

УДК 57.022

## **ФАКТОРЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ СТИМУЛИРУЮТ ЛОКОМОТОРНОЕ И ОРИЕНТИРОВОЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КРЫС**

© 2017 г. В.Н. Мухин, К.И. Павлов, И.Н. Абдурасулова, В.М. Клименко

ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

В большом количестве публикаций описаны результаты исследований, свидетельствующие о влиянии солнечной активности на работу мозга человека. Однако на экспериментальных животных подобные исследования практически не проводились. Цель данного исследования – изучить влияние факторов солнечной активности на локомоторное и ориентировочно-исследовательское поведение крыс. С 26.10 по 24.12.2011 г. регистрировалось поведение отдельных крыс или их небольших групп (всего 19 крыс) в тесте «открытое поле» и при обучении оперантному добыванию пищи. Параметры солнечной активности получены из открытых баз данных в Интернете. Результаты корреляционного анализа показали, что число секторов, пройденных крысами в «открытом поле», количество обследованных ими «норок» и число добытых ими пищевых гранул положительно связаны с солнечной активностью в день исследования и в ближайшие дни до и после него. Такая связь выявлена для числа солнечных пятен, интенсивности излучения Солнца в радиодиапазоне, числа солнечных вспышек в рентгеновском и *Ha*-диапазоне. Факторный анализ позволил выделить два фактора, положительно связанных с поведением крыс. Один из них тесно коррелирует с радиоизлучением Солнца и поэтому может быть предположительно отнесен к его электромагнитной составляющей. Другой тесно связан с 3-часовым планетарным индексом колебаний магнитного поля Земли *K*, что свидетельствует о его корпускулярной природе. Эти результаты соответствуют имеющимся в литературе данным о связи параметров солнечной и геомагнитной активности с характеристиками электрической активности мозга человека и животных. Число солнечных пятен в день исследования наиболее тесно связано с поведением крыс и значимо коррелирует с обоими факторами. Поэтому данный показатель может быть использован для учета влияния солнечной активности на поведение крыс в экспериментальной практике.

*Ключевые слова:* солнечная активность, мозг, крысы, поведение.

PACS 94.05.Sd Space weather

## Введение

Солнечная активность – это совокупность нестационарных процессов на Солнце, возникающих и развивающихся в отдельных ограниченных областях его атмосферы. Физической сущностью солнечной активности является превращение энергии солнечных магнитных полей в энергию движения газовых масс, быстрых частиц и электромагнитного излучения [Александров, 2010]. Составляя всего 1 % излучаемой Солнцем энергии, солнечная активность оказывает существенное влияние на биосферу Земли [Чижевский, 1976, 1995; Stoupe, 2014; Stoupe et al., 2015]. В частности, с ней связана функциональная активность мозга человека [Хорсева, 2013]. Так, может уменьшаться мощность  $\beta$ -ритма [Архангельская и др., 2006] и варьировать межполушарное распределение  $\theta$ -ритма [Павлов, Каменская, 2014] электрической активности мозга и ее пространственная синхронность [Белов и др., 1998], меняться уровень локальной активации коры затылочной области [Павлов и др., 2015]. Изменение солнечной активности коррелирует также с психоэмоциональным состоянием человека [Каменева и др., 2014] и психофизиологическими показателями его перцептивно-моторных реакций [Павлов, Каменская, 2013].

Солнечная активность и вызываемые ею возмущения магнитного поля Земли могут быть фактором, предрасполагающим к развитию нервных и психических заболеваний, а также провоцирующим их обострения [Cohen, Wohlers, 1998]. К числу таких заболеваний относятся шизофрения, биполярное расстройство [Davis, Jr., Lowell, 2006; Alvarez, 2012], рассеянный склероз [Sajedi, Abdollahi, 2012; Papathanasopoulos et al., 2016], болезнь Альцгеймера [Alvarez, 2012; Cherry et al., 2012].

Изучению особенностей и механизмов влияния солнечной активности на функцию мозга в норме и патологии могут способствовать исследования на животных. Основной объект исследований на животных – лабораторные крысы. Однако влияние солнечной активности на них практически не изучено. Поведение является интегральным проявлением работы головного мозга. В связи с этим цель исследования – изучить влияние факторов солнечной активности на поведение крыс.

## Объект и методы исследования

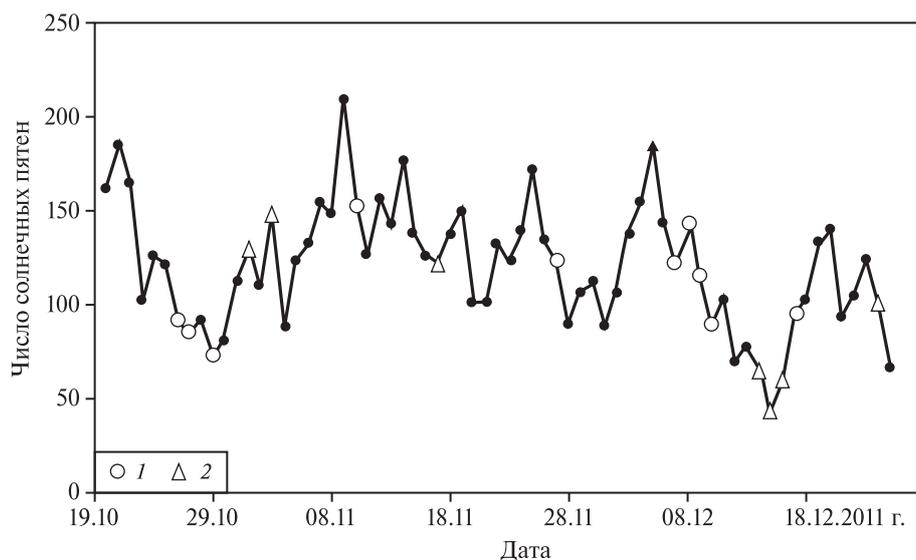
Исследование проведено на 19 крысах-самцах линии Вистар в период с 26.10 по 24.12.2011 г. Каждая крыса в определенные случайным образом дни этого периода прошла тест «открытое поле» – основной метод оценки состояния крыс по их поведению [Gould et al., 2009]. Крысу помещали в специальный аппарат, представляющий собой горизонтально расположенный круг черного цвета диаметром 960 мм с бортами. Поверхность круга была размечена белыми линиями на сектора, в каждом из которых имелись небольшие отверстия – «норки». В соответствии с инстинктом крыса исследовала новое для нее пространство, перемещаясь по поверхности круга, делая при этом вертикальные стойки и обнюхивая «норки». Параметры поведения крыс в аппарате характеризовали их локомоторную и ориентировочно-исследовательскую активность, а также эмоциональное состояние. Оценивались следующие параметры: число пересеченных крысой секторов, количество обследованных «норок», число вертикальных стоек с опорой на борт и без опоры, а также актов «груминг» и фекальных болюсов.

В другие дни того же периода крысы обучались оперантному пищедобывательному поведению. После пищевой депривации (1 сут) крыса помещалась в установку для обучения оперантному поведению («operant wall», фирма TSE, Германия) – добыче специальных пищевых гранул путем нажатия на педаль. Для усложнения задачи вводилась временная задержка: в течение 50 с после получения очередной гранулы нажатие на педаль становилось неэффективным, затем возможность получить гранулу возникала вновь, что сопровождалось появлением светового сигнала над пищевым диспенсером. Способность крысы к обучению характеризовалась количеством пищевых гранул, добытых ею за 20 мин.

Тестирование крыс проводилось в Институте экспериментальной медицины (ИЭМ) в г. Санкт-Петербург в дневное время – с 9 до 15 ч UTC, в помещении, расположенном на верхнем этаже кирпичного, крытого железом здания с большими окнами, выходящими на юг и восток, и стеклянным световым фонарем сверху («Павловская операционная» Физиологического отдела им. И.П. Павлова ИЭМ).

Солнечная активность в день тестирования, а также в предшествующие и последующие дни ( $\pm 3$  дня) характеризовалась следующими показателями: число солнечных пятен (рис. 1), их площадь, число новых регионов с пятнами, интенсивность излучения в радиодиапазоне с периодом 10.7 см (2800 МГц) и рентгеновском диапазоне, число солнечных вспышек в рентгеновском и  $H\alpha$ -диапазоне. Кроме показателей солнечной активности, в анализ включены связанные с ней характеристики космической погоды: интенсивность космических лучей и показатели геомагнитной активности. Геомагнитная активность характеризовалась индексом DST (disturbance storm time, показатель напряженности кольцевых токов вокруг Земли, вызванных потоками заряженных частиц, идущих от Солнца), а также локальными (г. Санкт-Петербург) и планетарными индексами колебаний магнитного поля Земли  $A$  (24-часовой) и  $K$  (3-часовой).

Значения перечисленных показателей получены нами из размещенных в Интернете баз данных: Space Weather Prediction Center, NOAA [2016]; World Data Center for Geomagnetism, Kyoto [2016]; Moscow Neutron Monitor [2016].



**Рис. 1.** Изменение солнечной активности за период исследования

1 – дни проведения теста «открытое поле»; 2 – дни проведения теста «оперантное пищедобывательное поведение»

Оценка связи между показателями солнечной активности и показателями поведения крыс производилась с помощью корреляционного критерия Пирсона. Для выявления структуры данных применен факторный анализ (анализ главных компонент, вращение факторов «варимакс»).

### Результаты исследования

Показатели солнечной активности в день исследования и в ближайшие 3 дня до и после него положительно связаны с числом секторов, пройденных крысами в арене «открытого поля», и количеством обследованных ими «норок» (табл. 1, рис. 2–4).

Факторный анализ показал, что поведение крыс связано с солнечной активностью в рамках двух факторов (факторы 1 и 4 в табл. 2).

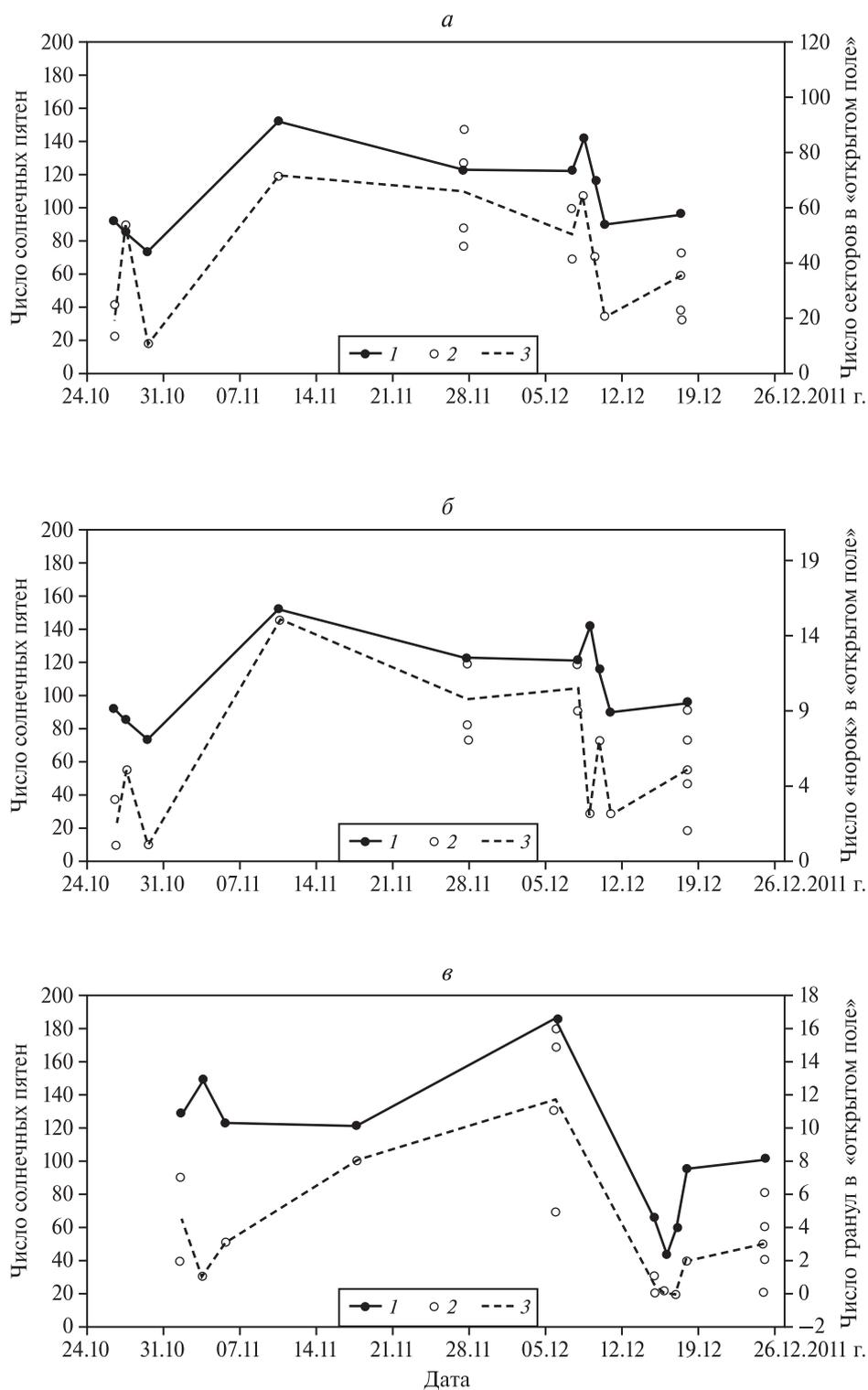
Фактор 1 коррелирует только с числом «норок» (0.45). Он имеет тесную связь с излучением Солнца в радиодиапазоне и числом солнечных пятен в интервале с третьего дня до тестирования крыс по первый–второй дни после него. Очень большие факторные нагрузки (0.99) и общности (0.98) для излучения в радиодиапазоне позволяют предположить, что оно и является этим фактором или тесно связано с ним.

**Таблица 1.** Коэффициенты корреляции показателей солнечной активности и поведения крыс

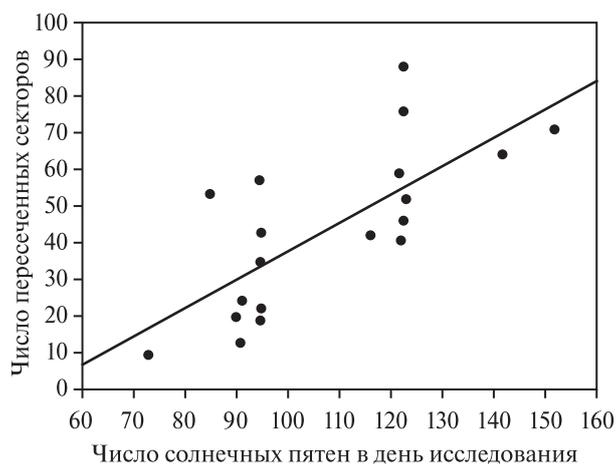
Показатель поведения крыс	Показатель солнечной активности	День регистрации солнечной активности по отношению ко дню тестирования крыс (0)						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Число секторов	Радиоизлучение с длиной волны 10.7 см	0.20	0.28	0.29	0.45*	0.54*	0.46*	0.56*
	Число солнечных пятен	0.56*	0.48*	0.45*	0.73**	0.26	0.12	0.11
	Число солнечных вспышек в X-диапазоне	-0.13	0.34	0.48*	-0.21	0.36	0.23	-0.11
	Число солнечных вспышек в H $\alpha$ -диапазоне	-0.02	0.55*	0.16	0.62*	0.56*	0.47*	0.02
Число «норок»	Радиоизлучение с длиной волны 10.7 см	0.30	0.39	0.39	0.54*	0.63*	0.60**	0.71**
	Число солнечных пятен	0.40	0.44	0.54*	0.67**	0.43	0.41	0.18
	Число солнечных вспышек в X-диапазоне	-0.14	0.62*	0.26	-0.02	0.34	0.07	0.08
	Число солнечных вспышек в H $\alpha$ -диапазоне	-0.30	0.67**	-0.13	0.61**	0.41	0.54*	0.06
Число пищевых гранул	Радиоизлучение с длиной волны 10.7 см	0.61**	0.63**	0.67**	0.54*	0.37	0.25	0.15
	Число солнечных пятен	0.35	0.60**	0.73**	0.77**	0.71**	0.35	0.34
	Число солнечных вспышек в X-диапазоне	-0.23	-0.19	-0.17	0.13	-0.32	0.07	-0.19
	Число солнечных вспышек в H $\alpha$ -диапазоне	-0.23	-0.03	-0.12	0.46*	-0.18	-0.04	-0.29

\*  $p \leq 0.05$ .

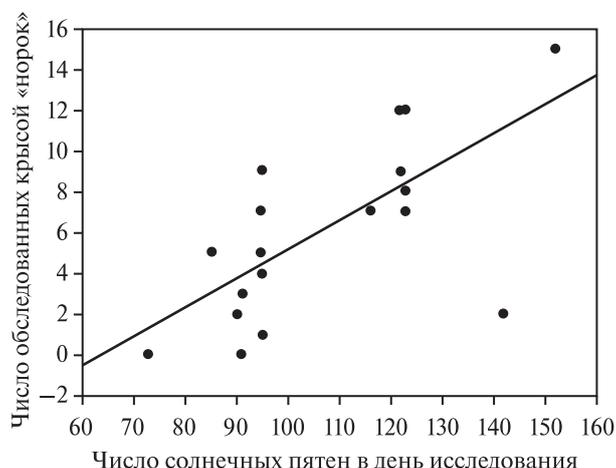
\*\*  $p \leq 0.01$ .



**Рис. 2.** Взаимосвязь динамики солнечной активности и параметров поведения крыс в эксперименте  
 а – локомоторное поведение крыс в тесте «открытое поле»: 1 – число солнечных пятен; 2 – число секторов (отдельные крысы); 3 – число секторов (среднее за день);  
 б – исследовательское поведение крыс в тесте «открытое поле»: 1 – число солнечных пятен; 2 – число «норок» (отдельные крысы); 3 – число «норок» (среднее за день);  
 в – успешность обучения крыс оперантному добыванию пищи: 1 – число солнечных пятен; 2 – число гранул (отдельные крысы); 3 – число гранул (среднее за день)



**Рис. 3.** Влияние солнечной активности на локомоторное поведение крыс в тесте «открытое поле»



**Рис. 4.** Влияние солнечной активности на ориентировочно-исследовательское поведение крыс в тесте «открытое поле»

Фактор 4 также коррелирует с исследовательским поведением (0.63) крыс, при этом наиболее тесно – с их локомоторной активностью (число секторов) (0.68). Этот фактор имеет максимальную связь с вспышечной активностью Солнца в  $Ha$ - и рентгеновском диапазонах за период в несколько дней, начиная с двух дней до тестирования крыс. Тесная связь с планетарным  $K$ -индексом (вес 0.91) позволяет предположить, что данным фактором является корональный выброс массы, так как именно эти события вызывают возмущения геомагнитного поля [Moldwin, 2008].

Большие значения общностей для числа секторов (0.61) и «норок» (0.80) свидетельствуют, что при прочих равных условиях факторы солнечной активности определяют дисперсию показателей ориентировочно-исследовательского поведения крыс более чем на 50 %.

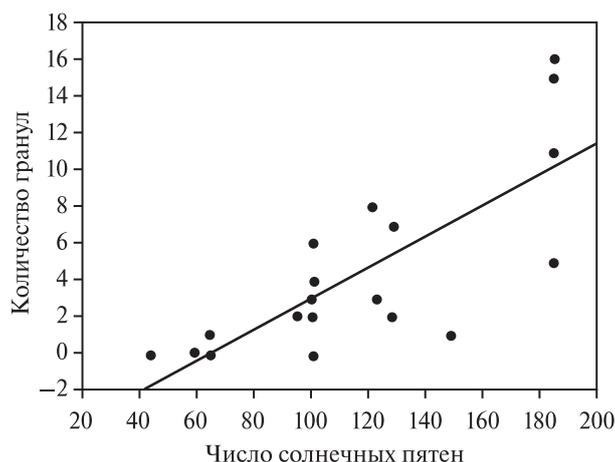
При анализе оперантного пищедобывательного поведения получены аналогичные результаты. Количество добытых крысой пищевых гранул тесно связано с числом солнечных пятен и интенсивностью излучения в радиодиапазоне в период с 3-го дня до тестирования крыс по 1-й день после него (см. табл. 1, рис. 2, 5). Наиболее тесная

**Таблица 2.** Результаты факторного анализа (факторные нагрузки) показателей солнечной активности и поведения крыс

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Радиоизлучение 10.7 см за 3 дня	0.93**	-0.16	-0.22	-0.18	-0.02
Радиоизлучение 10.7 см за 2 дня	0.98**	-0.07	-0.17	-0.04	0.05
Радиоизлучение 10.7 см за 1 день	0.99**	0.04	-0.10	-0.02	0.03
Радиоизлучение 10.7 см в день исследования	0.97**	-0.02	-0.05	0.16	0.00
Радиоизлучение 10.7 см на 1-й день	0.94**	0.00	0.17	0.21	-0.03
Радиоизлучение 10.7 см на 2-й день	0.88**	0.15	0.26	0.30	0.07
Радиоизлучение 10.7 см на 3-й день	0.38	0.04	0.68**	0.59**	0.06
<i>SN</i> за 3 дня	0.72**	0.09	-0.41	0.46*	-0.16
<i>SN</i> за 2 дня	0.61**	0.06	-0.48*	0.59*	0.11
<i>SN</i> за 1 день	0.88**	0.12	-0.20	0.35	0.12
<i>SN</i> в день исследования	0.69**	-0.06	0.13	0.56*	-0.39
<i>SN</i> на 1-й день	0.58**	-0.67**	0.21	-0.02	-0.20
<i>SN</i> на 2-й день	0.07	-0.30	0.90**	-0.01	0.00
<i>SN</i> на 3-й день	-0.22	0.06	0.96**	0.03	-0.11
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне за 3 дня	-0.45	-0.28	0.62**	-0.26	-0.49*
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне за 2 дня	0.45	-0.61**	-0.07	0.48*	0.28
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне за 1 день	0.09	0.64**	-0.11	0.74*	-0.01
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне в день исследования	-0.02	-0.03	0.64**	-0.15	0.17
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне на 1-й день	-0.05	0.48*	0.23	0.68**	0.41
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне на 2-й день	0.35	0.76**	-0.12	0.21	0.35
Вспышки в <i>X</i> -диапазоне на 3-й день	-0.19	0.21	0.51*	-0.18	0.56*
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне за 3 дня	-0.01	0.04	0.17	-0.32	-0.90*
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне за 2 дня	0.30	-0.27	-0.17	0.85**	0.23
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне за 1 день	0.21	0.72**	-0.32	0.32	-0.28
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне в день исследования	0.10	0.18	0.08	0.96**	0.08
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне на 1-й день	-0.21	0.34	0.37	0.80**	-0.16
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне на 2-й день	0.54*	0.12	-0.28	0.65**	0.14
Вспышки в <i>H<math>\alpha</math></i> -диапазоне на 3-й день	-0.58*	-0.27	0.63**	0.02	-0.29
<i>K</i> -индекс планетарный	0.01	0.05	-0.32	0.91**	0.20
Число секторов	0.34	-0.03	0.16	0.68**	-0.23
Число «норок»	0.46*	-0.31	0.33	0.63**	0.13

\*  $p \leq 0.05$ .

\*\*  $p \leq 0.01$ .



**Рис. 5.** Влияние солнечной активности на обучение крыс оперантному пищедобывательному поведению

корреляция – с солнечной активностью, наблюдавшейся за 1–2 дня до тестирования. Однако, в отличие от теста «открытое поле», связь пищедобывательного поведения с показателями геомагнитной активности не обнаружена. Значение общности для числа гранул – 0.43.

### Обсуждение результатов исследования

Результаты исследования свидетельствуют о том, что солнечная активность стимулирует ориентировочно-исследовательское поведение крыс в новой обстановке. При этом стимулирующим влиянием обладают два фактора солнечной активности.

Один из них связан с интенсивностью электромагнитного излучения Солнца в радиодиапазоне. Аналогичные результаты о возможном влиянии радиоизлучения Солнца на функциональную активность мозга животных получены и в других исследованиях, в частности было установлено, что этот вид излучения влияет на электрическую активность мозга человека. Это может проявляться в уменьшении мощности  $\beta$ -ритма в левом полушарии [Архангельская и др., 2006] и противофазных изменениях мощности  $\theta$ -ритма в разных полушариях – уменьшении в левом и увеличении в правом полушарии [Павлов, Каменская, 2014]. Отмечается также связь между состоянием солнечной активности и числом первичных госпитализаций в психиатрические больницы [Raps et al., 1992].

Другой фактор солнечной активности, влияющий на поведение крыс, связан с изменениями геомагнитного поля, солнечными вспышками за несколько дней до исследования, а поэтому, вероятно, с корональными выбросами солнечной массы. Данные литературы также косвенно свидетельствуют о влиянии корпускулярного компонента активности Солнца на работу мозга. Так, влияние изменений геомагнитного поля на электрическую активность мозга крыс доказано экспериментально путем его компенсации специальным аппаратом [Ходанович и др., 2011]. У человека изменения геомагнитного поля, выраженные, как и в нашем исследовании, индексом  $Kp$ , влияют на мощность  $\delta$ -ритма и  $\alpha$ -ритма в левом полушарии мозга [Архангельская и др., 2006], пространственную синхронизацию височных отведений правого полушария [Кануников и др., 2010] и межполушарную когерентность теменной коры [Saroka et al., 2014].

Число солнечных пятен в день тестирования крыс положительно связано с обоими факторами и имеет большие коэффициенты корреляции с параметрами поведения. Поэтому данный показатель больше всего подходит для учета влияния солнечной активности на поведение крыс в практике исследовательской работы.

### Заключение

Установлено, что факторы солнечной активности стимулируют локомоторное и ориентировочно-исследовательское поведение крыс в новой обстановке, а также процесс их научения. Один из факторов тесно коррелирует с активностью Солнца в радиодиапазоне (см. табл. 2) и поэтому может быть предположительно отнесен к его электромагнитной составляющей. Другой – тесно связан с интенсивностью колебаний магнитного поля Земли, что свидетельствует о его корпускулярной природе. Поскольку влияние факторов существенно, необходимо учитывать его при проведении исследований на крысах. Наиболее подходящий параметр для этого – число солнечных пятен в день исследования, так как он наиболее тесно связан с поведением крыс и с обоими факторами солнечной активности.

### Литература

- Александров В.В. Экологическая роль электромагнетизма. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2010. 716 с.
- Архангельская Е.В., Грабовская Е.Ю., Коновальчук В.Н. Исследование влияния естественных гелиогеомагнитных флуктуаций на биоэлектрическую активность мозга человека // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. 2006. Т. 19 (58), № 3. С. 3–8.
- Белов Д.Р., Кануников И.Е., Киселёв Б.В. Зависимость пространственной синхронности ЭЭГ человека от геомагнитной активности в день опыта // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 1998. Т. 84, № 8. С. 761–774.
- Каменева Е.Г., Софронов Г.А., Жирков А.М. Роль погодных факторов в изменении психофизиологического состояния здорового человека и больного ишемической болезнью сердца при воздействии солнца // Мед. академ. журн. 2014. Т. 14, № 1. С. 66–73.
- Кануников И.Е., Белов Д.Р., Гетманенко О.В. Влияние геомагнитной активности на электроэнцефалограмму человека // Экология человека. 2010. № 6. С. 6–11.
- Павлов К.И., Каменская В.Г. Влияние геокосмических и метеорологических факторов на психологические и психофизиологические характеристики перцептивно-моторных реакций и распознавания символов у девушек с разным уровнем ювенильности // Сознание и физическая реальность. 2013. Т. 18, № 5. С. 21–29.
- Павлов К.И., Каменская В.Г. Воздействие экологических факторов на спектральные характеристики динамической функциональной асимметрии мозга человека // Психология образования в поликультурном пространстве. 2014. № 27 (3). С. 40–51.
- Павлов К.И., Мухин В.Н., Каменская В.Г., Клименко В.М. Зависимость уровня активации коры головного мозга женщин от различных экологических факторов // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14, № 4. С. 22–36.
- Ходанович М.Ю., Кривова Н.А., Гуль Е.В., Зеленская А.Е. Влияние долговременного снижения уровня геомагнитного поля на биоэлектрическую активность мозга лабораторных крыс // Вестн. Том. гос. ун-та. 2011. № 348. С. 155–160.
- Хорсева Н.И. Возможность использования психофизиологических показателей для оценки влияния космофизических факторов (обзор) // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12, № 2. С. 34–56.
- Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 368 с.
- Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 767 с.
- Alvarez A.S. Effects of extremely low frequencies on human health // Proc. in ARSA. 2012. № 1.
- Cherry J.D., Liu B., Frost J.L., Lemere C.A., Williams J.P., Olschowka J.A., O'Banion M.K. Galactic cosmic radiation leads to cognitive impairment and increased amyloid plaque accumulation in a mouse model of Alzheimer's disease // PLOS ONE. 2012. V. 7, N 12. P. e53275.

- Cohen M., Wohlers A.* Is there a relationship between sunspot numbers and psychiatric admissions? // Proc. of the 2nd Intern. conf. on bioelectromagnetism. 1998. P. 149–150.
- Davis G.E., Jr., Lowell W.E.* Solar cycles and their relationship to human disease and adaptability // Medical Hypotheses. 2006. V. 67, N 3. P. 447–461.
- Gould T.D., Dao D.T., Kovacsics C.E.* The open field test // Mood and anxiety related phenotypes in mice / Ed. by T.D. Gould. Totowa, NJ: Humana Press, 2009. P. 1–20.
- Moldwin M.* An introduction to space weather. Cambridge Univ. Press, 2008. 155 p.
- Papathanasopoulos P., Preka-Papadema P., Gkotsinas A., Dimisianos N., Hillaris A., Katsavrias C., Antonakopoulos G., Moussas X., Andreadou E., Georgiou V., Papachristou P., Kargiotis O.* The possible effects of the solar and geomagnetic activity on multiple sclerosis // Clinical Neurology and Neurosurgery. 2016. V. 146. P. 82–89.
- Raps A., Stoupel E., Shimshoni M.* Geophysical variables and behavior: LXIX. Solar activity and admission of psychiatric inpatients // Percept Mot Skills. 1992. V. 74, N 2. P. 449–450.
- Sajedi S.A., Abdollahi F.* Geomagnetic disturbances may be environmental risk factor for multiple sclerosis: An ecological study of 111 locations in 24 countries // BMC Neurology. 2012. V. 12. P. 100.
- Saroka K.S., Caswell J.M., Lapointe A., Persinger M.A.* Greater electroencephalographic coherence between left and right temporal lobe structures during increased geomagnetic activity // Neurosci. Lett. 2014. V. 560. P. 126–130.
- Stoupel E.* Considering space weather forces interaction on human health: the equilibrium paradigm in clinical cosmobiology – is it equal? // J. of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology. 2014. V. 26, N 2. P. 147–151.
- Stoupel E.G., Petrauskiene J., Kalediene R., Sauliune S., Abramson E., Shochat T.* Space weather and human deaths distribution: 25 years' observation (Lithuania, 1989–2013) // J. of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology. 2015. V. 26, N 5. P. 433–441.

Сайты в Интернете:

Space Weather Prediction Center, NOAA. 2016. URL: <http://www.swpc.noaa.gov/>

World Data Center for Geomagnetism, Kyoto. 2016. URL: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>

Moscow Neutron Monitor. 2016. URL: <http://cr0.izmiran.rssi.ru/mosc/main.htm>

### Сведения об авторах

**МУХИН Валерий Николаевич** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины». 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12. Тел.: +7 (812) 234-14-12. E-mail: Valery.Mukhin@gmail.com

**MUKHIN Valery N.** – M.D., Ph.D., senior scientific researcher, FSBRI «Institute of Experimental Medicine». St.-Petersburg, Russia. Tel.: +7 (812) 234-14-12. E-mail: Valery.Mukhin@gmail.com

**ПАВЛОВ Константин Иванович** – кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины». 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12. Тел.: +7 (960) 262-26-73. E-mail: youngexp@yandex.ru

**PAVLOV Konstantin I.** – Ph.D., senior scientific researcher, FSBRI «Institute of Experimental Medicine». St.-Petersburg, Russia. Tel.: +7 (960) 262-26-73. E-mail: youngexp@yandex.ru

**АБДУРАСУЛОВА Ирина Николаевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины». 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12. Тел.: +7 (812) 234-94-75. E-mail: i\_abdurasulova@mail.ru

**ABDURASULOVA Irina N.** – Ph.D., leading researcher, FSBRI «Institute of Experimental Medicine». St.-Petersburg, Russia. Tel.: +7 (812) 234-94-75. E-mail: i\_abdurasulova@mail.ru

**КЛИМЕНКО Виктор Матвеевич** – доктор медицинских наук, профессор, почетный доктор ИЭМ, заведующий отделом, ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины». 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12. Тел.: +7 (812) 234-99-37. E-mail: klimenko\_victor@mail.ru

**KLIMENKO Victor M.** – M.D., Ph.D., professor, the head of division, FSBRI «Institute of Experimental Medicine». St.-Petersburg, Russia. Tel.: +7 (812) 234-99-37. E-mail: klimenko\_victor@mail.ru

## **FACTORS OF SOLAR ACTIVITY ENHANCE THE LOCOMOTOR AND EXPLORATORY BEHAVIOR IN RATS**

**V.N. Mukhin, K.I. Pavlov, I.N. Abdurasulova, V.M. Klimenko**

Federal State Budgetary Research Institution «Institute of Experimental Medicine»,  
St.-Petersburg, Russia

**Abstract.** According to the literature, solar activity affects the functioning of the human brain. However, its effect on experimental animals has not been studied. The purpose of this study was to investigate whether factors of solar activity influence behavior of rats. From October 26 to December 24, 2011, behavior of the individual rats or their small groups ( $N = 19$ ) was recorded in the open field test and the operant food-uptake behavior test. Parameters of solar activity are obtained from public databases on the Internet. Results of the correlation analysis showed that the number of sectors travelled by the rats in the open field test, number of holes they investigated, and the number of food pellets they got during learning to food-uptake task were positively associated with solar activity on the day of the study and in the days before and after that. Such associations were revealed for the number of sunspots, the intensity of solar radiation in the radio range, the number of solar flares in the  $X$ -ray and  $Ha$ -ranges. Factor analysis allowed to distinguish two factors positively associated with behavior of rats. One of them closely correlates with the solar radio flux and can therefore be presumably attributed to its electromagnetic component. The other one is closely related to the 3-hour planetary index of oscillations of the Earth's magnetic field  $K$ , and this indicates its corpuscular nature. These results correspond to the literature data on the association between the parameters of solar and geomagnetic activity and the characteristics of electrical activity of the brain of humans and animals. Behavior of rats is associated most closely with the number of sunspots on the day of the study, which parameter significantly correlates with both factors of solar activity. Therefore, this index can be used to take into account the influence of solar activity on the behavior of rats in the experimental practice.

*Keywords:* solar activity, brain, rats, behavior.