скорость образования и осаждения оксихлорида висмута) хорошо коррелирует с солнечной активностью. Спектральный анализ вре-

менных рядов тестов Пиккарди, выполненный в работе [7], показал совпадение периодов изменения свойств воды и геомагнитных и гелиофизических факторов. Авторы пришли к заключению, что биологические ритмы можно объяснить периодическими изменениями свойств воды. Дальнейший анализ данных Пиккарди, осуществленный Б.М. Владимирским, показал, что скорость указанной реакции коррелирует с прохождением Земли через разные сектора межпланетного магнитного поля [2].

Вопрос о влиянии физических факторов естественного происхождения на воду распадается на два взаимосвязанных вопроса: определение физической природы *источника* воздействия и установление *механизма* действия этого источника.

Множественные проявления влияния крайне слабых воздействий на биологические объекты приводят к заключению, что для них должен существовать некий общий агент (рецептор). Для биосистем таким общим рецептором, скорее всего, являются вода и водные структуры. Недостаточность существующих экспериментальных и теоретических данных не позволяет надежно подтвердить эту гипотезу. Известно, что первичным источником нетехногенного воздействия является Солнце. Солнечный ветер возмущает околоземную космическую среду, в первую очередь магнитосферу, а вариация излучения Солнца в ультрафиолетовой и более коротковолновой области спектра приводит к изменениям параметров ионосферы. Вторичные эффекты, связанные с этими изменениями, вызывают вариации геомагнитного поля, параметров атмосферы, напряженности электрического поля Земли, параметров шумановского резонатора и другие явления, влияющие на параметры воды. Помимо этого определенную роль могут играть космические лучи, включая солнечные, а также гравитационное действие Солнца и Луны.

Что касается механизма действия источника на воду, в настоящее время практически все авторы склонны считать причиной наблюдаемых изменений параметров воды изменения в структуре воды, или в структуре гидратных оболочек растворенных ионов, происходящие в результате воздействия внешнего физического фактора. Проблема при этом состоит в том, что строение структур воды, как и гидратных оболочек, окончательно не установлено, и этот вопрос вызывает постоянные дискуссии [18,19]. Очевидно, что отсутствие надежных данных по изменчивости структуры воды не позволяет уверенно говорить о механизмах влияния на нее различных факторов.

Эксперименты, предпринятые нами, были направлены на исследование вариаций электри-

ческой проводимости воды при непрерывном измерении в течение месяца в разное время года. Всего было проведено четыре серии длительных измерений, кроме этого, было проведено несколько десятков более коротких серий измерений, продолжительностью до десяти суток. Используемый метод тестирования воздействий отличается от выше цитируемых работ Пиккарди и его последователей, которые использовали водные растворы и результаты химических реакций, обусловленные не только свойствами растворителя, но и растворенного вещества. В нашем случае использовалась дистиллированная вода (химически более чистая среда) и физический метод измерений, что позволяло надеяться на выявление новых фактов. Предполагалось, что характер вариаций позволит определить вторичный источник, влияющий на воду, и даст возможность определить механизм изменения ее параметров.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подробное описание использовавшейся аппаратуры приведено в работе [20]. При измерениях регистрировали сигналы, пропорциональные проводимости воды и ее температуре в двух теплоизолированных датчиках. Изолирующий пассивный термостат с датчиками на время экспериментов устанавливали в отдельной темной комнате, что исключает влияние ряда факторов – освещенности, состава воздуха и его влажности. Термостат обеспечивал стабилизацию скорости изменения температуры воды в пределах около $\pm 0,02$ К/ч. Двойная экранировка датчиков значительно ослабляла высокочастотную компоненту электромагнитных полей. Таким образом, на воду могли оказывать воздействие в основном низкочастотные электромагнитные колебания и атмосферное давление.

Два одинаковых датчика (кондуктометрические ячейки) с внутренним объемом около 3 мл каждый располагали рядом на расстоянии друг от друга не более 4 см. В каждый датчик заливали дистиллированную воду с удельной электропроводностью около 2 мкСм/см, объем воды – 1 мл. Датчики заполнялись водой частично, поскольку предварительные эксперименты показали, что в полностью заполненных водой датчиках описанные ниже эффекты (вариации электропроводности) не наблюдались. Вероятно, эти эффекты обусловлены особыми свойствами поверхностного слоя воды или свойствами границы раздела «вода–воздух». Отличие измеренных значений проводимости и температуры воды в двух датчиках было небольшим и обуславливалось незначительными

различиями в конструкции и качеством их градуировки. Градиент температур внутри термостата можно считать пренебрежимо малым. Два датчика были задействованы для исключения возможных сбоев и контроля артефактов. Идентичность сигналов служит доказательством корректности измерений и того, что наблюдаемые вариации параметров связаны с внешней причиной.

Измерения осуществляли непрерывно в автоматическом режиме с помощью специальной программы записи и обработки результатов. Регистрацию значений проводимости и температуры воды во всех сериях измерений производили каждый час в течение одной минуты. Используемый аппаратно-программный комплекс обеспечил относительную точность измерений удельной электропроводности воды в датчиках не хуже $\pm 0,001$ мкСм/см и относительную точность измерения температуры воды – не хуже $\pm 0,001^\circ\text{C}$.

Для дальнейшей обработки брали среднее значение сигнала длительностью в одну минуту. Таким образом, формировали временной ряд значений проводимости воды и температуры с интервалом в один час. Полученный массив данных, содержащий почасовые значения проводимости воды и ее температуры, подвергали предварительной математической обработке, состоявшей в учете изменения проводимости вследствие существующих незначительных изменений температуры и исключения постоянного дрейфа проводимости.

Колебания температуры, приводящие к изменениям проводимости, учитывали в предположении линейной зависимости проводимости от температуры, что справедливо при небольших изменениях температуры, не превышающих в нашем случае нескольких градусов в течение всего времени измерения (около месяца). Для корректной компенсации температурных изменений необходимо знать температурный коэффициент проводимости. Как известно, для дистиллированной воды он составляет 2–3% на градус при температуре 20°C . Для определения характера и параметров изменений проводимости точное значение коэффициента не очень важно, поэтому во всех случаях значение его принимали равным 2% на градус.

После того как результаты были скорректированы по температуре, учитывали тренд проводимости. Во всех сериях измерений из-за растворения электродов, стенок датчика, взаимодействия с объемом воздуха над поверхностью воды и прочих причин тренд проводимости имеет практически линейный характер во времени. Небольшими изменениями угла наклона аппроксимирующей прямой можно добиться практически полного отсутствия влия-

ния изменения проводимости воды от температуры (коэффициент корреляции менее 10^{-3}). Таким образом, можно считать, что полученные в результате учета указанных факторов колебания проводимости имеют полностью нетемпературное происхождение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представленные на рис. 1 временные зависимости проводимости воды являются результатом проведения и обработки четырех серий измерений продолжительностью около 30 сут каждая. Первая серия измерений проведена в период с 28.08.2014 г. по 28.09.2014 г. («осень–2014»), вторая – с 21.01.2015 г. по 22.02.2015 г. («зима–2015»), третья – с 14.03.2015 г. по 14.04.2015 г. («весна–2015»), четвертая – с 05.06.2015 г. по 5.07.2015 г. («лето–2015»).

На рис. 1 видны периодические вариации электропроводности воды, наблюдаемые в каждой серии экспериментов. Средние амплитуды вариаций находятся в пределах $\pm 2,5\%$. Представленные кривые временных вариаций свидетельствуют о том, что на воду действуют внешние факторы, вызывающие периодические изменения ее проводимости. Визуально на приведенных кривых просматривается недельный период изменения проводимости, а также в большинстве случаев наблюдаются суточные колебания. Для более наглядного представления недельного ритма кривые четырех серий сдвинуты таким образом, чтобы совпали соответствующие дни недели. Воскресные дни отмечены заливкой.

На рис. 2 представлены спектры вариаций проводимости воды в четырех сериях измерений. Частота выражена в обратных часах, на рисунке пунктирными линиями отмечены периоды, равные одним и семи суткам.

Как видно, некоторые частоты с небольшими отклонениями устойчиво наблюдаются во всех четырех сериях измерений, хотя полный вид спектра варьирует от серии к серии. Дополнительно к графическому представлению спектров в таблице приведены значения периодов колебаний и относительная интенсивность наиболее отчетливо проявившихся линий в четырех сериях измерений. Периоды колебаний приведены в сутках (числитель), соответствующая интенсивность каждой компоненты спектра нормирована относительно максимальной (знаменатель).

Недельная и суточная периодичность изменения проводимости воды наиболее ярко проявляется при использовании метода синхронного детектирования (один из вариантов метода

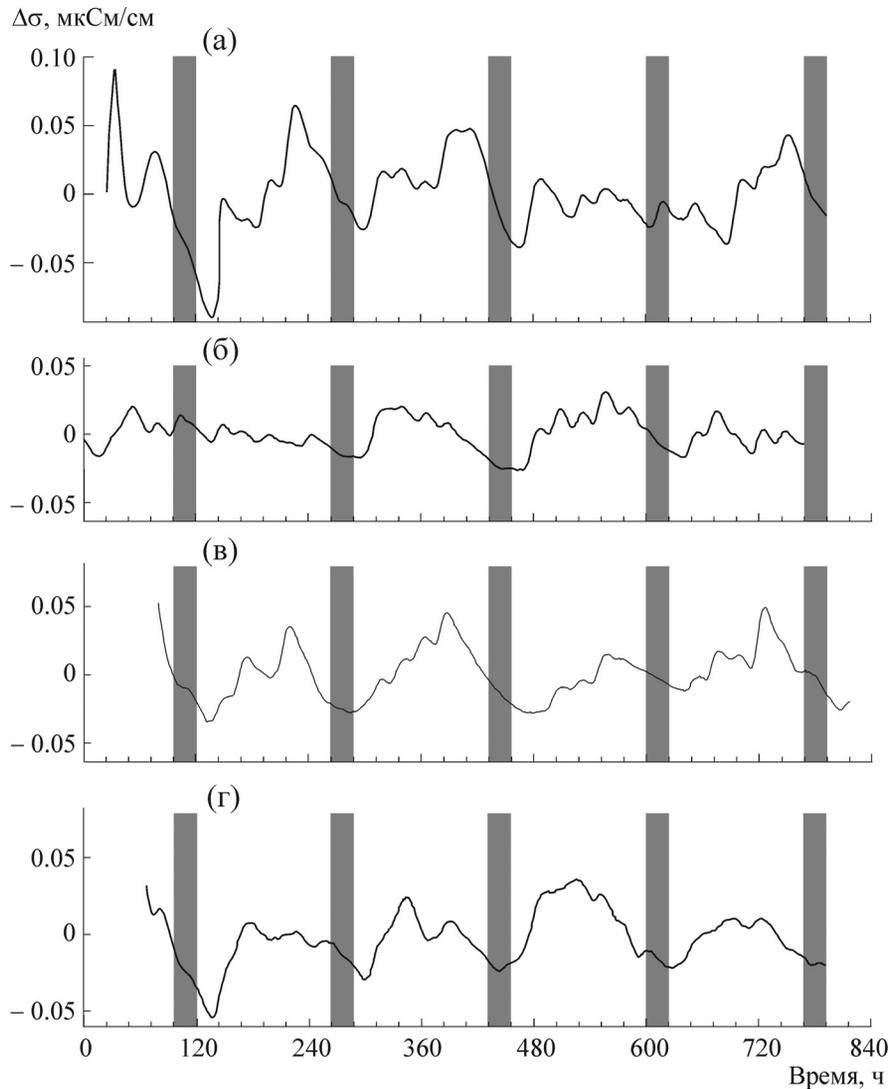


Рис. 1. Временные зависимости электропроводности воды в сериях экспериментов: (а) – «осень–2014», (б) – «зима–2015», (в) – «весна–2015», (г) – «лето–2015».

наложения эпох), который позволяет эффективно выделять периодический сигнал на фоне шумов [21,22]. Был использован следующий алгоритм применения метода наложения эпох. За начальную (реперную) точку брали 00:00 часов первого воскресенья в каждой серии измерений. Затем вычисляли среднее значение отклонения проводимости в четырех сериях в соответствующие моменты времени. На рис. 3 представлен результат применения метода, а на рис. 4 – спектр полученных временных вариаций.

Появление в спектрах вариаций электропроводности воды периодов, характерных для солнечно-земных ритмов [1,2], может проявиться также и в корреляции изменений электропроводности воды с изменениями параметров космофизических факторов, упомянутых выше. Отчасти вопрос о корреляции рассмотрен в наших

публикациях [15,23]. Спектральный анализ показал, что периоды вариаций некоторых факторов значительно отличались от периодов вариаций проводимости воды (во всяком случае, во время проведения измерений). При этом вычисленные коэффициенты корреляции (здесь и далее используется линейный коэффициент корреляции Пирсона) не превышают значения 0,1–0,2. К таким факторам относятся индукция геомагнитного поля (<http://forecast.izmiran.ru>), параметры колебаний шумановского резонатора (<http://sosrff.tsu.ru>), интенсивность космических лучей (<http://cosrays.izmiran.ru>). В одной из серий измерений был вычислен коэффициент корреляции проводимости воды с плотностью потока частиц солнечного ветра и их скоростью, также оказавшийся незначительным. Данный факт не исключает возможность появления

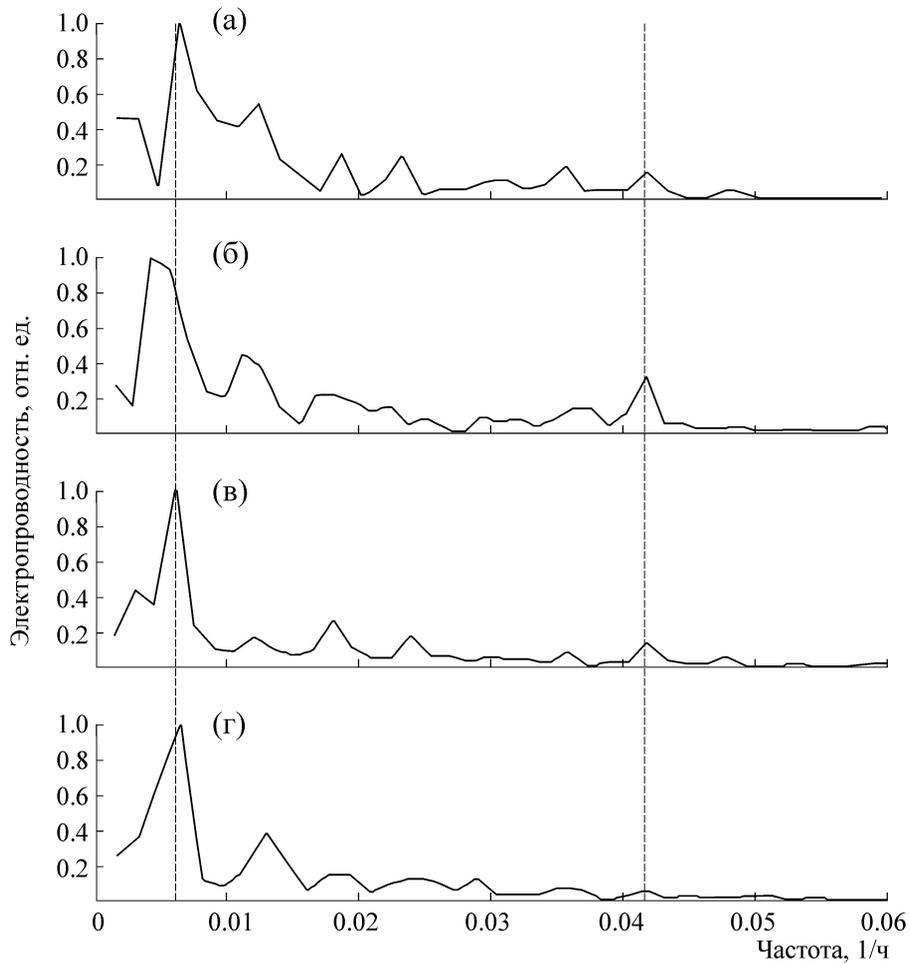


Рис. 2. Спектры временных вариаций электропроводности воды в сериях экспериментов: (а) – «осень–2014», (б) – «зима–2015», (в) – «весна–2015», (г) – «лето–2015» (штриховыми линиями отмечены периоды длительностью в одни и семь суток).

корреляции в другие периоды времени, но требует дополнительного исследования.

Периодические вариации параметров других факторов, более подробно рассмотренных

Периоды колебаний (сутки) и относительная интенсивность линий спектров в четырех сериях измерений

Серия «осень–2014»	Серия «зима–2015»	Серия «весна–2015»	Серия «лето–2015»	Среднее значение
	9,98/1,0			
6,73/1,0	7,49/0,92	6,98/1,0	6,49/1,0	6,92
3,36/0,55	3,74/0,46	3,49/0,17	3,25/0,38	3,46
2,24/0,26	2,50/0,22	2,33/0,27	2,36/0,15	2,36
	1,87/0,15			
1,79/0,24	1,67/0,08	1,74/0,18	1,73/0,13	1,73
1,35/0,11	1,43/0,09	1,40/0,06	1,44/0,12	1,41
1,17/0,18	1,15/0,15	1,16/0,09	1,18/0,08	1,165
1,08/0,06		1,07/0,03		1,075
0,997/0,16	0,999/0,33	0,997/0,13	0,998/0,64	0,998
0,87/0,06	0,86/0,04	0,87/0,06	0,84/0,03	0,86
0,79/0,014	0,79/0,03	0,79/0,015	0,76/0,03	0,78
0,69/0,025	0,70/0,04	0,70/0,02	0,68/0,03	0,69

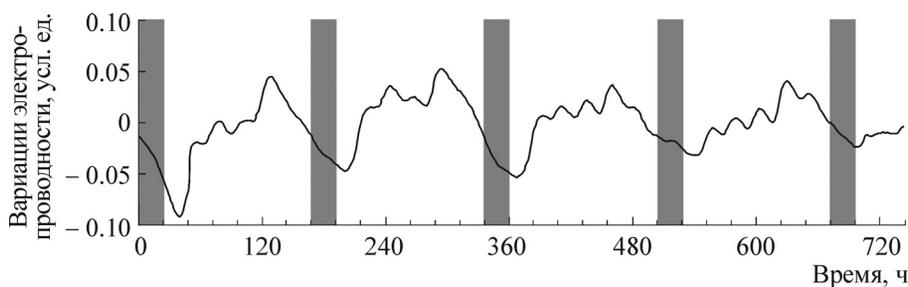


Рис. 3. Временные вариации электропроводности воды, полученные методом наложения эпох. Заливкой отмечены воскресные дни.

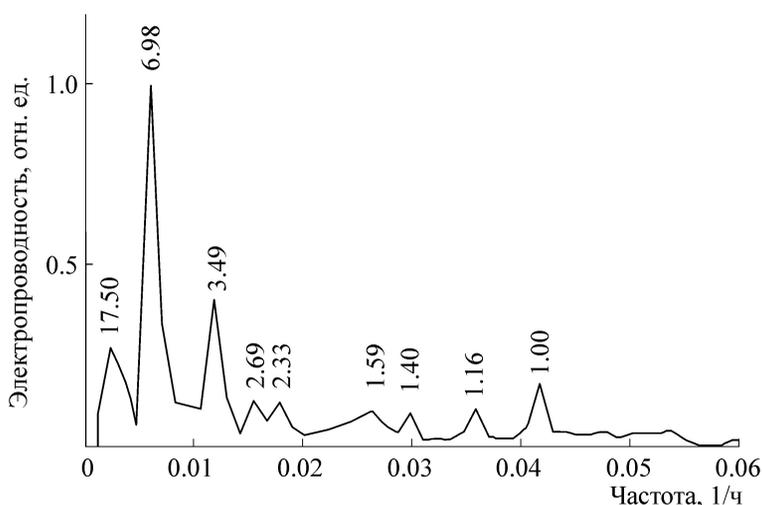


Рис. 4. Спектр временных вариаций электропроводности воды, полученных методом наложения эпох. Числа на графике указывают соответствующий период в сутках.

ниже, имеют в спектрах гармоник, близкие гармоникам вариаций проводимости воды. Поэтому коэффициент корреляции иногда имеет достаточно большое значение, а при сдвиге одного временного ряда относительно другого периодически меняет знак, проходя через максимальные и минимальные значения, что не позволяет сделать вывод о реальной связи рассматриваемых явлений. В этих условиях значение коэффициента корреляции существенно зависит от сдвига фазы рассматриваемых колебаний в момент начала измерений, но все тонкости этого явления также требуют дополнительного исследования.

Числа Вольфа и излучение Солнца на длине волны 10,7 см. Кривые колебания проводимости воды в первой серии измерений и колебания интенсивности излучения Солнца на длине волны 10,7 см, нормированные на среднее значение и масштабированные для удобства сравнения, приведены на рис. 6 (сплошная кривая – солнце, пунктирная – вода). Поскольку значения интенсивности излучения, взятые из архива на сайте ИЗМИРАН (<http://forecast.izmiran.ru>), да-

ются для времени 17:00, 20:00 и 23:00, то из временного ряда наших почасовых измерений пришлось исключить все значения проводимости, кроме значений, полученных в это время. Это отразилось в изломанном характере кривой изменения проводимости на рис. 5. Коэффициент корреляции двух временных рядов в первой серии измерений составляет 0,465.

Корреляционный анализ серий измерений «зима–2015» и «весна–2015» показал, что коэффициенты корреляции за эти периоды наблюдения пренебрежимо малы. Для серии измерений «лето–2015» незначительный коэффициент корреляции, наблюдаемый без сдвига временных рядов, достигает значения 0,545 при сдвиге временного ряда проводимости воды на 144 ч (значения проводимости сопоставляются с более ранними значениями интенсивности излучения).

Индексы геомагнитного поля K_p и A_p . Для сопоставления изменений глобальных индексов магнитного поля K_p и A_p с нашими данными использовали трехчасовые значения этих индексов, приведенные на сайте <http://www.wdcb.ru/>.

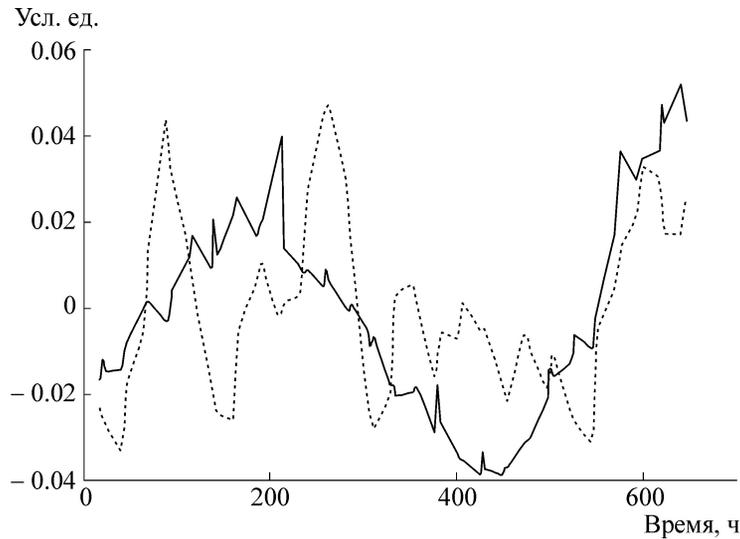


Рис. 5. Временные вариации проводимости воды (пунктирная линия) и интенсивности излучения Солнца на длине волны 10,7 см (сплошная линия) за период измерений «осень–2014».

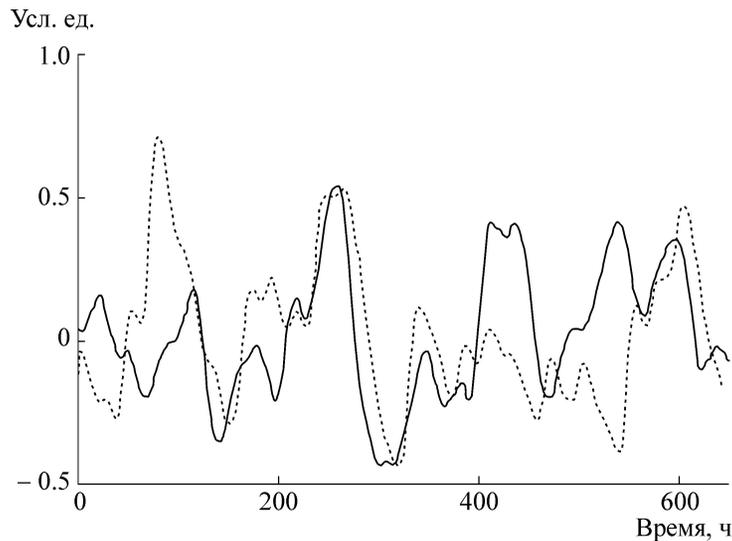


Рис. 6. Временные вариации проводимости воды (пунктирная линия) и изменения индекса K_p (сплошная линия) за период измерений «осень–2014».

На рис. 6 представлены данные вариаций проводимости воды и изменения индекса K_p , для серии измерений «осень–2014».

Поскольку для индексов A_p и K_p характерны значительные колебания, затрудняющие визуальное сопоставление с нашими измерениями, их величины аппроксимировали на определенных временных интервалах квадратичными многочленами (сглаживали) и затем нормировали по среднему значению в рассматриваемый интервал времени.

В некоторые периоды наблюдений видна отчетливая корреляция двух кривых (на представленном рисунке, например, в период от

150-го до 400-го часа). В другие периоды видимая корреляция нарушается, и результирующий коэффициент корреляции по всему периоду наблюдения (около месяца) составляет 0,34. Путем относительного сдвига временных рядов значений проводимости и индексов магнитного поля можно обнаружить более высокие значения корреляции. Так, в первой серии измерений сдвиг на семь суток (значения проводимости воды сопоставляются с более ранними значениями индекса) привел к корреляции с индексом A_p с коэффициентом, равным 0,496. (Без сдвига коэффициент корреляции A_p и проводимости

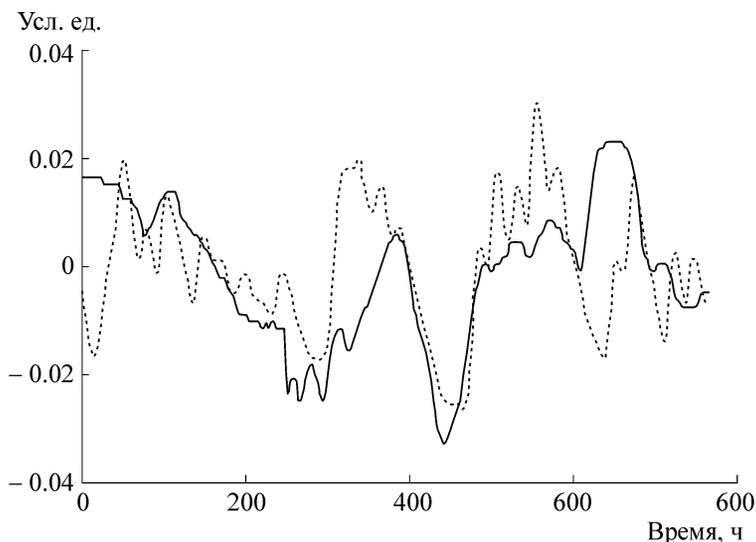


Рис. 7. Временные вариации проводимости воды (пунктирная линия) и атмосферного давления (сплошная линия) за период измерений «зима-2015».

воды составляет 0,386, т.е. близок к коэффициенту корреляции с индексом K_p .)

Для других серий измерений результат оказывается похожим. Так, во второй серии («зима-2015») при сравнении данных без сдвига корреляция отсутствует ($K = -0,08$). Но сдвиг кривой проводимости воды на 4,2 суток приводит к значению коэффициента антикорреляции $-0,597$.

В третьей серии («весна-2015») без сдвига реализаций корреляция не наблюдается, но сдвиг кривых на 6,58 суток приводит к корреляции с коэффициентом 0,498, а сдвиг на 4,3 суток в противоположную сторону (значения проводимости сопоставляются с более поздними значениями индекса) — к антикорреляции с коэффициентом $-0,359$.

Наконец в последней серии измерений («лето-2015») без сдвига ряды коррелируют с коэффициентом 0,242, а сдвиг данных воды относительно данных по индексу магнитного поля приводит к корреляции с коэффициентом 0,61.

Приведенные результаты свидетельствуют, что корреляционные зависимости в значительной степени определяются наличием близких периодов во временных рядах вариаций [24]. Это, в частности, проявляется в наблюдаемой смене корреляции на антикорреляцию при определенном сдвиге временных рядов.

При визуальном сравнении кривых изменения проводимости воды и колебания индекса магнитного поля трудно избежать мысли о наличии общего для них возмущающего фактора, действие которого в некоторые периоды проявляется отчетливо, а в другие — маскируется

либо изменением его параметров, либо каким-то другим возмущающим источником.

Атмосферное давление. Из возможных метеорологических факторов, влияющих на воду, вариации температуры, влажности и состава воздуха можно исключить из рассмотрения, поскольку измерения проводили с использованием герметичных датчиков в условиях их термоизоляции. Однако влиянием давления нельзя пренебрегать, так как полиэтиленовый корпус датчика не обладает достаточной жесткостью, чтобы изменение внешнего давления не сказывалось на давлении внутри датчика.

На рис. 7 изображены графики изменения проводимости воды и изменения давления в период измерений «зима-2015». В этот период в спектре вариации давления отчетливо наблюдались периоды около 6,9 и 3,4 сут. (Наличие в вариациях давления периодов 9 и 7 сут отмечается также в работе [25].) Временные ряды на рисунке сдвинуты на три часа таким образом, что значения проводимости сопоставляются с более поздними значениями давления. Коэффициент корреляции при этом равен 0,4.

Действие давления на воду проявляет те же особенности, что и влияние других факторов. В частности корреляция, наблюдавшая в серии измерений «зима-2015», исчезает в серии «весна-2015». Характерным частотам колебания давления в это время соответствуют периоды 10,97, 4,86, 3,99 и 3,13 сут. Эти периоды не наблюдаются в спектре колебаний проводимости воды; коэффициент корреляции в этой серии составил $-0,166$. Таким образом, вариации атмосферного давления также не являются единственной причиной колебания проводимости

воды, хотя в отдельные периоды возможна заметная корреляция этих параметров.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Периодически наблюдаемая корреляция проводимости воды с числами Вольфа, интенсивностью излучения на длине волны 10,7 см, с атмосферным давлением и магнитными индексами может свидетельствовать о том, что вариации проводимости воды являются одним из проявлений глобальной синхронизации, когда регистрируются вариации с близкими периодами изменения параметров не связанных между собой процессов. Явление глобальной синхронизации начинается в масштабах солнечной системы и в этом случае проявляется в целочисленных соотношениях периодов вращения и обращения планет и спутников. Накопленные к настоящему времени данные позволили высказать гипотезу о полной синхронизованности движения планет [26], что объясняется устойчивостью соответствующих синхронных движений [27]. Подробно процессы синхронизации рассмотрены в работе [28]. Характерной особенностью процесса синхронизации, как показано в работе [29], является отсутствие порога по интенсивности взаимодействия, т.е. две системы, обладающие близкими частотами, синхронизируются при наличии любой очень слабой связи. Ограничением является время синхронизации, возрастающее при уменьшении интенсивности взаимодействия, и наличие шума, оказывающего десинхронизирующее влияние.

Процесс глобальной синхронизации приводит к тому, что известный солнечный период около семи суток (четверть периода вращения Солнца) наблюдается в вариациях геофизических параметров огромного количества различных процессов в биосфере и даже в социальной сфере, определяя, например, длительность недель [22,30–32]. Поэтому появление в колебаниях проводимости воды периодов, близких к периодам вариаций других природных параметров, не является полной неожиданностью. Как отмечено в работе [33], одной из характерных особенностей большинства синхронизированных природных процессов является непостоянство характера их колебаний и небольшое (не более 10%) изменение периодов колебаний со временем, что наблюдается и в наших измерениях. Можно отметить, что периодизация различных параметров проявляется не только в их значениях, но и в более тонкой структуре соответствующих временных рядов [34,35].

В своей работе мы надеялись найти реальный доминирующий физический фактор, обуславливающий причины наблюдаемых вариаций проводимости воды. Наиболее вероятным

представляется предположение о том, что на воду, являющуюся весьма чувствительной средой по отношению к воздействиям различной природы, действует совокупность различных природных факторов. Они вызваны в первую очередь солнечным излучением и солнечным ветром, что приводит как к появлению колебаний проводимости с характерными глобальными периодами, так и к периодическому нарушению синхронизации с каждым из этих факторов. Первичные факторы вызывают появление ряда вторичных явлений, некоторые из которых могут также влиять на параметры воды. К таким факторам могут относиться фоновое электромагнитное излучение в различных спектральных диапазонах, в том числе низкочастотные колебания шумановского резонатора, вариации геомагнитного поля, изменения электростатического поля и другие. Определение роли всех этих факторов требует дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование специального аппаратно-программного комплекса позволило получить временные зависимости удельной электропроводности дистиллированной воды в условиях почти постоянной температуры в четырех сериях экспериментов, длительность каждой из которых около 30 суток, в течение года.

Зарегистрированные временные вариации электропроводности воды имеют выраженный периодический характер. Анализ спектральных характеристик вариаций показал, что в них доминируют недельный и суточный периоды.

Корреляционный анализ выявил в отдельных экспериментах существенные коэффициенты корреляции временных вариаций электропроводности воды с вариациями излучения Солнца на длине волны 10,7 см, вариациями глобальных индексов магнитного поля K_p и A_p и с вариациями атмосферного давления.

Обнаруженное явление периодических колебаний проводимости воды (и, возможно, других ее параметров) и их корреляция с колебаниями известных гелиогеофизических параметров может послужить основой для объяснения природы периодических процессов в живых организмах и в биосфере в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. М. Владимирский, Н. А. Темурьянц и В. С. Мартынюк, *Космическая погода и наша жизнь* («Век 2», Фрязино, 2004).
2. В. С. Мартынюк, Н. А. Темурьянц и Б. М. Владимирский, *У природы нет плохой погоды: космическая*

- погода в нашей жизни* (Издатель Мартынюк В.С., Киев, 2008).
3. Т. К. Бреус, Автореферат дис. ... докт. физ.-мат. наук (Москва, 2003).
 4. Т. К. Бреус, В. Н. Бинги и А. А. Петрукович, *Успехи физ. наук* **186** (5), 568 (2016).
 5. И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин, С. М. Еськин и Ю. М. Рыбин, *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*, № 8–9, 75 (2008).
 6. О. В. Бецкий, Н. Н. Лебедева, Т. И. Котровская, *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*, № 1, 37 (2003).
 7. П. В. Василик, А. К. Галицкий, *Кибернетика и вычислительная техника*, № 66, 11 (1985).
 8. В. Ф. Киселев, А. М. Салецкий и Л. П. Семихина, *Теорет. и эксперим. химия*, № 2, 252 (1988).
 9. Е. Е. Фесенко и О. А. Пономарев, *Биофизика* **45** (3), 389 (2000).
 10. М. С. Amiri and A. A. Dadkhah, *Colloids and surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* **278** (1–3), 252 (2006).
 11. L. Boulanger, *Int. J. Biometeorol.*, N 41, 137 (1998).
 12. S. V. Gudkov, V. I. Bruskov, M. E. Astashev, et al., *J. Phys. Chem. B* **115** (23), 7693 (2011).
 13. A. D. Kney and S. A. Parsons, *Waterresearch* **40**, 517 (2006).
 14. I. Otsuka and S. Ozeki, *J. Phys. Chem. B* **110** (4), 1509 (2006).
 15. И. М. Агеев, Г. Г. Шишкин, М. Д. Бубнова и Ю. М. Рыбин, в сб. *Научные труды VI Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине»* (СПб., 2012), с. 38.
 16. Э. А. Поляк, *Биофизика* **36** (4), 565 (1991).
 17. Д. Пиккарди, в *Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли* (Наука, М., 1971), сс. 141–147.
 18. С. Д. Захаров и И. В. Мосягина, *Кластерная структура воды* (ФИАН, М., 2011).
 19. А. Н. Смирнов и А. В. Сыроешкин, *Рос. химич. журн.* **48** (2), 125 (2004).
 20. Ю. М. Рыбин, И. М. Агеев, М. Д. Бубнова и Г. Г. Шишкин, *Труды МАИ*, № 89, 1 (2016).
 21. A. Guglielmi and O. Zotov, *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.* **69**, 1753 (2007).
 22. О. Д. Зотов, *Физика Земли*, № 12, 27 (2007).
 23. И. М. Агеев, Ю. М. Рыбин и Г. Г. Шишкин, *Вестн. МГУ. Сер. 3. Физика. Астрономия*, № 6, 54 (2016).
 24. Т. К. Бреус и А. А. Конрадов, в *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (Янус-К, М., 2002), т. 3, сс. 516–524.
 25. *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (Научный мир, М., 1998), т. 2.
 26. А. М. Молчанов, в кн. *Современные проблемы небесной механики и астродинамики* (Наука, М., 1973), с. 340.
 27. П. Голдрайх, в *Приливы и резонансы в солнечной системе* (Мир, М., 1975), с. 288.
 28. А. Пиковский, М. Розенблюм и Ю. Куртс, *Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление* (Потсдам, 2001).
 29. И. И. Блехман, *Синхронизация в природе и технике* (Наука, М., 1981).
 30. *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (ОИФЗ РАН, М., 1994), т. 1.
 31. *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (Янус-К, М., 2002), т. 3.
 32. Г. А. Жеребцов, В. А. Коваленко и С. И. Молодых, *Докл. РАН* **394** (5), 606 (2004).
 33. А. В. Шабельников, в *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (Научный мир, М., 1998), т. 2, сс. 57–58.
 34. С. Э. Шноль, Э. В. Пожарский, В. А. Коломбет и др., в *Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов* (Научный мир, М., 1998), т. 2, сс. 303–305.
 35. С. Э. Шноль, Т. А. Зенченко, К. И. Зенченко и др., *Успехи физ. наук* **170** (2), 213 (2000).

Manifestation of Solar-Terrestrial Rhythms of Variations in Electrical Conductivity of Water

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

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

In this experimental study, variations in electrical conductivity of distilled water were investigated and continuously measured for one month. Long period (up to seven days or longer) variations in electrical conductivity of water were found. The effect of temperature on conductivity was minimized methodically and analytically. The periodically observed correlations of temporal variations in conductivity of distilled water with the solar radiation intensity at a wavelength of 10.7 cm, as well as variations in atmospheric pressure and global magnetic indices were revealed. Possible reasons for the observed phenomena are discussed.

Keywords: variations in conductivity of water, rhythms of geophysical parameters, correlation and spectra of temporal variations, solar-terrestrial rhythms