

КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ДИНАМИКОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРНОЙ ПОПУЛЯЦИИ *Drosophila melanogaster* И ПАРАМЕТРАМИ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

© 2017 г. К.Л. Кравченко, М.В. Прикоп, А.А. Баженов

Иркутский государственный университет, 664003, Иркутск, ул. Нижняя Набережная, 6

E-mail: k_krav@mail.ru

Поступила в редакцию 21.09.16 г.

После доработки 10.10.16 г.

Проведен анализ двигательной активности лабораторных популяций *Drosophila melanogaster* и ее связи с гелиогеофизическими параметрами (потоком радиоизлучения на длине волны 10,7 см – F10.7; числами Вольфа W ; планетарным индексом геомагнитной активности K_p). Обнаружена достоверная корреляционная связь между изменением характеристик солнечной активности (F10.7, W) и динамикой двигательной активности *Drosophila melanogaster*. Показано различие в распределении достоверной связи между двигательной активностью и параметрами солнечной активности в зависимости от полового состава исследуемых групп особей *Drosophila melanogaster*.

Ключевые слова: *Drosophila melanogaster*, двигательная активность, лабораторная популяция, солнечная активность, половая структура.

Несмотря на многочисленные свидетельства о влиянии гелиогеофизических факторов на биосферу [1], интерес к данной проблеме не утихает. С одной стороны, возможные переносчики такого влияния (электромагнитные поля низких частот, ионизирующее излучение и т.д.) и их восприятие живыми системами являются частью бурно развивающихся направлений биофизики, связанной со сверхслабыми воздействиями и концепцией микродоз [2,3]. С другой стороны, остается не до конца изученной проблема влияния гелиогеофизических факторов на популяционном уровне, возможные механизмы реакции популяции на данные воздействия. Одним из наиболее перспективных подходов в решении этих вопросов является исследование интересующих параметров популяций в контролируемых лабораторных условиях.

В настоящей работе изучаемым параметром популяции стала двигательная активность *Drosophila melanogaster*. Являясь основной характеристикой одного из самых сложных признаков живого организма – поведения, двигательная активность (включая такие формы поведения, как половое, пищевое, оборонительное и т.д.) играет связующую роль между другими параметрами популяции. Что, несомненно, дает возможность отразить более четкую картину понимания в вопросе механизмов влияния гелиогеофизических факторов на популяционном

уровне. Кроме того, нельзя не отметить достаточно хорошую изученность многих аспектов двигательной активности насекомых, наличие фактов, указывающих на ее чувствительность к некоторым геофизическим процессам [4,5].

Целью нашего исследования было выявление связи между динамикой двигательной активности лабораторных популяций *Drosophila melanogaster* и параметрами гелиогеофизических факторов. Изначально рассматривались все доступные для анализа внешние факторы (температура, давление, влажность и т.д.), способные оказывать влияние на двигательную активность популяции. Гелиогеофизические факторы показали наиболее значимую статистическую связь. Решение о рассмотрении половой структуры популяций связано с известными различиями поведенческих процессов в зависимости от половой принадлежности особей [6,7], а также с предположением о разной степени их отклика на изменения гелиогеофизической активности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для анализа послужили данные наблюдений за лабораторными популяциями *Drosophila melanogaster* линий дикого типа, проведенных в периоды с 10.02.2010 по 11.12.2012 г. и с 6.02.2014 по 5.05.2015 г.

Опыты проходили при круглосуточном освещении и постоянной температуре +25°C. Особей *Drosophila melanogaster*, предварительно подвергнутых действию эфира, разделяли на группы с разной половой структурой (самки; самцы; самки и самцы, находящиеся вместе). Затем их в количестве 45–50 особей для каждой из групп (в группе самок и самцов, находящихся вместе, присутствовало 25 самок и 25 самцов) помещали на стандартную манно-дрожжевую питательную среду в стаканчики Вьеля, которые в дальнейшем переносились на отдельную площадку, где осуществлялась регистрация двигательной активности.

Для оценки уровня двигательной активности использовали оригинальный автоматизированный метод регистрации [8]. Под углом 90° по отношению к стенкам стаканчиков Вьеля была установлена вебкамера, передающая видеосигнал на компьютер. Сигнал обрабатывали с помощью специально разработанной компьютерной программы «Fly Counter». Принцип работы программы заключается в оценке отличий (числе изменившихся пикселей) между двумя соседними кадрами видеоряда, тем самым оценивается подвижность объекта, за которым ведется видеонаблюдение. На мониторе можно выбрать несколько областей наблюдения, для которых будет регистрироваться свой временной ряд двигательной активности. Есть возможность также произвольно менять шаг регистрации двигательной активности.

Кроме областей наблюдения за объектами эксперимента, на экране можно задать области контроля, фиксирующие свободные участки вокруг стаканчиков Вьеля с наблюдаемыми объектами. Это позволяет отслеживать как технические сбои в самой программе, так и возможные изменения в лабораторных условиях (изменения освещения вследствие перепадов напряжения в сети и т. п.). Полученные данные (уровень двигательной активности в относительных единицах) сохраняются в виде временных рядов в отдельном файле формата *.txt.

Продолжительность каждого опыта составляла не более 10 суток с интервалом регистрации двигательной активности 1 мин. Такой интервал регистрации был выбран для изучения вопросов, изначально не связанных с проблемой солнечно-земных связей. Поэтому полученные данные в дальнейшем переводили в суточный интервал для сравнения с основными гелиогеофизическими индексами: потоком радиоизлучения на длине волны 10,7 см – F10.7; числами Вольфа W ; планетарным индексом геомагнитной активности K_p . Сведения о гелиогеофизических параметрах были взяты из базы

данных Центра прогнозирования космической погоды при Национальном управлении по исследованию океанов и атмосферы (NOAA) США, находящихся в свободном доступе.

Полученные данные по двигательной активности представлены в виде 15 временных рядов: по три ряда для разной половой структуры популяции за каждый из исследованных периодов (см. табл. 1) и обработаны методами статистического анализа. Для выявления связи между двигательной активностью *Drosophila melanogaster* с гелиогеофизическими факторами использовали программные пакеты STATGRAPHICS Plus, STATISTICA 6.0. Проводили корреляционный (коэффициент ранговой корреляции Спирмена) и кросскорреляционный (в основе которого лежит коэффициент корреляции Пирсона) анализы. При применении параметрических методов статистики исследуемые данные были проверены на нормальное распределение с помощью критерия Лиллиефорса и отличные от нормального распределения данные приводились к нему логарифмическим преобразованием.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты корреляционного анализа динамики двигательной активности *Drosophila melanogaster* с гелиогеофизическими параметрами представлены в табл. 2. Видно, что достоверная корреляционная связь рядов двигательной активности *Drosophila melanogaster* в основном наблюдается с параметрами солнечной активности – числами Вольфа и потоком радиоизлучения на длине волны 10.7 см. С индексом геомагнитной активности – K_p -индексом достоверный коэффициент корреляции за все анализируемые периоды присутствует только в 2015 г.

Кроме этого, в табл. 2 хорошо прослеживается распределение достоверных коэффициентов корреляции между двигательной активностью и параметрами солнечной активности в зависимости от полового состава исследуемой группы особей *Drosophila melanogaster*. Достоверные коэффициенты корреляции в основном присущи группам с женскими особями. Для групп с мужскими особями за все анализируемые периоды наблюдается положительная корреляционная связь двигательной активности с потоком радиоизлучения и числами Вольфа с уровнем значимости $P < 0,05$ за период 2014 г. Для популяций с мужскими и женскими особями, находящимися вместе, кроме коэффициентов корреляции (при $P < 0,05$) в 2010–2011 гг. с потоком радиоизлучения Солнца на длине

Таблица 1. Характеристика данных двигательной активности лабораторных популяций *Drosophila melanogaster* линии дикого типа

Год проведения серии опытов	Половая структура	Длина ряда	$M \pm m_M$, (отн. ед)	S	Me	IQR (Q_1-Q_3)	Норм. расп.
2010	жен.	116	$0,0071 \pm 0,0002$	0,0026	0,0069	0,0052–0,0085	+
	муж. жен.	116	$0,0088 \pm 0,0003$	0,0031	0,0087	0,0064–0,0111	+
	муж.	116	$0,0073 \pm 0,0003$	0,0036	0,0065	0,0047–0,0089	–
2011	жен.	111	$0,0032 \pm 0,0001$	0,0014	0,0029	0,0022–0,0039	+
	муж. жен.	111	$0,0032 \pm 0,0002$	0,0017	0,0030	0,0021–0,0041	–
	муж.	111	$0,0034 \pm 0,0002$	0,0021	0,0029	0,0018–0,0045	–
2012	жен.	41	$0,0047 \pm 0,0003$	0,0021	0,0047	0,0031–0,0064	+
	муж.	41	$0,0035 \pm 0,0005$	0,0021	0,0035	0,0023–0,0044	–
	муж. жен.	55	$0,0031 \pm 0,0004$	0,0030	0,0015	0,0006–0,0057	–
2014	жен.	115	$0,0035 \pm 0,0003$	0,0027	0,0028	0,0015–0,0050	–
	муж. жен.	115	$0,0016 \pm 0,0002$	0,0021	0,0015	0,0002–0,0021	–
	муж.	115	$0,0019 \pm 0,0001$	0,0015	0,0012	0,0008–0,0027	–
2015	жен.	54	$0,0031 \pm 0,0002$	0,0017	0,0033	0,0013–0,0047	–
	муж. жен.	54	$0,0050 \pm 0,0003$	0,0021	0,0047	0,0035–0,0061	+
	муж.	54	$0,0035 \pm 0,0002$	0,0017	0,0040	0,0019–0,0046	–

Примечание. $M \pm m_M$ – среднее арифметическое ряда и ошибка среднего; s – стандартное отклонение; Me – медиана; IQR (Q_1-Q_3) – интерквартильный размах (25–75%); норм. расп.: «+» – характер распределения данных не отличается от нормального, «–» – характер распределения данных отличается от нормального.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмена между двигательной активностью популяций *Drosophila melanogaster* и гелиогеофизическими индексами

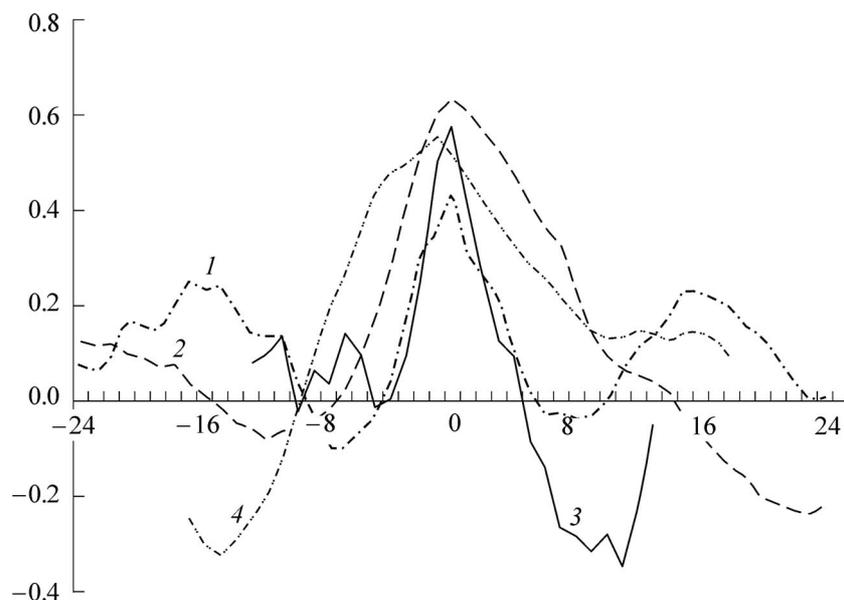
Пол	Индексы	Года				
		2010	2011	2012	2014	2015
жен.	r (F10.7)	+0.30**	+0.47**	+0.59**	+0.06	+0.45**
	r (W)	+0.31**	+0.39**	+0.38*	+0.20*	+0.61**
	r (K_p)	–0.03	+0.14	+0.23	–0.12	–0.04
муж. жен.	r (F10.7)	+0.21*	+0.22*	–0.04	+0.09	+0.14
	r (W)	+0.23*	+0.16	+0.39**	+0.19*	+0.30*
	r (K_p)	–0.01	+0.07	+0.05	+0.09	+0.13
муж.	r (F10.7)	+0.16	–0.04	–0.06	+0.20*	+0.22
	r (W)	+0.11	+0.01	–0.08	+0.32*	+0.16
	r (K_p)	–0.12	–0.16	+ 0.29	–0.06	+0.30*

Примечание. * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

волны 10,7 см, в четырех из пяти случаях наблюдается корреляционная связь с числами Вольфа при уровне значимости $P < 0,05$ (в 2012 г. при $P < 0,01$). В случае же с самками достоверная корреляционная связь между двигательной активностью и параметрами солнечной активности (индексы F10.7 и W) характерна практически для всех анализируемых перио-

дов – для индекса F10.7 с уровнем значимости $P < 0,01$; для чисел Вольфа с уровнем значимости $P < 0,01$ в 2010, 2011 и 2015 гг. и с уровнем значимости $P < 0,05$ в 2012 и 2014 гг.

Кросскорреляционный анализ рядов динамики двигательной активности *Drosophila melanogaster* с рядами гелиогеофизических параметров показал, что значения коэффициентов



Кросс-корреляционные функции динамики двигательной активности *Drosophila melanogaster* особей женского пола с потоком радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см за 2010 (1), 2011 (2), 2012 (3), 2015 (4) годы.

корреляции между двигательной активностью самок, числами Вольфа и индексами F10.7, являясь достоверными при уровне значимости $P < 0,05$, в основном приходятся на нулевой временной лаг ($T \leq \pm 1$), демонстрируя наибольшие значения корреляционных функций (рисунок).

Полученные данные свидетельствуют о более выраженной чувствительности особей женского пола к влиянию солнечной активности либо каких-то связанных с нею факторов. Это можно объяснить различием в половом поведении (поиск партнера, брачные ухаживание и т.п.), в случае с самцами это приводит к появлению собственной ритмики движения, которая может делать незаметной на временных рядах реакцию особей на изменения солнечной активности. Возможно также, что реакция на действие гелиогеофизического фактора может быть обусловлена физиологическими или генетическими различиями между особями мужского и женского пола.

Таким образом, полученные нами результаты связи двигательной активности особей женского пола с изменениями параметров солнечной активности (индексы F10.7, W) дают основание предполагать, что изменения солнечной активности либо факторов, связанных с нею, оказывают влияние на репродуктивное поведение в популяции. Это подтверждают работы, указывающие на возможное стимулирующее действие факторов, связанных с солнечной активностью, на яйцекладку особей *Drosophila*

melanogaster, а также улучшением жизнеспособности яиц в периоды солнечной активности [9]. В общем же такое влияние сказывается на динамических показателях популяции (рождаемости, смертности, скорости роста и т.д.), изменение которых является одним из механизмов ее регуляции, ответом на изменения параметров окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. М. Владимирский и Н. Л. Темурьянц, *Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А. Л. Чижевского до наших дней)* (Изд-во МНЭПУ, М., 2000).
2. Е. Б. Булакова, А. А. Конрадов и А. В. Мальцева, *Биофизика* **49** (3), 551 (2004).
3. Л. Н. Галь, *В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: новый взгляд на природу жизни* (Изд-во СПбГПУ, СПб, 2010).
4. В. Б. Чернышев, в кн. *Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли* (Наука, М., 1971), сс. 215–224.
5. В. Б. Чернышев, *Природа*, № 9, 20 (1994).
6. И. В. Жимулев, *Соровский образоват. журн.*, № 1, 22 (1997).
7. В. Б. Чернышев, *Экология насекомых* (Изд-во МГУ, М., 1996).
8. К. Л. Кравченко, А. А. Баженов, В. А. Воронов и М. В. Прикоп, в сб. *Тезисы докладов X Международной крымской конференции «Космос и биосфера»* (Коктебель, 2013), сс. 88–89.
9. К. Л. Кравченко, Г. В. Гречаный и Г. Д. Гаджиев, *Биофизика* **51** (3), 519 (2006).

Correlation between the Dynamics of Motion Activity of *Drosophila Melanogaster* Laboratory Population and Parameters of Space Weather

K.L. Kravchenko, M.V. Prikop, and A.A. Bazhenov

Irkutsk State University, ul. Nijnyaya Naberejnaya 6, Irkutsk, 664003 Russia

The analysis of motion activity of *Drosophila melanogaster* laboratory populations and its relation to the heliogeophysical parameters (radio flux at a wavelength of 10.7 cm or F10.7, the Wolf numbers, W , the planetary K_p -index, an indicator of geomagnetic activity,) was carried out. A significant correlation between the change in the characteristics of solar activity (F10.7, W) and the dynamics of motion activity of *Drosophila melanogaster* was detected. The difference in the distribution of a reliable link between motion activity and solar activity depending on the sex composition of the studied groups of *Drosophila melanogaster* individuals was shown.

Keywords: Drosophila melanogaster, motion activity, laboratory population, solar activity, sex structure