

УДК 535.537

А.А. Турбин (6 курс, каф. ФЭ), А.В. Чижов, к.ф.-м.н., н.с. ФТИ РАН

## ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ НЕЙРОНА КАК СОСТАВНОЙ ЧАСТИ НЕРВНОЙ КОЛОНКИ

ABSTRACT: It is discussed state variable  $\tau$ , time (evaluated when synaptic current is fixed) of achievement neural spike. It's offered to use  $\tau$  for description electrical activity patterns of large neural populations.

При моделировании электрофизиологического поведения нервных ансамблей на основе моделей нейрона возникает необходимость в создании упрощенного описания нейрона.

Уставлено, что нейрон описывается распределёнными уравнениями Ходжкина-Хаксли. В таком случае нейрон можно определить как совокупность функций, входящих в эти уравнения.

Определение 1. *Математический нейрон*  $N = \{V, n, m, l, g_s^E, g_s^I, r^E, r^I\}$ .

В фигурных скобках указаны функции от пространственных координат. Так  $V$  – потенциал;  $n, m, l$  – величины, входящие в проводимости потенциалзависимых несинаптических каналов;  $g_s^E, g_s^I$  – проводимости химических каналов в возбуждающих и тормозных синапсах;  $r^E, r^I$  – величины, определяющие проводимости химических каналов (величина  $r$  – процент открытых синаптических каналов).

Знание математического нейрона гарантирует знание электрофизиологических свойств нейрона. Часто это знание оказывается избыточным. Рассмотрим случай моделирования ансамбля клеток. В этом случае надо лишь знать, сколько нейронов из ансамбля возбуждено. Кроме того, поведение нейронов ансамбля менее “свободно” нежели отдельных нейронов. Поэтому для упрощения описания каждому математическому нейрону необходимо сопоставить одну фазовую переменную. Обозначим её как альфа. Для определения параметра введём «оператор редукции» и затем определим условия, которым он должен удовлетворять.

Определение 2. *Оператор редукции нейрона к параметру  $\alpha$*   $A = A\{N\}$ , такой что  $\alpha = A\{N\}$ .

Для описания эволюции нейрона введём «оператор последования».

Определение 3. *Оператор последования*  $P = P(t, \Delta t)$ , такой что  $N(t + \Delta t) = P\{N(t)\}$  (здесь  $\Delta t$  некий малый интервал времени).

Отдельный нейрон от нейрона в ансамбле отличается лишь зависимостью синаптической проводимости от времени. Поэтому оператор последования  $P$  можно задать для нейрона в ансамбле, лишь полагая некоторую зависимость синаптической проводимости от времени. Положив постоянство проводимости, оператор  $P$  имеет смысл свободной эволюции нейрона при постоянстве внешнего воздействия.

Для того, чтобы параметр описывал состояния нейрона необходимо чтобы, параметр  $\alpha$  удовлетворял (соответствующим выбором оператора  $A$ ) требованиям однозначности.

Если  $A\{N_1\} = A\{N_2\}$  и  $g_{s1}^E = g_{s2}^E = g_{s0}^E, g_{s2}^I = g_{s2}^I = g_{s0}^I$ ,

1. Тогда должно быть выполнено  $A\{P\{N_1\}\} = A\{P\{N_2\}\}$ . Требование однозначности при сохранении условий.
2. Тогда при изменении синаптических проводимостей на  $g_{s1}^E = g_{s2}^E = g_{s0}^{*E}, g_{s2}^I = g_{s2}^I = g_{s0}^{*I}$  ( $g_{s0}^{*E} \neq g_{s0}^E, g_{s0}^{*I} \neq g_{s0}^I$ ) должно быть выполнено  $A\{N_1\} = A\{N_2\}$ . Требование однозначности при изменении условий.

Первое условие означает, что свободная эволюция нейрона меняет параметр  $\alpha$  независимо от того для какого нейрона, он вычислен. Второе условие означает, что скачок проводимостей меняет параметр так, что изменение зависит лишь от параметра  $\alpha$ , но не от состояния нейрона.

Рассмотрим в качестве примера параметра альфа параметр  $\tau$ :  $\{\tau=k\Delta t \mid P^k\{N(t)\}=N^*\}$ . Здесь под  $N^*$  понимается нейрон в состоянии спайка (потенциал действия),  $P^k$  – k кратное применение оператора последования. Иными словами,  $\tau$  - время достижения состояния спайка при сохранении синаптических проводимостей. Параметр  $\tau$  удовлетворяет первому условию однозначности и не удовлетворяет второму. Следовательно,  $\tau$  нельзя применять при быстрых изменениях синаптических проводимостей. С другой стороны, в условиях медленного, квазистатического изменения проводимостей параметризация может использоваться. Такие условия могут реализовываться в нервных ансамблях.

*Выводы.* В работе предлагается для описания состояния нейрона, как составной части нервного ансамбля, использовать параметр  $\tau$  - время достижения состояния спайка при сохранении синаптических проводимостей.