

DOI: 10.51981/2588-0039.2022.45.037

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ, БИОРИТМЫ РАСТЕНИЙ И СЛУЧАЙНЫЕ СОБЫТИЯ В НЕЖИВЫХ СИСТЕМАХ

П.А. Кашулин, Н.В. Калачева

Полярно-Альпийский ботанический сад-институт, РАН, Апатиты; e-mail: falconet1@yandex.ru

Аннотация

Проведено многодневное наблюдение суточного ритма настических движений растений *Marantha leoconeura* с одновременным анализом динамики функционирования неживых систем – генерации случайных чисел и исходом механических опытов с многократным бросанием монет. Показана связь временных и обратимых нарушений суточного ритма растений с резкими изменениями индексов солнечной активности во время сильных возмущений на Солнце. Обнаружено влияние значительных изменений солнечной активности и «космической погоды» на исходы случайных процессов в виде значительных отклонений типа генерируемых чисел и отклонений разности числа выпадений разных сторон монет от теоретически ожидаемых и наиболее вероятных. Показана связь накопленных за много дней отклонений от ожидаемых значений с динамикой индексов солнечной активности.

Введение

Солнечная активность и космофизические события оказывают многостороннее влияние на биосферу Земли, на наземные экосистемы, вносят свой вклад в происходящие в этом веке глобальные климатические изменения. Живые системы обладают сильно вариабельной восприимчивостью к климатическим процессам, слабым физическим воздействиям и космическому влиянию. Одной из наиболее чувствительных групп среди представителей наземной сосудистой флоры являются растения разных видов, относящихся к так называемым «живым барометрам». Для биоиндикации солнечной активности и космических факторов нами были выбраны культивары марантовых, в данной работе - вид *Marantha leoconeura*, var. “Facinator”, культивируемый в стандартных лабораторных условиях. Растения данного вида обладают выраженным циркадным ритмом положения листовых пластинок, совершая непрерывные настические движения.

Для индикации космофизических событий в данной работе проводили ежедневные и ежевечерние измерения угла, образуемого листовыми пластинками наблюдаемых растений с их черенками. Параллельно, в то же время проводили количественные измерения ряда неживых систем, рассматривая их в качестве индикаторов космофизических событий. Важным требованием к таким индикаторам является их нечувствительность к наземным экологическим, климатическим, температурным факторам. В работах сотрудников ИТЭБ РАН под руководством С.Э. Шноля с этой целью использовали лабораторный мониторинг радиоактивного распада изотопов [1]. Мы использовали генераторы случайных чисел, также как в работе [2] и эксперименты с бросанием монет.

Методы и объекты

Ежедневно, дважды в сутки в полдень и вечером измеряли углы отклонения листовых пластинок растений и также генерировали десять десятиразрядных случайных чисел с помощью портативного генератора “CITIZEN” SRP-285II. В каждом эксперименте записывали отклонения от ожидаемых наиболее вероятных значений генерации разных пяти или семи первых цифр. Например, ожидаемая вероятность последовательного появления пяти разных первых цифр при генерации 10 чисел составляет $P = 0,324$ [3]. В качестве случайной механической модели использовали пятикратное дневное и вечернее бросание 10 или 100 монет разной номинации в строго воспроизводимых условиях. В работе анализировали отклонения от ожидаемых, наиболее вероятных значений числа выпадений разных сторон.

Результаты и обсуждение

Измерения углов отклонения листовых пластинок растений *M. leoconeura* показали наличие устойчивого суточного ритма у разных растений этого вида и разных листовых пластинок одной особи при небольшой зависимости от расположения и возраста листа, рис. 1. На рисунке оказаны результаты измерения угла одного выбранного листа наблюдаемого растения в сопоставлении с суточными значениями чисел Вольфа и интенсивностью индекса $F_{10,7}$ солнечного радиоизлучения. Как видно из рисунка в периоды предшествующие солнечному возмущению и в ходе развития активных физических корональных процессов происходит изменение угла отклонения листовой пластинки и нарушение обычной суточной ритмики его движения. Во

время значительных высокоэнергетических событий на Солнце, сопровождающихся массовыми корональными эмиссиями в сторону Земли, возможны обратимые нарушения ритма, который восстанавливается за несколько дней. В данном случае такой сбой ритма наблюдали в самом конце 2021 года, в последние числа декабря и в январе 2022 года.

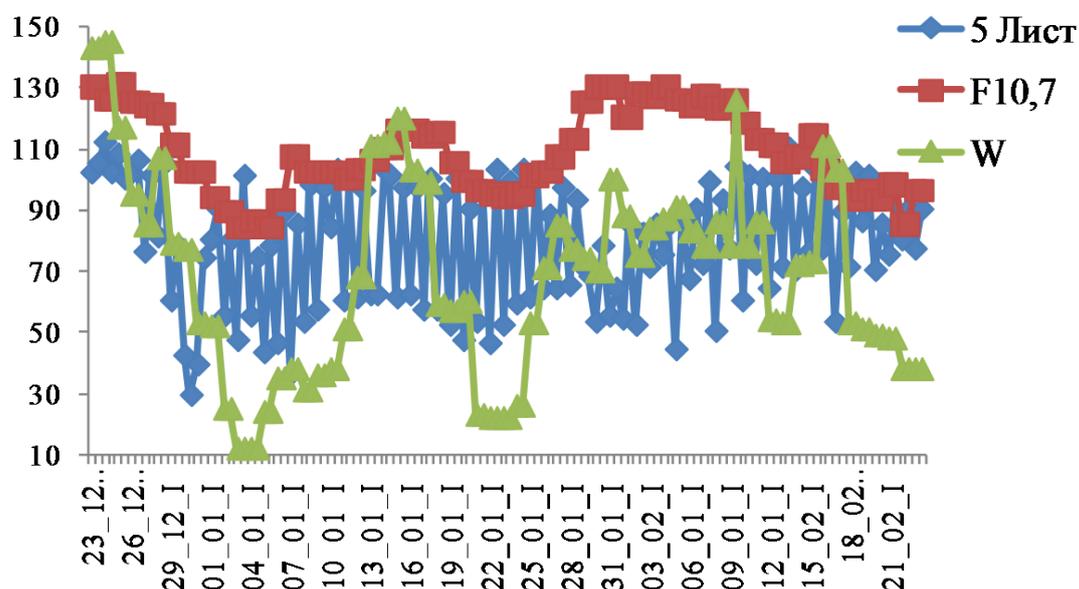


Рисунок 1. Суточная динамика угла отклонения (градусы) листовой пластинки наблюдаемого растения маранты с 23 декабря 2021 года по 21 февраля 2022 года. Показаны чередующиеся вечерние (I) и дневные значения угла.

Сбой физиологического циркадного ритма растений наблюдали синхронно со значительными 100-150% отклонениями ожидаемого значения количества чисел (3-х) с первыми пятью различными цифрами при последовательной генерации 10 случайных чисел, рис. 2. Во время, предшествующее резкому росту солнечной активности, сопровождавшейся СМЕ и усилением корпускулярных потоков, наблюдали или падение количества чисел с разными цифрами от ожидаемых трёх до одного и нуля или наоборот, увеличение до 7-8.

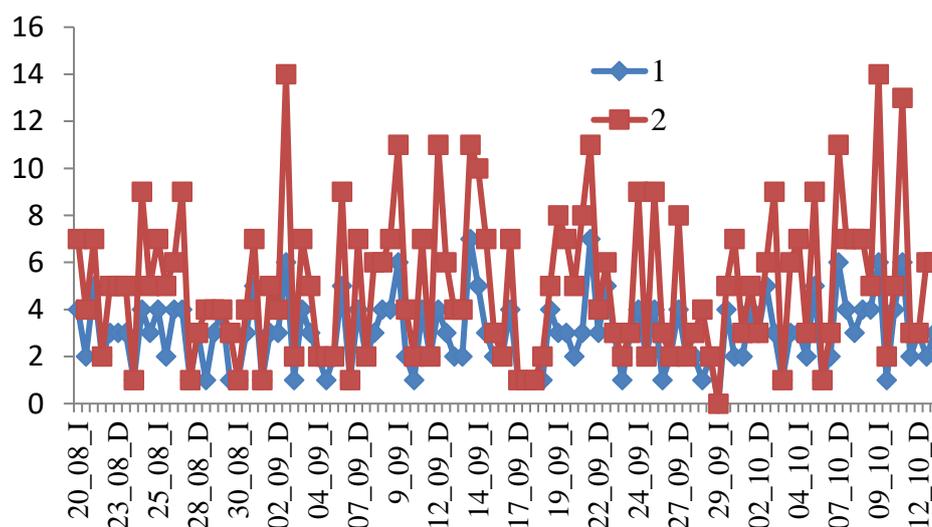


Рисунок 2. Ежесуточные измерения случаев появления чисел с пятью разными первыми цифрами (ромбы) и суммарным числом последовательных разных цифр (квадраты) при генерации десяти случайных чисел с 20 августа по 12 октября 2021 года. Показаны дневные (D) и вечерние (I) измерения.

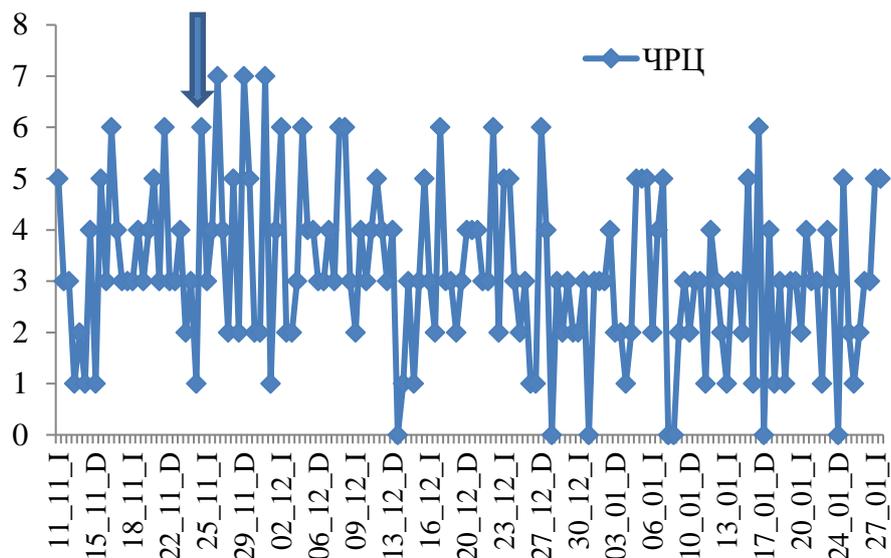


Рисунок 3. Ежесуточные измерения появления количества чисел с пятью разными первыми цифрами при последовательной генерации десяти случайных чисел с 11 ноября 2021 года по 27 января 2022 года. Показаны дневные (D) и вечерние измерения (I), а также событие СМЕ на Солнце.

На основе многолетних наблюдений динамики радиоактивного распада изотопов сотрудниками лаборатории С.Э. Шноля [1] было обнаружено различие его интенсивности в ночные и дневные часы. Учитывая эти результаты, мы также проводили все измерения ежесуточно, в дневные и вечерние часы. Наблюдения многодневной динамики исходов таких испытаний показали, что действительно на некоторых отрезках хода календарных дней выявлялся суточный ритм отклонений числа ожидаемых разных цифр. Чаще всего наблюдаемое днем ожидаемое число 3 менялось на 2 или 4 вечером, такой цикл мог воспроизводиться несколько дней в относительно спокойные солнечные дни. В календарные интервалы высокой солнечной активности суточный ритм переходил в хаотичный с высокими отклонениями от ожидаемых значений. Интересно отметить, отклонения числа 3 в ту или иную сторону были устойчивыми на протяжении месяца или больше. Например, с начала ноября до начала декабря наиболее частыми дневными и вечерними числами были 3 и 4, а в промежутке с середины декабря по конец января следующего года были 3 и 2, соответственно, рис. 3.

В некоторые даты наблюдали отчетливую связь солнечной активности с исходами вероятностных опытов с бросанием монет. Она выражалась в появление более высоких отклонений от ожидаемого среднего числа выпадений разных сторон. Суммирование многодневных накопленных отклонений от среднего выявило наличие фрактальной структуры у кривой динамики накопления, кривая ежесуточных данных и кривая выбранных из того же временного ряда значений с интервалом в три, пять или семь дней качественно сохраняла особенности исходной квазициклической структуры. Наложение кривой накопленных многодневных отклонений на индексы солнечной активности оказало наличие связи с некоторыми из них в периоды высокой солнечной активности. На рис. 4 показана динамика накопленных изменений отклонений от ожидаемого нуля выпадения разных сторон однокопеечной монеты с конца августа по начало октября 2020 вместе с суточными значениями чисел Вольфа и суточной динамикой индекса $F_{10.7}$. Важно отметить, что кривые накопленных отклонений от средних значений для дневных и вечерних измерений симбатны и на некоторых участках даже совпадают, это также указывает на общие внешние причины появления многодневных квазициклов.

Анализ многодневной динамики суточного ритма метеочувствительных растений *Marantha leoconeura* показал наличие циркадного ритма настических движений листовых пластинок восприимчивого к условиям «космической погоды».

Внезапные, на фоне спокойных дней, значительные солнечные возмущения, сопровождаемые СМЕ и ростом интенсивности корпускулярных оттоков в сторону Земли, вызывают обратимые нарушения нормального физиологического ритма наблюдаемых растений. Нарушенные циклы восстанавливаются через несколько дней после появления больших видимых солнечных групп солнечных пятен. Ранее было показано наличие циркасептанных (околонеделных) и кратных календарной неделе циклов многодневной динамики изменений суточных циклов растений этого вида в месяцы спада солнечной активности в глобальной динамике основного цикла [4]. Было отмечено наличие около месячного цикла. Эти наблюдения указывают на космическую и солнечную модуляцию физиологической активности растений группы марантовых.

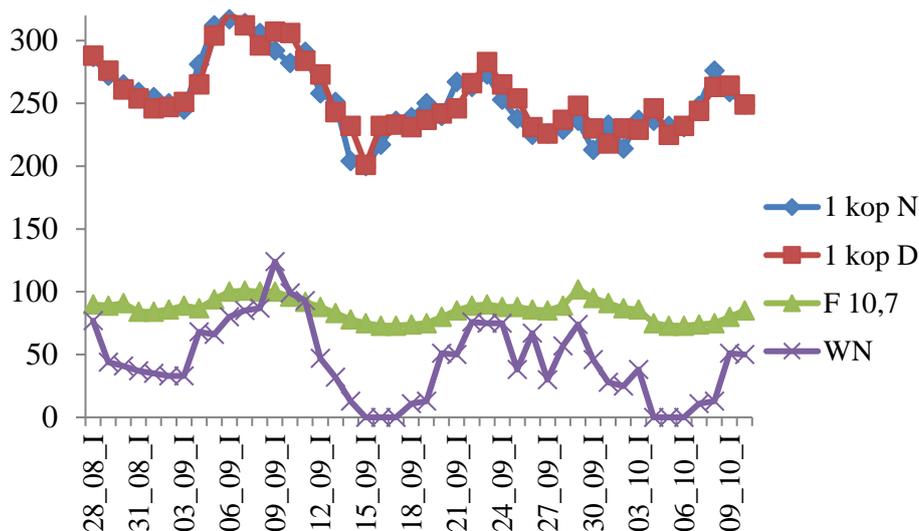


Рисунок 4. Многодневная динамика суточных значений чисел Вольфа, индекса $F_{10,7}$ и накопленных отклонений от ожидаемого среднего при пятикратном бросании монеты в дневные (квадраты) и вечерние (ромбы) часы с конца августа по начало октября 2020 года.

Солнечные возмущения вызывают 100-150% отклонения от ожидаемого наиболее вероятного значения ($P = 0,324$) неповторяющихся первых пяти цифр при последовательном генерировании 10 случайных чисел. В спокойные календарные периоды с низкой солнечной активностью наблюдали суточную цикличность 30 процентных отклонений ожидаемого вероятного числа неповторяющихся цифр. Обнаружена цикличность многодневной динамики физиологического состояния растений, генерации случайных чисел и исходов случайных механических процессов при многократном ежесуточном бросании десяти или ста монет, причины которых нуждаются в дальнейшем исследовании.

Литература

1. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А., О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // УФН. 1998. Т. 168. № 10. С. 1129-1140.
2. Магафуров И., Скрытая структура хаоса / «Планета ВВКУРЭ» М.: 2011, 260 с.
3. Feller W., An introduction to probability theory and its applications / John Wiley & Sons, Vol. 1, p. 51. 1970. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
4. Kashulin P.A., Kalacheva N.V., Solar-terrestrial effects revealed through long-term observation on biorhythms in plants and experimental random events occurrence / Physics of Auroral Phenomena, Proc. XLIV Annual Seminar, Apatity, 2021. pp. 191-194.