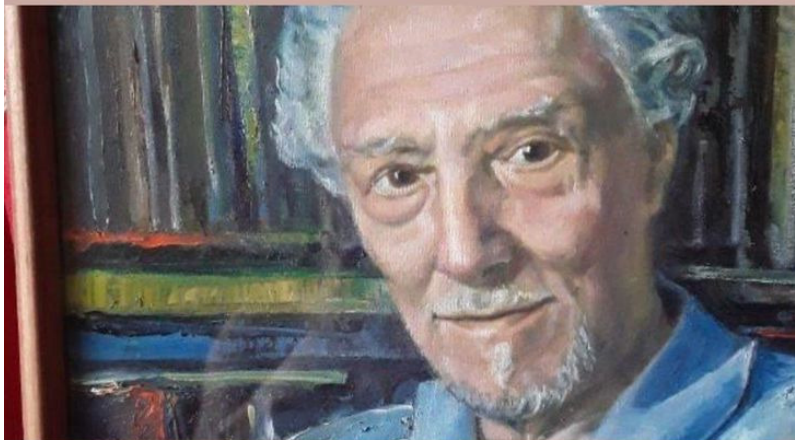


18+

Борис Георгиевич Режабек



ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

ТОМ 1
ИНРИ
2020

Борис Георгиевич Режабек Избранные труды. Том 1

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=63521817

ISBN 9785005174178

Аннотация

В этом томе представлены основные работы Б. Г. Режабека в области биофизики, биологической кибернетики и рассмотрены прикладные вопросы, связанные с основными подходами к увеличению продолжительности активной жизни.

Содержание

Справочник «Биофизики России»	6
О ПОВЕДЕНИИ МЕХАНОРЕЦЕПТОРНОГО НЕЙРОНА В УСЛОВИЯХ ЗАМЫКАНИЯ ЕГО ЦЕПЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	9
Доклады Академии наук СССР	9
ЛИТЕРАТУРА	18
О возможных внутриклеточных механизмах запоминания	19
Перцептрон Розенблатта	22
ПРОТОКОЛ №08/016/ПЭМ заседания секции МОИП «ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИИ МАТЕРИИ»	27
ЗАХВАТЫВАНИЕ РИТМА ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ	33
ЛИТЕРАТУРА	52
О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙРОРЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ	54
МАТЕРИАЛЫ XVII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ФИЗИОЛОГОВ ЮГА РСФСР	54

ДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ УЧАСТКАМИ СПЕКТРА НА ИМПУЛЬСНУЮ АКТИВНОСТЬ РЕЦЕПТОРНОГО НЕЙРОНА РЕЧНОГО РАКА	57
МАТЕРИАЛЫ XVII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ФИЗИОЛОГОВ ЮГА РСФСР	57
ИДЕИ Э.С.БАУЭРА И ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ	60
МОСКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ ДОКЛАДЫ МОИП «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»	60
Конец ознакомительного фрагмента.	64

Избранные труды

Том 1

Борис Георгиевич Режабек

© Борис Георгиевич Режабек, 2020

ISBN 978-5-0051-7417-8 (т. 1)

ISBN 978-5-0051-9230-1

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Справочник «Биофизики России»

РЕЖАБЕК Борис Георгиевич

кандидат биологических наук 03.00.03 – биофизика
(бионика, 108)

Международный Экологический Фонд — Председатель
правления

Северо-Кавказского Отделения

Институт Ноосферных Разработок и Исследований
(ИНРИ) – Директор

Международный Университет междисциплинарных
исследований —

Зав. Кафедрой нанобионики

Основные работы по биофизике и биологической кибернетике:

Исследование динамики сверхслабых свечений возбудимых тканей (совм. с Э. М. Рудой) // Труды II-й Всесоюзной конференции по биолюминесценции, Новосибирск, 1967

Исследование динамики аутофлуоресценции возбудимых структур (совм. с В. Н. Радченко) // Труды II-й Всесоюзной конференции по биолюминесценции, Новосибирск, 1967

Принцип Бауэра и биокибернетика. // Труды I-й Северо-Кавказской конференции по кибернетике. Ростов н/Д, 1968

О некоторых микроструктурных и свободнорадикальных показателях возбуждения. // «Физико-химические основы процессов возбуждения» М, МОИП, 1970 (совм. с А. Б. Коганом и Л. М. Гоголевой) с. 91—96

Самонастройка в одиночном нейроне. // Материалы IV Всесоюзной конференции по нейрокибернетике. Ростов н/Д, 1970

Самонастройка в одиночном сенсорном нейроне, как модель возможного поведения элемента самоорганизующихся нейронных ансамблей.

Автореферат дисс. на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Ростов н/Д, 1970

О поведении механорецепторного нейрона в условиях замыкания его цепью искусственной обратной связи. ДАН СССР, 1970, т. 196, вып.4. С. 981—984

Автоколебания в системе, включающей нервную клетку в цепи искусственной обратной связи. // Конференция «Колебательные процессы в биологических и химических системах». Пущино-на Оке, 1971

Биологическая кибернетика. Учебное пособие для университетов. (соавт.— А.Б.Коган, Н.П.Наумов, О. Г. Чораян). М. «Высшая школа», 1972.

Нелинейные колебания, как механизм регулирования ритмической активности нейрона (соавт.— А.Б.Коган, О. С. Васильева)

// Материалы IV Международного Конгресса по биофизи-

ке, М. 1972

Нелинейное захватывание ритма при раздражении изолированной нейрорецепторной клетки // ДАН СССР, 1973 т. 210, вып.2 (соавт.

А.Б.Коган, О. С. Васильева)

Захватывание ритма при раздражении нейрорецепторной клетки

«Биофизика», 1973, т. XVIII, №2 (соавт. А. Б. Коган, О. С. Васильева)

Устойчивое неравновесие живой материи – основа избирательной чувствительности биологических объектов к электромагнитным полям.

// «Электромагнитные поля в биосфере» М., 1985, «Наука» Т.2, с. 5—16

Общие аспекты исследования механизмов биологического действия ЭМП в биологии (соавторы Н.Ф.Красногорская, Л.А.Шелепин, В. Е. Быховский).

// там же, Т.2, с. 171—178

Развитие и современное состояние проблемы биологических усилителей

// II Международный Конгресс «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб, 2003

О ПОВЕДЕНИИ МЕХАНОРЕЦЕПТОРНОГО НЕЙРОНА В УСЛОВИЯХ ЗАМЫКАНИЯ ЕГО ЦЕПЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

**Доклады Академии наук СССР
1971. Том 198, №4 ФИЗИОЛОГИЯ**

УДК 62—506+612.815.1

(Представлено академиком Е. М. Крепсом 21 IV 1970)

Обсуждение принципов, обеспечивающих высокую надежность биологических управляющих систем, по сравнению с техническими, приводит к представлению о бесхемной вероятностно-статистической организации структур ц. н. с. Роль отдельных нейронов в таких структурах фиксирована не жестко, что приводит к известной взаимозаменяемости элементов и обеспечивает надежность. Однозначность реакции системы достигается при этом за счет статистического усреднения реакций отдельных нейронов.

Существует ряд экспериментальных данных (), указывающих на то, что в структурах мозга нейроны объединяются в функциональные ансамбли, организованные по вероятностно-статистическому принципу. ^{2 3}

Изучение механизмов самоорганизации нейронных ансамблей должно проводиться на базе исследования тех особенностей, которые характерны для поведения нейронов, как элементов биологических систем.

с.ну.б.пН-102и.чН-373 *Рис. 1 Блок-схема установки, . – сенсорный нейрон растяжения, . – усилитель биопотенциалов, – шлейфный осциллограф, . – измеритель частоты, – самопишущий вольтметр*

К таким свойствам в первую очередь относятся «активность», т. е. способность биологических систем к таким перестройкам структуры и функции, которые обеспечивают достижение оптимального режима функционирования уже на уровне отдельного элемента. ¹

Объединение таких элементов в системы более высокого порядка приводит к известным ограничениям в достижении отдельными элементами их «частных» оптимальных режимов.

Тем не менее наличие активности на уровне элементов представляется характерной и принципиально важной чертой биологических самоорганизующихся систем. В настоящей работе предпринята попытка выявить такие свойства на уровне отдельного нейрона.

Удобным объектом для исследований такого рода является нейрорецептор растяжения речного рака, допускающий изучение поведения нервной клетки, изолированной от регуляторных ограничений со стороны организма, чего при работе с другими объектами добиться чрезвычайно трудно. ⁴

Было проведено выяснение характера поведения механорецептора в условиях замыкания его цепью искусственной обратной связи по схеме на рис.1.

Импульсная активность нейрона отводилась внеклеточно при помощи усилителя биопотенциалов УБП1—02 и регистрировалась с помощью шлейфного осциллографа Н-102.

Частота импульсов нейрона связана со степенью растяжения рецепторной мышцы (4). Один из концов этой мышцы был закреплен неподвижно, а другой захватывался с помощью зажима, который был соединен со стрелкой самопишущего вольтметра рычагом с отношением плеч 1:8.

На вход вольтметра поступал сигнал с измерителя частоты, пропорциональный частоте импульсации нейрона.

Обратная связь, устроенная таким образом, приводила к тому, что увеличение частоты перемещало стрелку в сторону, уменьшающую растяжение мышцы, а уменьшение частоты влекло за собой увеличение растяжения мышцы.

В начале опыта стрелку фиксировали в таком положении, при котором нейрон генерировал импульсы с частотой 5—7 имп/сек.

При выключенной обратной связи препарат может рабо-

тать с такой частотой много часов.

Включение обратной связи (о.с.), производимое путем освобождения стрелки, приводит к тому, что в системе возникают автоколебания: при растяжении мышцы частота возрастает, это приводит к сжатию, частота уменьшается (в силу особенностей динамических характеристик рецептора частота при быстром сжатии обычно падает до нуля), затем мышца вновь растягивается и т. д. (рис. 2,). а б

Рис. 2. Устойчивые автоколебания и п. с. р.: – возникновение автоколебаний; о.с. – момент включения обратной связи. Запись на Н-373 в течение 100 сек. – возникновение автоколебаний. Запись на Н-102. Нижний луч – колебания растяжения мышцы, средний – импульсная активность. – ограничение автоколебаний: – ограничение растяжения мышцы с одной стороны, – с двух сторон, – искусственная остановка. Устранение ограничений приводит к восстановлению амплитуды автоколебаний. Запись на Н-373. – поиск стационарного режима (п.с.р.). Запись на Н-373. Последняя стадия процесса. Стрелки соответствуют моментам начала записей на Н-102 г а б в 1 2 3

Если искусственно ограничить амплитуду качаний стрелки или зафиксировать ее на некоторое время, то колебания возникают вновь с прежними параметрами, как только вмешательство экспериментатора прекращается (рис.2В 12 опытах, проведенных при температуре 20°, наблюдалось следующее. Через 10—15 мин. амплитуда колебаний начина-

ет уменьшаться, изменения частоты импульсов и степени растяжения мышцы прогрессивно убывают и в конце этого процесса система приходит в такое состояние, при котором не подвергается более ритмическому автораздражению и генерирует импульсы с постоянной частотой (рис. 3а). Этот процесс мы обозначаем как «поиск стационарного режима» (п.с.р.). Длительность стадии устойчивых автоколебаний и п. с. р. несколько варьируют для разных препаратов и сильно зависят от температуры. Стационарное состояние с частотой 3—6 нмп/сек может длиться несколько часов. в).

Это говорит о том, что физиологическое состояние препарата не страдает в период стадии незатухающих колебаний и п. с. р. Сам процесс п. с. р. не может быть сведен к обычной адаптации или утомлению препарата при действии длительного ритмического раздражения: специально поставленные опыты показывают, что нейрон может подвергаться внешним раздражениям в ритме автоколебаний до часа без существенного изменения характера своей ритмической активности.

В стационарном режиме частота может несколько изменяться. Вариации частоты имеют характер небольших случайных флуктуаций с возвращением к стационарному режиму

Изменения, происходящие в системе в процессе п. с. р., следует отнести на счет функциональных перестроек в нейрорецепторе. Пока нет оснований для ответа на вопрос

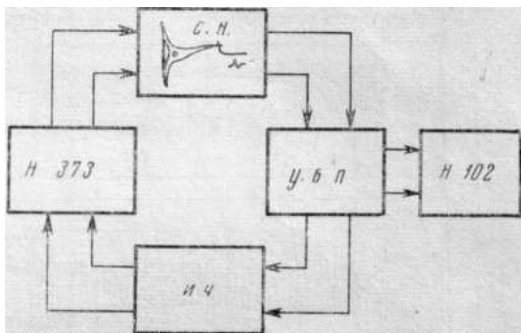
о том, где локализируются эти изменения – в дендритном аппарате, ответственном за возникновение генераторного потенциала, или в аксонном холмике, где возникает ритмическая активность.

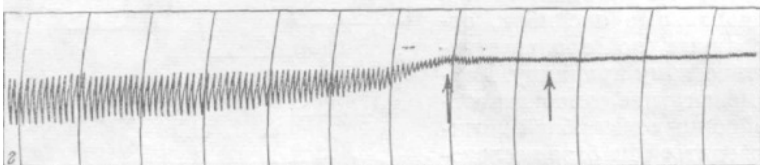
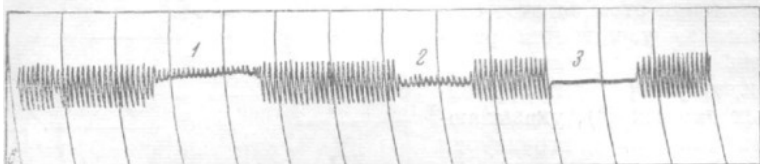
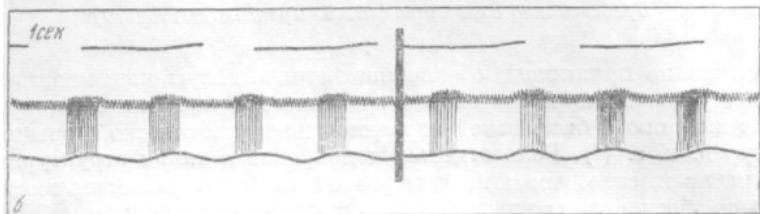
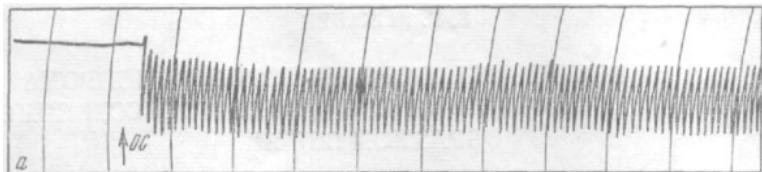
Следующий ряд наблюдений касается изменения длительности п. с. р. при повторных искусственных отклонениях от стационарного режима. Обычно длительность уже второго п. с. р. значительно меньше, чем первого. Длительность третьего п. с. р. еще меньше, а последующие п. с. р. ограничены всего несколькими колебаниями, вплоть до апериодического приближения к стационарному режиму.

Это говорит о том, что функциональные изменения, происходящие в нейрорецепторном аппарате, имеют стойкий характер и накапливаются от опыта к опыту. Примеры таких наблюдений представлены на рис. 3 в, г.

Описанные изменения сохраняются в течение нескольких часов, причем продолжительность п. с. р. через длительное время после предыдущего по-прежнему ограничивается одним-двумя колебаниями.

Поступило 16.Ш. 1970





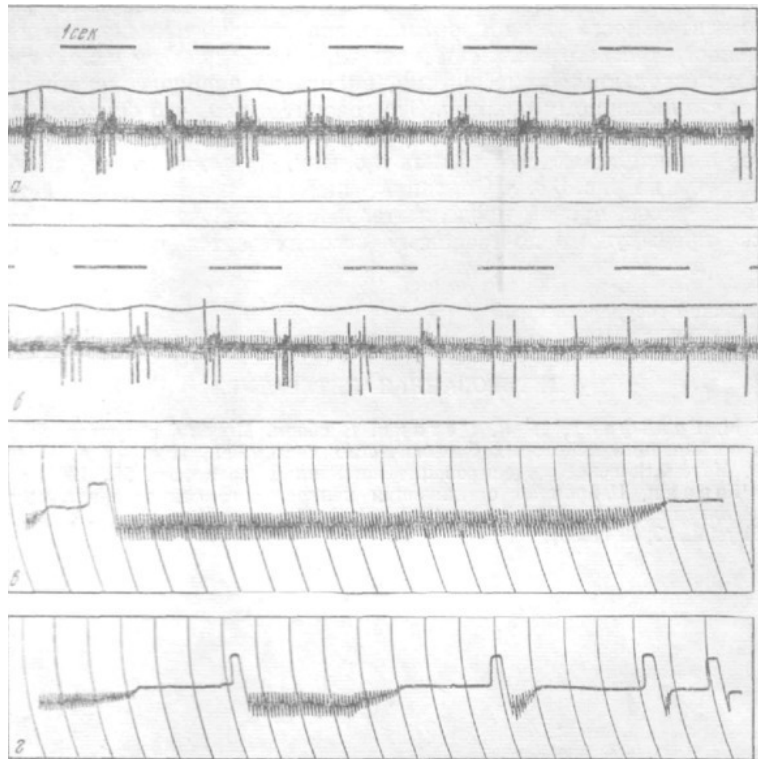


Рис. 3. Отдельные моменты последних этапов п.с.р. (а, б). Запись на Н-102. Средний луч — колебания растяжения мышцы, нижний — импульсная активность. в — запись третьего п.с.р. на Н-373. Общая длительность поиска 160 сек. г — запись последовательной серии п.с.р. при переходе к аperiodическому режиму поиска. Длительность п.с.р. монотонно убывает

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Гельфанд, М. Л. Цетлин // Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем, М., 1966.
2. А. Б. Коган // Математическое моделирование жизненных процессов. М., 1968, стр. 211.
3. О. Г. Чораян Нейронная организация центрального отдела зрительного анализатора лягушки. Ростов-на-Дону, 1969.
4. C. Eyzaguirre, S. W. Kuffler, J. Gen. Physiol., 39, 69, 1955.

О возможных внутриклеточных механизмах запоминания

Доклад в Московском Обществе Испытателей Природы (МОИП) 23 ноября 2016 года

До конца 19 века физиологи не знали, как нервные клетки связаны друг с другом. К. Гольджи считал, что между нервными клетками нет границ и нервная система представляет собой сеть. А С. Рамон-и-Кахаль считал, что нервная система состоит из отдельных нервных клеток – нейронов. Следующий шаг сделал знаменитый нейрофизиолог Чарлз Скотт Шеррингтон, получивший Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1932 году «за открытия, касающиеся функций нейронов». Его учениками были такие выдающиеся нейрофизиологи, как Джон Эклз, Рагнар Гранит и Говард Флори, тоже ставшие нобелевскими лауреатами. Ч. С. Шеррингтон создал теорию синаптической связи нейронов, в 1897 году предложил понятие «синапс» и привел доказательства существования синапсов. Шеррингтон (как и Дж. Эклс) был верующим человеком и держался идеалистических взглядов на мир, его взгляды в СССР были мало известны, в основном их упоминали в связи с полемикой Ч. С. Шеррингтона и И. П. Павлова о природе сознания и теории рефлексов.

Наиболее популярной гипотезой о природе памяти в нейрофизиологии и сегодня является идея о том, что при работе синапсов их проводимость увеличивается. Поэтому многие нейрофизиологи опираются на предположение о том, что память и накопление информации связаны с изменениями в синапсах. Большинство современных нейрокибернетических моделей мозга исходит из этих представлений. В основе таких моделей лежит «нейрон Мак-Каллоха – Питтса» (1943), фактически – пороговый триггер со многими входами.

Нейрон Мак-Каллока – Питтса

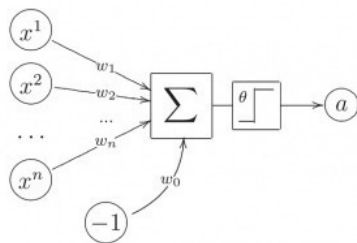
В 1943 г. Уоррен Мак-Каллок и Уолтер Питтс предложили модель нейрона, обладающую следующими свойствами:

- нейрон имеет несколько входов и один выход
- через входы (j) нейрон принимает входные сигналы (x) ;
- входные сигналы умножаются на весовой коэффициент (w) и суммируются ;
- выходной сигнал нейрона – нелинейная функция (ϕ), $f(S)$ называемая активационной. Обычно ϕ – это функция Хевисайда.

Было установлено, что НС могут выполнять любые логические операции и любые преобразования, реализуемые дискретными устройствами с конечной памятью.

Эта модель легла в основу теории логических сетей и конечных автоматов и активно использовалась психологами и нейрофизиологами при моделировании некоторых ло-

кальных процессов нервной деятельности.



$$a(x) = \varphi\left(\sum_{j=1}^n \omega_j x^j - \omega_0\right)$$

Персептрон Розенблатта

Идея Мак-Каллока – Питтса была реализована Фрэнком Розенблаттом в 1958 г. в виде компьютерной программы, а в 1960 г. в виде электронного устройства, моделирующего сетчатку человеческого глаза. Позже М. Минский и С. Пайперт в своей книге «Персептроны» строго математически доказали, что однослойные персептроны в принципе не способны решать многие простые задачи. Многие понимали, что надо усложнять структуру персептронов, и были разработаны «многослойные персептроны»

Задачи, решаемые с помощью нейросетей

– если есть математическая модель какого-то процесса, то изучая влияние входных параметров на выходные, можно решить задачу оптимизации моделируемого процесса

– если математическая модель является нестационарной, то её можно использовать для решения задач прогнозирования

– если математическая модель работает в реальном режиме времени, то результаты математического моделирования могут быть оперативно переданы оператору, управляющему объектом, или могут быть непосредственно введены в приборы, что позволяет решать задачи управления моделируемым объектом или процессом

– нейронные сети могут решать задачи распознавания

и классификации образов, причем под образами понимаются зрительные изображения, символы, тексты, запахи, звуки, шумы.

Сегодня существует фактически два типа вычислительных систем для компьютеров – Фон-Неймановская и нейрокompьютерная. Но пока что никакой из них не удалось описать реальное поведение даже простейшей нервной системы нематоды *Caenorhabditis elegans*!

В 60-е годы большие ученые делали многообещающие прогнозы по поводу возможностей компьютерного моделирования живых систем, и человеческого мозга в частности.

Норберт ВИНЕР в работе «Кибернетика и общество» писал:

«Индивидуальность тела есть скорее индивидуальность огня, чем индивидуальность камня, это индивидуальность формы строения, а не кусочка вещества. Эта форма может быть передана или видоизменена и скопирована, хотя в настоящее время мы лишь знаем, как скопировать ее на близком расстоянии (...)

То, что мы пока не можем телеграфировать схему человека из одного места в другое, связано, в основном, с техническими трудностями...»

Иосиф Самуилович ШКЛОВСКИЙ (в книге «Вселенная, жизнь, разум» 1975): «За прошедшие 15 лет «разум» наших электронных вычислительных машин улучшился в миллион раз... В течение нескольких следующих десятилетий следу-

ет ожидать увеличения характеристик «разума» машин еще по крайней мере в несколько десятков тысяч раз. «Разум» таких машин по основным параметрам будет заведомо превосходить разум человека».

Через 40 лет (в 2015 году) компьютерные мощности увеличились примерно в миллиард раз. Но где же машины, которые заведомо превосходят разум человека по основным параметрам?

Понимание ситуации было и остается фундаментально неверным!

Учет возможностей нервных клеток к поиску оптимального состояния, обучению и запоминанию результатов, открывает совершенно новые пути для понимания работы мозга и, возможно, созданию новых устройств на этой основе. В США на эти проблемы тратят не менее 100 миллионов долларов в год, но дальше идеи о «коннектоме» – составлении карты связей между нейронами) пока что не продвинулись.

Очевидно, современным создателям «Искусственного интеллекта» явно не хватает какого-то принципиально нового «измерения», нового подхода, который мог бы позволить понять принципиальную разницу между работой живого мозга и мёртвой электронной схемы. По нашему убеждению, в этой сфере могут оказаться востребованными идеи В. Я. Александрова, которые вдохновили автора на проведение экспериментов с нервной клеткой, вообще не обладаю-

щей синапсами – рецепторе растяжения речного рака.

В эксперименте на изолированном нейроне, замыкая его обратной связью по частоте, автор обнаружил способность одиночного нейрона к поисковой активности, достижению через поиск оптимального состояния и запоминания кратчайшего пути, ведущего к этому состоянию (Доклады АН СССР, 1971, т.198, №4, с. 981—984)

Было показано, что даже отдельный нейрон способен к довольно сложному поведению, обучению и запоминанию результата. Результат опыта представляет интерес как для создания более близких к оригиналу моделей мозга, так и для цитоэтологии. Владимир Яковлевич Александров (1906—1995), создатель «цитоэтологии» – науки о поведении живых клеток, писал, что у живой клетки «есть маленькая, но душа». (В.Я.Александров. «Проблема поведения на клеточном уровне.» Успехи современной биологии. 1970. Т.69, вып. 2. С. 220—248)

Ричард Фейнман (1918 – 1988), один из величайших физиков XX века, получивший нобелевскую премию за работы в области квантовой электродинамики, проявлял большой интерес к этой проблеме. Он писал:

«Однажды я наблюдал за парамецием и увидел что-то, что не было описано в книгах, по которым мы учились в школе, более того, в учебниках для колледжа этого тоже не было. (...) В учебниках это поведение описано как чисто механическое, подобное компьютерной программе – но выглядит

оно совсем не так. (...) Оно далеко не так механистично или одномерно, как там написано.

Поведение этих простых животных следовало бы описывать правильно. Пока мы не увидим истинный масштаб поведения одноклеточного животного, мы не сможем до конца понять поведение более сложных животных».

Представляет интерес проблема передачи информации от мембраны клетки к ДНК, выяснение природы процессов, позволяющих изменять активность генов под влиянием сигналов, связанных с усилительными клеточными системами.

ПРОТОКОЛ №08/016/ ПЭМ заседания секции МОИП «ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИИ МАТЕРИИ»

23 ноября 2016 года г. Москва

ПРИСУТСТВУЮТ: д. ч. МОИП , , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП , д. ч. МОИП С. В. Багоцкий Г. Л. Ванециан И. А. Верещагин, И. А. Карышева А. П. Кугай Ю. М. Люляев К. А. Мусин Б. Г. Режабек А. Ф. Топунов, А. Л. Харитонов, К. Б. Шумаев, Е. Д. Яхнин.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Доклад Б. Г. Режабека «О возможных внутриклеточных механизмах запоминания».

: открыл заседание и предоставил слово . **Е. Д. Яхнин Б. Г. Режабеку**

сделал доклад о своих экспериментах на изолированной нервной клетке, замкнутой цепью обратной связи, в которых было продемонстрирована способность нейрона к поиску оптимального режима, обучению и запоминанию результата. (см. выше) **Б. Г. Режабек**

В 1971 году докладчик исследовал одиночный нейрон, прикрепленный к мышце и реагирующий на её растяжение.

Он замкнул нейрон системой обратной связи, заставляющей сжиматься мышцу. Возникли автоколебания. Но появилось и нечто более интересное.

Оказалось, что характеристики пачек импульсов со временем меняются. Через полчаса нейрон входил в стабильный режим – **автоколебания прекращались**

Но при повторении эксперимента. А в третьем эксперименте колебания прекратились **автоколебания прекращались уже через 15 мин менее чем за минуту. При этом наблюдались изменения интервалов между импульсами – наблюдалась «поисковая активность».**

Это свидетельствует о том, что нейрон способен к поисковому поведению и самообучению, причем запоминание результатов поиска не может быть связано с изменениями в синапсах, поскольку таковые отсутствуют. Этот результат находится в соответствии с представлениями В. Я. Александрова, который выдвинул идею о «поведении клеток». В 1970 году он опубликовал в «Успехах современной биологии» статью «Цитоэтология». Эти идеи поддерживал и Ю. А. Лабас.

В 1975 году И. С. Шкловский писал «Разум вычислительных систем увеличился с 1960 года в миллионы раз. И скоро он превзойдет человеческий мозг». Однако это предсказание не оправдалось. Не реализовалась и компьютерная модель мозга.

Физик Р. Фейнман считал, что инфузории ведут себя не так, как их модели.

Дж. Экклз говорил о душе. По его мнению, главная задача сегодня заключается в том, чтобы спасти человека от материалистической деградации.

: Каковы отношения Вашего эксперимента к гомеостатике? **А.Л.Харитонов**

: Это не совсем гомеостатика. Опыты свидетельствуют о том, что у клетки есть свои потребности. **Б. Г. Режабек**

: Какие ещё были работы на эту тему? С момента Вашей публикации прошло 45 лет! **А. Ф. Топунов**

: В 70-е годы моя лаборатория в Ростовском университете была разрушена, и я не имел возможности продолжать эксперименты. Вы не хотели бы их продолжить? **Б. Г. Режабек**

: Я занят другими проблемами. Вы пытались опубликоваться на Западе? **А. Ф. Топунов**

: Нет. **Б. Г. Режабек**

: Сколько времени сохранялась память о предыдущих экспериментах. **А. П. Кугай**

: Неизвестно. Нейрон гибнет через двое суток. **Б. Г. Режабек**

: Не связаны ли Ваши результаты с утомлением нейрона? **А.П.Кугай**

: В экспериментах без обратной связи утомления не было. **Б.Г.Режабек**

Клетка влияет на окружающую среду и находит для себя

оптимальное состояние.

: А почему Вы называете это поиском? **К.А.Мусин**

: Потому что эти изменения случайны. **Б.Г.Режабек**

: Сколь правомерны аналогии между клеткой и человеческим обществом? **Ю.М.Люляев**

: Столь же правомерны, как понятие «поведение». **Б.Г.Режабек**

: Свойствами, которые Вы обнаружили, в принципе обладает любая большая макромолекула. **А.Л.Харитонов**

: Наверное, да. **Б.Г.Режабек**

: Нужно исследовать разные системы. Любая система ищет устойчивость во внутренней системе координат. **А.Л.Харитонов**

: Как можно использовать теорию конечных автоматов для анализа клеток? **К.А.Мусин**

: Не знаю. **Б. Г. Режабек**

: Существует принципиальная разница между сознанием и поведением клеток. Человек познает мир душой. Человеческое сознание принципиально общественно. **Ю.М.Люляев**

: Слово «поведение» очень важное. У собаки есть поведение, а у пули – нет. **Б.Г.Режабек**

: Поведение есть там, где возможен выбор. **Ю. М. Люляев**

: В Индии жил великий мыслитель Шри Ауробиндо, в работах которого говорится о «разуме клеток». **И.А.Карыше-**

ва

: Шри Ауробиндо – это не наука, а метафизика. Но индийский биофизик Джагадиш Чандра Бос имел сходные представления. **Б. Г. Режабек**

В беседе с С. В. Багоцким мы пришли к выводу о том, что МОИП мог бы представить нашу работу на соискание Нобелевской премии. Я делал доклад в МОИП о Нобелевских премиях, не выданных русским ученым, и говорил о том, что в ряде случаев (А. М. Оловников, Ю. А. Лабас) это произошло из-за того, что Европа мало читает нашу научную литературу, а мы не думаем о наших приоритетах и не представляем работ наших учёных в Нобелевский комитет.

: Экспериментальные данные докладчика очень интересны, но объяснение без дальнейших экспериментов – это метафизика. Нужно искать гранты на продолжение работы. Кто хочет – ищет возможности, кто не хочет – ищет причины. У эритроцитов есть метаболическая память. **А.Ф.Топунов**

Нужны серьезные исследования. Вопрос о выдвижении на Нобелевскую премию наше собрание решать не может, но можно поставить его на общей Конференции МОИП.

: Ваши эксперименты очень интересны и нуждаются в развитии. Но я не могу одобрить Ваше стремление всюду искать душу. Душа – это не объяснение. **Е. Д. Яхнин**

Председательствующий поблагодарил докладчиков и участников заседания за интересную дискуссию и объявил заседание закрытым.

Председатель секции Проблем
Эволюции материи МОИП Е. Д. Яхнин
Ученый секретарь секции А. К. Погорелов
Ученый секретарь МОИП С. В. Багоцкий

ЗАХВАТЫВАНИЕ РИТМА ПРИ РАЗДРАЖЕНИИ НЕЙРОРЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ РЕЧНОГО РАКА

БИОФИЗИКА Том XVIII, вып. 21973

А. Б. Коган, Б. Г. Режабек, О. С. Васильева

Ростовский государственный университет

При локальном раздражении синусоидальным током через микроэлектрод быстро адаптирующегося и медленно адаптирующегося нейронов обнаружено захватывание частот с отношением 1:1 в области 2—4 и 19—23 гц, а также с отношением 2:1 в области 5—7 и 24—27 гц. Увеличение амплитуды стимула приводит к расширению полос захвата. Обсуждается связь наблюдаемых эффектов с проблемой самоорганизации нейронных сетей.

Проблема самоорганизации нейронных структур требует выяснения двух основных вопросов:

1) какие свойства элементов систем существенны для самоорганизации, 2) какими должны быть законы взаимодействия элементов, позволяющие реализовать самоорганизацию.

То, что элементы самоорганизующихся систем должны обладать определенной спецификой, неоднократно подчеркивали как математики [1—3], так и биологи [4—8]. Поведение элементов биосистем в свою очередь определяется спецификой физико-химического состояния живого вещества, находящегося в состоянии «устойчивого неравновесия» [6], которое, с современной точки зрения, можно интерпретировать, как результат взаимодействия многоуровневых внутриклеточных нелинейных осцилляторов как кинетической, так и молекулярно-структурной природы.

По-видимому, механизм взаимодействия нелинейных осцилляторов является одним из механизмов самоорганизации [9, 10].

В особенности существенным этот механизм может считаться при рассмотрении внутриклеточной самоорганизации как механизма синхронизации пространственно разобщенных процессов в клетке и взаимодействия нейронов, каждый из которых непрерывно подвергается воздействию ритмических импульсных потоков.

Хотя этот вопрос несомненно важен, в современных моделях нейронов, к сожалению, не представлены ни способность нейрона к целесообразному приспособлению, ни возможность наличия эндогенных ритмов, свойственных данному нейрону и позволяющих ему избирательно реагировать на входной импульсный поток. Наличие таких ритмов обсуждалось в ряде физиологических работ в связи спробле-

мой «пейсмейкер» [11].

В настоящей работе представлены экспериментальные данные, свидетельствующие о наличии таких ритмов в изолированной нейрорецепторной клетке речного рака.

Методика

Потенциалы действия (ПД) отводились внеклеточно от нервного ствола с помощью серебряного электрода диаметром 0,3 мм. Импульсы усиливались УБП1—02 и регистрировались с помощью шлейфного осциллографа Н-102. *м.м.*

Раздражение производилось стеклянными микроэлектродами, заполненными раствором КСl. Диаметр кончика измерялся под микроскопом МБР-1 и составлял 2—5 мкм, сопротивление 1—5 Мом. *М*

Микроэлектрод подводили с помощью микроманипулятора ММ-1 к избранной точке нейрона под контролем микроскопа МБР-1 (рис.1). В качестве источника раздражающего тока использовался генератор ГЗ—47.

Результаты экспериментов

– Реакция быстроадаптирующегося нейрона.

Реакция быстроадаптирующегося (БА) нейрона на механическое (адекватное) раздражение достаточно подробно изучена многими авторами [12, 13].

При электрическом раздражении наиболее эффективным является положение микроэлектрода в области аксонного холмика (АХ), при этом возбуждение происходит, когда на микроэлектроде отрицательное напряжение. Порог раз-

дражения в этом случае минимален. Располагая микроэлектрод вблизи сомы или удаляясь от АХ по волокну, можно наблюдать изменение порога и даже инверсию знака раздражающего потенциала.

При условии одинаковой реакции на толчок постоянного тока, которой можно добиться, расположив микроэлектрод при подготовке к опыту соответствующим образом, реакции различных препаратов на ритмическое раздражение совпадают с точностью до 10%.

Такое раздражение не вызывает импульсной активности нейрона, пока $f_c < 1,5$ гц.

Рис.2

На рис. 2 показано изменение частоты БА-нейрона (f) при изменении частоты стимула (f); амплитуда раздражения 11 в. Микроэлектрод расположен вблизи АХ. n_c

При достижении этой частоты наблюдается резкий переход к режиму, при котором нейрон работает с частотой, совпадающей с f (рис. 3,а). Диапазон захватывания частоты (ЗЧ) зависит от амплитуды стимула. c

В данном опыте ЗЧ скачком прекращается при $f_c = 7$ При изменении f от 7 до 8 наблюдается ЗЧ с делением в отношении 2:1, при частотах, незначительно превышающих 8 нейрон реагирует на каждый третий или четвертый стимул и затем реакция вообще исчезает вплоть до частоты 13 (рис. 3,б). От 13 до 14 реакция является вероятностной, т. е. однозначного соответствия между f и f установить не удает-

ся и при повторных стимуляциях реакция в этом диапазоне оказывается каждый раз иной. С 14 начинается ЗЧ вплоть до 27 В диапазоне от 27 до 30 наблюдается переходной режим реакции, при котором можно обнаружить отклик нейрона, соответствующий либо каждому периоду стимула, либо с выпадением одного периода. С 30 до 42 наблюдается ЗЧ с делением частоты 2:1, и, наконец, при более высоких частотах реакция вновь становится вероятностной. *гц. гц гц, гц гц гц гц. гц гц с с Н*

При дальнейшем увеличении частоты стимуляции вплоть до 20 000 импульсная реакция нейрона отсутствует. На рис. 3, представлен ход процесса от 15 до 60 Если изменять амплитуду стимула, общий ход реакции закономерно изменяется. *гц в гц.*

Результаты можно объединить с помощью рис.4. Линия представляет собой геометрическое место точек, соответствующих началу первой полосы ЗЧ с отношением частот $f: f_a$ равным 1:1. Линия б соответствует переходу в вероятностный режим, – началу первой полосы ЗЧ с отношением частот 2:1, – ее окончанию и – исчезновению импульсной реакции. Линия соответствует началу новой полосы ЗЧ. *а в г д е с*

Реакция становится детерминированной (отношение частот 1:1), начиная с линии и остается таковой вплоть до линии Между и реакция недетерминированна, между и захватывание происходит с делением частоты 2:1. В области меж-

ду и реакция опять становится вероятностной, и, наконец, линия соответствует окончательному исчезновению импульсной реакции нейрона вплоть до $f = 20\,000$. Таким образом, можно наблюдать три четко выраженных полосы ЗЧ и одну (– менее выраженную. *ж, з, з и и к к л л гц.* (*а-б, ж – з, и -к*) в *г*) *с*

Рис.4 Пояснения в тексте

Эти эффекты мы наблюдали на 30 препаратах. На одном и том же препарате измерения можно проводить многократно (10 и более раз) без заметных изменений в результатах. Для различных препаратов соответствующие частоты несколько отличаются вследствие небольших различий в положении микроэлектрода, а также в зависимости от физиологического состояния препарата.

Наиболее стабильна область второго ЗЧ с отношением частот 1:1 в то время как предыдущие области захватывания на некоторых препаратах отсутствовали. Иногда отсутствовала и область (рис.3, Если кончик микроэлектрода расположить вдали от АХ, общий ход кривой $f = \varphi(f)$ изменяется. (*ж-з*), *и-к г*). *н с*

В области низких частот в этих опытах до того, как начинается захватывание 1:1, можно наблюдать пачечную активность. Число импульсов в пачке с увеличением f уменьшается, и пачка вырождается в одиночные импульсы, затем происходит деление частоты в 2, 3, ... раз и где-то на 10—15 импульсная активность исчезает. Приведенные результа-

ты относятся к опытам, в которых частота стимула линейно нарастала со временем. *с п гц*

В следующей серии опытов исследовалась реакция БА-нейрона на включение стимула фиксированной частоты (f). *с*

Рис. 5. Длительность реакции БА-нейрона при включении стимулов различной частоты

Если f находится за пределами зон ЗЧ, то БА-нейрон некоторое время τ , зависящее от f и амплитуды стимула, работает с частотой $f = f$, затем адаптируется и прекращает импульсную активность (рис. 5). *с с н с*

При f , принадлежащей области ЗЧ $\tau = \infty$ в этих условиях нейрон не проявляет адаптации. *с*

Зависимости τ от f для одного из препаратов (два первых диапазона не показаны) представлены на рис. 6. *с*

Рис. 6. Зависимость времени реакции от частоты и амплитуды стимула: 1—амплитуда 20 В; 2—амплитуда 10 В; 3—амплитуда 8 В

От препарата к препарату эффект варьирует незначительно.

– Реакция медленно адаптирующегося нейрона.

Реакция МА-нейрона качественно во многом сходна с реакцией БА. Основное отличие связано с тем, что МА-нейрон при отсутствии раздражения может генерировать импульсы с собственной фоновой частотой (2—30 определяемой степенью приложенного растяжения. *гц*),

При включении ритмического раздражения, начиная

от 0,1 частота нейрона модулируется изменениями стимула (рис.7, затем появляются пачки импульсов (рис.7, б и в), дальнейшее увеличение f вызывает ЗЧ с отношением 1:1 (рис.7, $гц$, $а$), $г$). $с$

Ширина этого диапазона ЗЧ и значения его граничных частот зависят как от фоновой частоты работы нейрона f , так и от амплитуды стимула. С увеличением f диапазон захватывания расширяется. Зависимость этого диапазона от амплитуды стимула при $f = 9$ представлена на рис. 8. $ф ф ф гц$

На рис. 9 представлены результаты опыта при $f = 2$ и амплитуде стимула 8В. Микроэлектрод расположен вблизи АХ. $ф гц$.

Первая область ЗЧ с отношением 1:1 наблюдается при $f = 1,5—3,5$. Затем следует область захватывания 2:1 и довольно широкая полоса вероятностной реакции. $с гц$.

Интересно отметить, что в области $11 < f < 16$ импульсная активность МА не возвращается к фоновой частоте (2а отсутствует, что указывает на тормозящее влияние стимула в этом диапазоне. Дальнейшее увеличение выявляет, как и в случае БА, вторую полосу ЗЧ с отношением 1:1, ширина которой также зависит от амплитуды стимула и не зависит от f . $гц гц гц$), $f с с ф$

Вхождение в эту область предваряется участком вероятностной реакции, которая может быть обнаружена и при переходе от режима 1:1 к 2:1 и затем после последнего (на рис.9. в интервалах 23—24 и 26—32 соответственно).

При частотах выше 32 не удается обнаружить воздействие стимула данной амплитуды на импульсную активность МА, нейрон возвращается к исходной фоновой активности. *гц гц*

В пяти опытах на МА-нейроне наблюдалась третья область ЗЧ с отношением 2:1 на частотах 40—50 *гц*.

При большой f и определенной амплитуде стимула обе области ЗЧ с отношением 1:1 сливаются (рис. 7, и ϕ z δ).

При удалении от АХ наблюдается то же изменение эффекта, что и на БА, только при f 10—15 частота нейрона не равна нулю, а соответствует степени растяжения. $c > гц$

Обсуждение

Полученные результаты дают конкретный материал, подтверждающий представление о наличии в нейроне эндогенных ритмических процессов, связанных с механизмами, управляющими порогом нейрона и генерацией импульсов. То, что в данном случае ЗЧ наблюдается при раздражении изолированного нейрона, представляет решающее преимущество в сравнении с опытами такого же типа на центральных нейронах. Относительно физико-химической природы интрацеллюлярных осцилляторов мы можем высказываться лишь спекулятивно. Представляется, например, привлекательной мысль о связи наблюдаемых нами полос захватывания с осцилляциями мембранных структур, регулирующими критический уровень деполяризации нейрона. Можно допустить, что эти структуры, в свою очередь, связаны с внутриклеточными структурами, определяющими белко-

вый синтез, как это делает Хиден [13].

Для кибернетического рассмотрения наибольший интерес имеет представление о том, что отдельный нейрон может обладать набором резонансных ритмов, позволяющих избирательно реагировать на входной поток импульсов. Полученные данные свидетельствуют в пользу такого предположения.

Способность нейрона избирательно реагировать на различные входные частоты необходимо учитывать при разработке моделей нейронов и нейронных сетей. Наличие собственных частот у нейронов может привести к появлению в сетях из таких элементов существенно новых свойств, в частности самопроизвольного распада такой сети на функциональные ансамбли, самоподстройку нейронной сети к наиболее эффективному режиму функционирования, самовосстановлению функциональных свойств при выходе из строя отдельных элементов.

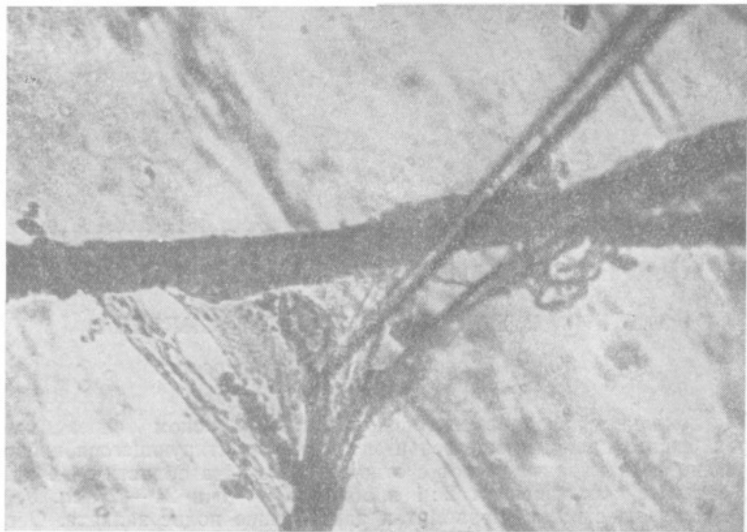


Рис. 1. Микрофотография препарата с микроэлектродом в области аксонного холмика медленно адаптирующего нейрона

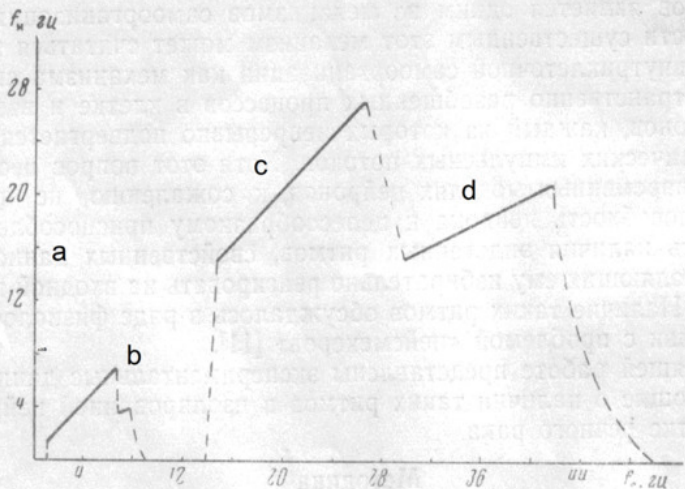


Рис. 2. Изменение частоты БА-нейрона (f_n) при изменении частоты стимула (f_c). Пояснения в тексте

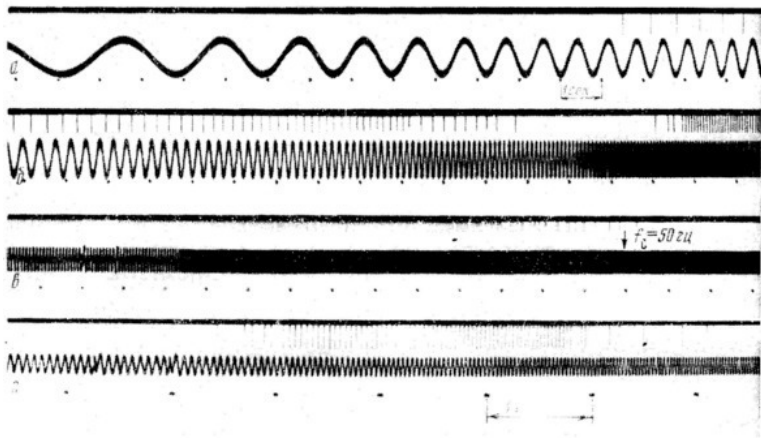
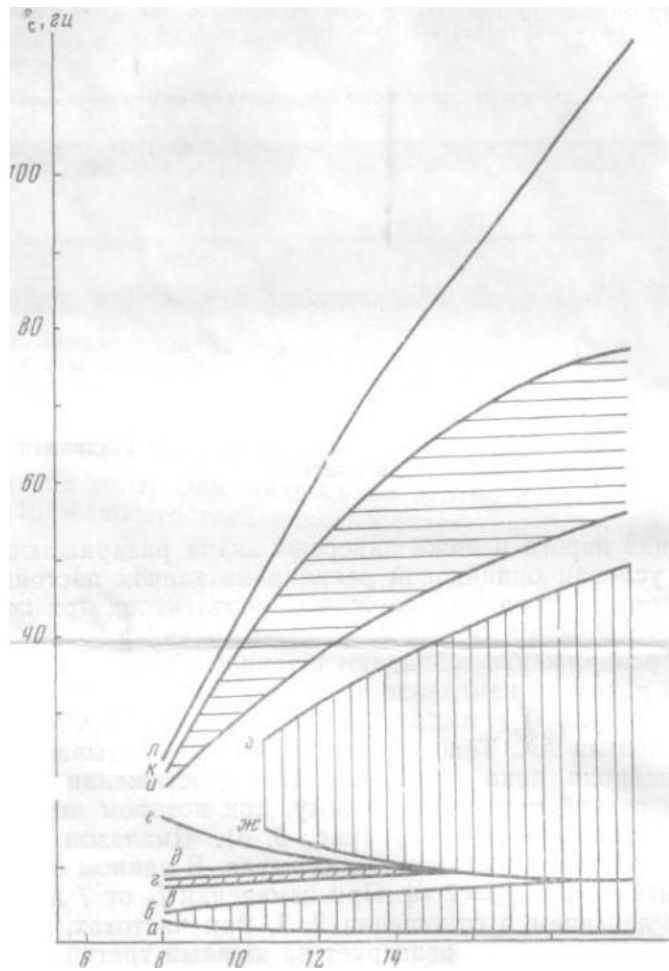
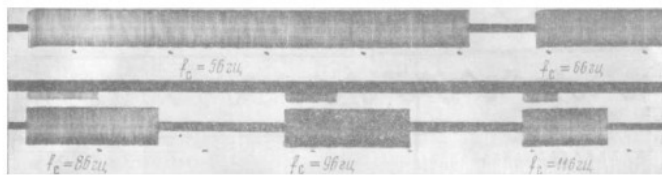
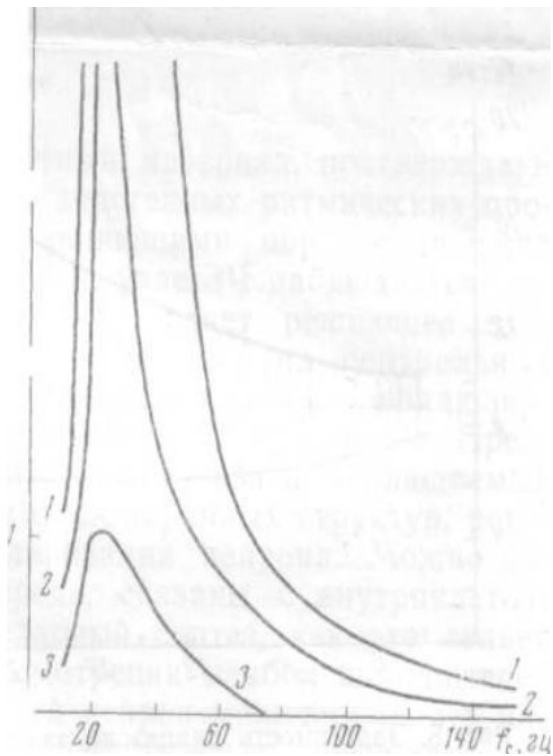


Рис. 3. Импульсная активность БА-нейрона при ритмическом раздражении. Пояснения в тексте







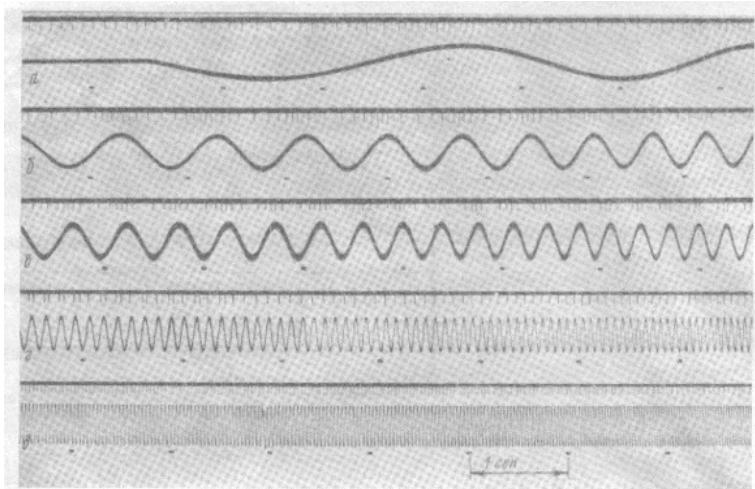


Рис. 7. Импульсная активность МА-нейрона при ритмическом раздражении. Пояснения в тексте

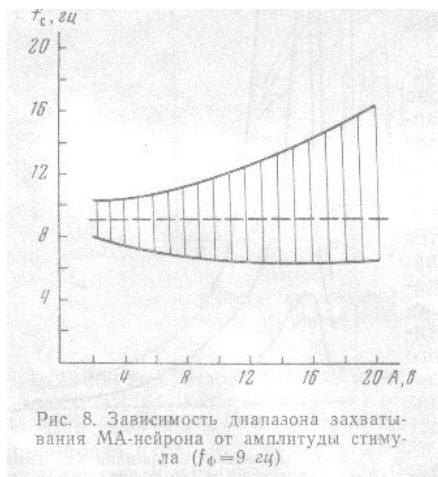


Рис. 8. Зависимость диапазона захватывания МА-нейрона от амплитуды стимула ($f_{\phi} = 9$ гц)

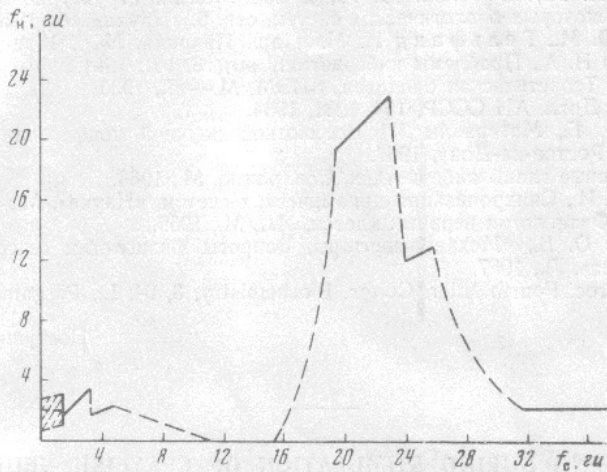


Рис. 9. Изменение частоты МА-нейрона (f_n) при изменении частоты стимула (f_c). $f_\Phi = 2$ гц. Пояснения в тексте

ЛИТЕРАТУРА

1. Бир Ст., Кибернетика и управление производством, «Мир», М., 1966.
2. Цитлин М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем, «Наука» М., 1969.
3. Гельфанд И. М., Цетлин М. П., В сб.: Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем, с. 9, «Наука», М., 1966.
5. Васильев Ю. М., Гельфанд И. М. и др., «Природа», №6, 13 и №7, 24, 1969.
6. Бернштейн Н. А., Проблемы кибернетики, вып. 6, 101, 1961.
7. Бауэр Э. С., Теоретическая биология, ВИЭМ, М.– Л., 1935.
8. Коган А. Б., ДАН СССР, 154, 1231, 1964.
9. Режабек Б. Г., Материалы III Всесоюзной научной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 1967.
10. Блехман И. И., Синхронизация динамических систем, М., «Наука» 1971.
11. Экклс Дж., Физиология нервных клеток, ИЛ, М., 1969.
12. Ильинский О. Б., «Механорецепторы. Вопросы физиологии сенсорных систем», «Наука», Л., 1967.
13. Hyden H., Proc. Fourth Inter. Congr. Biochemistry, 3, 64, L., Pergamon Press, 1959.

Поступила в редакцию 8. VI. 1972

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙРОРЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ

МАТЕРИАЛЫ XVII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ФИЗИОЛОГОВ ЮГА РСФСР

*г. Ставрополь, 1969
I ТОМ, с.22—23*

В литературе сложился взгляд на нейрон, как на аналоговоимпульсный преобразователь информации. Во многих работах авторы считают, что частота импульсной серии полностью определяется значением генераторного потенциала / ГП/. Эта же точка зрения принята в ряде математических моделей /Попов, 1965, 1967/. Однако реальный процесс преобразования информации следует разбить на два этапа: I)

возникновение ГП в ответ на внешнее воздействие и 2) возникновение серии импульсов в аксонном холмике, зависящее от соотношения между ГП и критическим уровнем деполяризации / КУД/ Последний, в свою очередь) не есть величина постоянная, а может зависеть как от величины ГП, так и от скорости его изменения.

В качестве объекта экспериментальных исследований был выбран сенсорный нейрон рецептора растяжения речного рака /СНРР/. Были изучены статические характеристики, отражающие зависимость частоты импульсной активности от степени растяжения. Характеристики линейны в начальной части, затем в диапазоне 30—40 имп/сек наступает насыщение, после чего следует срыв.

Известно, что частота срыва не является предельной для нервного волокна рецептора, т.к. деполяризуя клетку можно достичь частоты 120 и более имп/сек. Поэтому можно считать, что при медленном растяжении частота разряда отражает изменения уровня ГП, который, в свою очередь, связан с избирательным повышением проницаемости сенсорной мембраны к ионам натрия в силу изменения состояния структурированной воды в порах участков мембраны, подвергаемой растяжению. /Режабек, 1966/. Однако при переходе к изучению динамических характеристик ситуация существенно меняется. При исследовании по методу Фурье вместо ожидаемых плавных изменений частоты с некоторым сдвигом по фазе, типичных для линейных систем, обнаруже-

ны периодические «вспышки» импульсов. Этот факт может быть сопоставлен с «биокибернетическим законом однонаправленной чувствительности» Клайнса и указывает на существенную нелинейность объекта по отношению к производной сигнала.

Изучение зависимости формы характеристик от скорости растяжения показывает закономерный сдвиг кривых при нарастании скорости воздействия. При быстром сжатии импульсы исчезают уже в том диапазоне, в котором при медленном сжатии нейрон работает с частотой 20—25 имп/сек. Изменение частоты после резкого растяжения, представленное в логарифмическом масштабе времени, четко выражено двумя отрезками с различной степенью наклона. Это говорит о двух процессах, ведущих к снижению частоты. Один из них, вероятно, связан с вязко-эластическими процессами в мышце, а второй следует связать с изменениями КУД генеративной мембраны /аккомодацией/. Представления об изменении пороговых свойств зависимости от скорости изменения внешнего воздействия нам представляется интересным связать с общебиологической концепцией «устойчивого неравновесия» живых систем, выдвинутой в работах Э. Бауэра /Бауэр, 1935/.

ДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ УЧАСТКАМИ СПЕКТРА НА ИМПУЛЬСНУЮ АКТИВНОСТЬ РЕЦЕПТОРНОГО НЕЙРОНА РЕЧНОГО РАКА

МАТЕРИАЛЫ XVII НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ФИЗИОЛОГОВ ЮГА РСФСР

г. Ставрополь, 1969

I ТОМ, с. 31 – 32. В. В. Радченко, Б. Г. Режабек

Нами собрана установка, позволяющая проводить микрооблучение клетки, допускающая формирование светового зонда до 3 микрон в диаметре (Режабек, 1966). Опыты проводились на изолированном рецепторе растяжения речного рака.

Интактный рецептор способен длительно (до нескольких часов) поддерживать постоянный уровень ритмической активности с частотой 2—0 имп/сек.

Облучение участком спектра 2600—2800Å (комбинация хлорбромного фильтра с фильтром УФС-I) приводит к замедлению ритмики и характерным перебоям в импульсной активности. Эффект обратим: на одной клетке опыт можно повторить 6—10 раз (при длительности облучения 1 мин. и перерывах между облучениями до 10 минут).

Иное действие оказывают лучи, выделенные светофильтрами с полосой пропускания вблизи 3660Å и 3130Å. Обе эти области оказывают возбуждающее действие на нейрон. Импульсная активность через 10 сек после облучения увеличивается на 30—40% и удерживается на новом уровне.

До сих пор речь шла о действии УФ спектра. Существенно необратимое действие оказывает полный спектр. Частота импульсов за 10 сек доходит до 80—100 имп/сек, после чего наступает срыв активности, очевидно, связанный с гибелью клетки. —

Клетку можно сенсibilизировать к облучению видимым светом путем прокрашивания ее различными люминофорами, имеющими сродство к определенным молекулярным компонентам цитоплазмы.

Одним из наиболее изученных люминофоров является акридиновый оранжевый (АО), применяющийся в цитохимии для выявления нуклеиновых кислот. На рецепторе, прокрашенном АО (аналогичный эффект наблюдался с уранином) наблюдался интересный эффект резкого торможения (через 1—2 сек после облучения). Эффект полностью обра-

тим, причем восстановление исходного уровня активности также происходит очень быстро (за 2—3 сек). Нужно заметить, однако, что этот эффект связан скорее всего с действием не световых, а тепловых лучей, т.к. освещение с тепловым фильтром не вызывает подобного эффекта.

ИДЕИ Э.С.БАУЭРА И ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ

МОСКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ ДОКЛАДЫ МОИП «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»

Доклад прочитан 20 мая 2006 года

Творчество замечательного советского биолога Э.С.Бауэра привлекает в начале третьего тысячелетия все большее внимание биофизиков, биологов и философов. Эрвин Симонович Бауэр является одним из тех ученых, которые не боялись заглядывать далеко вперед и, опираясь на логику и мощную интуицию, создавать пути для решения фундаментальных проблем биологии, намного опережая уровень знаний своего времени.

Сегодня его книга переиздана уже несколько раз, и, что особенно интересно, даже в издательстве «R&C dynamics», специализированном на издании классиков науки в области физики и математики. Отнюдь не случайно великий русский

физиолог А.А.Ухтомский сделан на своей книге, подаренной Бауэру, надпись: «Эйнштейну в биологии»!

Бауэр, как и Эйнштейн, дает нам пример того, что такое гениальность в науке, подтверждая точную мысль А.С.Пушкина «Гений – парадоксов друг»

Ведь гений, как известно, смотрит на вещи, которые видели все, но видит то, чего до него не видел никто другой. Действительно, главная идея Бауэра об «устойчивом неравновесии» живой материи ничуть не менее парадоксальна, чем мысль о том, что скорость света не зависит от системы координат.

До Бауэра все физиологи были уверены в том, что хрестоматийные опыты Рубнера с измерением теплоты, выделяемой в животным в калориметре при «сжигании» пищи, являются подтверждением того, что и для живых существ закон сохранения энергии выполняется так же, как и для неживых физических систем. Бауэр же увидел в этом эксперименте, принципиально важном для борьбы с витализмом, но тривиальном с точки зрения термодинамики, нечто совершенно иное – парадокс свободной энергии живого вещества.

Фундаментальным основанием термодинамики является Первое Начало, согласно которому внутренняя энергия любого физического тела (системы) может быть изменена только двумя способами: с помощью работы δA или с помощью передачи тепла δQ .

Математически Первое Начало термодинамики выража-

ется уравнением

$$\Delta E = -\delta A + \delta Q$$

Знак «-» перед приращением работы связан с тем, что работу считают положительной, если тело (система) совершает её над окружающими телами, и отрицательной, если работа совершается над телом. Приращение внутренней энергии ΔE является полным дифференциалом, а внутренняя энергия E – функцией состояния, но ни δA , ни δQ полными дифференциалами не являются, что подчеркивается использованием греческой, а не латинской буквы для обозначения их приращений. Но опыты Рубнера свидетельствуют о том, что $\Delta E = \delta Q$, и, следовательно, δA равно нулю!

Действительно, если вся энергия, заключенная в пище, полностью, как показывает опыт, превращается в тепло, то каким же образом организм может синтезировать вещества с высоким энергосодержанием, поддерживать тонус и трофику тканей, осуществлять процессы роста и развития, выполнять всю работу, необходимую для жизнедеятельности?!

Нужно было обладать гениальной интуицией и хорошо понимать физику, чтобы вместо тривиального сравнения «сгорания» пищи в организме с процессами в топке паровоза прийти к мысли о том, что в отличие от неживых систем любая часть живой материи, вплоть до субмикроскопического уровня, обладает избытком «структурной энергии», и именно поэтому она способна усваивать, утилизировать и накапливать

ливать свободную энергию, получая её из пищи.

Понимание этого приводит Бауэра к формулировке «Принципа Устойчивого Неравновесия» – основы физики живых структур:

. «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счет своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях»

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.