

А.А.УХТОМСКИЙ КАК ПРЕДШЕСТВЕННИК КИБЕРНЕТИКИ В РОССИИ

Е.Ю.Зуева, Г.Б.Ефимов

Москва, ИПМ им. М.В.Келдыша РАН

ezueva@keldysh.ru, efimov@keldysh.ru

ВВЕДЕНИЕ

Когда впервые прозвучало слово «кибернетика», как самоназвание зарождающегося научного направления, ему удалось собрать под свое знамя очень многих ученых самых разных интересов и специальностей. И это неудивительно, т.к. само появление вычислительных машин было не просто решением назревшей технической задачи, а с самого начала рассматривалось их создателями (по крайней мере, некоторыми из них) как подражание человеческому разуму, или попытка его конструктивного описания. Этот научный прорыв был во многом обусловлен ошеломляющим совпадением моделей описаний в трех очень далеких друг от друга областях – булева алгебра (дискретная математика), релейные схемы (электротехника) и нейронные сети (нейрофизиология). В результате компьютер был изобретен и начал свое стремительное триумфальное шествие, а кибернетика, после всплеска творческой активности и бурных дебатов о ее предмете и границах, распалась на большое число более определенных и конкретных направлений. Эти направления, помимо совсем новых, составляющих непосредственно программирование и computer science, делятся на те же три крупные области, из сближения которых все началось – математическую, техническую и биологическую. Все они быстро развиваются. То, что удастся описать математически, создать технически, проверить экспериментально – делается. Но если мы попытаемся вернуться к истокам и перечитать, например, книгу Винера «Кибернетика» [Н.Винер, 1968], то мы увидим, как много в ней того, что не покрывается всей этой последующей деятельностью. Много даже просто в процентном отношении по количеству страниц. Это те философские, мировоззренческие и лишь частично биологические споры о сущности мышления и жизни, которые существовали всегда, кипели вокруг кибернетики в момент ее зарождения и в период «бури и натиска» и отошли при появлении большого количества конкретных задач и достижений. Вот в этой-то мировоззренческой области продвижение идет медленней всего. Однако, по нашему убеждению, без этих споров и обсуждений не было бы ни решительного прорыва, ни всех дальнейших успехов, поэтому к ним имеет смысл иногда возвращаться – особенно по юбилейным поводам.

Именно в этом ключе нам хочется рассмотреть учение о доминанте замечательного русского советского физиолога академика А.А.Ухтомского (1875-1942) [Алексей Ухтомский, 2002]. Нам представляется, что по ряду причин до последнего времени философское наследие Ухтомского не было достаточно широко известно, и его влияние было в основном опосредованным – через тех

ученых, с кем он соприкасался лично. Среди них и И.С. Бериташвили, и П.К. Анохин, и Н.А. Бернштейн, и Л.С. Выготский. Взаимодействовал он и с И.П. Павловым, работая рядом с ним, хотя и независимо. Вероятно, учение Ухтомского не было известно или было известно не в полной мере и А.А.Ляпунову, т.к., по-видимому, у них не было случая встретиться лично, а многие тексты Ухтомского не были опубликованы и были доступны только очень ограниченному кругу близких людей. При жизни автора публиковались только чисто физиологические работы. Именно эти труды в дальнейшем были известны в кибернетическом научном сообществе и могли использоваться при создании моделей нейронных сетей. По крайней мере, одна такая работа существует, это довольно популярная в свое время СУТ – система усиления торможения академиком Н.М.Амосов [Н.М.Амосов, 1979]. В последние годы, после публикации ранее неизвестных материалов – писем, записных книжек, дневников [А.А.Ухтомский, 1996, 1997, 2001] – А.А.Ухтомский стал известен и популярен в широких кругах, в том числе далеких от науки. Это произошло, прежде всего, потому, что научные взгляды Ухтомского оказались неразрывно связаны с нравственной основой его личности, так что изложение его идей часто имеет черты проповеди, при этом замечательной по своей убедительности и литературным достоинствам. Нравственный накал этих текстов оказался способным заслонить их научно-философское содержание. Сам Алексей Алексеевич, будучи до конца жизни человеком религиозным, выдержал, несмотря на это, битву с родными за право заниматься материалистической наукой физиологией и считать науку важным и необходимым делом для России. Научное осмысление идей Ухтомского необходимо еще и из-за возникшей в наше время опасности малограмотных толкований далеких от науки людей. Данной работой, являющейся продолжением работ [Е.Ю.Зуева, Г.Б.Ефимов, 2008, 2010] мы пытаемся вписать учение А.А. Ухтомского в контекст кибернетики. Но главное в освоении научного наследия Ухтомского, по-видимому, еще впереди.

А.А.УХТОМСКИЙ И А.А.ЛЯПУНОВ ОБ ОБЩИХ ВОПРОСАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ

А.А.Ухтомский был энциклопедически образованным ученым, был в курсе достижений современной ему психологии, математики, физики, философии, но основной его специальностью была физиология высшей нервной деятельности. При изучении процессов возбуждения и торможения в нервной системе он ставил ряд основополагающих вопросов:

- об активности и целенаправленности поведения организма,
- о механизмах, обеспечивающих согласованную работу организма как целого,
- о динамике развития организма и необратимости времени для живых существ,
- о зависимости реакции организма на внешнее воздействие от текущего состояния организма (и в этой связи о влиянии решаемой задачи и предшествующего опыта на восприятие и поведение),

Исследование этих вопросов привело А.А.Ухтомского к созданию учения о доминанте.

«Доминанта в физиологии – временно господствующий рефлекс, которым трансформируется и направляется для данного времени, при прочих равных условиях, работа прочих рефлекторных дуг и рефлекторного аппарата в целом» (определение, данное автором для статьи в БСЭ). Доминанта выражает скрытую готовность организма к определенной деятельности при одновременном торможении других рефлекторных дуг. Она связана с тем, какую задачу решает в данный момент организм как целое. «Внешним выражением доминанты является или стационарно поддерживаемая работа или рабочая поза организма».

Можно выделить «два основных момента доминанты, как рабочего принципа нервных центров:

1. Доминирующий центр подкрепляет свое возбуждение посторонними импульсами.

2. По мере развития возбуждения в себе, он тормозит другие текущие рефлексы, встречаемые на общем конечном пути». Итак, если какая-то деятельность стала для организма доминирующей, то посторонние воздействия в течение некоторого времени не в состоянии ей помешать, и даже наоборот, могут дать ей дополнительный стимул, отдать свою энергию.

В определении подчеркивается, что доминанта существует только для данного момента или отрезка времени. Это, в свою очередь, означает, что «нормальное отправление органа (например, нервного центра) в организме есть не predetermined, раз навсегда неизменное качество данного органа, но функция от его состояния». Или, еще яснее, «приписывание топографически определенному нервному центру всегда одной и той же неизменной функции есть лишь допущение, делаемое ради простоты рассуждения». Это очень смелое и радикальное даже для сегодняшнего дня утверждение. Отдельный нервный центр предназначен для определенной реакции, но его включенность в общий физиологический процесс может эту реакцию подавить или существенно видоизменить.

Этот круг рассуждений достаточно близок к тому, как представлял себе функционирование нервной системы А.А.Ляпунов [А.А.Ляпунов, 1980]. Прежде всего, он неоднократно подчеркивал важность (и недостаточную изученность) физиологического, т.е. функционального, уровня описания по сравнению с морфологическим. Во-вторых, он подчеркивал, что приходящий от рецептора сигнал распространяется по многим нервным центрам, а реакцию эффекторов формирует только один из них. Из этого делается вывод, что «для определения локализации функций в нервной системе целесообразно исходить не из того, в какие части нервной системы поступает нервный импульс, возникший в результате нервного раздражения, поступившего извне, а из того, из каких участков нервной системы приходит нервный импульс, вызывающий ответные реакции организма на упомянутое раздражение». И далее говорится о том, что из многих нервных центров, на которые поступил внешний импульс, тот центр, который первым по времени выдает ответный сигнал, становится управляющим, а остальные ответ-

ные сигналы подавляются. Это очень близко к представлениям Ухтомского. Но далее говорится, что имеющихся экспериментальных данных недостаточно для описания таких центров. По Ухтомскому, описание это индивидуально и контекстно-зависимо, потому что такие доминантные центры возникают в зависимости от той деятельности, в которую организм в данный момент вовлечен, и кроме того, от всей его предыдущей истории.

Тут необходимо, наверное, сказать о том, что А.А.Ляпунов стремился выделять те задачи, для которых была возможна строгая математическая постановка, и в целом для организации поведения под управлением нервной системы он такой формулировки не нашел (ее нет и до сих пор). В отличие от него, А.А.Ухтомский стремился описать как можно полнее свои содержательные представления о функционировании нервной системы, даже если это описание не поддавалось формализации или имело неясные места. В наше время, с появлением синергетики, для некоторых из таких аспектов появляется надежда на формализацию. И первый из них – необратимость времени в жизненном процессе.

Первая глава книги Н.Винера «Кибернетика» посвящена именно этой проблеме и называется «Ньютоново время и Бергсоново время». Там говорится о том, что фильм, изображающий движение планет, можно прокрутить в обратную сторону, и это не вызовет протеста зрителей – движение будет другим, но возможным для некоторой планетной системы. Не так с фильмом, изображающим образование грозовой тучи. Разницу Винер видит в том, что первый процесс описывается уравнениями механики, а второй – стохастически. Но позже стало понятно, что необратимые процессы не обязательно подчиняются вероятностным законам, возможны и другие модели, кроме механической и стохастической. Тут необходимо упомянуть о том, что Ляпунов уделил внимание рассмотрению и доказательству того, что управление в нервной системе должно строиться не по стохастическому, а по структурному принципу. Таким образом, слово структура у него прозвучало, а это уже один из основных терминов современной «постнеклассической» науки, или синергетики [Е.Н.Князева, С.П.Курдюмов, 2005].

Доминантные управляющие структуры, о которых идет речь и как их видит Ухтомский, существуют во времени, имеют начало и конец. Поэтому можно говорить о двух различных фазах управляющего процесса: детерминированной, когда начавшееся действие или реакция организма продолжается известным образом, и фазы неопределенности, когда происходит переход от одной доминанты к другой. В этой фазе флуктуация или небольшое внешнее воздействие может приводить к далеко идущим последствиям. Диалектика порядка и хаоса – один из краеугольных камней синергетики. О наличии в функционировании нервной системы моментов, когда из-за неопределенности возрастает влияние малых воздействий, писал и А.А.Ляпунов.

И А.А.Ухтомский, и А.А.Ляпунов ясно видели, что при описании функционирования организма необходимо учитывать энергетический обмен с окружающей средой (Ляпунов добавляет к этому информационный обмен; во времена Ухтомского такая формулировка была еще невозможна). Это означает, что рас-

сматривается открытая система, неравновесный процесс, т.е. мы снова видим близость к синергетическому подходу.

Отметим еще одно совпадение во взглядах Ухтомского и Ляпунова, на первый взгляд, неожиданное. Речь идет о психоанализе и взглядах З.Фрейда. О недооценке и недостаточном использовании идеи подсознания при описании процессов в нейронной сети и выработке поведенческих реакций писали оба автора. Для Ухтомского, постепенные изменения в нервных центрах, остающихся вне области сознания и лишенных возможности непосредственно управлять поведением, это «пассивный», скрытый процесс подготовки новой доминанты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взяв на себя смелость говорить об А.А.Ухтомском на конференции памяти А.А.Ляпунова, сближая эти два имени, которые в научной литературе редко встречаются вместе, мы хотели подчеркнуть два неформальных, но тем не менее несомненных момента сходства. Первый относится к сфере их научных интересов. И того, и другого ученого интересовал организм как целостная система. А.А.Ляпунов формулировал это так: «кибернетические вопросы, касающиеся организма, относятся к изучению его поведения, онтогенеза, генетики, функционирования нервной и эндокринной систем, а также работы отдельных органов и систем органов». Для Алексея Андреевича эта тематика была не единственной, и даже из перечисленных проблем его волновали в основном генетика и эндокринная система, а не нейронные сети и поведение. Тем не менее, по поводу возможных кибернетических моделей нервной системы он высказал ряд глубоких соображений, в некоторых аспектах более близких к идеям А.А.Ухтомского, чем к современным ему кибернетическим моделям, неизбежно упрощенным. Эти идеи имеют свое развитие в работах учеников Алексея Андреевича [В.Н.Федоров, 2001]. Алексей Алексеевич Ухтомский занимался исключительно нервной системой, и по глубине осмысления происходящих в ней процессов намного опередил свое время.

Второе, и важное для нас, что мы сегодня хотели подчеркнуть – это сходство двух замечательных личностей. Главной чертой обоих Алексеев, которую отмечают все авторы воспоминаний, можно с уверенностью считать доброжелательность, деликатность и внимание к собеседнику. Оба были окружены учениками, которых любили и о которых заботились. Об ответной любви и благодарности нечего и говорить, она была пронесена через поколения, и выразилась в бережном отношении к наследию, почитании имени, продолжении дела. Различаясь по возрасту почти на два поколения, эти два человека жили в разные эпохи истории нашей страны и в разных бытовых условиях. Тем не менее, оба находили возможность принимать у себя дома большое количество учеников и коллег, вести научные и ненаучные беседы в неформальной обстановке, а часто и подкармливать, а иногда и давать приют – благо обездоленных хватало и в .20е, и в 60е годы. Оба были блестяще образованными людьми, с широким кругом интересов и эрудицией, владели европейскими языками (Алексей Андреевич предпочитал французский, а Алексей Алексеевич – немецкий), любили и

разбирались в музыке, в живописи. У людей, долго проживших при советской власти (как авторы этой статьи), не возникает сомнения в том, что такие люди одним своим присутствием поднимают культурную планку окружающей их молодежи. Роднит этих людей и преданность науке и своим научным убеждениям. Глубина, широта, самостоятельность научных взглядов обоих не подлежат сомнению и свидетельствует о высочайшей культуре. А.А.Ляпунову пришлось в очень трудных условиях публично отстаивать две гонимые науки – генетику и кибернетику. И он сумел сделать это, не унижая себя до личной вражды, по принципу «не бороться со злом, а поддерживать добро». У А.А.Ухтомского ситуация была несколько иной. Его заветные мысли были «идеалистическими» не только по меркам 20х-30х годов, большинство материалистически (или механистически?) мыслящих ученых не могут принять их и сейчас. То, что ему удалось высказать открыто, никогда не противоречило написанному для себя, «в стол», а дополняло его, было видимой частью айсберга. А.А. Ухтомский избегал научных и личных конфронтаций и поддерживал все, в чем находил что-то истинное. Он прожил многие годы в тени И.П.Павлова, не был согласен со многим в его теории, но не спорил и всегда горячо его поддерживал как крупного ученого, нужного коллегам, ученикам, стране. Собственные мысли при этом были сформулированы, не в полемической форме, и спустя десятилетия – услышаны. В этом же ключе – отстаивания своей позиции мирными средствами – нужно понимать и отношения Ухтомского с властью. Большевистские идеи были ему абсолютно чужды, однако он умел находить в действиях новой власти хорошее и поддерживать это хорошее. Это касается, например, его отношению к массовому образованию – Ухтомский организовал один из первых в стране рабочих факультетов при Петербургском университете, и был очень любим слушателями. Второй пример - интернационализм новой власти был симпатичен Ухтомскому, среди учеников которого было немало, как сейчас сказали бы, «представителей национальных меньшинств». Об отношении с властями А.А. Ляпунова можно сказать примерно то же – он не был «инакомыслящим», хотя по многим вопросам мыслил совершенно иначе и умел добиваться своего. Такой стиль поведения требует не только большого мужества, но и большой любви к людям. Алексей Андреевич Ляпунов умел достичь взаимопонимания с людьми самых разных социальных кругов, чем мало кто из интеллигенции мог бы похвалиться. Известно, что понимание проблем и психологии военных помогло ему отстоять кибернетику. У Алексея Алексеевича Ухтомского тоже были свои отношения и друзья в военных кругах, среди оконченных им трех учебных заведений одно военное. Упомянем еще о патриотизме обоих, который никогда не декларировался, и считалось неприличным его декларировать, но который был несомненно засвидетельствован всем жизненным путем. Все эти качества, вызывающие уважение и желание подражать, принадлежат этим людям не только лично, но и как лучшим представителям русской культурной элиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Ухтомский. Заслуженный собеседник. Рыбинское подворье. 1997.
2. А.А. Ухтомский. Интуиция совести. Спб. 1996
3. Алексей Ухтомский. Доминанта. «Питер», серия Психология-классика, Спб, 2002.
4. А.А.Ухтомский. Доминанта души. Рыбинск, 2001.
5. Зуева Е.Ю, Ефимов Г.Б. Проблемы искусственного интеллекта и теория доминанты А.А.Ухтомского. Математические машины и системы. №1, 2008. С.98-105.
6. Е.Ю.Зуева, Г.Б.Ефимов. Принцип доминанты Ухтомского как подход к описанию живого. Препринт ИПМ им. Келдыша, №14 за 2010г. <http://library.keldysh.ru/prep>
7. Норберт Винер. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. «Советское радио», М, 1968
8. Е.Н.Князева, С.П.Курдюмов. Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М., КомКнига, 2005. – 240с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
9. Н.М. Амосов. Алгоритмы разума. Киев, «Наукова думка», 1979.
- 10.А.А.Ляпунов. О кибернетических вопросах биологии. В кн. А.А.Ляпунов. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М., Наука, 1980
- 11.В.Н.Федоров. Физиологические аспекты кибернетического творчества А.А.Ляпунова. Конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Алексея Андр. Ляпунова. Россия, Новосибирск, 8 - 11 октября 2001 года Lyapunov-90 <http://psb.sbras.ru/ws/Lyap2001/prog.html>