

УДК 551.590.2+525.235

## Свойства различных физико-химических систем и их связь с космическими параметрами

Э.А. Барановский<sup>1</sup>, В.П. Таращук<sup>1</sup>, Б.М. Владимирский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” КНУ им. Т. Шевченко, Научный, АР Крым, Украина, 98409  
*edward@crao.crimea.ua*

<sup>2</sup>Таврический университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, АР Крым, Украина

Поступила в редакцию 11 ноября 2013 г.

**Аннотация.** С 1995 г. в НИИ “КрАО” ведется ежедневный мониторинг динамики кристаллообразования в штормглассе – колбе Фицроя. Данная работа является обзором основных результатов сопоставления поведения динамического индекса (ДИ) колбы Фицроя с проявлениями солнечной активности и космической погоды за 18 лет. Проведено сравнение поведения колбы Фицроя и многих других физико-химических систем, показывающее тождественный отклик на одни и те же солнечно-земные индексы в течение разных фаз солнечной активности. Обнаружено сходное поведение рассмотренных физико-химических систем с изменением ММП, скорости солнечного ветра и др. космических индексов. Как модель рассматривается низкочастотное электромагнитное излучение магнитосферы и атмосферных фронтов, которое является результатом изменения режима обтекания магнитосферы солнечным ветром.

PROPERTIES OF SOME PHYSICO-CHEMICAL SYSTEMS AND THEIR CONNECTION WITH COSMIC PARAMETERS, by E.A. Baranovsky, V.P. Taraschuk, B.M. Vladimirsky. The daily monitoring of the dynamics of crystal formation in a stormglass – Fitzroy flask has been carried out at the Crimean Astrophysical Observatory since 1995. This paper is a review of the main results of comparing behavior of the dynamic index (DI) of Fitzroy flask with manifestations of solar activity and space weather in the course of 18 years. The comparison of behavior of the Fitzroy flask and many other physico-chemical systems show identical response to the same solar-terrestrial indices for the different phases of the solar activity. The similar response of the considered physico-chemical systems was found with variation of IMF, solar wind velocity and other indices.

The low-frequency electromagnetic radiation of the magnetosphere and atmospheric fronts, that is a result of changes in flow regime of the magnetosphere by the solar wind, is considered as a model.

**Ключевые слова:** штормгласс (колба Фицроя), солнечная активность, космическая погода, низкочастотные фоновые электромагнитные поля

---

Влияние Солнца и космической погоды на Землю как планету и разнообразные явления в гео-, биосфере, в технологических процессах, протекании реакций в водной среде и пр. – хорошо установленный факт. Однако интерпретация отклика сложных систем, состоящих из множества

Свойства различных физико-химических систем...

взаимосвязанных элементов, сталкивается с большими трудностями. Поэтому для более явственного выявления особенностей такого влияния желательно использовать системы, где отклик на космический фактор не вуалируется сложными внутренними процессами и зависимостями в исследуемой среде. Наблюдения над физико-химическими системами имеют очевидные преимущества над исследованием биологических объектов. Последние отвечают на изменения какого-либо внешнего фактора обобщенной адаптивной реакцией. Отклик физико-химической системы на такое воздействие отражает более конкретный механизм влияния. Наше внимание привлек к себе прибор, который называется штормглас или колба Фицроя (по имени метеоролога-адмирала, досконально исследовавшего его поведение как прибора для предсказания погоды). Данная работа представляет проведенный впервые в мире анализ данных 18-летних наблюдений за поведением штормгласа, сопоставления происходящих в нем процессов с метеорологическими, геофизическими, космофизическими и солнечными явлениями. Проведено сравнение поведения штормгласа с другими физико-химическими системами, реагирующими на космическое воздействие сходным образом.

## 1 Историческая справка

Штормглас – это запаянный наглухо стеклянный сосуд с раствором камфоры в спирте и солей  $\text{KNO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в воде в соотношении 1:1. В документе 1725 года указывалось, что данный прибор – штормовая склянка – широко использовался английскими моряками для предсказания изменений в погоде. За несколько суток перед приходом метеофронтов менялись прозрачность и рост кристаллов. Принцип его работы был непонятен.

О штормовой склянке на долгое время забыли. Но в 70-е и 80-е годы журналы “Наука и жизнь” и “Химия и жизнь” опубликовали небольшие заметки о штормгласе как о некоем курьезе. В 90-е годы XX века междисциплинарная группа крымских исследователей (В.П. Щербаков, В.С. Мартынюк, Б.М. Владимирский, В.Я. Нарманский) реализовала специальную программу по реставрации технологии изготовления штормгласов на основании анализа собранных из разных источников инструкций. Небольшие партии изготовленных приборов отличались процентным содержанием компонентов, водой из разных источников, порядком растворения. Составляющие сливались в ампулу объемом 20 см<sup>3</sup>, которую сразу же запаивали. Время от времени любопытные люди изготавливали примитивные штормгласы и в течение непродолжительного времени наблюдали за изменениями кристаллизации и некоторыми сопутствующими природными событиями. Однако публикации эти очень скудны и малоинформативны.

## 2 Процедура измерений

Наши наблюдения начаты в августе 1995 г. с экземпляром (№ 1) из первой партии созданных в Крыму штормгласов. Для данного образца применялись химически чистые соли, аптечная камфора (рацематная смесь, в отличие от природной камфоры старинных штормгласов) и этиловый спирт высшей категории очистки. Дистиллят отстаивался после получения не менее суток. Запаивание тонкостенной пробирки (20 мл) из легкоплавкого стекла проводилось газовой горелкой сразу после сливания растворов. Показатель процессов в штормгласе – это высота кристаллов – динамический индекс (ДИ), где за нуль-пункт берется положение дна ампулы с раствором на миллиметровой шкале (точность отсчета 0.5–1 мм). Конечно, ДИ не отражает всего многообразия процессов в растворе, когда даже визуально отмечается изменение не только высоты осадка, а и формы структурных образований. Но простота измерений позволила накопить большой массив данных и выявить целый ряд закономерностей.

Дважды в сутки, в 10 и 22 часа по местному времени ( $\pm 0.5$  ч), ежедневно снимались отсчеты – с одного, с октября 1999 г. – со второго (№ 3) и с октября 2003 г. – с третьего экземпляра штормгласса (№ 4). (Сейчас число их достигло 11, что даст возможность в дальнейшем выявить закономерности, связанные с технологией изготовления, влияющей на чувствительность.) Они размещены в комнате (Крым, КрАО) вдали от окна в затененном месте. Попутно регистрировалось давление (анероид) и наружная температура, а затем и температура рядом с прибором. В результате создана единственная в мире база данных ДИ, отражающих процессы в колбе Фицроя, которая охватила полтора солнечных цикла. Это позволило начать изучение изменений ДИ в течение периодов разной длительности с привлечением геофизических, солнечных и космических индексов. Регистрация продолжается. Следующим этапом было сравнение наших результатов с данными исследований других физико-химических систем.

### 3 Основные результаты исследования штормгласса

Анализ наблюдений кристаллизации в нескольких штормглассах (Барановский и др., 2010а, 2010b) позволил найти ряд закономерностей.

**Температурный эффект.** В помещении максимальные суточные колебания не превосходят 1–3 °С. С изменением температуры связан эффект давления в жидкости, содержащей летучий компонент (этанол), что должно влиять на растворимость ингредиентов и протекание кристаллизации в ампуле. Для выяснения температурного эффекта был найден поправочный температурный коэффициент, использованный для внесения поправки в измерения ДИ. Сравнение исходной кривой хода ДИ со временем и исправленной за температуру показало, что все характерные особенности кривых сохраняются, изменяется только абсолютная величина отсчетов (рис. 2 из работы Барановского и др. (2010b)).

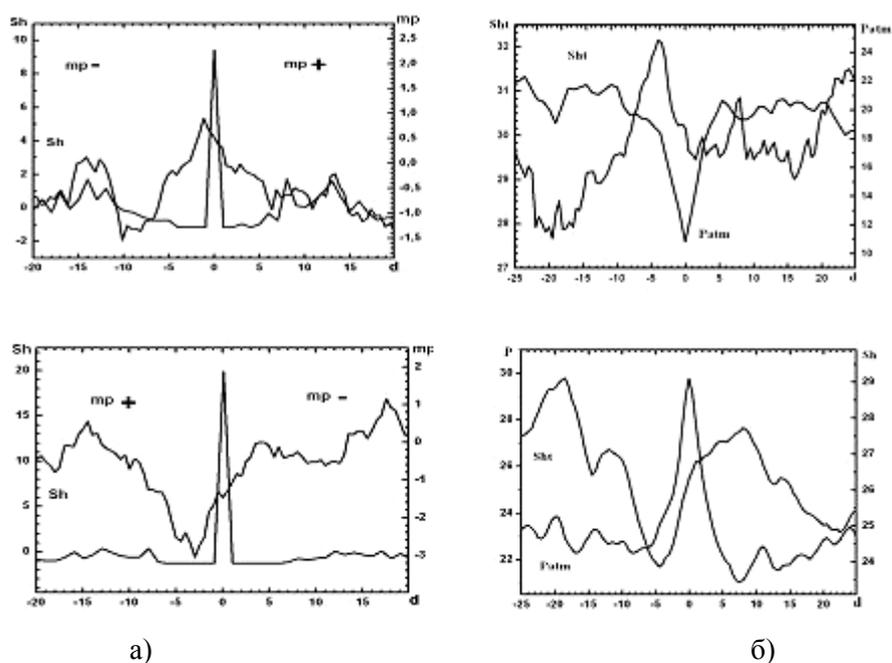
**Синхронные измерения.** Сравнение показаний отдельных крымских колб показало повторяемость основных деталей хода кривых. Сравнение ДИ крымских наблюдений и в Челябинске (Кириллов, 2001), где на протяжении нескольких месяцев регистрировались показания колбы Фицроя, продемонстрировало синхронность происходящих в них изменений. Сходство кривых убедительно указывает на то, что имеются глобальные общепланетарные факторы, действующие на приборы практически одновременно. Некоторые мелкие отличия кривых связаны с факторами местного метеорологического происхождения. По-видимому, в ряде случаев они сопоставимы по величине со вкладом глобальных факторов. Но для пунктов, разнесенных на расстояние около 3 тыс. км, местные метеорологические изменения в шкале десятков суток будут вполне независимы.

**Связь ДИ с атмосферным давлением.** Для сопоставления ДИ нескольких штормглассов с атмосферным давлением в пункте наблюдений (пос. Научный, Крым, высота 600 м, нормальное среднее давление составляет около 720 мм ртутного столба) использован метод наложенных эпох. Независимо от длины рассматриваемого ряда характер полученной зависимости сохраняется. Минимальное давление (приход циклона) отмечается примерно через 2.5 дня после максимального показания штормгласса. Когда в качестве реперных событий выбраны все случаи с давлением выше 725 мм (антициклон), то примерно за 3.5–4 дня до достижения максимального давления уровень ДИ становится минимальным. Штормгласс реагирует по-разному на приход электромагнитных фронтов, предшествующих приходу циклонов или антициклонов. Реакция штормгласса может быть дополнительным свидетельством установленного различия физических электромагнитных полей (может быть, частоты),

Свойства различных физико-химических систем...

предшествующих прохождению атмосферных фронтов (Степанюк, 2002). На рис. 1б показан ход ДИ перед приходом циклонов или антициклонов.

Но прибор может принимать сигналы не только метеорологического происхождения. Есть свидетельство того, что он реагирует на избыточную электромагнитную эмиссию грунта, которая наблюдается близ эпицентра предстоящего землетрясения. Подобное явление было зарегистрировано перед сейсмическими толчками в Горно-Алтайске (Гвоздарев, 2004а, 2004б).



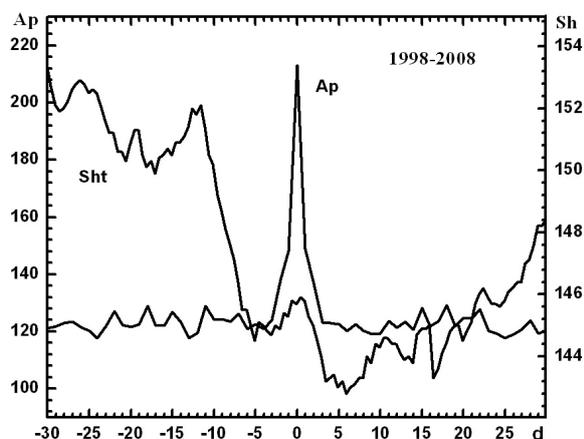
**Рис. 1.** а) Изменение показаний ДИ при переходе Земли через границы ММП. В качестве реперного события взят момент перехода границы сектора.

б) Ход показаний штормгласса при прохождении области высокого (больше 725 мм) или низкого (меньше 715 мм) давления

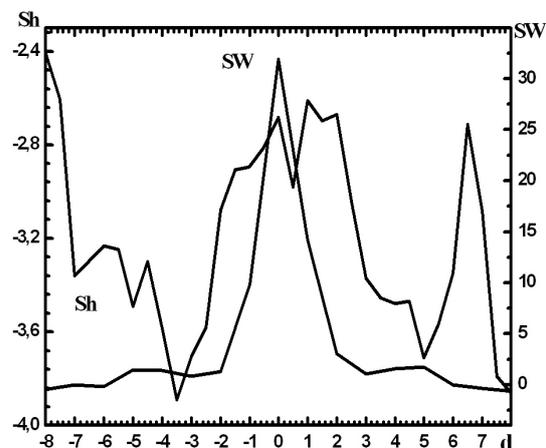
**Влияние ММП.** Поведение ДИ исследовалось при смене полярности межпланетного магнитного поля (ММП) и изменении модуля МП. Имеется четкая реакция колбы Фицроя на переход Земли через границы секторов ММП. До прохождения границы при смене знака “-, +” ДИ растет, достигая максимума за 2–3 суток. При смене знака “+, -” примерно за 3 суток ДИ достигает минимального значения, после чего снова медленно возрастает, что видно на рис. 1а.

Обращает на себя внимание однотипная реакция колбы Фицроя при переходе ММП от “-, +” и при приближении атмосферного циклона (рис. 1б). При переходе ММП от “+, -” реакция колбы похожа на реакцию при приближении антициклона.

**Сравнение с Ар-индексом.** Метод наложенных эпох был применен для выяснения реакции колбы Фицроя на изменения геофизического индекса Ар (рис. 2). В качестве реперных событий выбирались магнитовозмущенные дни с величиной геомагнитного индекса Ар больше 70 нТ ([http://www.wdcb.ru/stp/data/geomagni.ind/kp\\_ap/](http://www.wdcb.ru/stp/data/geomagni.ind/kp_ap/)). Магнитные бури приходятся на время, когда отмечалось падение ДИ. В широком минимуме кривой ДИ отмечаются колебания меньшей амплитуды, возможно, связанные с метеорологическими факторами. Вблизи максимума Ар всегда наблюдается небольшой максимум значений штормгласса.



**Рис. 2.** Ход показаний ДИ с изменением Ар-индекса. Реперные события – значения Ар больше 70 нТ. 1998–2008 гг.



**Рис. 3.** Метод наложенных эпох. Изменение показаний ДИ для периода 1996–1998 гг. и 2006–2010 гг. (минимум солнечной активности). Реперное событие – максимальные величины скорости солнечного ветра (относительные единицы)

**Сравнение с солнечным ветром.** Метод наложенных эпох применен для выяснения поведения ДИ и изменения скорости солнечного ветра (рис. 3). Как реперные события использовались данные о максимальных скоростях солнечного ветра в минимуме солнечной активности, когда вклад высокоскоростных потоков, характерных для максимума, был незначителен. Рис. 3 показывает картину, сходную с поведением Ар-индекса.

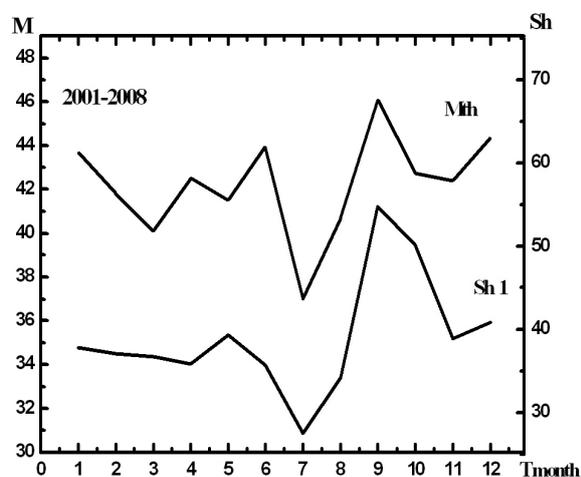
**Сравнение с солнечными вспышками.** В качестве реперных событий в методе наложенных эпох в периоды 1996–2005 гг. и 2000–2006 гг. выбирались вспышечные индексы с величиной более 40. Максимумы вспышечного индекса, как и в случае с Ар, приходятся на область минимума показаний штормгласа. ДИ начинают падать за 18–20 дней до наступления максимума вспышечного индекса. Вблизи вспышечного максимума имеется небольшой пик ДИ. При уменьшении критических значений реперного события, т. е. с уменьшением порога выбираемых вспышечных событий, поведение кривых аналогично предыдущему случаю.

**Спектр мощности.** В предварительном анализе спектров мощности поиск периодов проводился с помощью стандартного алгоритма дискретного Фурье-преобразования. Спектр мощности ДИ указывает на наличие периодических изменений. Выявлены семейства длинных и коротких периодов колебаний ДИ. В динамике изменений показаний штормгласа от года к году и для массивов из наблюдений 1997–2007 гг. присутствует ряд космофизических периодов (кэррингтоновский период – семейство значений около 27 суток, период в 1 год). Предварительный анализ выявил наиболее значимые периоды 122, 182, 360–363 и 400 дней. Первые два значения могут быть гармониками года, а не самостоятельными периодами.

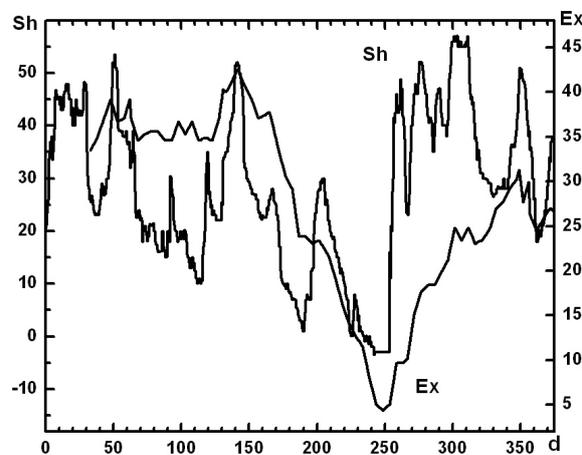
В рядах различной длины значения периодов могут отличаться на 1–2 дня, поэтому можно говорить о семействах значений 23–24, 28–30, 40–41 и сопряженных с ними 88, 59 и 62 дней. Некоторые из найденных периодов известны из геофизики – период 62 дня присутствует в данных Ар-индекса. В вариациях ДИ присутствует период 158d, примерно совпадающий с периодом следования вспышек 155d + 5d; период 122d очень близкий к периоду в вариациях

Свойства различных физико-химических систем...

чисел Вольфа (120d). Более подробный анализ периодичности изменений показаний штормгласа с учетом разных фаз солнечной активности будет продолжен в дальнейшем.



**Рис. 4.** Годовой ход усредненных показаний штормгласа (Sh) и изменения метахромозии (M) в условных единицах



**Рис. 5.** Усредненные значения показаний ДИ штормгласа (Sh) и токов  $p-n$ -переходов в термостатированной микросхеме установки “Экзакт” за период 2007–2011 гг. Ось X – дни года, оси Y – относительные значения показаний ДИ и Ex

**Сезонный ход показаний штормгласа.** Для выявления годового хода мы вычисляли среднемесячные показания нескольких штормгласов за несколько лет для различных фаз солнечной активности. Хорошо выраженный сезонный ход имеет минимум в июле и максимум в сентябре–октябре. Положение минимума и максимума не меняется при любых временных выборках. Сравнение годового профиля ДИ с сезонным ходом геомагнитных возмущений и других индексов показало одинаковое поведение этих кривых.

На рис. 4 и 5 показано сравнение годового хода штормгласа и соответственно окраски коринобактерий и токов  $p-n$  переходов на установке “Экзакт” (Брунс, Владимирский, 2007).

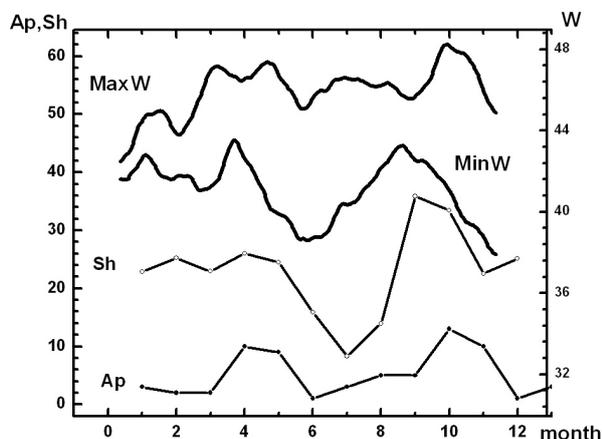
Использовались наблюдения окраски коринобактерий за период 2001–2008 гг. (Барановский и др., 2011). В качестве количественной оценки метахромозии были взяты величины 0 – реакции нет, 1–3 – степень окраски. Сравнение сезонного хода ДИ штормгласа, Ар-индекса и интенсивности процесса метахромозии показало идентичный ход индексов.

На рис. 6 показаны усредненные за месяц данные скорости солнечного ветра  $W$  для периодов максимума и двух минимумов солнечного цикла, данные ДИ и Ар-индексов для минимума 11-летнего цикла. По оси X – месяцы, по осям Y – соответствующие относительные единицы. Проявляется четко выраженный годовой ход всех кривых. Видно существенное отличие кривых Min  $W$  и Max  $W$  (за счет вклада активных процессов на Солнце) и хорошее соответствие с ходом Ар. ДИ несколько смещен во времени.

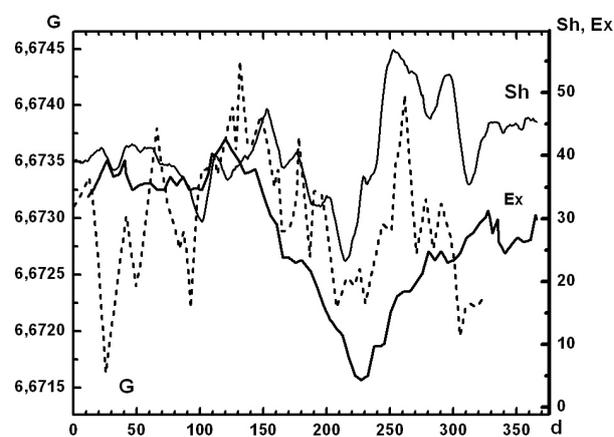
На рис. 7 показано сравнение годового хода показаний токов  $p-n$  переходов на установке “Экзакт”, колбы Фицроя и значения измерений гравитационной постоянной.

Годовой ход показаний по среднемесячным показаниям разных штормгласов за много лет был получен для различных фаз солнечной активности. Хорошо выраженный сезонный ход имеет минимум в июле и максимум в сентябре–октябре, и его положение практически одинаково для минимума и максимума солнечной активности. Описанный экстремум близ

эпохи летнего солнцестояния наблюдался в тест-реакциях, где основной компонент – вода, а также как вероятный аппаратный артефакт в годовых вариациях ряда измерительных систем. Следовательно, имеется некий глобальный физический фактор, связанный с вариациями космической погоды.



**Рис. 6.** Годовой ход скорости солнечного ветра для периодов максимума и минимума 11-летнего цикла, Ap-индекса и ДИ



**Рис. 7.** Годовой ход показаний ДИ (Sh – верхняя кривая), токов *p-n*-переходов (Ex) в относительных единицах и хода значений измерений гравитационной постоянной  $G$  ( $10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ ) – пунктирная линия. Наблюдения в интервале 2007–2010 гг.

**Использование ряда случайных чисел для проверки реальности результатов.** Чтобы проверить реальность полученных особенностей поведения ДИ с изменением атмосферного давления, геомагнитной активности и др., метод наложенных эпох был применен к набору случайных чисел от 1 до 1000. В качестве реперных событий выбраны случаи, когда случайные числа превышали 900. ДИ не показывал какого-либо хода относительно случайных чисел, никакой устойчивой картины не получалось.

#### 4 Физико-химические системы как индикаторы космического влияния

Рассмотренные выше особенности кристаллизации в штормглассе мы сравнили с поведением других физико-химических систем. Существует особый класс измерительных артефактов космического происхождения. К ним относятся процессы в водных растворах химических соединений, в физических системах, в том числе в измерительных устройствах, и в целом они сходны с поведением штормгласса. Тесты-реакции, где основным компонентом была вода, известны как тесты Г. Бортельса, в которых измерялся осадок кристаллов фосфата кальция, азотнокислого кальция, хлористого калия и фосфата калия (1949–1954 гг.; Бортельс, 1962).

В тестах Пиккарди в 1951–1976 гг. регистрировалось время осаждения в воде оксихлорида висмута после гидролиза хлористого висмута в слабом растворе соляной кислоты. В 1960–1975 гг. измерялась полимеризация акрилонитрила в водном растворе (Пиккарди, 1962). Min – в марте и августе, Max – в июне и октябре, кривые однотипны. В работе Опалинской, Агуловой (1984) выводы тестов Пиккарди о влиянии космической погоды были независимо подтверждены.

Свойства различных физико-химических систем...

Скорость окисления унитиола нитритом натрия измерялась в тесте Соколовского (1971–1984 гг.; Соколовский, 1984; Музалевская, Соколовский, 1984). Была найдена связь с некоторыми солнечными индексами, показателями ионосферных процессов. Минимум показателя – в июле–августе. Сходные изменения регистрировались в спектрах пропускания воды (Цаплин и др., 1981), выходе газов при радиолизе дистиллированной воды при ее гамма-облучении (Ерошев, Шейнина, 1986).

Минимальная активность микропульсаций магнитного поля (индекс Pc1) всегда отмечается в летние сезоны независимо от номера цикла. В длительных рядах наблюдений временные характеристики геомагнитных пульсаций Pc1 регистрировались в диапазоне 0.2–5.0 Гц (Матвеева и др., 2001).

Сезонный ход четко проявляется в работе различных измерительных устройств, в полупроводниковых устройствах. Годовой ход наблюдается в величине тока *p-n*-перехода микросхемы, помещенной в стабильные условия (установка “Экзакт” Крымской астрофизической обсерватории, измерения 2006–2010 гг.; Брунс, Владимирский, 2007). На рис. 6 показано сравнение ДИ и тока *p-n*-перехода (в относительных единицах).

Тот же годовой ход систематически наблюдается на установке по измерению гравитационной постоянной методом Кавендиша (установка Измайлова – Карагиоза, Москва). Имеются детали, устойчиво повторяющиеся из года в год, при этом годовой ход как у штормгласса (Карагиоз и др., 1999; Пархомов, 2009). Рис. 7 демонстрирует поведение измерений гравитационной постоянной, тока *p-n*-перехода и ДИ за один и тот же промежуток времени.

Скорости счета радиоактивного распада  $^{90}\text{Sr}$  в 1999–2008 гг. показали минимум в августе (Пархомов, 2009). Минимум скорости счета радиоактивного распада изотопа  $^{54}\text{Mn}$  в 2006–2007 гг. приходился на август (Фишбах, 2009). Брукгейвенская национальная лаборатория (США) опубликовала данные о скорости распада изотопа  $^{36}\text{Cl}$  с пиком скорости распада в январе и феврале, а минимальной – в июле–августе (<http://noos.com.ua/ru/post/2909>).

В стандартных химических реакциях скорость радиоактивного распада (1946–1964 гг.) показывала годовые вариации (Шноль, 2009). Как вероятный аппаратный артефакт годовой минимум зафиксирован также в годовых вариациях скоростей радиоактивного распада, в частоте следования событий эксперимента ДАМА по поиску “тяжелых нейтрино”; в вероятности аварийных ситуаций при запуске ракетно-космических систем на космодроме Плисецк. Естественно, во всех случаях изменялись не различные константы, а происходили физические процессы в веществе измерительных устройств. Существует огромное количество работ по исследованию различных биологических объектов, показывающих отклик на метеотропные и космофизические процессы, в части которых был найден годовой минимум. Видимо, он представляет собой весьма общее явление и происходит синхронно близ дня летнего солнцестояния. Анализ данных показывает, что это явление не обусловлено годовыми изменениями температуры и связано присутствием окологодного периода в общем магнитном поле Солнца и в параметрах солнечного ветра.

## 5 Обсуждение результатов

В настоящее время неясно, на что реагируют различные системы (включая биосферу) на резкие всплески напряженности геомагнитного поля в начале магнитной бури, на интенсивность бури или изменение колебательного режима геомагнитного поля в течение бури, или даже до нее, на совокупное действие всех этих факторов. Имеются указания на досрочную реакцию некоторых систем до регистрации магнитных бурь – известный в биологии эффект Чижевского-Вельховера, реакция кристаллообразования в колбе Фицроя за несколько дней до рассматриваемого геофизического или гелиособытия. Внешние электромагнитные поля в

широком диапазоне параметров влияют на физико-химическую кинетику. Возможно, это происходит из-за приближения возникающих колебательных процессов в геосфере к какой-то частоте, обеспечивающей резонансный отклик наблюдаемых систем. Местные метеорологические факторы, косвенно зависящие от солнечной активности, накладываются на космофизические влияния. В свете известных исследований эти данные можно истолковать, скорее всего, как свидетельство электромагнитной природы этих агентов. (Необходимо учесть, что электромагнитные волны большой длины когерентны на характерных расстояниях порядка тысяч километров.)

Можно предполагать, что действующим агентом, ответственным за описанные феномены, являются амплитудно-спектральные изменения фона электромагнитных полей в диапазоне низких и экстремально низких частот. Конкретным действующим агентом являются электромагнитные излучения магнитосферы – геомагнитные микропульсации (частотная полоса – миллигерцы) и ультранизкочастотная эмиссия (частотная полоса – килогерцы). Эти излучения фильтруются ионосферой. Они сильно зависят от режима обтекания магнитосферы солнечным ветром. Из этого факта вытекает зависимость от параметров солнечного ветра. При этом меняется и тропосферная циркуляция – происходит генерация циклонов и антициклонов, а это сказывается и на электромагнитном излучении атмосферного происхождения (полоса частот – герцы). Особенностью указанных процессов является то, что изменения полей по абсолютной величине очень малы. Но экспериментально установлено влияние слабых переменных магнитных полей на кинетику кристаллизации в водном растворе. Модулированное переменное магнитное поле 10 Гц, имея амплитуду 0.6 нТл, влияет на кинетику кристаллизации в водной среде (Леденев и др., 2003).

Что касается водных растворов, то такой вывод независимо следует из экспериментальных данных. При определенных условиях кристаллизация из водного раствора стимулируется на частоте 10 Гц при амплитуде переменного магнитного поля менее 1 нТл (Бинги, 2011).

Отметим, что сравнивались как “открытые” системы, подверженные изменениям давления, температуры, влажности, так и “закрытые” (колба Фицроя, термостатированная установка “Экзакт”). Раствор в штормглассе можно рассматривать как некий “физико-химический радиоприемник”, работающий, вероятно, на низких частотах. Тогда можно объяснить некоторые прогностические свойства штормгласса: слабое электромагнитное излучение атмосферных фронтов вызывает усиление кристаллизации за несколько суток до их регистрации в пункте наблюдения. На динамику метеотропных реакций влияют электромагнитные поля в среде обитания, генерируемые при атмосферных процессах, – обнаружена электромагнитная эмиссия атмосферных фронтов (Степанюк, 2002). Но ясного понимания всего круга явлений пока что нет. Величина и градиент изменения электромагнитного возмущения, амплитуда и его спектральный состав являются теми факторами, которые влияют на структуру воды, изменение ее физических характеристик, влияющих на процесс кристаллизации в колбе Фицроя.

Наши результаты согласуются с модельными представлениями, согласно которым действующим физическим агентом являются вариации электромагнитных полей низко- и инфранизкочастотного диапазонов космического и геофизического происхождения, а мишенью – вода или вещество измерительных устройств. Космофизический фактор воздействует на параметры вещества регистрирующих структур, например, на свойство магнитоэластичности кварцевой нити при измерении гравитационной постоянной (Владимирский, Брунс, 2013).

Проведенные измерения – это косвенная индикация явлений на уровне молекул и наноструктур. Все эти эффекты в измерительных устройствах малы (десятые процента), но их реальность не вызывает сомнений.

## 5. Выводы

1. Реконструкция старинной технологии изготовления штормгласа оказалась удачной.
2. Поведение индекса ДИ (высота уровня кристаллов в колбе Фицроя) позволяет проводить численное сравнение с геофизическими и другими индексами.
3. Доказано влияние космической погоды на физико-химические процессы в разнесенных на большое расстояние приборах (Челябинск, С.-Петербург).
4. Атмосферные фронты влияют на процесс кристаллизации. Динамика метеотропных реакций зависит от электромагнитных полей, сопровождающих прохождение циклонов или антициклонов. Подтверждается, что перед резким изменением погоды за 1–4 суток в штормгласе наблюдается усиление образования или растворения кристаллов.
5. Обнаружена чувствительность штормгласа к изменениям стандартных гелио- и геофизических индексов ( $A_p$ ,  $W$ , Flare, ММП) и зависимость от 11-летнего цикла солнечной активности.
6. В сложном спектре колебаний динамического показателя присутствуют периоды, характерные для геофизических и солнечных индексов.
7. Установлен годовой ход с минимумом в июле–августе, характерный для всех рассмотренных химических, физических и биологических систем.
8. Найдена четкая реакция на прохождение границ ММП у штормгласа и измерениях токов  $p-n$ -переходов в КрАО.
9. Колба Фицроя является удобным объектом, реагирующим на космическую погоду, для использования ее в качестве прибора для исследования процессов большого масштаба, непосредственное изучение которых весьма трудоемко и зачастую дорогостояще.
10. Сделан вывод о том, что непосредственно действующим фактором, определяющим весь ход процессов в рассмотренных приборах и явлениях, являются электромагнитные поля очень низких частот. Одновременно действуют два источника: радиоизлучение атмосферных фронтов (полоса 10 Гц) и эмиссия магнитосферы (килогерцы, полосы геомагнитных микропульсаций – миллигерцы).

## Литература

- Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М. // Геофизические процессы и биосфера. 2010а. Т. 9. № 1. С. 19.
- Барановский и др. (Baranovskii E.A., Tarashchuk V.P., Vladimirkii B.M.) // Atmospheric and Oceanic Phys. 2010b. V. 46. N. 8. P. 925.
- Барановский Э.А., Таращук В.П., Громозова Е.Н., Ефименко В.М. // IX International Crimean conference “Cosmos & biosphere”. Доклады. 2011. С. 1.
- Бинги В.Н. // Принципы электромагнитной биофизики. М.: Физматлит. 2011.
- Бортельс (Bortels H.) // Das gefrieren unterdiurnen Wassers in beziehung zu interdiurnen luftdruckanderungen und zur solaraktivitat. Springfield. 1962.
- Брунс А.В., Владимирский Б.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2007. Т. 103. № 4. С. 314.
- Владимирский Б.М., Брунс А.В // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2013. Т. 109. № 1. С. 223.
- Гвоздарев А.Ю. // Реакция штормгласа на сейсмические события. Горно-Алтайский государственный университет. 2004а. <http://pulse.webservis.ru/Science/Ether/Stormglass/>.
- Гвоздарев А.Ю. // Материалы научно-практической конференции. Горно-Алтайск. РИО ГАГУ. 2004б. С. 148.
- Ерошев М.Е., Шейнина А.В. // Журнал физической химии. 1986. Т. 60. № 1. С. 187.
- Карагиоз О.В., Измайлов В.П., Пархомов А.Г. // Физическая мысль России. 1999. № 1/2. С. 20.

- Кириллов А.К. // Международный Крымский семинар “Космос и Биосфера”. Тезисы докладов. Партенит. 2001. С. 44.
- Леденев В.В., Белова А.А., Рождественская З.Е., Тирас Х.П. // Геофиз. процессы и биосфера. 2003. Т. 2. № 1. С. 3.
- Матвеева Э.Е., Рубан В.Ф., Щепетнов Р.В. // Геомагнетизм и аэрономия. 2001. Т. 41. № 2. С. 175.
- Музалевская Н.И., Соколовский В.В. // Электромагнитные поля в биосфере. Т. 1. М.: Наука. 1984. С. 201.
- Опалинская А.М., Агулова Л.П. // Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на физико-химическую и элементарную биологическую системы. Томск: ТГУ. 1984.
- Пархомов А.Г. // Космос, Земля, человек, новые грани науки. М.: Наука. 2009. С. 147.
- Пиккарди (Piccardi G.) // The chemical basis of medical climatology. Springfield. 1962.
- Соколовский В.В. // Электромагнитные поля в биосфере. М.: Наука. 1984. Т. 1. С. 193.
- Степанюк И.А. // Электромагнитные поля при аэро- и гидрофизических процессах. СПб: Российский государственный гидрометеорологический университет. 2002. С. 214.
- Фишбах и др. (Fishbah E. et al.) // Space Sci. Rev. 2009. V. 145. P. 285.
- Цаплин В.С., Логачев Ю.И., Кондратьев Е.Л. // Вестник МГУ. Сер. 3. “Физика, астрономия”. 1981. Т. 22. № 2. С. 69.
- Шноль С.Э. // Космофизические факторы в случайных процессах. Stockholm. 2009.