

ДИСКУССИИ

В течение двух лет (2002, № 5; 2003, № 6) в журнале публиковалась дискуссия по одной из фундаментальных проблем психологической науки, поставленной С.Л. Рубинштейном и в течение многих лет плодотворно разрабатываемой А.В. Брушлинским, – недизъюнктивности, континуальности психических процессов. В соответствии с общепринятыми в научном сообществе этическими нормами ведения дискуссии заключительное слово предоставляется ее инициатору – А.Н. Костину. Обсуждение проблемы выявило несогласие оппонентов с аргументами Костина о частичном признании концепции недизъюнктивности и существовании “двух классов психических процессов – дизъюнктивных и недизъюнктивных” (2002, № 5, с. 20). Кроме того, и в первой (2002, № 5) и в публикуемой ниже статьях есть утверждения, с научной достоверностью которых члены редакционной коллегии категорически не могут согласиться. Таким образом, данные статьи отражают личную точку зрения А.Н. Костина, не совпадающую с мнением членов редакционной коллегии.

ЕЩЕ РАЗ О ПАРАДОКСЕ НЕДИЗЪЮНКТИВНОСТИ ПСИХИКИ И ДИСКРЕТНОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© 2004 г. А. Н. Костин

Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник ИП РАН, Москва

В разделе “Дискуссии” в последнем номере “Психологического журнала” за 2003 г. были напечатаны статьи Ю.И. Александрова, Е.А. Сергиенко [1] и М.А. Воловиковой [3] в ответ на мою статью о парадоксе недизъюнктивности психики и дискретности нейрофизиологических процессов [4].

Я останавлиюсь только на тех аргументах оппонентов, которые непосредственно оспаривают мои рассуждения.

В статье Ю.И. Александрова и Е.А. Сергиенко сформулированный парадокс рассматривается как недоразумение, суть которого в устаревшем подходе к пониманию импульсной активности нейрона. К сожалению, возражения оппонентов представляют уже целую цепь недоразумений и неточностей. Они выражаются в отсутствии строгих формулировок используемых определений дискретного и непрерывного процессов, в опровержении не высказываемых и даже противоположных взглядов, а также в игнорировании ряда существенных положений при рассмотрении парадокса.

Исходным пунктом возражений является то, что активность нейрона неправильно рассматривать «как организованной по принципу “все или ничего”»: спайк либо есть, либо его нет, а если он есть – то он стандартен по амплитуде и другим свойствам. Интервалы же между спайками – ни что иное как просто их отсутствие» [1, с. 99]. Далее отмечается, что спайки одного нейрона могут сильно различаться по амплитуде, которая зави-

сит от генеза спайка, предшествующего состояния нейрона и т.д.

Это первое из встреченных недоразумений, так как при определении дискретного процесса мной отмечается, что импульсы (необязательно одинаковые) не являются его определяющим признаком. Вот точная формулировка: “дискретность процесса определяется не импульсной формой сигнала, а наличием выделенных состояний и, в частности, пороговых свойств” [4, с. 16]. Поэтому спайковая активность и не рассматривается по принципу “все или ничего”, в ней выделяются два равноценных состояния – высокое и низкое, т.е. отсутствие спайка не менее значимо, чем сам спайк.

Для того чтобы процесс был дискретным, нужны специальные механизмы для преобразования непрерывного сигнала в выделенные (высокое и низкое) состояния. Одним из этих механизмов является пороговый эффект. Именно его наличие в спайках, генерация которых происходит только при превышении электрическими потенциалами на мембране нейронов (потенциалов покоя) определенных пороговых значений, а не их импульсная форма, и послужило основой отнесения спайковых процессов к дискретным. К сожалению, данное положение оппонентами игнорируется.

Во многом причиной недоразумений является то, что оппоненты не дают своих (или тех, которые они используют) определений непрерывного и дискретного процессов. Если попытаться обоб-

щать понятия, используемые для описания непрерывности, то ими окажутся *зависимость от предшествующего состояния, взаимообусловленность, неразрывная связь* и т.п. Отмечается, что спайки даже для одного нейрона различны и можно построить “континуум амплитуд спайков и их свойств; межспайковые периоды неразрывно связаны со спайковыми, т.е. спайки влияют на состояние нейрона в межспайковом интервале и наоборот. Поскольку идея континуальности предполагает взаимосвязь (взаимообусловленность) состояний объекта, постольку описание нейронной активности ... оказывается описанием континуальности” [1, с. 101].

Однако перечисленные понятия не являются специфическими для непрерывности, так как импульсы в компьютерных процессах также зависят друг от друга, и связь между ними определяется программной логикой. Фактически речь идет не о непрерывности, а преемственности, связанности, что далеко не одно и то же. Относительно различий амплитуд спайков и их континуума заметим, что одинаковых импульсов нет и в компьютерных процессорах.

Континуум не образуют и амплитуды спайков. Причиной является наличие уже упоминавшегося выше порогового эффекта на мембране нейронов, что не позволяет амплитудам спайков меняться непрерывно от сколь угодно малого значения электрического потенциала.

Если переходить к дискретности, то оппонентами она понимается как “концепт, относящийся к качественно определенным, конечным в пространстве и времени фазам движения и развития и ... к относительно самостоятельным фазам ... <поэтому> можно говорить о том, что существуют специфические *способы описания* (выделено мной. – А.К.) **непрерывного изменения состояния нейрона**, при котором выделяются определенные фазы этого изменения” [1, с. 101].

Понимание дискретности как специфического способа описания процесса придает ей не *онтологический*, а *гносеологический* смысл. Тем самым сама проблема соотношения дискретного и непрерывного приобретает схоластический характер – абсолютно все процессы нужно считать непрерывными!

Для сравнения напомним, что наши теоретические рассуждения строились на совершенно других определениях (для этого, к сожалению, придется привести длинную цитату). “В *непрерывном процессе* любое бесконечно малое изменение сигнала является следствием возникновения нового состояния, отличного от текущего. Тем самым *все значения* сигнала являются значимыми для отражения изменений в непрерывном процессе, а его форма имеет вид постепенно меняющейся кривой.

В *дискретном процессе* новое состояние возникает только тогда, когда изменение сигнала по отношению к текущему состоянию достигает некоторой величины. В этом состоянии сигнал считается *неизменным* и равным *определенному абсолютному или относительному значению*. Промежуточные значения сигнала при переходе между новым и текущим состояниями, а также его изменения в каждом из них являются *незначимыми*. Поэтому отражение изменений в дискретном процессе осуществляется с помощью нескольких *выделенных состояний*, а изменение сигнала не обязательно связано с изменением самого процесса” [4, с. 15].

В результате дискретный процесс является производным от параметров непрерывного и *вторичным* по отношению к последнему, кроме этого существуют они на разных структурных уровнях объекта. Поэтому нельзя согласиться с основным выводом оппонентов, что “непрерывность – всеобъемлющий принцип организации живого на разных его уровнях” [1, с. 105]. А в связи с тем, что непрерывные и дискретные способы формирования сигнала по-разному отражают содержание процесса, они несовместимы между собой, т.е. *дихотомичны*.

Дискретность не может быть и “кажущейся” [1, с. 102 и 103], она (как и непрерывность) или есть, или нет. Кстати, не очень понятно, как непрерывный процесс может казаться дискретным, что в нем создает эффект прерывистости? Обратный же эффект очень распространен, например, кажущийся непрерывным процесс смены дискретных кадров на кино-, телеэкране или мониторе.

Обосновывая непрерывность нейронных процессов, оппоненты специально подчеркивают, что метаболические “процессы в интервале между спайками являются значимыми, даже определяющими для формирования спайка и не могут быть от него оторваны” [1, с. 99]. При этом отмечается, что “движение ионов через мембрану, регистрируемое в электрофизиологии как изменение ее электрического потенциала, связано с транспортом внутрь клетки метаболитов (например, глюкозы), включающихся в клеточные циклы” [там же].

Но, как уже отмечалось, “если рассматривать процессы в интервалах между импульсами, то следует учитывать и изменение сигналов *в каждой точке* самих импульсов” [4, с. 16]. Тогда понятие спайка теряет всяческий смысл, так как нейронные электрические сигналы нужно рассматривать как некоторый волновой процесс.

Более того, при таком подходе импульсные процессы в транзисторах компьютерных процессоров также следует считать непрерывными! Но импульсы внутри транзистора не существуют как

нечто неизменное, а непрерывно сложным образом преобразуются.

Таким образом, между спайками и компьютерными импульсами можно провести определенную аналогию. И те, и другие реализуются за счет сложных, многообразных и неразрывно связанных с ними, но, безусловно, разных по своей природе (внутри-нейронных или внутри-транзисторных) процессов. Однако дискретность компьютеров сомнению не подлежит, ибо основывается на том, что смысловое *содержание* информационных и управляющих процессов в них выражают не особенности непрерывной работы транзисторов, а именно импульсы и их комбинации.

Следует учесть, что и сами цифровые компьютеры могут быть разной природы. Например, ведутся разработки квантового и биологического компьютеров, в процессорах которых импульсы будут реализовываться с помощью квантовых переходов и молекулярных преобразований, да и сами транзисторы могут быть разных типов. Но независимо от природы компьютеров на них могут реализовываться одинаковые программы.

Получается, что если импульсы и реализующие их процессы (зависящие от природы компьютера) не разделять, понять смысл выполняемой программы практически невозможно. Поэтому теоретические рассуждения о дискретности и непрерывности приобретают *методологическое значение*: если спайки являются дискретными, тогда для понимания содержания психических процессов импульсные нейронные процессы нужно *отделять* от всех остальных!

Тем не менее, допустим, что доводы оппонентов верны и нейрофизиологические процессы все-таки непрерывны, а спайки нельзя отрывать от метаболизма нейронов. Но эти *теоретические* положения входят в противоречие с современными *экспериментальными* данными. Имеются в виду исследования по созданию биороботов и соединению нейронов и компьютерных чипов (недавний обзор работ по данному направлению представлен в [5]).

В качестве примера рассмотрим структурную схему двухколесного биоробота [6], в котором оптические сенсоры и электродвигатели соединены через процессорный интерфейс с отдельными нейронами мозга миноги (см. рисунок). Созданная гибридная система управления обеспечивает движение робота по направлению к источнику света в зависимости от его расположения. Частота импульсной стимуляции нейронов устанавливается пропорциональной интенсивности света, измеряемой правым и левым оптическими сенсорами робота, а команды, определяющие скорость движения правого и левого колеса, формируются пропорционально скорости поступления спайков.

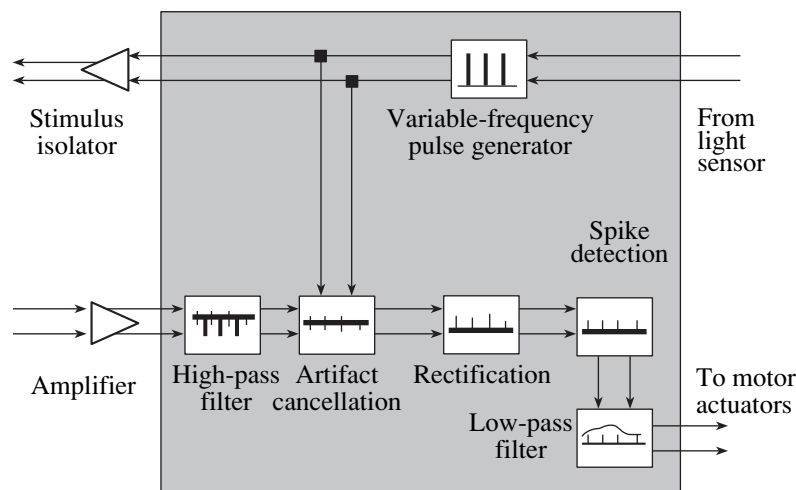
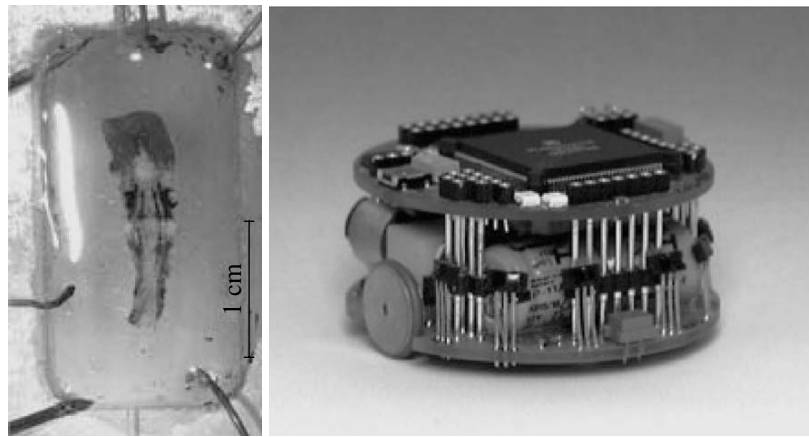
Очевидно, что процессы функционирования данного биоробота определяются электрическими импульсами (сенсорный поток) и спайками (моторный поток). Но если нейрофизиологические процессы непрерывны и для возникновения сенсомоторных психических процессов в живом мозге миноги недостаточно только электрических импульсов, а обязательно нужны метаболические процессы, которые, естественно, отсутствуют в электронных компонентах интерфейса, то данное устройство просто не должно работать!

Эти результаты находятся в русле нового направления нейронаук – нейроэлектроники, целью которой является создание интерфейсов “мозг-компьютер”. Они экспериментально доказывают, что импульсные компьютерные, спайковые и, по крайней мере, некоторые психические процессы имеют общую дискретную природу. При этом к возникновению последних приводят именно электрические импульсы, а не метаболизм нейронов.

Особого рассмотрения заслуживает тезис оппонентов, что противоречий между нейронным и психическим процессами можно избежать в парадигме системного подхода. “С позиций системного решения психофизиологической проблемы психическое в физиологическое не соотносимо напрямую, но лишь через общеорганизменные процессы, которые не могут быть сведены к активности отдельных нейронов или даже отдельных мозговых структур. Изоморфизм психики и активности нейрона некорректен. Не спайки отдельного нейрона, а интегративная деятельность всего мозга, взаимодействие его активности и активности других элементов организма в рамках качественно специфических информационных процессов могут быть рассмотрены в качестве мозговой основы психики” [1, с. 102].

Хотелось бы сразу подчеркнуть, что при формулировании парадокса происходило не отождествление *конкретных* психических и нейронных процессов, а сопоставлялись их *абстрактные качества* (дискретность и непрерывность). Тем самым, никакой изоморфизм психики и нейронной активности не проводился.

В то же время если в качестве мозговой основы психики рассматривать “качественно специфические информационные системные процессы”, то возникает вопрос: эти системные процессы – они непрерывные или дискретные? Системный подход не может дать ответ на этот вопрос, т.к. системы могут быть как непрерывными, так и дискретными (тот же компьютер). Но в любом случае, *качество* (дискретность или непрерывность) этих системных процессов и связанных с ними психических и нейрофизиологических процессов *должно быть общим, одинаковым!*



Гибридная система: нейронный препарат мозга миноги в физиологическом растворе (вверху слева); двухколесный робот (вверху справа); интерфейс (внизу) между роботом (справа) и препаратом мозга миноги (слева) (цит. по [6]).

Изложенное выше, на наш взгляд, доказывает, что парадокс, противоречие между недизъюнктивностью психики и дискретностью *импульсных* (и только импульсных) нейрофизиологических процессов можно считать вполне обоснованным не только теоретически, но и экспериментально.

Несогласие оппонентов вызвал и основной способ разрешения парадокса, заключающийся в разделении психических процессов на два класса – недизъюнктивные и дизъюнктивные – и выделения связанных с ними двух типов мышления – конкретного и абстрактного [1, 3, 4]. Ошибочность такого разделения доказывается в основном с методологических позиций.

Так, М.И. Воловикова считает его редукционизмом и обосновывает это обращением к понятию “живого процесса” мышления у Брушлинского [3]. Ю.И. Александров и Е.А. Сергиенко отмечают, что “современные исследования в когнитивной психологии скорее указывают на существование континуума в разных типах мышления и понятий, которыми оно оперирует, а не на

дихотомию понятий конкретное – абстрактное” [1, с. 103].

Прежде всего, здесь опять существует недоразумение из-за различий в определениях типов мышления. В нашем случае разделение мышления на конкретное, аналитическое, и абстрактное, синтезирующее, проводится не по форме, в которой оно осуществляется – “наглядно-действенной и абстрактно-логической”, а по типу используемых критериев. Такое деление обосновывается нами внутренним противоречием концепции недизъюнктивности, выражающимся в выделении двух типов проблемных ситуаций, а также дизъюнктивного и недизъюнктивного способов мышления. Кроме того, несомненным является наличие психических процессов, использующих механизм обратных связей, а значит дизъюнктивных. Разделение же указанных типов мышления определяется дихотомией дискретного и непрерывного процессов.

Еще одно недоразумение связано с упоминанием представления О.К. Тихомирова о наличии эмо-

ционального предрешения, которое предшествует осознанному решению и, возникая “еще до появления нового знания”, способствует формированию глобального критерия этого знания” [1, с. 98]. С одной стороны, такое представление противоречит утверждению, что одновременно выступает и как новое знание, и как его критерии (эталон), являющийся существенным элементом механизма мыслительного процесса “анализ через синтез” [2]. С другой стороны, это совпадает с моей позицией: критерии искомого “должны возникать раньше, до появления нового знания, а не одновременно с ним!” [4, с. 20]. Более того, качественные “критерии искомого возникают и существуют абстрактно в виде некоторого общего чувства истинности нового знания” [там же, с. 21]. Безусловно, такое чувство имеет определенный эмоциональный компонент, что также сближает его с эмоциональным предрешением у О.К. Тихомирова.

Острота рассматриваемого парадокса состоит в том, что его разрешению неизбежно упирается в психофизиологическую проблему и сделанное предположение о существовании вне мозга класса недизъюнктивных психических процессов.

Мнение Ю.И. Александрова и Е.А. Сергиенко о том, что сам парадокс снимается в рамках системного решения психофизиологической проблемы и связанные с этим упреки в изморфизме и прямом соотношении психических и физиологических процессов, сведении психики к активности отдельных нейронов нами уже рассматривалось выше.

Следует помнить, что принцип психофизиологического единства при всей его авторитетности — это все-таки только *философский постулат, а не доказательство проблемы*. Его спорность можно проиллюстрировать следующей аналогией: демонстрируемые телевизионные программы *неразрывно связаны*, едины с электромагнитными процессами, происходящими в телевизоре, однако изучение последних никогда не позволит понять механизмы создания телепередач и их внешнее по отношению к телевещанию происхождение.

Приведенные аргументы показывают, что необходимо менять саму *постановку* психофизиологической проблемы — не просто ставить вопрос

о соотношении *всей* психики и *всего* мозга, а рассматривать взаимоотношения разных классов как психических, так и физиологических процессов.

Решение психофизиологической проблемы не является исключительно делом нейрофизиологов. Ситуация такова, что кроме психологов и философов, к этому фактически присоединяются и специалисты высоких технологий, разрабатывающие интерфейсы “мозг-компьютер”, биороботов и нейропротезы. Может так оказаться, что именно их результаты существенно повлияют на решение данной проблемы. По крайней мере, уже сейчас понятно, что простейшие психические процессы могут возникать под воздействием компьютерных электрических импульсов.

Последнее. Я согласен с оппонентами, что А.В. Брушлинский скорее всего поддержал бы их взгляды, а не мои. Но несколько лет я вел и предполагал продолжать полемику, прежде всего с самим Андреем Владимировичем, потому что, не соглашаясь со мной по многим положениям, он находил их интересными. Именно этот интерес и поддерживал мою работу. Нельзя было себе представить, что трагедия оборвет диалог...

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И., Сергиенко Е.А. Психологическое и физиологическое: континуальность и/или дискретность? // Психол. журнал. 2003. Т. 24. № 6. С. 98–107.
2. Брушлинский А.В. Субъект: мышление, учение, воображение. М.: Институт практической психологии; Воронеж: НПО Модэк, 1996.
3. Воловикова М.И. По поводу парадокса недизъюнктивности психики // Психол. журнал. 2003. Т. 24. № 6. С. 107–109.
4. Костин А.Н. Парадокс недизъюнктивности психики и дискретности психофизиологических процессов // Психол. журнал. 2002. Т. 23. № 5. С. 14–24.
5. Mussa-Ivaldi F. A., Miller L. E. Brain-machine interfaces: computational demands and clinical needs meet basic neuroscience // Trends in Neurosciences. 2003. V. 26. № 6. P. 329–334.
6. Reger B., Fleming K., Sanguineti V., Alford S. and Mussa-Ivaldi F. Connecting Brains to Robots: An Artificial Body for Studying the Computational Properties of Neural Tissues // Artificial Life. 2000. V. 6. P. 307–324.