

Исследование синхронизации, возникающей при взаимодействии симметричных структур в гипоталамусе грызунов

М. О. Журавлев^{1,2,*}, А. А. Короновский^{1,2}, В. А. Макаров³, О. И. Москаленко^{1,2}, А. Е. Храмов^{1,2}
¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского,
 факультет нелинейных процессов, кафедра физики открытых систем
 Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, 8 корпус
²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
 факультет экологии и сервиса, кафедра геоэкологии и инженерной геологии
 Россия, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, 5-й учебный корпус
³Universidad Complutense de Madrid

В рамках настоящей работы рассмотрена электрическая активность, наблюдающаяся в правом и левом гиппокампах крыс, находящихся под воздействием анестезии, с использованием непрерывного вейвлетного преобразования с комплексными базисами. Получены распределения длительностей синхронного поведения между генераторами локальных полевых потенциалов правой и левой части гиппокампа грызунов.

PACS: 05.45.Tr, 05.45.Xt

УДК: 530.182

Ключевые слова: перемежаемость, непрерывное вейвлетное преобразование, гиппокам.

В рамках настоящей работы в качестве объекта исследований выступали грызуны, находящиеся в состоянии покоя (под воздействием общей анестезии). Таким образом, при рассмотрении динамики взаимодействия кортико-гиппокампальных сетей можно выделить особенности, характерные для мозговой активности в том случае, когда животное не решает когнитивные навигационные задачи. В ходе работы была рассмотрена электрическая активность, наблюдающаяся в правом и левом гиппокампах крыс, с использованием непрерывного вейвлетного преобразования с комплексными базисами [3, 4]. Стоит отметить, что в качестве материнского вейвлета был выбран комплексный вейвлет Морле. С использованием непрерывного вейвлетного преобразования был произведен спектральный анализ активности локальных полевых потенциалов (ЛПП) генераторов в левом и правом гиппокампах крыс.

В электрической активности, наблюдающейся в правом и левом гиппокампах крыс, можно выделить два характерных режима поведения. В первую очередь, это режим с медленно меняющейся амплитудой колебаний (4–12 Гц), так называемый гиппокампальный Тета-ритм (рис. 1). Кроме этого можно выделить второй характерный режим для ЛПП генераторов в правом и левом гиппокампе крыс. Это поведение с быстро меняющейся амплитудой колебаний (30–60 Гц) (рис. 1). Таким образом, данные результаты подтверждают, что связь между ЛПП генераторов в правом и левом гиппокампе крыс осуществляется в диапазоне частот (0–60 Гц). При этом необходимо отметить, что степень когерентности (или, в свою очередь, взаимосвязь между ЛПП генераторами в правой и левой частях гиппокампа крыс) может варьироваться в зависимости от экспериментов.

Далее было проведено исследование перемежающейся синхронизации колебаний в путях Шаффера, в ходе которого была разработана и использована новая методика, основанная на ранее предложенных методах анализа синхронизации на различных временных масштабах [5, 6]. При этом, отличительной особенностью разработанного метода является то, что мгновенная фаза для исследуемого сигнала вводится не на фиксированном временном масштабе наблюдения, а на «плавающим». Необходимо отметить, что экспериментальные данные активности ЛПП генераторов в левом и правом гиппокампах крыс были предварительно отфильтрованы в диапазоне от 30 до 60 Гц, то есть рассматривался случай быстро меняющейся амплитуды сигнала.

С использованием непрерывного вейвлетного преобразования были введены мгновенные фазы, соответствующие ЛПП генераторам правой и левой части гиппокампа. При этом, когда разница мгновенных фаз близка к нулю, считалось, что ЛПП генераторы правой и левой части гиппокампа синхронизованы между собой. В том случае, если фазы значительно больше нуля, то генераторы находятся в асинхронном состоянии. При этом очевидно, что участки поведения, соответствующие синхронному режиму, являются наиболее типичными, а участки асинхронной динамики являются атипичными. Таким образом, в исследуемой системе реализуется перемежающееся поведение. С использованием метода для выделения ламинарных и турбулентных участков поведения, описанного в работе [7], было проведено статистическое исследование данного типа перемежаемости. При этом, были получены распределения длительности синхронного поведения между ЛПП генераторами правой и левой части гиппокампа грызунов.

*E-mail: zhuravlevmo@gmail.com

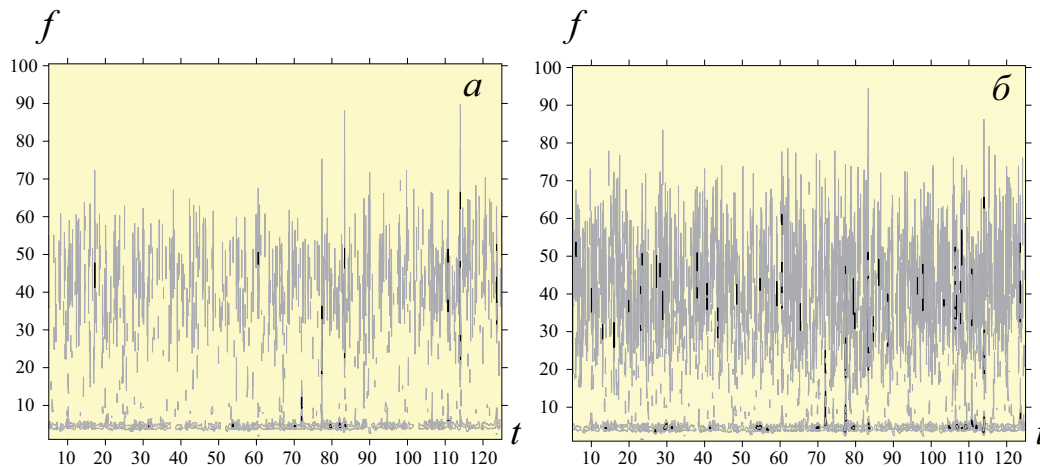


Рис. 1: Зависимость вейвлетного спектра от времени для активности ЛПП генератора: (а) для правой части гиппокампа, (б) для левой части гиппокампа. Время t указано в секундах, частота f указана в Гц

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-32-00181) и Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной

поддержки молодых российских ученых (проект МК-4574.2016.2).

- [1] *Buzsaki G., Draguhn A.* Science. **304**. P. 1926. (2004).
 [2] *Рабинович М.И., Мюезинолу М.К.* УФН. **180**. С. 371. (2010).
 [3] *Короновский А.А., Храмов А.Е.* Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. М.: Физматлит, 2003.
 [4] *Torresani B.* Continuous Wavelet Transform. Savoie, Paris, 1995

- [5] *Zhuravlev M.O. et. al.* Phys. Rev. E. **83**. P. 027201. (2011).
 [6] *Журавлев М. О. и др.* Вестник ННГУ. **В. 1**, № 3. С. 196. (2013).
 [7] *Журавлев М. О. и др.* Письма в ЖТФ. **В. 36**, № 10. С. 31. (2010).

Analysis of synchronization during interaction of symmetrical patterns in hypothalamus of rodents

M. O. Zhuravlev^{1,2,a}, A. A. Koronovskii^{1,2}, V. A. Makarov³, O. I. Moskalenko^{1,2}, A. E. Hramov^{1,2}

¹*Department of physics of open systems, Faculty of nonlinear processes, Saratov State University, Saratov 410012, Russia*

²*Department of geocology and engineering geology, Faculty of ecology and service Saratov State Technical University, Saratov 410054, Russia*

³*Universidad Complutense de Madrid
E-mail: ^azhuravlevmo@gmail.com*

We have studied the electrical activity observed in left and right hippocampuses of rats being under anaesthesia by means of continuous wavelet transform with complex basis. We have obtained the distributions of lengths of the synchronous behavior between generators of local field potentials in right and left parts of hypothalamus of rodents.

PACS: 05.45.Tp, 05.45.Xt.

Keywords: intermittency, continuous wavelet transform, hippocampus.

Сведения об авторах

1. Журавлев Максим Олегович — канд. физ.-мат. наук, доцент; тел. (452) 51-42-94, e-mail: zhuravlevmo@gmail.com.
2. Короновский Алексей Александрович — доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой; тел. (452) 51-42-94, e-mail: alexey.koronovskii@gmail.com.
3. Макаров Валерий Анатольевич — канд. физ.-мат. наук, профессор; тел. (+34) 91-394-44-17.

4. Москаленко Ольга Игоревна — канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент; тел. (452) 51-21-11, e-mail: o.i.moskalenko@gmail.com.
5. Храмов Александр Евгеньевич — доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой; тел. (452) 99-85-59, e-mail: hramovae@gmail.com.