

**ФИЛОСОФИЯ МЕТОДОЛОГИИ НЕЙРОМОДЕЛИРОВАНИЯ:
СМЫСЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

А.В. Савельев

Здесь и сейчас я только отстаиваю и утверждаю абсолютные, непрекаемые права естественно-научной мысли всюду и до тех пор, где и куда она может проявлять свою мощь. А кто знает, где кончается эта возможность!

И.П. Павлов

У меня есть правило в жизни: человеку, который хоть раз соврал, я ему не верю никогда больше. Не горюй и не печалься. Жизнь разрешит самые сложные проблемы, если ей дать достаточно времени на это.

П.Л. Капица, 1935 г.

Несмотря на большое количество как сторонников, так и противников воспроизведения функций нервной системы, вопросы моделирования в нейрокомпьютинге как методологии продолжают оставаться вне области внимания. Тем не менее проблемы методологии нейрокомпьютинга в самом общем их понимании являются далеко не тривиальными. Вопросы пересечения методологии и философии на сегодняшний день считаются достаточно хорошо проработанными [1]. В настоящее время эти области трактуются в большей степени как разграниченные, чем объединенные, однако такой взгляд существовал не всегда. Так, Аристотель утверждал: "...И знание, и чувственное восприятие, и мнение, и рассудок, всегда ... направлены на другое, а сами на себя побочным образом. И если затем мыслить и быть мыслимым – это разные вещи, то спрашивается, в каком из этих двух слу-

чаев разум представляет предмет знания: в области знаний творческих это – сущность, взятая без материи, и суть бытия, в области знаний теоретических логическая формулировка предмета и постигающая его мысль... мы будем иметь здесь тождество, и мысль будет составлять одно с предметом мысли” [2].

Тенденция к отделению философии от методологии приводит к дальнейшему дроблению как философии, так и методологии. При выделении методологии из философии автоматически возникает необходимость подразделения ее на “прикладную, ориентированную на деятельность, подлежащую развитию и руководящую, ориентирующую саму методологию” [3]. Вместе с тем и в дроблении методологии, и в самом разделении методологии и философии нами также мыслится методологический характер этих действий. Построение какой-либо схемы уже само собой методологично, причем безотносительно к объекту схематизации. И если методологию характеризует деятельностная, а не экзистенциальная, как у философии, направленность, то построение схемы требует пусть умственной, но тоже деятельности, т.е. по своей природе оно также методологично. Кроме того, сам подход к *объяснению* экзистенциальности философии, например, как к достижению цели спасения [4] также методологичен, поскольку если говорится о спасении, сразу возникают вопросы “как?”, “каким образом?”, что выдает в них методологию. Следовательно, деление на философию и методологию (именно деление, а не сами объекты) довольно относительно. В связи с этим для большей определенности и наименьшего искажения реальности будем понимать движение от методологии к философии как движение в сторону повышения общности.

Работы специалистов по нейрокомпьютерам, как правило, в лучшем случае изобилуют вопросами о том, *как* воспроизводить функциональные свойства нервной системы (т.е. вопросами методологического характера), и при этом практически отсутствует какое-либо внимание к вопросу о том, *что* именно следует воспроизводить в нервной системе (т.е. к вопросу экзистенциального плана). Тем не менее этот, второй, вопрос не менее важен, поскольку связь нейрокомпьютера с биологическим прототипом весьма призрачна, что мало способствует дальнейшему прогрессу в этой области. Именно более пристальное внимание к природе биологической нервной системы может дать новые парадигмальные прорывы в нейрокомпьютинге, как это в свое время произошло с самими нейрокомпьютерами. То, что нейроинформатика не гонится за точностью воспроизведения биообъекта, а всего лишь

ищет более эффективные способы вычислений [5], является на самом деле следствием недостаточных успехов в этой области [6]. При достижении каких-либо кардинальных прогрессивных результатов вопрос о целях нейрокомпьютинга сразу же пересматривается. То же было и с искусственным интеллектом, причем только таким путем можно объяснить высокие уровни целей, которые, тем не менее, периодически ставятся в этих науках [7]. При этом трудности для разработчиков нейрокомпьютеров могут находиться не только в технической области, но и в области собственно биологии как науки о живом.

Предполагается, что разрыв между нейрокомпьютингом и нейробиологией не так велик, как принято считать, поскольку в этом плане со времени доклада Лайтхилла на заседании Британского Совета научных исследований в 1973 г., посвященного состоянию дел в сфере создания искусственного интеллекта, положение ничуть не изменилось, несмотря на огромные усилия, прилагаемые в этом направлении. М.Месарович подтвердил проблему, указанную Лайтхиллом, однако он также сводил ее к отсутствию достаточно строгого междисциплинарного языка, одинаково понятного нейрофизиологам и кибернетикам, в качестве которого предлагалась теория систем, впоследствии усиленно им разрабатываемая [8]. На самом деле нейробиология во многом испытывает сходные проблемы, поскольку все в большей мере пользуется техническими парадигмами [9]: начиная с И.М.Сеченова в 60-х годах XIX в. в связи с распространением машин и инструментальных методов – машинными, с появлением информатики – информационно-машинными [10].

Таким образом, не только техника учится у биологии, но и наоборот, причем последнее может быть как полезным, так и ограничивающим. Проникновение деятельностного аналитико-синтетического подхода в методологию науки и применение методологии точных способов исследования породили метод моделирования, в последнее время все более претендующий на тотальное господство. Изменения, произошедшие в нейрофизиологии после 60-х годов XIX в., знаменуют собой трансформацию общей методологии научного метода, начавшуюся и продолжающуюся и в других частных науках с вариацией времени и масштабов. Поэтому следует говорить не столько о внедрении методов моделирования в нейрофизиологию, сколько о частном проявлении в этой науке общей методологии научного исследования, сложившейся к тому времени и продолжающей двигаться в том же направлении, практически не меняя своего содержания, а трансформируя внешние черты и воплощаясь в различных лингвистических обо-

лочках, проблемных областях и новых прикладных аспектах. Нейрофизиология начинает приобретать черты, соответствующие общей методологии исследования, породившей искусственный интеллект, а затем и нейроинформатику, нейрокомпьютерные технологии [11].

Онтология нейромоделирования. Зачем вообще нужно моделировать центральную нервную систему в нейрокомпьютинге? На первый взгляд может показаться, что и в самом деле это не к чему. Если существующие нейронные сети на основе формальных нейронов Мак-Каллока – Питса являются универсальным аппроксиматором и могут с любой точностью имитировать любой непрерывный автомат [12], то что еще, казалось бы, нужно? Конечно, это достаточно привлекательное свойство, чтобы ограничиться подобными моделями и не стремиться к большему. Однако такие нейросети во всех случаях, иногда с большей эффективностью, иногда – с меньшей, решают те же задачи, которые решают непрерывные автоматные модели и также не решают задач, недоступных последним. В конечном счете нейросетевое моделирование с использованием в качестве элементов сетей формальных нейронов Мак-Каллока – Питса сводится в вычислительном отношении во всем своем кажущемся разнообразии к решению все той же задачи наименьших квадратов. В области обработки изображений хотя и был достигнут определенный прогресс, тем не менее результаты его несравнимы с результатами, которые демонстрируют биологические объекты, ни по скорости обработки, ни по удельным затратам вычислительных ресурсов, ни по качеству работы с изображениями. Стоит ли говорить о множестве неформализуемых и трудно формализуемых задач, которые вообще остаются за пределами досягаемости конечно-автоматных и нейросетевых моделей.

Кроме того, если посмотреть внимательнее, то можно заметить, что и цифровые вычислительные машины, построенные на принципах двоичной арифметики, также являются устройствами, моделирующими работу мозга, в частности работу мозга при выполнении простейших арифметических операций. Простейшие вычислительные устройства типа арифмометра, логарифмической линейки, счетов выполняют те же функции, только моделирование в этом случае еще более грубое. И наконец, сами математические операции также моделируют работу мозга человека при простейших, определенным образом стандартизованных поведенческих актах [13].

Таким образом, как правило, все, что связано с информацией, явным или неявным образом моделирует деятельность центральной нервной системы человека (или вообще биообъектов) [14]. Основополагающий

принцип нейромоделирования, применяемый на современном этапе, – нейросетевой совершенно не случаен и имеет довольно глубокие онтологические корни в окружающей нас развивающейся реальности. Достаточно отметить, что бурное развертывание процессов сетевизации началось задолго до применения их в нейромоделировании, а именно, в начале XX в. как распад научной рациональности в связи с появлением множества равномошных теорий и соответственно усилением их коммуникативных элементов. В дальнейшем мы наблюдаем закрепление этих достаточно идеальных процессов в соответствующих материальных образованиях, какими могут мыслиться, в частности, методология нейромоделирования, развития сети Интернет и т.д. [15].

Поэтому целенаправленные усилия в моделировании центральной нервной системы человека, конечно же, могут дать значительно лучшие результаты по сравнению со стихийным, неявным моделированием, которое так или иначе будет присутствовать. В этом смысле можно утверждать, что явное или неявное моделирование является универсальным принципом познания, и нейрокомпьютеры здесь не составляют исключения. Таким образом, необходимость моделирования центральной нервной системы человека может быть объяснена неудовлетворенностью результатами работы технических устройств, наличием нерешаемых ими задач, с одной стороны, и недостижимым совершенством функционирования биообъектов – с другой. Следует обратить внимание и на такой момент: сколько-нибудь серьезный прогресс практически в любой области знания достигается прежде всего благодаря детальному и всестороннему моделированию объекта исследования.

Онтология нейрометодологии. Зачем нужны в технике нейрокомпьютинга нейрофизиологические модели? Поскольку на самом деле нейрокомпьютеры как технические устройства проектируются исходя, в частности, из нейробиологических представлений о работе мозга, постольку, хотим мы того или нет, ограничения, присущие нейрофизиологическим моделям, автоматически закладываются и в наши представления о нейрокомпьютерах. Мы не можем сделать больше, чем то, что понимаем. Тем более, что грубость нейрокомпьютинга как раз и свидетельствует прежде всего о грубости нейробиологических представлений, так как явно и неявно базируется в конечном счете именно на них. О грубости концепций, применяемых в нейрокомпьютинге, можно судить хотя бы по проведенному нами сравнительному анализу морфологической структуры реальной нервной ткани и модели нейрона как стандартной ячейки Мак-Каллока – Питса, практически единственной, используемой в настоя-

щее время, нейросетевой концепции, принятой на вооружение в 40-х годах XX в. и совершенно не изменившейся с того времени [16]. Грубость существующих подходов к моделированию нервной ткани можно видеть также в функциональном отношении [17]. Необходимо также учитывать определенную ограниченность существующего подхода к оценке сложности моделей, применяемых как в нейрокомпьютинге, так и в нейробиологии [18]. Односторонность этих оценок, по всей видимости, заложена в самом понятии сложности, сформированном методологией системного подхода и явно обслуживающим именно его потребности, что, собственно, и вносит в них ограничения [19].

Именно поэтому имеет смысл заниматься самими нейрофизиологическими моделями. Переход в них на более высокий уровень понимания механизмов работы биологического мозга всегда означает потенциальную возможность воплощения ее в технике. Поэтому объяснение ранее необъяснимых феноменов нейрофизиологии является ценным и для создания новой интеллектуальной вычислительной техники, функционирующей на принципах, сколько-нибудь подобных биологическим. В этом плане вероятнее всего, что между нейрофизиологией и нейротехникой существуют взаиморекурсивные связи, т.е. причины ограничений технических парадигм заложены в нейрофизиологических моделях, которые, в свою очередь, неявно все более и более технизируются, однако в пределах, обуславливаемых сегодняшним уровнем техники.

Чтобы попытаться выйти за границы этого в своем роде замкнутого круга, предлагается выделить причины возникновения нейросетевого принципа [20], как основополагающего в технике нейрокомпьютинга в нейрофизиологических моделях, в наибольшей мере испытавших влияние технометодологии, и взглянуть на них с нетрадиционных позиций. Одновременно можно предложить посмотреть на "старую" нейробиологию с позиций новых технических знаний и исходя из новейших ее потребностей, что также может быть плодотворным для обеих сторон [21]. Таким образом, только выход за пределы и нейротехники, и нейробиологии может дать источник новых парадигмальных установок и соответственно нового прогресса в этих областях.

В дальнейшем по мере усиления технологического прогресса следует ожидать еще большего сближения биологических концепций с методологией построения техносферы. Однако это может осуществляться только путем вычленения из нативной биологии тех представлений и тех ее частей, которые могут принципиально оправдать технику, т.е. вычленение их исключительно по принципу возможности взаимной коммуника-

тивности [22]. Именно таким образом и происходит формирование того самого междисциплинарного языка, о котором говорил М.Месарович, но происходит самопроизвольно, причем процесс этот начался, по всей видимости, еще во времена И.М.Сеченова. Правда, этот язык формируется не пассивным образом (как представляет Месарович), он мало поддается сознательному управлению, его формирование происходит за счет сближения биологических и технико-технологических парадигм. Причем техника, обладая большим креативным потенциалом благодаря значительно большей включенности в нее деятельностного компонента, в существенно большей мере оказывает воздействие на биологические концепции, чем последние на технику. Биологические концепции все более формализуются исходя из образа и потребностей технической ментальности, причем существуют не только косвенные, неявные, но и прямые проявления этого. Сюда можно отнести различного вида биотехнические технологии начиная с уровня целостного организма (человек-оператор и технический объект, биологическая обратная связь, биоуправление и т.д.) и до уровня органов и систем (искусственные органы), а затем и до клеточного уровня (электрические контакты с техническими устройствами на уровне клеток, активная микроэлектродная техника и т.д.).

На самом деле на вопрос о целесообразности моделирования нервной ткани не может ответить никто. Точно так же не может, например, альпинист ответить на вопрос, зачем он, отказываясь от комфорта, идет в горы, подчас вообще рискуя жизнью, – его толкает на это огромный пласт неосознаваемого. То же и с технологиями нейротехники и нейрокомпьютинга: очень похоже, что метод моделирования является универсальным принципом познания, по крайней мере в локально обозримом отрезке времени. Более того, по всей видимости, существовало время, когда принцип моделирования не был универсальным и не был единственным, однако путь развития человечества, по-видимому, все более наделяет его универсальными и исключительными что-либо другое чертами. В этом заключается его сила и одновременно слабость. Поэтому ответ на вопрос о том, нужны ли нейрофизиологические модели в нейрокомпьютинге, достаточно условен: независимо от того, решим ли мы, что моделирование нужно или что оно не нужно, оно так или иначе будет присутствовать, только в различных формах. Сказанное выше может объяснить периодическое увлечение искусственным интеллектом и нейрокомпьютерами (особенно, в первоначальных постановках соответствующих задач).

Если учесть стремление к глобализации моделирования как метода, то разговоры о том, нужно или не нужно моделирование, утрачивают смысл. Поскольку моделирование так или иначе имеет место, речь, скорее, должна идти о том, будет ли этот процесс происходить сознательно и целенаправленно или же бессознательно и стихийно. Однако и в том, и в другом случае необходимо помнить о не прямой связи обоих подходов с результатами их применения, а также о закономерности несоответствия их первоначальным целям [23]. На наш взгляд, наиболее целесообразным было бы сознательное управление применением как первого, так и второго подходов и их сочетание.

Вопрос о субстанциональности. Виртуальность методологии.

Несмотря на множественность концепций нейрокомпьютерных систем и подходов к их построению, сложившихся к настоящему времени, все они лежат в одном русле, априорно полагая неизменным материал для реализации этих систем. Именно распространение методологии системного подхода [24] привело к современным взглядам на предельную абстрагируемость организованности систем, которая рассматривается как нечто стоящее над их субстанциональной сущностью и не зависящее от нее. В последнее время все чаще можно встретить суждения, являющиеся развитием этой идеи, – о независимости сущности информации от ее материального носителя. В качестве предельного случая рассматриваются биосистемы, включая человека и его разум. При этом, к сожалению, не принимаются во внимание прежние достижения науки, например содержащие в себе сведения об уже полученных результатах соотношения материи, энергии и информации и т.д. [25].

Появление представлений о независимости информационного наполнения от субстанциональной материальной основы, вероятно, связано с развитием компьютерных информационных технологий. Именно они создают иллюзию легкости обращения с информацией и кажущейся ее независимости от материального носителя. Однако необходимо помнить, что понятие информации постоянно трансформируется соответственно существующим способам и системам ее обработки и представляет собой довольно-таки узкоспециализированную область, так что на самом деле основная часть реальности остается за его пределами. Кроме того, материальный носитель даже такой огрубленной информации также является собой строго специализированные изделия (оптические, магнитные, магнитооптические диски, флэш-память, ПЗС-матрицы и т.д.). Однако технологические процессы изготовления материальных носителей и разработка способов записи на них информации скрыты для большинства

людей. Поэтому процессы переработки, хранения и преобразования информации в компьютерных системах в большей своей части носят пользовательский характер, что и обуславливает видимость легкости обращения с информацией.

На наш взгляд, в более общем случае это проистекает из современного представления о методологии моделирования [26] и является чрезвычайно важным для нейрокомпьютинга, поскольку при попытке перенесения функциональных свойств центральной нервной системы человека на другой материальный носитель неизбежно возникает (или должен возникнуть) вопрос о принципиальной реализуемости их на другом материальном носителе. Информационный объект существует только с помощью субъекта, который видит в нем то, что хочет видеть. В отличие от этого живая биологическая субстанция существует независимо от субъекта и его представлений о ней, даже если учитывать онтоэпистемологические интерпретации, например, буддийской логики, представляющие собой крайний взгляд на всеобщую взаимосвязь явлений мира: «Мы не имеем права обособлять части общего узора и говорить: вот солнце, вот “Я”. Нет солнца, нет “Я”, в смысле чего-то самостоятельно существующего. Есть лишь узор: “Личность, видящая солнце”, одна нераздельная картина» [27]. В этом случае можно сказать, что информационный объект зависит от субъекта существенно больше, чем природные объекты. И это, по всей видимости, связано с наличием значительного креативно-деятельностного компонента в информационном объекте, вносимого субъектом.

Что бы ни говорили о том, что сходство искусственных нейронных сетей с их биологическим прототипом не имеет никакого значения для нейрокомпьютинга, что методология моделирования этих сетей самоценна как ряд нетрадиционных вычислительных подходов, все же никто не будет отрицать, что при всем этом всегда хочется большего. Говоря о самоценности искусственных нейронных сетей, любой исследователь сознательно либо подсознательно желает более эффективного решения известных задач или решения задач, ранее нерешаемых. А поскольку технические системы пока остаются и еще долго (если не всегда) будут оставаться далекими от совершенства биологических систем, постольку нет такого “нейрокомпьютерщика”, который бы не желал проникнуть глубже в тайны мозга, как бы он это ни отрицал. Поэтому чрезвычайно важным является вопрос о связи функциональных возможностей нейрокомпьютеров с их субстанциональностью.

Насколько субстанциональность систем детерминирует их свойства и детерминирует ли их вообще? На наш взгляд, характер субстанции

может быть непосредственным образом связан с организацией системы и, более того, задает ее вид и саму цель организованности, практически полностью определяя основную аксиому, на базе которой строится система [28]. Вопрос о зависимости реализуемых функциональных свойств от характера субстанции, может быть подобен вопросу о том, насколько частные выводы дедуктивной системы связаны с общей основополагающей аксиомой, из которой они выводятся, и зависимы от нее.

Возможность моделирования нервных процессов. Этот вопрос является совсем не тривиальным, и перспективы здесь далеко не однозначно оптимистичны. В конечном счете попытки выявления такой возможности обязательно становятся стимулирующим фактором на пути движения в сторону повышения общности. Последнее происходит в любом случае при любых подходах и при попытках даже достаточно локального разрешения проблемы.

Так, И.П.Павлов, занимаясь в достаточной мере частными, т.е. узкоспециальными, вопросами физиологии нервных рефлексов (экспериментальное исследование условно-рефлекторной деятельности у животных, выработка и закрепление первичных и вторичных рефлексов пищевого поведения, выяснение корковых механизмов конвергенции афферентных стимулов и т.д.), двигаясь по пути повышения общности в попытках объяснить естественную природу психической сферы человека и решить таким образом психофизическую проблему, вышел на вопросы общепсихологического характера [29]. Сам И.П.Павлов, в частности, в беседе с американским психологом К.С.Лэшли [30] говорил об общем характере его метода, представлявшего собой общий подход к изучению природы вообще и биологии в частности. Опираясь на рационалистическую философию Р.Декарта, И.П.Павлов фактически использовал те же методологические основания, которые впоследствии стали базовыми принципами кибернетики (вход-выходные соотношения систем, принцип “черного ящика”, принципы причинности, анализа и синтеза и системного подхода), развитыми уже начиная с 40-х годов XX в., когда для этого появилась необходимая материально-техническая база – ЭВМ.

То же можно сказать и о П.К.Анохине, поднявшемся от исследования частных вопросов нормальной физиологии высшей нервной деятельности и нейронных механизмов обеспечения поведенческих актов до общих принципов организации, эволюции и возникновения сложных систем, оформившихся в теорию функциональных систем [31], давших начало синергетике и еще ждущих своего применения в качестве общей методологии научного познания природы [32].

И в том, и в другом случае такой подход становился стимулом для огромных прорывов в нейрофизиологии и научном познании вообще. Однако повышение общности, как правило, приводит к тому, что мы сталкиваемся с общеэпистемологической проблемой [33], которая, как известно, несмотря на более чем тысячелетнее существование, остается открытой в достаточно строгом смысле. В связи с этим можно было бы охарактеризовать вопрос о возможности моделирования нервных процессов как ускользающий.

Основная сложность состоит в том, что мы пытаемся познать орган познания исключительно с помощью него самого. Согласно теореме Геделя о неполноте это является собой неразрешимую задачу, что имеет строгое доказательство для формальных, т.е. логических, систем. Следовательно, скорее всего необходимо работать над самим способом познания, так чтобы вырваться из этого замкнутого круга. Необходимо новый способ познания, выходящий за рамки познающей субстанции. Согласно той же теореме Геделя, для того чтобы решить задачу, нерешаемую внутри формальной системы, надо подняться на другой уровень, выйти за рамки данной системы, продвинуться в направлении большей общности и т.д. Другими словами, необходимо *мета-моделирование*. Поскольку основная сущность моделирования [34] заключается в установлении ментальной (сознательной и в сознании) связи между объектом и моделью, т.е. предполагает наличие субъекта в качестве неотъемлемой части [35], постольку нужен метод, позволяющий выйти за пределы умственных сознательных операций. Может быть, это будет уже вообще не моделирование. В противном случае большая часть модели будет помещаться в голове моделирующего субъекта и без него не сможет существовать, чем и объясняется трагически неизбежная неполнота моделирования (по А.Розенблюту и Н.Винеру, “лучшей моделью кошки будет другая кошка, однако предпочтительнее, чтобы это была именно эта же кошка”).

Однако нас интересует здесь в большей мере локальный смысл данной проблемы с учетом имманентно локальной природы любой теории вообще. Современный уровень развития научного знания не позволяет однозначно решить эту проблему не только в самой общей ее постановке, но и в достаточно узких смыслах, определяемых практическими нуждами. Принимая во внимание сегодняшний уровень развития техники и ментальности человека, вообще нельзя дать ни однозначно положительный, ни однозначно отрицательный ответ на вопрос о возможности моделирования нервных процессов, хотя ско-

рее он будет отрицательным. Современные технические науки, имеющие отношение к моделированию биологических объектов, занимают, как правило, компромиссную позицию, уходя вообще от обозначенной проблемы, явно или неявно стараясь постоянно отделять свой предмет изучения от самих биообъектов. Однако отсутствие возможности однозначно отрицательного решения проблемы оставляет надежды на возможность ее положительного решения, хотя и в неопределенном будущем.

Примечания

1. См.: *Розин В.М.* Методология и философия в современной интеллектуальной культуре // *Вопр. методологии.* – 1991. – № 2.
2. *Аристотель.* Сочинения: В 4 т. – М.: Мысль, 1976. – Т. 1. – С.215.
3. *Розин В.М.* Философия и методология: традиции и современность // *Вопр. философии.* – 1996. – № 11. – С.57–64.
4. Там же. – С.57–64.
5. См.: *Нейроинформатика.* – Новосибирск: Наука, 1998. – С.44–46.
6. См.: *Савельев А.В.* К вопросу об эпистемологической адекватности нейрокомпьютеров // *Философия науки.* – 2000. – № 1(7). – С.85–91.
7. См.: *Месарович М.* Теория систем и биология. – М.: Мир, 1971. – С.90–128; *Амосов Н.М.* Моделирование разума, сознания и подсознания // *Нейрофизиологические механизмы психической деятельности человека.* – Л.: Наука, 1974; *Эндрю А.* Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1985; *Gawel R.* Neuromorphic engineers craft brain-like circuitry to perform perceptual tasks // *Electronic Design.* – 2000. – V. 48, No 15. – P.40–43; *Rolls E.T.* On the design of neural networks in the brain by genetic evolution // *Prog. Neurobiology.* – 2000. – V. 61 (6). – P.557–636.
8. См.: *Месарович М.* Теория систем и биология.
9. См.: *Савельев А.В.* О возможности сознательного моделирования бессознательного // 2-я Всерос. науч.-тех. конф. “Нейроинформатика-2000”. – М.: МИФИ, 2000. – Т. II. – С.211–217.
10. См.: *Lotova J.J., Savelyev A.V.* Pythagorean syndrome and numerical nature of information // 1-й Всесибирский конгресс женщин-математиков. – Красноярск, 2000. – С.123–124.
11. См.: *Савельев А.В.* Зачем моделировать свойства нервной ткани и возможно ли это? // Тр. X Всерос. семинара “Нейроинформатика и ее приложения” – Красноярск, 2001. – С.164–166.
12. См.: *Нейроинформатика.*
13. См.: *Савельев А.В.* Зачем моделировать свойства нервной ткани...
14. См.: *Lotova J.J., Savelyev A.V.* Pythagorean syndrome...
15. См.: *Савельев А.В.* Онтология нейросетевизма: Internet и нейрокомпьютеры // 3-я Всерос. науч.-тех. конф. “Нейрокомпьютеры и их приложения”. – М.: ИПУ, 2001. – С.699–702.
16. См.: *Савельев А.В.* Модель нейрона как возможная мультиклеточная структура: К вопросу о том, что все-таки мы моделируем // *Нейрокомпьютеры:*

разработка и применение. – М.: ИПРЖР, 2002. – № 1–2. – С.4–20; *Базарова Д.Р., Демочкина Л.В., Савельев А.В.* Новая нейробионическая модель онтогенеза // Тр. МИФИ: “Нейроинформатика-2002”. – М., 2002. – Т. I. – С.97–106; *Савельев А.В.* К вопросу о теории активного поведения: является ли нейрон клеткой или что все-таки мы моделируем? // Тр. III Всерос. семинара “Моделирование неравновесных систем МНС-2000”. – Красноярск, 2000. – С.214–215.

17. См.: *Савельев А.В.* К вопросу об эпистемологической адекватности нейрокомпьютеров; *Он же.* Нейрокомпьютеры: фундаментализм и проблема субстанциональности // Тр. X Всерос. семинара “Нейроинформатика и ее приложения”. – Красноярск, 1996. – С.157; *Он же.* Эквивалентность организованности – материальный субстрат всеобщности связей мира // Информационные и кибернетические системы управления и их элементы. – Уфа: УГАТУ, 1995. – С.141.

18. См.: *Савельев А.В.* Закон сохранения сложности и его применение в задачах моделирования неравновесных систем // Моделирование неравновесных систем (МНС-98). – Красноярск, 1998. – С.100, 101.

19. См.: *Савельева Т.С., Савельев А.В.* Трудности и ограничения системного подхода в науке о мозге // Мат. XI Междунар. конф. по нейрокибернетике “Проблемы нейрокибернетики”. – Ростов-н/Д., 1995. – С.208, 209.

20. См.: *Савельев А.В.* Онтология нейросетевизма...

21. См.: *Савельев А.В.* Модель нейрона как возможная мультицеллюлярная структура...

22. См.: *Савельев А.В.* Проблемы диалога нейробиологии и нейромоделирования // Сб. докладов VIII Всерос. конференции “Нейрокомпьютеры и их применение-2002”. – М., 2002. – С.1256–1263.

23. См.: *Савельев А.В.* О возможности сознательного моделирования бессознательного...

24. См.: *Савельева Т.С., Савельев А.В.* Трудности и ограничения...

25. См.: *Ляпунов А.А.* Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. – М.: Наука, 1980. – С.320–323.

26. См.: *Савельев А.В.* О возможности сознательного моделирования бессознательного; *Он же.* Смысл и перспективы моделирования в нейрокомпьютинге // Тр. МИФИ: “Нейроинформатика-2002”. – М., 2002. – Ч. II. – С.236–245; *Галушкин А.И.* Теория нейронных сетей. – М.: ИПРЖР, 2000.

27. *Розенберг О.О.* О мирозерцании современного буддизма на Дальнем Востоке. – Пг., 1919. – С.21.

28. См.: *Савельев А.В.* Нейросети: фундаментализм или ограниченность взгляда? // Тр. IV Всерос. семинара “Нейроинформатика и ее приложения” – Красноярск, 1996. – С. 12; *Он же.* К вопросу субстанциональности нейрокомпьютеров // Сб. докладов VIII Всерос. конференции “Нейрокомпьютеры и их применение-2002”. – М.: 2002. – С.1247–1250.

29. См.: *Павлов И.П.* Лекции о работе больших полушарий головного мозга. – М., 1952.

30. См.: *Павлов И.П.* Избранные труды по физиологии высшей нервной деятельности. – М., 1950. – С.167; *Грэхем Л.Р.* Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. – М.: Политиздат, 1991. – С.167, 168.

31. См.: *Анохин П.К.* Биология и нейрофизиология условного рефлекса. – М.:

Медицина, 1968. – С.112.

32. См.: *Бакусов Л.М., Репкин И.С., Шосталь С.А., Савельев А.В.* Техника трансовых воздействий // Медицинская техника. – 1997. – № 4. – С.14–18.

33. См.: *Нейроинформатика*.

34. См.: *Вартофский М.* Модели: репрезентация и научное понимание. – М.: Прогресс, 1988.

35. См.: *Сапрыкина Т.А., Никитина Л.Н., Савельев А.В.* Философские аспекты использования Интернет: современный человек потомок homo religiosus // Тр. Междунар. конф. “К культуре мира – через диалог религий”. – Омск, 2000. – Т. II. – С.80–82.

Уфимский государственный авиационный
технический университет, г. Уфа

Savelyev, A. V. The philosophy of methodology of neuro-modelling: sense and prospects

The paper discusses the most complicated methodological problems of modelling in neuro-computing. It shows that the today's level of development of technology and human mentality gives neither unequivocally positive, nor unequivocally negative answer to a question about a possibility of modelling of nervous processes. Although in the author's view, the answer should be negative, rather than positive.