

В. А. ГЕРОВИЧ

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЕ МЕТАФОРЫ В СОВЕТСКОЙ ФИЗИОЛОГИИ*

Каждый очередной уровень, достигнутый техникой, привлекал к себе и соответственно настраивал мышление физиологов, часто совершенно произвольно моделировавших жизненные процессы по образцам и подобию современных им инженерных достижений

Николай Бернштейн [1, с. 392]

Введение

В начале 1960-х гг. вопрос о том, могут ли машины думать, а также более общий вопрос о правомочности человеко-машинных аналогий стали предметом широкого обсуждения в Советском Союзе. В апреле 1961 г., читая в Московском университете популярную лекцию на тему «Автоматы и жизнь», виднейший математик Андрей Колмогоров высказал следующее мнение, с энтузиазмом воспринятое аудиторией:

Если свойство той или иной материальной системы «быть живой» или обладать способностью «мыслить» будет определено чисто функциональным образом (например, любая материальная система, с которой можно разумно обсуждать проблемы современной науки или литературы, будет признаваться мыслящей), то придется признать в принципе вполне осуществимым **искусственное создание** живых и мыслящих существ [2, с. 11].

Физиолог Юрий Фролов отреагировал на подобные заявления категорическим утверждением о том, что машина думать не может, поскольку «машине не хватает тех живых обратных связей, которые существуют между человеком и постоянно меняющейся социальной средой» [3, с. 316]. Как ни парадоксально, пытаясь указать границы человеко-машинных аналогий, он позаимствовал термин «обратная связь» из языка кибернетики, основанном как раз на человеко-машинных аналогиях. Кибернетические метафоры настолько глубоко проникли в саму ткань публичных дискуссий, что оказалось невозможно обойтись без них даже ради критики этого метафорического языка.

Данная статья анализирует роль человеко-машинных метафор в советской физиологии, в особенности после появления кибернетики. В 1940-е гг. группа

* Английский вариант данной статьи опубликован в журнале «Наука в контексте». См. *Slava Gerovitch. Love-Hate for Man-Machine Metaphors in Soviet Physiology: From Pavlov to «Physiological Cybernetics»* // *Science in Context*. Vol. 15. 2002.

американских и европейских математиков, инженеров, физиологов, социологов и философов создала эту новую область исследований, основанную на идее единства механизмов управления и связи в живых организмах и сложных саморегулирующихся машинах. Математик Норберт Винер, физиолог Артуро Розенблют и инженер Джулиан Бигелоу предположили, что целенаправленное человеческое поведение управляется тем же самым механизмом обратной связи, который используется в сервомеханизмах, аналоговых устройствах управления [4]. Инженер Клод Шеннон интерпретировал человеческое общение как передачу сигналов через канал с ограниченной пропускной способностью при наличии помех [5]. Нейрофизиолог Уоррен Маккалок и математик Уолтер Питтс предложили использовать сеть переключательных логических элементов в качестве формальной модели нервной деятельности [6]. Математик Джон фон Нейман сравнил электронный цифровой компьютер, хранящий программу собственных действий, с человеческим мозгом, обладающим способностью запоминания [7]. Кибернетики позаимствовали такие обычные физиологические и психологические понятия, как память, гомеостаз и цель, и использовали их в описании машин. Физиологи, с другой стороны, извлекли из их технического контекста такие понятия, как информация, программирование и обратная связь, и применили их к живым организмам. Кибернетика пустила в обращение новые мощные культурные метафоры: «тело — сервомеханизм», «организм — машина для уменьшения энтропии», «мозг — цифровой компьютер», «рассудок — универсальная логическая машина», «человеческое общение — передача информации» и «мышление — вычисление».

Научные метафоры не просто переносят значение с одного термина на другой; метафоры служат «посредниками между дискурсами, метафоры порождают и преобразуют научный дискурс и выводят на поверхность его смысловую структуру» [8, с. 72]. Понятие научного дискурса — ансамбля разнообразных и зачастую противоречивых приемов создания, формулирования, передачи и преобразования научного знания — лежит в основе моего анализа. Сотканное из привлекательных метафор, дискурсы перемешивают политические, культурные и узкоспециальные значения слов и служат посредниками между политической, социальной и институциональной сферами и чисто познавательной стороной научной работы [9; 10; 11; 12].

Вопреки «стандартному» взгляду на роль метафор в науке, который противопоставляет науку риторике и отождествляет научный смысл с буквальным (т. е. неметафоричным), недавние исследования наводят на мысль, что метафоры являются неотъемлемой частью науки [8; 13]. Майкл Арbib и Мэри Хессе утверждают, что весь научный язык насквозь метафоричен: «Научные революции есть, по сути дела, метафорические революции, и теоретическое объяснение следует рассматривать как метафорическое переосмысление области явлений» [14, с. 156]. Согласно Лоренсу Смиту, «ученые могут критиковать метафорические системы или метафизику других ученых лишь с точки зрения своей собственной метафорической системы или метафизики. Отказаться от одной метафорической системы или метафизики значит принять другую» [15, с. 260]. Роберт Хоффман, Эдвард Кокран и Джеймс Нид предположили, что «открытие —

это изобретение новых метафорических путей представления вещей, а выбор между теориями — это часто вопрос выбора между более или менее плодотворными метафорами» [16, с. 212]. Размывая границу между тем, что находится «внутри» и «снаружи» науки, метафоры делают явными политические и культурные стороны научного дискурса [8].

Данная статья рассматривает ключевые сдвиги в истории советской физиологии сквозь призму меняющихся значений человеко-машинных метафор. По моему мнению, научная ценность машинных аналогий тесно переплетается с их философским и политическим значением, и новые интерпретации этих метафор возникают в результате политических конфликтов и борьбы за влияние в научном сообществе и в обществе в целом. Упоминания о кибернетических аналогиях впервые появились в советских научных дискуссиях в период острых разногласий в физиологическом сообществе. Ортодоксальные последователи павловской теории условных рефлексов выступили с резкой критикой кибернетических метафор. Павловцы отнеслись с презрением к самой идее сравнения человека с машиной, осудили кибернетику за идейный отход от диалектического материализма и определили ее как разновидность философского механицизма. Кибернетические физиологи, напротив, утверждали, что именно павловская теория условных рефлексов принижает живой организм, сводит его к роли «реактивного автомата» и, следовательно, подпадает под рубрику «классического механицизма».

Борьба между ортодоксальными павловцами и сторонниками «физиологической кибернетики» интерпретируется в данной статье как столкновение двух различных человеко-машинных метафор в советской физиологии. Павловская теория была основана на метафоре центральной телефонной станции для высшей нервной деятельности. Павловцы настолько свыклись с этой метафорой, что более не замечали ее механистической природы. Кибернетические физиологи, с другой стороны, были очарованы сложностью и тонкостью физиологических моделей, основанных на аналогиях с цифровыми вычислительными машинами и сервомеханизмами, работающими по принципу обратной связи. Благодаря кибернетическим метафорам, целенаправленное поведение, ранее исключенное из программы исследований ортодоксальными павловцами, вновь стало предметом изучения. При полном неприятии машинных метафор противников, каждая из сторон в то же время была вполне удовлетворена своей собственной технической аналогией. Хотя в публичных дебатах о значении кибернетики для физиологии обе стороны всегда подчеркивали, что нельзя сводить организм к машине, советская физиология, по-видимому, устойчиво продвигалась от одной человеко-машинной метафоры к другой. Постоянные путешествия человеко-машинных аналогий между физиологией и техникой и замкнутый цикл моделирования организмов и машин на основе друг друга не только характерны для «физиологической кибернетики», но также заставляют по-новому интерпретировать историю физиологии в целом.

Павловская метафора телефонной станции

Иван Петрович Павлов (1849–1936) занимал исключительное место в советской науке — и как ученый, и как символ [17; 18; 19; 20]. Он пользовался большой международной известностью и на XV Международном психологическом конгрессе в 1935 г. был провозглашен «ведущим физиологом мира». До середины 1950-х гг. он оставался единственным Нобелевским лауреатом среди советских ученых и тем самым представлял немалую ценность как в научном, так и в пропагандистском смысле. Павлов широко использовал свои административные полномочия как главы нескольких научных учреждений и право прямого доступа к советским руководителям в качестве эксперта по вопросам науки для поддержки своей обширной программы экспериментальных и теоретических исследований. После кончины Павлова его теория условных рефлексов была официально канонизирована и заняла доминирующее положение в советской физиологии.

Современная техника для Павлова была символом высочайшей организации, и он стремился «поднять» свою теорию нервной деятельности на такой же высокий уровень. Соответственно его лаборатория в Императорском Институте экспериментальной медицины в Санкт-Петербурге была организована как гигантская «физиологическая фабрика» с неукоснительным разделением труда, строгой дисциплиной среди работников, стандартизацией экспериментальных процедур и результатов, контролем качества продукции — проверкой соответствия результатов павловской теоретической схеме [20]. Павлов стремился раскрыть точные количественные законы, управляющие физиологией, и настаивал на «полном исключении психического влияния» из экспериментов, дабы не исказить машиноподобную регулярность, лежащую в основе физиологических процессов. Рассматривая организм как сложную машину, Павлов видел идеал научного исследования в инженерной деятельности:

Человек есть, конечно, система (грубее говоря — машина), как и всякая другая в природе, подчиняющаяся неизбежным и единым для всей природы законам; но система, в горизонте нашего современного научного видения, единственная по своему высочайшему саморегулированию. Разнообразно саморегулирующиеся машины достаточно знаем между изделиями человеческих рук. С этой точки зрения метод изучения системы-человека тот же, как и всякой другой системы: разложение на части, изучение значения каждой части, изучение связи частей, изучение соотношения с окружающей средой и в конце концов понимание на основании всего этого ее общей работы и управление ею, если это в средствах человека [21, с. 182–183].

В своих работах Павлов регулярно заимствовал метафоры из современной техники. В частности, он называл пищеварительную систему «химической фабрикой» и сравнивал нервную систему с центральной телефонной станцией [22, с. 71; 23, с. 41–42]. Последняя метафора служила для иллюстрации существенного различия между условными и безусловными рефлексами. Согласно

Павлову, врожденные безусловные рефлексы устойчиво связывают специфический стимул (например, вид пищи) с определенной реакцией (слюноотделением). Павлов сравнивал такие рефлексы с набором прямых постоянных телефонных линий. Условные рефлексы (например, слюноотделение в ответ на звонок, прежде много раз звучавший одновременно с показом пищи) могли приобретаться, теряться и вновь восстанавливаться. Павлов уподоблял условные рефлексы гибким временным связям между телефонными абонентами через переключательную станцию. «В технике, как и в нашей повседневной жизни, — писал он, — принцип [временной] связи применяется настолько часто, что было бы странно не ожидать выполнение того же самого принципа в высшей нервной системе, которая устанавливает наиболее сложные, тонкие связи» [23, с. 43]. Так же, как центральная телефонная станция решает проблему связи для большого числа абонентов, механизм условных рефлексов, по мнению Павлова, решил проблему реакции организма на разнообразные стимулы.

Теория Павлова, широко пропагандировавшаяся в советской печати как свидетельство высокого международного уровня советской науки, была известна далеко за пределами сообщества профессиональных физиологов и стала частью популярной культуры. В 1935 г. инженер Г. Бабат на ленинградской фабрике «Светлана» построил модель электронного «пса», имитировавшую павловские рефлексы. Писали, что Павлов осмотрел эту машину и «одобрил» ее [24, с. 177]. Машинные метафоры хорошо сочетались с советским движением за автоматизацию и модернизацию промышленности, начавшимся в 1920-е гг. и процветавшим во время индустриализации в 1930-е. Вездесущие машинные аналогии оказали большое влияние не только на доминирующую павловскую теорию, но и на некоторые альтернативные подходы в области физиологии.

«Машинизирование человека»

В первые годы советской власти новейшие механизмы — трактора и электрические генераторы — считались вестниками прогресса и символами светлого коммунистического будущего [25]. Человеко-машинные метафоры проникали повсюду; поэзия и популярные песни изобиловали образами «железных людей», у которых «вместо сердца пламенный мотор». Человеко-машинные аналогии считались облагораживающими. Советское увлечение тейлоризмом и фордизмом воплотилось в массовом движении за «научную организацию труда» во главе с поэтом Алексеем Гастевым, который предлагал увеличить производительность труда путем машинизации и стандартизации телодвижений рабочих, их языка и даже мыслей [26; 27]. В 1920 г. Гастев организовал в Москве Центральный институт труда, где развернулись научные исследования эффективных методов труда. Эти методы активно пропагандировались через систему курсов переподготовки для 20 000 инструкторов и 500 000 рабочих. В 1924 г. Гастев писал:

Мы начинаем с самых примитивных, с самых элементарных движений и производим машинизирование самого человека. <...> Совершенное

овладение данным движением подразумевает **максимум автоматизма**. Если этот максимум автоматизма будет нарастать, а ... нервная энергия будет освобождаться для все новых и новых инициативных стимулов, то мощь данного индивида будет увеличиваться до беспредельности (цит. по [28, с. 19]).

Центральный институт труда вел обширные физиологические исследования, основанные на концептуальных схемах и экспериментальных методах европейской науки биомеханики, в которой человеческое тело представлялось механической системой мускульных сил и масс [29]. Николай Александрович Бернштейн (1896–1966), ведущий физиолог института, провел серию экспериментов по измерению траекторий и скоростей человеческих конечностей во время выполнения различных трудовых задач [30; 31; 32; 33; 34]. В основе его подхода лежала далеко идущая человеко-машинная аналогия. В 1926 г. в учебнике по биомеханике для инструкторов Бернштейн писал:

Биомеханика ... есть наука о том, как построена живая машина, т.е. каждый из нас; о том, как устроены движущиеся части этой машины и как они работают. <...> Законы механики повсюду одни и те же, касается ли дело паровоза, станка или человеческой машины. Значит, нам не придется выводить какие-то новые, особые механические законы. Мы должны только составить описание и характеристику живой машины так, как мы сделали бы это для автомобиля, ткацкого станка и т.п. [1, с. 462].

В отличие от Павлова, исследовавшего в основном пищеварительные процессы, а в том, что касалось нервной деятельности, занимавшегося лишь центральной нервной системой, Бернштейн изучал движения человеческого тела и обнаружил, что периферическая нервная деятельность играет видную роль в координации движений. Его эксперименты показали, что одна и та же трудовая задача выполняется каждый раз иначе, с меняющимся напряжением различных мышц, движения которых каждый раз «строились» заново. Он рассматривал моторную деятельность не как последовательность предопределенных действий (как в павловской теории условных рефлексов), а как цикл взаимодействий между нервной системой и внешней средой. В середине 1930-х гг. он предложил заменить классическое павловское понятие «рефлекторной дуги» на понятие «рефлекторного кольца» [35, с. 77–78].

В той же мере, в какой теория Бернштейна отличалась от теории Павлова, различались и их центральные машинные метафоры. Бернштейн сравнил нервную систему не с телефонной станцией, как Павлов, а с управляющим устройством, действующим по принципу обратной связи, т.е. с сервомеханизмом [33, с. 65]. «Координация движений есть преодоление избыточных степеней свободы движущегося органа, иными словами, превращение последнего в управляемую систему», — писал Бернштейн [1, с. 51]. Организм достигает такой управляемости, по его мнению, с помощью двух петель обратной связи, или «циклов взаимодействий» — периферического и центрального: «Изменение мышечных напряжений вызывает движение, а движение, меняя степени растяжения

мышц, укорачивая или удлиняя их, вызывает дальнейшие изменения их напряжений. Описанную здесь обратную связь мы называем **периферическим циклом взаимодействий** [35, с. 173]. «Центральный цикл» использует «принцип сенсорных коррекций», основанный на том же самом механизме обратной связи, какой осуществляется в машинных устройствах управления:

Как только орган, находящийся под действием внешних и реактивных сил, плюс еще какая-то добавка внутренних мышечных сил отклонится в своем результирующем движении от того, что входит в намерения центральной нервной системы, эта последняя получит исчерпывающую сигнализацию об этом отклонении, достаточную для того, чтобы внести в эффекторный процесс соответственные адекватные поправки [1, с. 43].

Определенная оппозиция концептуальной схеме Павлова возникла и внутри его физиологической школы. В начале 1930-х гг. Петр Кузьмич Анохин (1898–1974), ранее работавший в лаборатории Павлова, предложил сгруппировать все физиологические процессы в набор функциональных систем, ответственных за отдельные функции, такие, как дыхание, глотание или движение [30; 36]. В серии экспериментов на собаках Анохин перерезал нервные окончания, сшивал их крест-накрест, а затем наблюдал, как различные центры нервной деятельности приспосабливались к изменениям и восстанавливали свои функции. Он предположил, что каждая функциональная система работает по замкнутому циклу: сигналы от периферийных органов «санкционируют» те конфигурации в нервных центрах, что приносят наиболее благоприятный эффект («санкционирующая афферентация») и таким образом облегчают восстановление поврежденных функций. В то время как другие павловцы делали упор на роль центральной нервной системы и считали кору головного мозга единственным управляющим органом тела, Анохин рассматривал взаимодействие между центром и периферией как ключ к пониманию физиологических процессов [37]. И Анохин, и Бернштейн предложили новые физиологические теории, основанные на идее обратной связи, отказавшись от павловской модели разомкнутой «рефлекторной дуги». К сожалению, сосуществование разнообразных оригинальных физиологических теорий продлилось недолго.

В 1930-е гг. партия и правительство начали «мобилизовывать» советских ученых на служение социалистическому государству. Контроль над советской наукой был усилен и централизован; бюрократический аппарат управления начал играть существенную роль в «назначении» ведущих ученых и научных учреждений [38]. К тому времени, благодаря авторитету и влиянию Павлова, его школа полностью утвердилась в качестве лидера советской физиологии. Хотя Павлов умер в 1936 г., его ученики сумели сохранить доминирующее положение павловской физиологии в новой, централизованной структуре советской науки. Павловская теория условных рефлексов стала непререкаемым канонem для советской физиологии.

Подобно многим другим канонам, наследие Павлова оказалось, однако, подвержено самым разнообразным интерпретациям. Некоторые из его бывших учеников начали заявлять исключительные права на его наследство и тянуть

советскую физиологию в противоположные стороны. Институциональный конфликт между конкурирующими группировками в физиологическом сообществе принял форму диспута о правильной интерпретации учения Павлова.

В начале холодной войны партийные органы санкционировали целый ряд пропагандистских кампаний, нацеленных на борьбу с западным идеологическим влиянием. Многие недобросовестные ученые ловко воспользовались идеологической риторикой для атак на своих научных оппонентов и конкурентов. Хорошо известна история Трофима Лысенко, заручившегося личной поддержкой Сталина и злобно обрушившегося на советских генетиков, обвиняя их в создании «идеалистических», «метафизических» и, в конечном счете, бесполезных теорий. Карьеристы из других областей науки быстро подхватили новое веяние. Вслед за триумфом Лысенко на сессии ВАСХНИЛ в июле-августе 1948 г. развернулась широкая идеологическая кампания против «реакционной» и «идеалистической» науки, охватившая все научные дисциплины, включая физиологию. Активисты кампании ловко привязали учение Павлова к доктрине Лысенко, уже получившей печать официального одобрения. Несмотря на хорошо известную личную поддержку Павловым генетических исследований в 1930-е гг. (он даже приказал установить памятник Грегору Менделю у входа в его лабораторию), некоторые из его бывших учеников теперь заявили о полной совместимости учения Павлова со взглядами Лысенко. Они вспомнили давнюю гипотезу Павлова (которую он позднее отверг) о наследовании условных рефлексов и их преобразовании в безусловные и связали ее с центральной догмой Лысенко о наследовании приобретенных характеристик. В 1950 г. они созвали специальную объединенную сессию Академии наук и Академии медицинских наук в Москве, дабы закрепить новую, «правильную» интерпретацию наследия Павлова и заодно произвести чистку среди своих противников. Ряд видных физиологов, сопротивлявшихся этой догматической интерпретации, были обвинены в «извращении учения Павлова» и уволены, что открыло замечательные карьерные возможности для ортодоксальных павловцев [38, с. 260–275]. Бернштейн, один из наиболее откровенных оппонентов теории условных рефлексов, был обвинен в «идеализме» (за использование математического анализа) и незнании «ни буквы, ни духа учения Павлова» [32]. Такая критика была по сути дела политическим обвинением, и вскоре Бернштейн был уволен со всех должностей и потерял возможность проводить исследования и публиковаться. Анохин вначале активно занимался подготовкой «павловской» сессии, но конкуренты перехитрили его, и он тоже потерял свои позиции. Имя Павлова теперь символизировало благословленную партией научную догму.

Кибернетические метафоры: сервомеханизм и компьютер

В то время как в Советском Союзе физиологические модели на основе обратной связи возникли в качестве альтернативы павловской теории условных рефлексов, западные кибернетики, напротив, полагали, что павловская физиология полностью совместима с кибернетикой. Норберт Винер называл Павлова

«великим ученым» [39, с. 78] и считал его теорию условных рефлексов важной основой своих кибернетических исследований. В частности, Винер пытался объяснить развитие условных рефлексов с помощью механизма обратной связи. Он ввел понятие «аффективного тонуса», физиологического аналога сигнала обратной связи:

Аффективный тонус пробегает некоторую шкалу от отрицательного значения — «боли» — до положительного значения — «удовольствия», и повышение аффективного тонуса ... благоприятствует всем процессам, которые в то время совершаются в нервной системе, и дает им вторичную способность повышать еще больше аффективный тонус, а понижение аффективного тонуса стремится препятствовать всем процессам, происходящим в это время, и дает им вторичную способность понижать еще ниже аффективный тонус. <...> Заметим, что механизм аффективного тонуса сам является механизмом обратной связи [4, с. 196].

Винер предположил, что условные рефлексы работают по тому же принципу. Он провел прямую аналогию между рефлексам и работой системы управления зенитным огнем, которую он разрабатывал в годы Второй мировой войны. В обоих случаях, по его терминологии, имела место схема «упреждающей обратной связи», включающая эффе́ктор с существенно запаздывающей характеристикой и упреждающий (предсказывающий) компенсатор. «Обратные связи подобного рода, — писал он, — несомненно присутствуют в рефлексх человека и животных» [4, с. 178].

Получившая большую известность книга Винера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине» (выпущенная на английском языке в 1948 г., а в русском переводе — в 1958, см. [4]) синтезировала обширный круг идей, получивших распространение в «кибернетическом кругу» западных ученых и инженеров. Винер предложил читателям широкий ассортимент привлекательных аналогий между живыми организмами и саморегулирующимися машинами (сервомеханизмами, основанными на принципе обратной связи, и вычислительными машинами с хранимой в памяти программой): «тело — сервомеханизм», «жизнь — процесс уменьшения энтропии», «человек — источник информации», «человеческое общение — передача информации», «мозг — сеть логических элементов» и «рассудок — цифровой компьютер». Опираясь на сходство математических методов теории управления в технике (слежение и прицеливание) и теории связи (отделение сигнала от шума), Винер предположил, что понятия управления и связи очень близки: они используют один и тот же механизм отрицательной обратной связи. В кибернетике информация определялась как «негэнтропия» и считалась мерой упорядоченности, организации и определенности, в то время как энтропия связывалась с хаосом, шумом и неопределенностью; физиологический гомеостаз сравнивался с физическим равновесием; на нейроны смотрели как на логические элементы; мышление считалось синонимом вычисления [9; 40; 41; 42].

Винер стремился объединить последние достижения в теории управления, теории связи, вычислительной технике, физиологии, термодинамике и обще-

ственных науках и создать единую теорию кибернетических систем. Чтобы связать воедино разнообразные математические модели, концептуальные схемы и метафорические обороты этих дисциплин, он попытался создать некий общий язык. Винер позаимствовал понятия из теории вычислений (алгоритм), физиологии (адаптация, гомеостаз и рефлекс), психологии (поведение, обучение и память), теории автоматического регулирования (управление и обратная связь), термодинамики (энтропия и порядок) и теории связи (информация, сигнал и шум), а затем обобщил их, придав им новые, более широкие значения, применимые как к живым, так и к неживым системам. Пренебрегая различиями между поддержанием равновесия и достижением цели или между беседой и передачей информации, Винер утверждал, что этот новый язык будет одинаково применим ко всем кибернетическим системам, включая живые организмы, саморегулирующиеся машины и человеческое общество. Кибернетический язык по сути дела стер границу между людьми и машинами: сознательное человеческое поведение теперь объяснялось в механистических терминах как управляемое обратной связью, в то время как функционирование саморегулирующихся машин описывалось в антропоморфных выражениях как «целенаправленное». В своих работах Винер запросто называл животных «живыми машинами» [4, с. 38], а машины, как и людей, считал «коммуникативными организмами» [39, с. 142]. Он утверждал, что кибернетика ликвидировала фундаментальный разрыв между механической причинной связью и телеологическим объяснением: тот же самый механизм обратной связи мог теперь объяснять и работу машин, и действия человека.

Кибернетические человеко-машинные метафоры вызвали к жизни целый сонм новых нейрофизиологических теорий. Нейрофизиолог Карл Прибрам писал, например, что заимствование моделей из теории управления помогло преодолеть критические недостатки павловской схемы переключательной станции:

На организм и его мозг уже нельзя более смотреть как на пассивные переключательные станции, на которых непредсказуемые влияния окружающей среды могут разыгрывать любую партию. Старая пассивная схема «стимул—реакция» сменилась новой моделью активного, саморегулирующегося, гомеостатически управляемого организма, который самостоятельно ищет и по своему усмотрению отбирает события окружающей среды [43, с. 84].

Гомеостатическая модель мозга, однако, имела свои ограничения, ибо нервные структуры, целиком ориентированные на поддержание равновесия, менялись слишком медленно и оказались неспособными обучаться. Другая аналогия — модель нервной системы как сети коммуникаций с каналами ограниченной пропускной способности, предложенная Маккалоком и Питтсом, — постулировала структуры мозга на уровне более высоком, нежели система нервных электрических импульсов, но и она столкнулась с определенными трудностями. Концепция пропускной способности канала, отметил Прибрам, оказалась «чрезмерно упрощенной для науки о мозге, ибо фиксированных каналов с ограниченной пропускной способностью на самом деле в мозге нет» [43, с. 81].

Эта модель впоследствии уступила еще более гибкой компьютерной аналогии: «Переход от концепции ограниченной пропускной способности канала к понятию гибкой компетентности, способности “перепрограммироваться” для приспособления к изменяющимся условиям, отражает коренной сдвиг от образа мозга как телефонной станции к компьютерной аналогии» [43, с. 81].

В 1950-е и 1960-е гг. кибернетические модели и аналогии завоевали огромную популярность на Западе и нашли распространение в широком спектре научных дисциплин, от физиологии и психологии до генетики, психиатрии, социологии, экономики и лингвистики [9; 44]. В психологии и генетике, например, мышление и наследственность считались «переработкой информации»; мозг и геном назывались «вычислительными машинами»; познавательные и генетические процессы были «запрограммированными»; память и геном содержали «закодированную информацию»; обучение и биологическое развитие считались процессами «самоорганизации»; сознание и генетическая регуляция рассматривались как явления «обратной связи» [11, с. 24–25; 45, с. 360].

Кибернетические идеи не только оказали глубокое воздействие на концептуальное развитие различных научных дисциплин, но также получили обширный политический и культурный резонанс. Ряд авторов обнаружили истоки ключевых кибернетических концепций в работах Винера над системой управления зенитным огнем во время Второй мировой войны и пришли к выводу, что кибернетика вобрала в себя особенности чисто военных методов управления и связи [9; 46; 47; 48; 49]. Воплощенные в военных структурах командования и управления, кибернетические идеи способствовали формированию видения политической и социальной сфер как закрытых вычислимых систем, легко подвергаемых манипуляции и контролю. Сделав военный конфликт моделью нашего взаимодействия с миром, кибернетический дискурс по сути дела ограничил альтернативные формы знания и укрепил идеологические стереотипы холодной войны. В то же время культурный образ киборга — кибернетического организма, гибрида машины и организма, «незаконного отпрыска» милитаризма и капитализма — оказался «совершенно непочтителен» к своим предкам [50, с. 151]. Подобно «плавающему» знаку, этот образ пересекал культурные границы, подрывая основы общепринятых делений между «мышлением и телом, животным и человеческим, организмом и машиной, общественным и частным, природой и культурой, мужчинами и женщинами, примитивом и цивилизацией» [50, с. 163].

Путешествуя сквозь различные политические и культурные контексты, кибернетические человеко-машинные метафоры приобретали, теряли и вновь обретали разнообразные, зачастую противоречивые значения. В начале 1950-х гг., в то время как популярная западная пресса приветствовала Винера как «пророка второй промышленной революции» и рекламировала цифровые компьютеры как «электронные мозги», в Советском Союзе кибернетические идеи вызвали совсем иные политические и культурные ассоциации.

От кибернетических механизмов к философскому механицизму

Советские читатели впервые узнали о кибернетике в начале 1950-х гг. — время, совершенно не подходящее для распространения идей, пришедших с Запада. Это относилось не только к политическим доктринам, но и к научным теориям. На гребне холодной войны ученые, журналисты, философы и социологи — «солдаты идеологического фронта», придерживающиеся принципа «партийности», занялись поисками «реакционных» западных научных теорий. Они рутинно прицепляли к западным теориям философские ярлыки с негативным идеологическим подтекстом: «идеализм» (подмена материальной действительности математическими формулами и абстрактными концепциями), «механицизм» (сведение законов развития природы и общества к механической причинной связи), «метафизика» (отрицание диалектического характера развития) и «формализм» (сведение сущности явлений к их форме). В различных комбинациях эти клише применялись к квантовой механике, теории относительности, генетике, теории химического резонанса, структурной лингвистике и многим другим теориям [30; 40; 51]. Любая западная научная теория потенциально могла стать жертвой такой критики. Кибернетика, с ее далеко заходящими и широко интерпретируемыми человеко-машинными метафорами, оказалась особенно удобной мишенью.

В начале 1950-х гг. советские академические и популярные газеты и журналы напечатали более десятка резко критических статей, бичевавших кибернетику как типичный продукт американской империалистической идеологии и обвинявших западных кибернетиков в целом наборе идеологических грехов. Обеспокоенные скорее выполнением своей нормы идеологической критики, нежели серьезным анализом содержания и философского значения кибернетических исследований, советские критики вначале сами соорудили философское пугало, а затем с большой помпой его разрушили [52].

«Солдаты идеологического фронта» постепенно сформировали негативный идеологический образ западной кибернетики в полном соответствии со стандартным репертуаром пропагандистских клише. Они изобразили кибернетические человеко-машинные аналогии как попытки отождествить людей с машинами и дали кибернетике определение: «форма современного механицизма» [53, с. 236]. Они утверждали, что кибернетики совершают серьезную философскую ошибку, сводя естественные законы, управляющие биологическими, психологическими и социальными процессами, к физическим или просто механическим закономерностям. Один критик заявил, что кибернетики «сводят всю деятельность [человеческого] мозга к механической связи и сигнализации» и тем самым «отбрасывают науку на двести лет назад» к «человеку-машине» французского материалиста XVIII в. Ламетри [54, с. 213–214]. Играя с многозначностью слова «механический», другой автор писал: «На почве механических установок и появилась в последнее время в США лженаука кибернетика, обещающая сконструировать весьма совершенных механических роботов» [55, с. 105–106]. Третий критик утверждал, что «никакая механическая модель не может быть отождествлена с биологическим процессом вообще и с высшей

нервной деятельностью в частности» [56, с. 126]. Тот же автор далее утверждал, что кибернетики сводят законы биологического и социального развития к «чистым» математическим формулам и уравнениям, которые открывают «широкий простор для идеалистических спекуляций» [57, с. 44].

Что именно подпадало под категорию механистического или идеалистического отклонения от диалектического материализма, было отнюдь не всегда понятно. В физике, например, некоторые ученые и философы отождествляли диалектико-материалистическую позицию с классической механикой, в то время как другие заявляли, что диамат полностью совместим с квантовой механикой [30]. Вопрос о границе между знанием и идеологией, между «объективным ядром» научных теорий и их «философской интерпретацией» тоже был предметом жестких дебатов [58]. Несмотря на эту дискурсивную неопределенность, отклонения от диалектического материализма изображались не просто как философские заблуждения, а как серьезные идеологические или даже политические ошибки. Кибернетика, таким образом, оказалась псевдонаучной теорией, ложной философией и чуждой идеологией в одном лице.

Подобно любому идеологическому дискурсу, составленному из стандартных компонентов, антикибернетическая кампания не замечала своих внутренних противоречий. Кибернетику обвиняли в том, что она «идеалистическая» и «механистическая», «утопическая» и «запугивающая», «технократическая» и «пессимистическая», «лженаучная» и служащая делу создания опасных вооружений в одно и то же время. Изобретая типичный оксюморон, критики объявляли, что кибернетика «является не только идеологическим оружием империалистической реакции, но и средством осуществления ее агрессивных военных планов», что выражается в использовании компьютеров и сервомеханизмов для создания дистанционно управляемого автоматизированного электронного оружия [53, с. 237]. Было не совсем понятно, как бесполезная лженаука — воплощение реакционной идеологии мракобесов — могла помочь в производстве действующего оружия. Чтобы раздуть значение кибернетики как грозного идеологического врага, критики приписали ей заслуги во всех военных применениях вычислительной и управляющей техники на Западе. Действительно, кибернетика воспользовалась результатами научно-исследовательских работ военного времени и вобрала в себя некоторые элементы военного мышления, методы кодирования коммуникаций и военные принципы командования и управления. Тем не менее кибернетика для Винера и его коллег была прежде всего гражданским занятием; их кибернетические идеи в основном оказали влияние на науки о жизни и общественные дисциплины, в то время как военные извлекли выгоду главным образом из ранних математических работ Винера. Кибернетику можно рассматривать, таким образом, скорее как продукт, нежели движущую силу американских военных исследований по теории управления и связи. Советские критики также проигнорировали открытую пацифистскую позицию Винера, которую он занял после Хиросимы, а возможно, даже и не знали о ней.

Рьяно преследуя идеологических врагов, критики совершенно забыли о давней традиции использования человеко-машинных аналогий в российской и со-

ветской физиологии. В то время как Винер рассматривал кибернетику как законную наследницу павловской традиции, критики изображали их непримиримыми врагами. Один критик обвинил кибернетиков в том, что они стремятся заменить физиологию механикой и подменить павловскую теорию условных рефлексов понятием обратной связи [59, с. 61]. Французский марксистский журнал «Ля Пансэ» назвал кибернетику «орудием холодной войны против Павлова» [60, с. 60], и советские авторы с готовностью цитировали этот эпитет. Статья, подписанная псевдонимом «Материалист», изобразила кибернетику как преднамеренную атаку на доктрину Павлова:

Самое прогрессивное учение современного естествознания встречает бешеное сопротивление со стороны реакционеров от науки. Так как они не в состоянии найти научные аргументы против учения И. П. Павлова, то им остается стать на путь фальсификации и извращения этого учения. Ничтоже сумняшеся, они наделяют вычислительную машину свойствами центральной нервной системы. <...> И тем не менее, это всего лишь механизм, управляемый звуковыми, световыми и механическими сигналами и ничего общего не имеющий с рефлексам человека [54, с. 214].

В поддержку своих обвинений «Материалист» процитировал Павлова: «Нервная система на нашей планете есть невыразимо сложнейший и тончайший инструмент сношений, связи многочисленных частей организма между собой и организма как сложнейшей системы с бесконечным числом внешних влияний». Как оказалось, критик умело выхватил эту цитату из середины абзаца, дабы скрыть свидетельства павловского увлечения машинными метафорами. Непосредственно перед процитированными словами Павлов пишет: «Таким образом, в центральной нервной системе имеется два разных центральных аппарата: прямого проведения нервного тока и аппарата его замыкания и размыкания». Сразу после процитированных критиком слов Павлов размышляет: «Если теперь замыкание и размыкание электрического тока есть наше обыденное техническое приспособление, то неужели можно возражать против представления об осуществлении того же принципа в этом изумительном инструменте (т.е. в нервной системе. — В. Г.)?» [61, с. 245].

Во время антикибернетической кампании имя Павлова звучало регулярно, как только критики принимались обсуждать параллели между людьми и машинами. «Краткий философский словарь» заверил читателей, что кибернетики отождествляют работу головного мозга с работой вычислительной машины, и заключил, что «по существу своему кибернетика направлена против материалистической диалектики, современной научной физиологии, обоснованной И. П. Павловым» [53, с. 237]. Один критик утверждал, что кибернетика основана на «механистической концепции высшей нервной деятельности» и направлена «против гениального учения И. П. Павлова». «В то время как открытые и всесторонне изученные И. П. Павловым закономерности основаны на диалектическом понимании высшей нервной деятельности, на изучении мозга как органа, функционирующего в качестве единого целого», писал этот критик, кибернетическая теория «трактует мозг как агрегат, механическое сочетание кле-

ток» [56, с. 125]. Он заключил, что кибернетики унизили человека до статуса «говорящей машины» [57, с. 44].

Пытаясь сочетать патристическую риторику, использовавшуюся партией во время Великой Отечественной войны, с новыми идеологическими стереотипами холодной войны, советские авторы зачастую осуждали западную кибернетику как реакционную чепуху и тут же, едва переведя дух, заявляли о российском национальном приоритете в разработке тех же самых идей. Например, Петр Анохин, которого попросили прорецензировать для «Литературной газеты» статью о кибернетике, написанную двумя советскими специалистами по вычислительной технике, немедленно присоединился к их осуждению кибернетических аналогий между человеческим мозгом и автоматическими управляющими устройствами. Он писал, что авторы «совершенно правильно отмечают, что такие методологически вредные переносы и аналогии имеют в своей основе реакционный замысел и направлены на то, чтобы свести человека в его общественно-полезной деятельности до положения механического автомата» [62, л. 139]. В то же самое время Анохин гордо отметил, что примеры циклической нервной сигнализации и обратной связи уже хорошо изучены российскими физиологами, в частности физиологом XIX в. Иваном Сеченовым. Анохин, однако, проявил осторожность и не стал привлекать внимание к своим собственным работам над моделями обратной связи в 1930-е гг. Он полностью откестился от идеологически подозрительной кибернетики и осудил попытки кибернетиков «перенести явления механического порядка на сложные процессы высшей нервной деятельности». Учение Павлова, авторитетно подтвердил он, «абсолютно несовместимо с механическими идеями этого абсурдного “учения” (кибернетики. — В. Г.)». Анохин сделал вывод, что кибернетика «построена на порочном методологическом фундаменте, заключает в себе целый ряд неграмотных с неврологической точки зрения предпосылок и построений и, наконец, служит реакционным целям капиталистического общества» [62, л. 140]. Неудивительно, что отчет советских физиологов об участии в XIV Международном психологическом конгрессе в Монреале в 1954 г. включил использование компьютеров в психологических исследованиях в список тем, которые «не представляли большого принципиального значения» [63, л. 128].

«Человек — это самая совершенная из известных нам пока кибернетических машин...»

В октябре 1955 г. мир наконец услышал о том, о чем западные специалисты уже долгое время догадывались. Советская делегация на конференции по электронным цифровым вычислительным машинам и обработке информации в Дармштадте (Западная Германия) впервые открыто объявила, что в Советском Союзе построено несколько быстродействующих электронных цифровых вычислительных машин, и сообщила их технические параметры. За этим последовал целый поток публикаций в советских научных и популярных журналах и газетах, пропагандирующих этот новый волшебный инструмент для решения до той поры неразрешимых проблем. Хотя первые применения вычислитель-

ных машин были почти исключительно военными — расчет водородной бомбы и вычисления траекторий межконтинентальных баллистических ракет, — расхожий образ всесильного компьютера обещал коренной переворот в науке, технике и повседневной жизни. Казалось, что мощи компьютеров нет предела, что они смогут решить любую проблему, если только сформулировать ее на правильном языке — языке компьютерных алгоритмов.

Появление вычислительных машин совпало по времени с крупными политическими переменами. Осуждение Никитой Хрущевым «культ личности» Сталина на XX съезде партии в феврале 1956 г. открыло новую эру советской истории. Последовавшая за этим политическая «оттепель» внесла существенные преобразования во многие сферы советской жизни. В частности, период принудительной изоляции советских ученых от их западных коллег подошел к концу: информационные шлюзы были приоткрыты, а некоторым советским ученым стали даже позволять ездить за рубеж. При прямом сопоставлении отставание Советского Союза от развитых западных стран в целом ряде научных и технических областей, получивших быстрое развитие в предшествующие годы, таких, как генетика и полупроводниковая технология, стало настолько очевидным, что его уже нельзя было игнорировать. Идеологические нападки на «реакционную» западную науку в духе Лысенко были резко свернуты; партия и правительство взяли курс на быстрое освоение последних западных научных и технических достижений [51, с. 257–313; 64, с. 58–102]. Догнать Запад в развитии цифровой вычислительной техники стало одной из наиболее приоритетных задач.

Новое поколение отличалось особым, свежим и смелым, языком; оно стремилось очиститься от сталинских идеологических клише и навязчивой риторики. Многие советские интеллигенты видели в языке науки, в особенности математики, искомый «язык истины». Как метафорически выразились историки советской культуры Петр Вайль и Александр Генис, «после того как выяснилось, что слова лгут, больше доверия вызывали формулы»; «точные знания казались эквивалентом нравственной правды. Между честностью и математикой ставился знак равенства» [65, с. 100].

Компьютер воплотил этот новый дух строгого рассуждения, логической ясности и количественной точности; он стал символом объективности, воплощенным отрицанием сталинской беспринципной идеологии. Компьютеры подавали пример того, как противостоять давлению и стоять за правду. Николай Бернштейн, сумевший во время «оттепели» возвратиться к активным исследованиям, публично заявил, что машинные модели служат «требовательным и непреодолимым критерием» истины:

В мышлении человека всегда существует известный неосознаваемый произвол, при наличии которого горячая внутренняя убежденность автора способна побудить его принять желаемое за действительное. Но уж модель, оформленная как программа для цифровой машины или как электронный аналог, не поддастся никаким попыткам уговорить или переубедить ее в чем-либо таком, что несогласно с ее структурой. Модель неукос-

нительно работает по объективным законам природы или столь же прочно установленным законам математических отношений (цит. по [66, с. 124]).

Образ объективного, говорящего правду компьютера играл центральную роль в возникающем советском кибернетическом движении. Расширив заданные Винером границы кибернетики и включив в нее все потенциально возможные применения вычислительных машин, советские кибернетики рассматривали свою дисциплину как науку о компьютерных алгоритмах и одновременно как новый научно-методологический принцип, предписывающий преобразование научного знания в машинные модели и его проверку на этих моделях [30; 40; 67; 68]. Выступая на сессии Академии наук СССР в октябре 1956 г., ведущий советский кибернетик Алексей Ляпунов из Отделения прикладной математики Математического института выдвинул далеко идущую программу «алгоритмизации» различных сфер науки и техники:

Для управляющих машин на производстве требуется алгоритмизация технологических процессов; для реализации перевода — алгоритмизация процессов лингвистики. Для передачи машине широкого круга функций человека необходимо алгоритмическое моделирование функций мышления и поведения, и в этом кибернетика должна соприкасаться с биологией и психологией (цит. по [69, с. 129]).

Октябрьская сессия была посвящена содействию автоматизации производства, в которой кибернетике отводилась центральная роль. В популярной печати начали выходить статьи, пропагандирующие кибернетику; вскоре последовали публикации книг, включая переводы работ Винера.

Воспользовавшись новой политической ситуацией и новыми веяниями в технике, советские кибернетики-энтузиасты быстро очистили свою дисциплину от прежних идеологических обвинений. Выступая в октябре 1958 г. на Всесоюзном совещании по философским вопросам естествознания, близкий союзник Ляпунова, видный математик Сергей Соболев из Института атомной энергии отменил философский критический анализ кибернетики как совершенно неуместный. «Кибернетика не является ни механистической, ни идеалистической, — заявил он. — Это прежде всего наука о фактах. Нет фактов идеалистических или материалистических, факт всегда есть факт. Кибернетика — наука об управляющих системах — изучает факты, которые существуют в действительности, поэтому называть кибернетику идеалистической наукой несколько странно» (цит. по [70, л. 162]). Соболев не использовал никаких философских доводов, чтобы опровергнуть обвинение в идеализме; вместо этого он заявил, что философская терминология попросту неприменима к кибернетике. Конференция по сути дела лишила советских философов их прежней привилегии выносить вердикт по предмету научных дискуссий [71].

Кибернетики-энтузиасты выдвинули грандиозную программу «кибернетизации» широкого круга научных дисциплин, включая физиологию. Соболев, в частности, недвусмысленно заявил, что предмет физиологии переходит к кибернетике:

В кибернетике машиной называют систему, способную совершать действия, ведущие к определенной цели. Значит, и живые существа, человек в частности, в этом смысле являются машинами. Человек — это самая совершенная из известных нам пока кибернетических машин. <...> Нет никаких сомнений в том, что вся деятельность человеческого организма представляет собой функционирование механизма, подчиняющегося во всех своих частях тем же законам математики, физики и химии, что и любая машина [72, с. 83].

Ляпунов и его коллеги сформулировали целый ряд новых задач для «физиологической кибернетики»: 1) изучение потоков информации, циркулирующей в нервной системе и рецепторах; 2) изучение способов кодирования информации в нервной системе и рецепторах; 3) оценка количества информации и пропускной способности каналов нервной системы; 4) алгоритмическое описание функционирования нервной системы и рецепторов; 5) изучение алгоритмов переработки информации в нервной системе; 6) проблема взаимодействия человека и автомата [73].

В качестве примера успешного перевода физиологических понятий на язык кибернетики Ляпунов предложил стохастический алгоритм, моделирующий приобретение условного рефлекса [74, с. 68–69].

Так как советская физиология в это время по большей части сводилась к павловской теории условных рефлексов, первые попытки перенести кибернетический подход на физиологию сосредоточились на моделировании рефлексов. Кибернетики-энтузиасты заявили, что существующие системы автоматического регулирования (САР) уже способны демонстрировать безусловные рефлексы (т.е. выдавать заданные реакции на разнообразные входные сигналы), и утверждали, что условные рефлексы в принципе тоже можно реализовать. «Следуя точному смыслу павловского определения (условного рефлекса. — В. Г.), — писал инженер И. И. Гальперин, — невозможно провести различие между механизмом условного рефлекса и действием САР» [75, с. 159]. Он заявил, что «САР выполняют в современных машинах функцию нервной деятельности» [75, с. 162], и объявил о начале «переоценки некоторых физиологических ценностей, которую несут управляющие машины» [75, с. 167].

Перефразируя слова Павлова о том, что человеческий мозг, который «создавал и создает естествознание, сам становится объектом этого естествознания», Гальперин писал: «Человеческий мозг, создающий технику, в управляющих машинах становится в простейших своих проявлениях объектом этой техники» [75, 168]. Если человеческий мозг становится объектом техники, то что тогда является объектом нейрофизиологии? Кибернетический «экспансионизм» не оставлял практически никакого места для некибернетической физиологии.

«Физиология активности» Николая Бернштейна

В условиях нового политического климата и крупных организационных перемен в советской науке при Хрущеве многие советские ученые, ранее отес-

ненные на задний план доминировавшими при Сталине школами, получили возможность узаконить и институционально оформить свои исследования. В 1957 г. было организовано самостоятельное междисциплинарное Сибирское отделение Академии наук с центром в Академгородке под Новосибирском [76]. В результате двух крупных реорганизаций Академии, проведенных в 1961 и 1963 гг., возникло несколько новых дисциплинарных отделений, что значительно ослабило позиции старой сталинской гвардии. В частности, исследования по генетике теперь переместились из биологических учреждений (находившихся под контролем лысенковцев) под крышу физических и химических научно-исследовательских институтов. Генетика «пряталась за защитным языком. Для посвященных такие термины, как “радиобиология”, “радиационная биофизика” и “физико-химическая биология” использовались как своего рода защитная окраска, служа в качестве эвфемизмов как для классической генетики, так и для молекулярной биологии» [77, с. 55]. В 1959 г. Академия учредила Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика» под председательством влиятельного руководителя, инженер-адмирала Акселя Берга, бывшего заместителя министра обороны [67]. Совет по кибернетике служил своего рода «крышей» для широкого круга прежде притесняемых дисциплин, таких, как генетика («биологическая кибернетика»), структурная лингвистика («кибернетическая лингвистика»), статистический анализ и планирование химических экспериментов («химическая кибернетика») и непавловская физиология («физиологическая кибернетика»). При поддержке Совета неортодоксальные исследователи могли публиковать свои работы, созывать конференции и по сути дела узаконить свои исследования под рубрикой объединенного государственного плана кибернетических исследований [78].

Увидев в подъеме кибернетики уникальную возможность возродить свою первоначальную программу исследований, Николай Бернштейн перевел свою теорию движений на кибернетический язык. Вместо «построения движений» он начал говорить об «управлении» и «программировании», нервные импульсы стали «информацией», а двигательный аппарат организма был описан как саморегулирующееся устройство следящего типа [1, с. 342–371]. Бернштейн активно исследовал всевозможные кибернетические аналогии с сервомеханизмами, действующими по принципу обратной связи, и с вычислительными машинами, хранящими в памяти программу своих действий. В итоге он разработал полноценную модель организма как саморегулирующейся машины, получающей информацию из внешней среды, кодирующей ее в модель, программирующую свои действия и управляющую своими движениями [79]. Использование кибернетического языка дало ему возможность бросить вызов павловской школе и в то же время избежать обвинений в «идеализме» и «витализме», выдвигавшихся против него прежде.

Бернштейн заявил, что не кибернетика, а как раз павловская теория условных рефлексов виновна в механистическом редуccionизме. Он считал, что доктрина Павлова идейно принадлежит к XIX столетию, к «физиологии классического периода», которая «явилась в основном плодом механистического материализма» [1, с. 431]. По мнению Бернштейна, классические физиологи

рассматривали организм лишь как «высокоорганизованную реактивную машину» [1, с. 433] и верили, что «целое есть всегда сумма своих частей и ничего более. <...> Каждое чувственное восприятие — это сумма элементарных ощущений, а каждая целостная целесообразная реакция животного организма — такая же сумма элементарных рефлексов» [1, с. 373]. Он утверждал, что жесткая павловская схема условных рефлексов базировалась лишь на экспериментах с животными, запертыми в клетках и подвергнутыми дозированным раздражениям. Жизнедеятельность и поведение организмов трактовались как «совокупности или цепи рефлексов, — писал Бернштейн. — Рефлекторная дуга неминуемо суживала понятие живого организма до своего рода реактивной машины, идущей на поводу у рецепторных сигналов» [79, с. 54–55].

В то время как павловская школа избегала понятия «цель», считая его чисто психологическим и потому «ненаучным», Бернштейн поставил это понятие в центр своей теории. Он призвал к созданию «физиологии активности», которая будет изучать целенаправленное поведение. Бернштейн считал, что физиологический анализ целенаправленного поведения вполне возможен, если осмыслить понятие цели в кибернетических терминах: «В центральной нервной системе мыслимы какие-то ... материальные коды, посредством которых в ней отображены как прогнозы, так и программы будущего» [79, с. 59].

Хотя Бернштейн и позаимствовал свой новый словарь из «Кибернетики» Винера, он полностью переработал кибернетические модели и метафоры, дабы приспособить их к своей собственной теории. Бернштейн счел предложенную Винером модель целенаправленного поведения довольно интересной, но тут же внес в нее существенные коррективы. Бернштейн заявил, что цель действия кодируется в нервной системе как модель потребного будущего и что целенаправленное поведение ориентируется на эту модель, а не на фактическую цель. Например, при взятии предмета со стола координационное управление движениями руки нацелено на минимизацию текущего отклонения от запланированного пути, а не на уменьшение расстояния между рукой и намеченным предметом, как считали Винер и Розенблют.

Бернштейн внес еще одну поправку в модель Винера, введя четкое различие между простой адаптацией к окружающей среде и целенаправленной деятельностью, нацеленной на изменение окружающей среды. В то время как для первой было достаточно павловских рефлексов, вторую свести к рефлексам было нельзя. Чтобы разъяснить это различие, Бернштейн воспользовался концептуальным аппаратом «хорошо организованных функций», описанных его близким другом математиком Михаилом Цетлиным и математиком Израилем Гельфандом из Отделения прикладной математики. Гельфанд и Цетлин называли функции большого числа переменных «хорошо организованными», если их параметры можно было разделить на «существенные» и «несущественные». Первые определяют основные характеристики функции (ее форму и экстремумы), а вторые могут вызывать резкие локальные скачки и разрывы, но не оказывают большого влияния на функцию в целом. Бернштейн считал, что координацию движений (например, при письме) и возникновение мысленных моделей в процессе восприятия можно вполне описать такими функциями. Например,

в зависимости от положения руки в почерке могут варьироваться его «несущественные» параметры, но «существенные» особенности при этом сохраняются. Бернштейн утверждал, что живые организмы ведут себя точно так же, как «хорошо организованные» математические функции:

Уже отмечалось, насколько по-разному ведет себя организм по отношению к проявлениям ... существенных и несущественных переменных. По линии этих последних организм всегда **реактивен** и уступающе приспособителен; это, можно сказать, сфера приложимости идей уравнивания и гомеостаза. <...> Но в том, что касается определяющего влияния аргументов «существенной» подгруппы, и развитие, и текущее поведение организма оказываются совершенно иными. <...> Таким образом, можно сказать, что функция «организм» реактивна по отношению к своим несущественным переменным, но в высокой степени нереактивна или активна по отношению к существенным [79, с. 62].

С помощью этого примера Бернштейн также проиллюстрировал ограниченную применимость павловской модели (реакции пассивного организма) по сравнению с его собственной моделью (действия активного организма).

В то время как Винер рассматривал гомеостаз как наиболее типичный кибернетический процесс, Бернштейн считал, что это понятие принадлежит докибернетическому прошлому. «Процесс жизни есть не “уравнивание с окружающей средой”, ... а преодоление этой среды, — утверждал Бернштейн. — Это преодоление направлено притом не на сохранение статуса или гомеостаза, а на непрекращающееся движение в направлении родовой программы развития и самообеспечения» [79, с. 59]. В его модели такие понятия, как «уравнивание» и «гомеостаз», применимы лишь к несущественным переменным. Когда же внешняя среда оказывает воздействие на существенные переменные, организм «отвечает активнейшим противодействием и не уступает без серьезной борьбы, осуществляемой иногда с противосилой, иногда целой уклончивой тактикой» [79, с. 62]. Где-то между строк здесь читается отношение Бернштейна к пассивной социальной тактике тех, кто «уступающе приспособителен» и ищет «уравнивания» с властями. Для самого Бернштейна целью было «освобождение организма от роли “реактивного автомата”, существующего “на поводу” падающих на него раздражений» [1, с. 457], иными словами — освобождение советской физиологии от павловских догм.

Кибернетики оказали решающую поддержку позиции Бернштейна. К началу 1960-х гг. они уже не искали кибернетические модели, наиболее подходящие для павловской теории; вместо этого они занялись серьезной критикой теории условных рефлексов с кибернетической точки зрения. В мае 1962 г., выступая на Всесоюзном совещании по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности и психологии в Москве, математик Михаил Бонгард из Института биофизики объявил, что кибернетические модели отныне будут «суровыми экзаменаторами» физиологических теорий и гипотез. Он заявил, что кибернетическая проверка павловской теории условных рефлексов

показала, что эта теория неспособна объяснить базисные нейрофизиологические механизмы, например обучение:

Если вы утверждаете, что понимаете, как происходит процесс обучения, вас очень легко проверить. Инженеры создадут элементы, которые умеют вырабатывать условные рефлексы. Попробуйте собрать из таких элементов устройство, которое будет целесообразно вести себя в сложной изменяющейся обстановке. Я сам немного этим вопросом занимался и знаю, что безнадежно пытаться собрать такое устройство из элементов, моделирующих условные рефлексы [80, с. 672].

Бонгард утверждал, что теория условных рефлексов совершенно не адекватна для объяснения высшей нервной деятельности. Согласно павловскому учению, условный рефлекс может возникнуть только на основе безусловного, путем подмены безусловного раздражителя условным. Однако для сложных реакций, таких, как решение арифметической проблемы, рассуждал Бонгард, не существует безусловного раздражителя, и поэтому «здесь нечего подменять»: «рассмотрение системы даже сложных условных рефлексов явно недостаточно для объяснения деятельности живого организма, так же как недостаточно заниматься статикой, чтобы объяснить полет ракеты» [80, с. 672]. Вместо этого, настаивал Бонгард, нужно искать решение, строя кибернетические модели. Он предложил модель обучения по принципу обратной связи, воплощенную в оригинальной компьютерной программе распознавания образов; эта программа выводила собственные правила классификации путем «обучения» на наборе примеров [81].

Двусторонний характер человеко-машинных метафор облегчил обмен идеями между кибернетической физиологией, техникой и математикой. Бернштейн утверждал, например, что организм, сталкивающийся с динамически меняющейся ситуацией, должен будет делать вероятностный прогноз. Организм постоянно ведет «игру» с окружающей средой, писал он, — игру, чьи правила не определены, а шаги, запланированные противником, неизвестны. Его близкий друг Михаил Цетлин перевел эту идею на язык теории игр. Он рассмотрел коллективную игру определенного типа, в которой стохастические автоматы не «знают» платежную функцию игры заранее и должны разработать оптимальную тактику в ходе игры. Цетлин неформально сравнил тактику простого автомата, сталкивающегося со сложной окружающей средой, с поведением «маленького животного в большом мире».

Цетлин разработал целый ряд оригинальных кибернетических моделей физиологических процессов [82]. Он предложил алгоритм, по которому комбинированные действия большого числа элементарных автоматов, каждый из которых следует очень простым правилам, приводят к целесообразному поведению системы в целом. Ключ к этому алгоритму лежит в «принципе наименьшего взаимодействия»: все части системы «стремятся» минимизировать свое взаимодействие друг с другом и с внешней средой. Действия каждой из частей уже не нужно диктовать из единого центра. Учитывая «платежную функцию», отдельные автоматы выбирают собственные наилучшие стратегии, что в итоге

приводит к оптимальной стратегии для всей системы. Нейрофизиологи обычно предполагали, что различные нервные центры мозга координируют свою деятельность с помощью сложной системы взаимных связей. Цетлин утверждал, что целесообразное поведение системы в целом может быть достигнуто, даже если эти центры «взаимодействуют» лишь посредством наблюдения изменений в среде:

В каждый момент подсистема решает свою «частную», «личную» задачу — минимизирует свое взаимодействие со средой; поэтому сложность подсистемы не зависит от сложности всей системы. <...> Наши математические модели позволяют в известной мере представить себе взаимодействие нервных центров, не прибегая к сложной системе связей и координации их деятельности [83, с. 187–189].

Работы Цетлина и Бернштейна располагались на границе между математикой и нейрофизиологией. Они с трудом помещались в общепринятые для обеих дисциплин рамки и в результате нашли себе нишу в «физиологической кибернетике». Цетлин был избран ученым секретарем Совета по кибернетике на его первом заседании. И Цетлин, и Бернштейн активно публиковали свои работы в «Проблемах кибернетики», выходявших под редакцией Ляпунова.

Узаконенные под рубрикой «физиологической кибернетики», методы Бернштейна по изучению движений широко применялись в эргономических исследованиях и в подготовке космонавтов. В частности, используя методы Бернштейна, его ученик Леван Чхайдзе разработал количественную меру координации движений человека и показал, что в условиях перегрузок и невесомости после некоторых первоначальных нарушений координация вскоре восстанавливается [84]. В 1967 г. сборник основных статей Бернштейна был переведен на английский язык и широко пропагандировался группой физиологов из Лаборатории Хаскинса в Нью-Хейвене, штат Коннектикут. Его труды «быстро стали своего рода библией для тех, кто считал его гением лабораторных исследований» [85, с. 467]. В 1984 г. ведущие западные специалисты называли Бернштейна «предтечей когнитивной нейробиологии» [85, с. 471].

Примирение теории условных рефлексов с кибернетикой

Рост популярности кибернетики и изменение отношения к человеко-машинным метафорам в культуре поставили павловцев перед трудным выбором. Им надо было или продолжать философскую критику кибернетики, или искать какой-то способ примирить учение Павлова с кибернетикой. И в том, и в другом случае кибернетические метафоры нужно было заново переинтерпретировать, либо читая их буквально как некие философские утверждения, либо давая им настолько широкое толкование, чтобы они оказались совместимыми с павловской концептуальной структурой. Решающее столкновение между сторонниками и противниками «физиологической кибернетики» произошло в 1962 г. на Всесоюзном совещании по философским вопросам физиологии высшей нервной деятельности и психологии.

Наиболее догматично настроенные павловцы избрали первую стратегию. На сей раз они обвинили кибернетиков не в «механистических», а в «идеалистических» отклонениях от диалектического материализма. Кибернетические модели не имеют никакой основы в реальных нейрофизиологических процессах, утверждали они, и потому «оторваны» от материальной действительности. Перефразируя «классическую» ленинскую критику «идеалистических» философских интерпретаций кризиса в физике, в которых «материя исчезает, и остаются одни уравнения», один из участников совещания заявил, что в теории Бернштейна «физиологические процессы в мозгу как бы подменяются технологией математического мышления. <...> Рефлекторные механизмы функционирования нервной системы исчезают вовсе, остаются одни математические преобразования» [80, с. 558]. В то время как кибернетики утверждали, что модель целенаправленного поведения, основанная на принципе обратной связи, ликвидирует разрыв между механической причинной связью и телеологией, советские критики сначала обвинили их в сведении всех процессов к механической причинной связи («механицизм»), а затем перенесли огонь критики на телеологию (которую критики немедленно связали с витализмом и идеализмом). Критикуя понятие «родовой программы развития», введенное Бернштейном, один выступавший задал риторический вопрос: «Кто эту программу составил и заложил в живую материю, как в кибернетическую машину? Что-то тут сильно пахнет аристотелевой энтелехией» [80, с. 584].

Более политически подкованные сторонники теории условных рефлексов поняли, что времена изменились. Убедившись в том, что не смогли победить кибернетику, они решили к ней присоединиться. Вначале они утверждали, что кибернетика противоречит учению Павлова и потому является лженаукой, а теперь полностью примирились с кибернетикой и принялись с таким же рвением доказывать, что теория условных рефлексов полностью согласуется с кибернетикой, а сам Павлов был чуть ли не отцом-основателем кибернетики. Ранее Винер пытался связать механизм управления по принципу обратной связи с широко признанной павловской теорией условных рефлексов, дабы придать веса кибернетике; теперь же ловкие павловцы использовали ту же самую дискурсивную стратегию, только на сей раз для того, чтобы поддержать учение Павлова, связав его с ныне широко признанными кибернетическими идеями. Юрий Фролов, один из ортодоксальных учеников Павлова, откопал забытую статью 1936 г., в которой математик Н. А. Романов предложил вероятностную модель условных рефлексов. «Конечно, это не означает, что кибернетика была «открыта» в лаборатории И. П. Павлова, — признал Фролов. — Но это говорит за то, что математик Н. А. Романов ... первый указал на теснейшую связь учения И. П. Павлова с теорией вероятности как ядром современной кибернетики» [3, с. 314].

Петр Анохин одним из первых среди бывших учеников Павлова осознал перспективы, открытые кибернетикой для физиологических исследований. В 1955 г. он стал заведующим кафедрой нормальной физиологии в Первом медицинском институте в Москве; вскоре он оборудовал свою лабораторию новейшими электрическими стимуляторами, усилителями и энцефалографами.

Вначале программа его исследований в значительной степени оставалась павловской (изучение условных рефлексов, связанных с деятельностью слюнной железы), только теперь, вместо собирания слюны, он регистрировал электрические потенциалы мозга собаки [36, с. 136–137]. Однако с подъемом кибернетики в конце 1950-х гг. Анохин решил воскресить и реабилитировать свои ранние идеи о функциональных системах, представив свой подход как предшествующий кибернетике:

Понятие функциональной системы и обратной афферентации нами было предложено за 11 лет до развития кибернетики. <...> Однако многие годы принцип функциональной системы был руководящим лишь в нашей лаборатории. <...> Развитие кибернетики с ее основным принципом «регуляции с обратной связью» коренным образом изменило положение. Основной принцип автоматической регуляции с обратной связью как основа кибернетики поразительно совпал с нашими представлениями о «замкнутой функциональной системе» [37, с. 200–205].

Это «поразительное совпадение» едва ли вызовет удивление, если учесть, что Винер и Розенблют сформулировали свою концепцию физиологической обратной связи на основе богатой традиции циклических физиологических моделей от Клода Бернара до Уолтера Кеннона, хорошо известной и Анохину.

Анохин всегда подчеркивал, что его идеи не выходят за рамки павловского учения, и изображал свой подход как некий гибрид теории условных рефлексов и «физиологической кибернетики». В то время как Бернштейн часто прибегал к кибернетическому языку для того, чтобы подорвать павловскую концептуальную систему с помощью кибернетических метафор, Анохин старался избегать этого языка и даже выступил против тенденции «подменить физиологические термины и понятия терминами, заимствованными из арсенала кибернетики», такими, как «информация», «кодирование» и «программирование» [37, с. 213]. Вместо этого Анохин попытался разработать собственную физиологическую терминологию. Он заменил свой ранний термин «санкционирующая афферентация» на более общее понятие «обратная афферентация», которое, по его словам, было близко к понятию обратной связи, но более содержательно. Он также ввел понятия «афферентный синтез» (интеграция всех сигналов о результатах предыдущих действий и формирование цели следующего действия) и «акцептор действия» («аппарат, который принимает обратную афферентацию и сопоставляет ее с тем, что составляло цель данного действия»). По мнению Анохина, этот набор физиологических механизмов — афферентный синтез, обратная афферентация и акцептор действия — представляет собой «органические составные части не только условного рефлекса, но и любого целостного поведенческого акта, в особенности целенаправленного поведения» [37, с. 193–195]. Эти три механизма вошли также в новую, усовершенствованную концепцию функциональной системы. Если версия 1930-х гг. описывала физиологический процесс, направленный на определенную цель, а именно на компенсацию утраченных функций, новое понятие функциональной системы было применимо ко всем видам физиологической деятельности организма.

Совещание 1962 г. послужило «явным знаком коренного поворота к кибернетическому моделированию» нервной деятельности [19, с. 533]. Резкость данного поворота была несколько сглажена, однако, успешными попытками Анохина и его сторонников примирить кибернетику с традиционной павловской физиологией. Анохин утверждал, что его теория функциональных систем была достаточно широка, чтобы охватить как теорию условных рефлексов, так и кибернетику. Он заявил, что условный рефлекс был лишь частным случаем работы функциональной системы, в то время как последняя представляла собой «универсальный принцип». Пытаясь включить кибернетику в свою общую теорию, Анохин сформулировал «один из самых кардинальных законов жизни, который определяет собой все формы полезных приспособлений человека до сложных машин автоматической регуляции включительно»: «всякая функциональная система, механическая или живая, созданная или развившаяся для получения полезного эффекта, непременно имеет циклический характер и не может существовать, если не получает обратной сигнализации о степени полезности произведенного эффекта» [37, с. 222–223]. На данном уровне общности кибернетические идеи выглядели полностью совместимыми и с учением Павлова, и с диалектическим материализмом.

Анохин стремился влить «физиологическую кибернетику» в основной поток физиологических исследований как интеллектуально, так и организационно. Он тесно сотрудничал с Советом по кибернетике, и после кончины Бернштейна и Цетлина во второй половине 1960-х анохинская интерпретация «физиологической кибернетики» стала доминирующей. В 1966 г., при поддержке влиятельного председателя Совета академика Акселя Берга, Анохин был избран действительным членом Академии наук СССР и занял одну из ведущих позиций в советской физиологии. Его умеренная версия «физиологической кибернетики» более не бросала вызов ортодоксальным павловцам, как это делали новаторские работы Бернштейна. Школа Анохина избегала радикальных интерпретаций кибернетических идей и метафор и пошла по пути «золотой середины», комбинируя теорию условных рефлексов Павлова с кибернетическими механизмами обратной связи. Эта стерилизованная версия оказалась наиболее приемлемой в политическом отношении и стала в конце концов одной из наиболее влиятельных физиологических теорий в Советском Союзе.

Отношения между кибернетикой и павловской теорией не были фиксированы; напротив, они активно менялись по мере того, как эти теории и их центральные метафоры подвергались различным толкованиям. Эта динамика отражала глубокие перемены в социально-политическом контексте советской физиологии. Когда кибернетика была публично осуждена как «лженаука», павловцы утверждали, что учение Павлова не имеет никакого отношения к идеологически подозрительным математическим моделям и человеко-машинным метафорам. Когда кибернетика была узаконена и стала уважаемой областью исследований, павловцы с таким же рвением стали разыскивать кибернетические идеи в павловском учении. Советские кибернетики, в свою очередь, вначале утверждали полную совместимость кибернетики с теорией условных рефлексов, пытаясь привлечь на свою сторону доминирующую физиологическую теорию.

Позднее, когда кибернетика уже стояла на своих собственных ногах, они сделали поворот на 180 градусов и использовали кибернетические модели для того, чтобы бросить вызов павловской теории. Человеко-машинные метафоры путешествовали от одной дисциплины к другой и обратно и меняли свои привязанности и оценки в зависимости от текущей политической и культурной ситуации.

Как свидетельствует история советской «физиологической кибернетики», язык науки и в особенности его метафоры в большой мере влияют на характер научных дискуссий и программу исследований. Это наблюдение верно и в более общем случае. История советской кибернетики показывает, что кибернетические человеко-машинные метафоры имели широкое политическое и культурное значение для целого ряда научных дисциплин — от биологии и лингвистики до экономики. Язык кибернетики сыграл существенную роль в интеллектуальных и организационных преобразованиях этих дисциплин в 1950-е и 1960-е гг. Многие научные подходы, ранее подвергавшиеся притеснениям, оказались узаконены после их перевода на язык кибернетики. Политические и организационные перемены в советской науке во время хрущевской «оттепели» были тесно увязаны с борьбой между новым метафорическим языком кибернетики и старым сталинским языком идеологических клише [40].

Когда человеко-машинные метафоры путешествуют между различными научными дисциплинами и историческими контекстами, они возвращаются в новом обличье, подчас придающем им новую силу. В 1930-е гг., когда Бернштейн и Анохин впервые выдвинули свои идеи «рефлекторного кольца» и «обратной афферентации», выходявшие за жесткие рамки павловской концептуальной схемы, советское физиологическое сообщество не приняло их подходы. Только когда идея замкнутого циклического физиологического процесса соединилась с понятием обратной связи, пришедшим из техники управления, была обобщена кибернетиками и узаконена в Советском Союзе скорее как кибернетическая, нежели чисто физиологическая, концепция, советские физиологи начали пересматривать свою центральную метафору.

Человеко-машинные метафоры: путешествия между физиологией и техникой

Бернштейн понимал, что его собственные исследования, так же, как и павловские, принадлежат к старой традиции заимствования физиологических моделей из современной техники. Он даже ввел термин «семероморфизм» («оформление по образцу и подобию сегодняшнего дня»), чтобы обозначить эту традицию [1, с. 392]. Бернштейн возражал против теории условных рефлексов не потому, что она была основана на человеко-машинной метафоре, а потому лишь, что это была чрезмерно упрощенная метафора — недостаток, который Бернштейн стремился исправить, предлагая более сложную аналогию между человеком и вычислительной машиной.

На каждом отрезке человеческой истории появлялись свои машины и свои человеко-машинные метафоры. Джон Даугман привел список некоторых известных примеров таких метафор в истории нейрофизиологии.

Теоретические рассуждения о мозге и мышлении особенно часто формулировались в терминах современной техники. Например, античная водная технология (фонтаны, насосы, водяные часы) лежит в основе греческой пневматической концепции души (пневмы) и гуморальной теории римского врача Галена; легко обнаружить тиканье часовых механизмов, широко распространившихся в эпоху Просвещения, в концепции «человека-машины» Ламетри (1748); викторианские паровые двигатели и гидравлические машины лязгают внутри фрейдовской гидравлической модели бессознательного и либидо; появление телеграфных сетей принесло Гельмгольцу базисную метафору нервной деятельности, так же как вибрирующие реле и соленоиды послужили Хейбу источником аналогий для его теории памяти, и т. д. [86, с. 10].

Вся история физиологии заполнена техническими метафорами: Платон сравнивал позвонки с дверными петлями, а кровеносные сосуды с ирригационными каналами; Аристотель уподобил кости и сухожилия предплечья устройству каптапульты с ударным механизмом, отведенным назад натянутыми канатами; Гарвей провел аналогию между клапанами вен и механическими клапанами («воротами шлюза»); гидравлические автоматы в гротах королевских садов в Сен-Жермен вдохновили Декарта; Либих интерпретировал пищеварение как форму горения, используя метафоры тела как печи и еды как топлива; Гельмгольц рассматривал человеческое тело как тепловой двигатель. Метафора «человеческого мотора» — тело есть машина, потребляющая энергию и совершающая работу, — стала центральной метафорой XIX в. [29; 87; 88, с. 118–159; 89; 90, с. 307–337; 91].

Машинные метафоры образуют длинные цепочки, сопровождающие развитие целых отраслей физиологии. Жорж Кангийом, например, проследил «последовательное отождествление нерва с неизолированным, пассивным электрическим проводником (подводным кабелем), затем с электрохимической схемой, ... моделирующей передачу импульса, за которым следует период отсутствия чувствительности, и наконец, с моделью электрической цепи с конденсаторной батареей, способной демонстрировать аналоги восемнадцати различных свойств нервов и синапсов» [92, с. 518]. Он был убежден тем не менее, что полезность таких моделей весьма ограничена, и призвал своих читателей не забывать, что «такие ученые, как Шеррингтон и Павлов, не занимались изготовлением моделей» [92, с. 520]. Эти два имени, однако, едва ли могут послужить подтверждением его точки зрения. Как раз наоборот, они ярко иллюстрируют всепроникающую активность человеко-машинных метафор. Если сам Павлов не строил никаких механических моделей, чтобы поддержать свою теорию, другие весьма успешно делали это за него. Помимо электронного «пса» инженера Бабата, упомянутого выше, можно также сослаться на работы Кларка Халла и его сотрудников, построивших целую серию механических и электромеханических «психических машин», имитировавших условные рефлексы. При определенных комбинациях возбуждающих и тормозящих сигналов эти устройства демонстрировали такие хорошо известные механизмы условных рефлексов, как обобщение, появление рефлексов более высокого порядка и по-

стоянство реакции вплоть до достижения искомого объекта [15, с. 250–251]. Что касается Шеррингтона, то в 1906 г. он предложил знаменитое сравнение мозга с «чарующим ткацким станком», на котором «миллионы снующих челоноков ткut тут же распадающийся узор»; Даугман писал, что эта аналогия стала, возможно, «одним из самых красивых воплощений механической метафоры в двадцатом веке» [86, с. 13].

Любая метафора имеет две стороны: связывая воедино две различные концептуальные системы, она побуждает нас посмотреть на оба понятия с иной точки зрения. Как выразился Кеннет Бурке, метафора утверждает не только «этость иного», но и «инакость этого» (цит. по [93, с. 11]). Перспектива такой инверсии человеко-машинных аналогий особенно поразительна: обратная сторона машинной метафоры, приложенной к человеку, есть антропоморфная метафора, примененная к машине. Человеко-машинные аналогии не только оказали воздействие на развитие человекоподобных механизмов, или «автоматов», явно имитировавших человеческие функции [94], но и сформировали культурный образ многих новых технологий, например телефона.

По иронии судьбы, в то время как Павлов сравнивал центральную нервную систему с телефонной переключательной станцией, инженеры связи, работавшие с реальными телефонными сетями, сравнивали их с нервной системой. В 1907 г. Джон Карти, главный инженер компании «Белл», назвал телефонную сеть «нервной системой общества». В 1925 г. другой инженер «Белла» сравнил современный телефонный кабель с человеческим спинным мозгом:

Спинной мозг индивида — это трубопровод основных нервов, которые идут из мозга и по которым сведения могут поступать к любой части тела. <...> Так же точно кабели, протянувшиеся далеко от центральной телефонной станции, связывают воедино физически разобщенных членов общества и различные части социально-экономической структуры нации (цит. по [42, с. 213]).

В 1926 г. в трудах лаборатории «Белл» была опубликована статья, в которой недавно выпущенная автоматическая переключательная станция была названа «механическим мозгом». Термины «пение» и «вой», которыми описывались различные неисправности в телефонном оборудовании, прибавились к обширному списку человеко-машинных и собако-машинных аналогий, циркулирующих между техникой связи и физиологией.

Человеко-машинные метафоры постоянно путешествуют между сферами физиологии и техники. Технические устройства подражают функциям человеческого тела, в то время как организмы часто описываются в технических терминах, после чего новые машины уже выглядят основанными на «механизмах» функционирования таких технически интерпретированных организмов, и т. д. Как подметил Дэвид Лири, декартовская аналогия между человеческим телом и статуями, управляемыми гидравликой, представляет собой «еще один пример того, как берется построенная человеком модель — в данном случае движущаяся статуя, сделанная по образу и подобию человека, — и затем используется как средство изучения человеческой сущности, т. е. той самой части при-

роды, которая послужила образцом для этой модели в самом начале» [13, с. 16]. Если нам позволено будет самим обратиться к кибернетической метафоре, то можно описать этот процесс как петлю обратной связи человеко-машинных метафор: чем более машины становятся похожими на людей, тем более машиноподобными выглядят люди.

Джеффри Боукер считает, что метафорический язык кибернетики выполнял важную социальную функцию, поддерживая режим «взаимного подтверждения» между учеными. «Научный сотрудник, выступающий с необычным заявлением, может добиться его риторического подтверждения, указав на поддержку ученых из другой области науки, которые, в свою очередь, ссылаются на работы этого же самого сотрудника для поддержки своих собственных утверждений. Язык кибернетики создал условия для подобного обмена». Например, А. М. Аттли, автор «условно-вероятностной машины», «использовал математику для поддержки своих физиологических идей и привлекал физиологию, чтобы оправдать свои математические модели, используя кибернетическую терминологию для движения по спирали между формальными свойствами классифицирующих машин и природой мозга» [95, с. 116].

Кибернетики не просто описывали компьютер метафорически как электронный мозг; сам мозг, в свою очередь, осмыслялся в логических и технических терминах, и затем эти понятия возвращались в область вычислительной техники, служа основанием для впечатляющих «открытий» человеко-машинных аналогий. На первых страницах своей «Кибернетики» Винер предложил использовать вычислительную машину как модель нервной системы: «Нам (Винеру и Питтсую. — В. Г.) стало ясно, что сверхбыстрая вычислительная машина, поскольку она вся строится на последовательном соединении переключательных устройств, является идеальной моделью для решения задач, возникающих при изучении нервной системы» [4, с. 60]. Через несколько страниц он перевернул эту аналогию и описал вычислительную машину в нейрофизиологических терминах: «Современная сверхбыстрая вычислительная машина в принципе является идеальной центральной нервной системой для устройств автоматического управления» [4, с. 76]. В другом примере физиологический гомеостаз сравнивался с управляемым обратной связью сервомеханизмом, в то время как сам сервомеханизм описывался в антропоморфных терминах. Как заметила Лили Кей, «обозначение гомеостаза как отрицательной обратной связи и последующее описание сервомеханизма как органического гомеостаза создает порочный круг» [11, с. 83].

Человеко-машинные метафоры путешествуют скорее по спирали, нежели по кругу: на каждой стадии появляются новые, более сложные машины, которые служат метафорами для более изощренных физиологических концепций, и наоборот. Старые машинные метафоры обычно ощущаются как «механистические» и «редукционистские», в то время как аналогии с новыми машинами, преодолевающие некоторые ограничения старых моделей, напротив, часто кажутся откровением. В XVIII столетии, например, Ламетри высмеял декартовский «мертвый механизм» и при этом предложил рассматривать человеческое тело как «машину, заводящую свою собственную пружину», и сравнил челове-

ческий мозг с клавесином [91, с. 139–140]. В XIX в. французская физиология явилась свидетельницей энергичного спора между Клодом Марэ и Клодом Бернаром, который Марэ описывал как эпизод в «вечной борьбе в науке между мистикой виталистов и рационализмом механицистов; между наследниками Платона и наследниками Аристотеля» (цит. по [29, с. 91–92]). Бернар считал взгляды Марэ механистическими, поскольку последний утверждал, что «организм животного ничем не отличается от наших машин, за исключением их большей эффективности» (цит. по [29, с. 90]). При этом сам Бернар заимствовал такие термины, как «равновесие», «компенсация», «баланс» и «регуляция», из словаря современных инженеров, введя в физиологию понятия «калорийная регуляция» и «нервный авторегулятор». Отметив, что за работой Бернара последовал целый поток публикаций «О регуляции...» и «О регулирующем механизме ...», Кангийом сделал такое наблюдение: «После Бернара слово “регуляция” вошло в общефизиологический словарь. Когда слово появляется в названии книги или статьи, это означает, что компетентное научное сообщество признает, что это больше чем простая метафора. <...> Введенный поначалу как чисто механистическое понятие, термин “регуляция” затем стал понятием биологическим. Позднее, через концепцию гомеостаза, он стал понятием кибернетики» [87, с. 100–101].

Как свидетельствует история советской физиологии, хотя научные дискуссии часто велись в форме критики «механистического редукционизма», все стороны на деле твердо придерживались своих собственных базисных человеко-машинных метафор. Догматически настроенные павловцы клеймили кибернетические идеи как «механистические», в то же время сохраняя верность центральной павловской метафоре — переключательной телефонной станции. «Физиологические кибернетики» типа Бернштейна, в свою очередь, связывали взгляды Павлова с «классическим механицизмом» и не считали собственные метафоры — сервомеханизм и компьютер — редукционистскими. По мере того как усложнялись машины, человеко-машинные метафоры становились более изощренными. Понятие «механистического редукционизма» тоже соответственно менялось: оно применялось к унизительным аналогиям с примитивными механизмами прошлого, в то время как сравнения со сложными, необыкновенными машинами сегодняшнего дня зачастую выглядели облагораживающими и вдохновляющими.

Свободно путешествуя между сферами техники и физиологии, человеко-машинные метафоры, по-видимому, подорвали устойчивость понятий «человек» и «механизм» задолго до появления киборга. Новые технологии постоянно расширяли сферу машинных функций и придавали новый смысл понятию «механизм». «За последние 350 лет термины “машина” и “механизм” медленно, но радикально изменили свои значения; цели и стратегия “механистической” науки физиологии изменились вместе с ними, — утверждает Стивен Тулмин. — В результате линия фронта между механицистами и виталистами, редукционистами и холистами никогда не была — и не может быть никогда — очерчена в неизменных терминах, ибо все ключевые термины этого спора (“сила”, “причина”, “нерв” и даже “молекула”) претерпели такую же понятийную эволю-

цию» [96, с. 145]. Появление управляемых обратной связью кибернетических устройств, способных к «саморегуляции», привело к решительному пересмотру научного и культурного значения «машин». «Если бы Декарт, Ньютон или Лейбниц увидели компьютер конца XX века, — писал Тулмин, — они могли бы лишь сказать: “Это вообще не машина!” (т.е. это не то, что **мы называем** машиной)» [96, с. 145–146].

Попытки определить «органическое» как нечто по своей сути противоположное «механическому» тоже следует поместить в исторический контекст. В то время как в XVI столетии эти два термина были синонимами (слово «органический» происходило от «органа», или инструмента), в XIX в. одним из основных положений романтизма стал фундаментальный конфликт между ними [97, с. 227–229]. Кэролайн Мерчант, известная своим резким противопоставлением целостного «органического мира» и «механического порядка», ответственного за «смерть природы», в конце признала, что «нельзя рассматривать органические и механические философии природы ... как строгие дихотомии» [98, с. 103]. То, что на поверхности часто выглядело как борьба между «органической» и «механической» картинами мира, в итоге зачастую оказывалось сражением между старыми и новыми машинными метафорами.

Двусторонняя природа человеко-машинных метафор оказывает глубокое влияние на развитие как физиологии, так и техники. Возможно, историю техники можно было бы прочесть как последовательность антропоморфных метафор, а историю физиологии как метафорическое отражение развития машин.

Литература

1. Бернштейн Н. А. Биомеханика и физиология движений. М., 1997.
2. Колмогоров А. Н. Автоматы и жизнь // Возможное и невозможное в кибернетике / Под ред. А. И. Берга и Э. Кольмана. М., 1963. С. 10–29.
3. Фролов Ю. П. Дialectика живой природы и современная кибернетика // Философские вопросы кибернетики / Под ред. В. А. Ильина. М., 1961. С. 306–324.
4. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М., 1958.
5. Shannon, C., and W. Weaver. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
6. McCulloch, W., and W. Pitts. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity // Bulletin of Mathematical Biophysics. Vol. 5. 1943. P. 115–133.
7. Neumann, J. von. The Computer and the Brain. New Haven: Yale University Press, 1958.
8. Bono, J. Science, Discourse, and Literature: The Role/Rule of Metaphor in Science // Literature and Science: Theory and Practice / Ed. by S. Peterfreund. Boston: Northeastern University Press, 1990. P. 59–89.
9. Edwards, P. The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1996.
10. Foucault, M. Power/Knowledge. N.Y.: Pantheon, 1980.
11. Kay, L. Who Wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code. Stanford: Stanford University Press, 2000.
12. Shapin, S. and S. Schaffer. Leviathan and the Air-Pump. Princeton: Princeton University Press, 1985.
13. Leary, D. Psyche's Muse: The Role of Metaphor in the History of Psychology // Metaphors in the History of Psychology / Ed. by D. Leary. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. P. 1–78.
14. Arbib, M., and M. Hesse. The Construction of Reality. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986.

15. *Smith, L.* Metaphors of Knowledge and Behavior in the Behaviorist Tradition // *Metaphors in the History of Psychology* / Ed. by D. Leary. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. P. 239–266.
16. *Hoffman, R., et al.* Cognitive Metaphors in Experimental Psychology // *Metaphors in the History of Psychology* / Ed. by D. Leary. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. P. 173–229.
17. И. П. Павлов: pro et contra. СПб., 1999.
18. Григорян Н. А. Иван Петрович Павлов. М., 1999.
19. *Joravsky, D.* Russian Psychology: A Critical History. Oxford, UK: Basil Blackwell, 1989.
20. *Todes, D.* Pavlov's Physiology Factory. Baltimor: Johns Hopkins Univ. Press, 2001.
21. Павлов И. П. Ответ физиолога психологам (1932) // Мозг и психика. М.—Воронеж, 1996. С. 151–183.
22. Павлов И. П. Естествознание и мозг (1909) // Мозг и психика. М.—Воронеж, 1996. С. 67–78.
23. Павлов И. П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга (1927). М., 1949.
24. Теплов Л. П. Очерки о кибернетике. М., 1963.
25. *Stites, R.* Revolutionary Dreams: Utopian Vision and Experimental Life in the Russian Revolution. N.Y.: Oxford University Press, 1989.
26. *Bailes, K.* Alexei Gastev and the Soviet Controversy over Taylorism, 1918–1924 // *Soviet Studies*. 1977. Vol. 29. P. 373–394.
27. *Johansson, K.* Aleksej Gastev: Proletarian Bard of the Machine Age. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1983.
28. Сметанин А. В. и др. ЦИТ и его методы НОТ. М., 1970.
29. *Rabinbach, A.* The Human Motor: Energy, Fatigue, and the Origins of Modernity. Berkeley: University of California Press, 1990.
30. Грэхэм Л. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. М., 1991.
31. Демидов В. Е. У истоков физиологии активности // Кибернетика: прошлое для будущего / Под ред. Б. В. Бирюкова. М., 1989. С. 108–169.
32. Сироткина И. Е. Н. А. Бернштейн: годы до и после «Павловской сессии» // Репрессированная наука / Под ред. М. Г. Ярошевского. Л., 1991. С. 319–326.
33. *Kozulin, A.* Psychology in Utopia: Toward a Social History of Soviet Psychology. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1984.
34. *Human Motor Actions: Bernstein Reassessed* / Ed. by H. Whiting. Amsterdam: North Holland, 1984.
35. Бернштейн Н. А. Очерки по истории физиологии движений и физиологии активности. М., 1966.
36. Петр Кузьмич Анохин / Под ред. П. В. Симонова. М., 1990.
37. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы. М., 1978.
38. *Krementsov, N.* Stalinist Science. Princeton: Princeton University Press, 1997.
39. Винер Н. Кибернетика и общество. М., 1958.
40. *Gerovitch, S.* From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002.
41. *Heims, S.* John von Neumann and Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1980.
42. *Mindell, D.* «Datum for Its Own Annihilation»: Feedback, Control, and Computing, 1916–1945. Ph.D. dissertation, MIT. 1996.
43. *Pribram, K.* From Metaphors to Models: The Use of Analogy in Neuropsychology // *Metaphors in the History of Psychology* / Ed. by D. Leary. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1990. P. 79–103.
44. *Heims, S.* Constructing a Social Science for Postwar America: The Cybernetics Group, 1946–1953. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993.
45. *Boyd, R.* Metaphor and Theory Change: What Is a «Metaphor» a Metaphor For? // *Metaphor and Thought* / Ed. by A. Ortony. Cambridge, UK: Univ. Press, 1993. P. 356–408.
46. *Galison, P.* The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision // *Critical Inquiry*. 1994. Vol. 21. P. 228–266.

47. Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After / Ed. by A. Hughes and T. Hughes. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2000.
48. Mirowski, P. When Games Grow Deadly Serious: The Military Influence on the Evolution of Game Theory // Economics and National Security / Ed. by C. Goodwin. Durham: Duke University Press, 1991. P. 227–255.
49. Pickering, A. Cyborg History and the WWII Regime // Perspectives on Science. 1995. Vol. 3. P. 1–48.
50. Haraway, D. Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature. N.Y.: Routledge, 1991.
51. Vucinich, A. Empire of Knowledge: The Academy of Sciences of the USSR (1917–1970). Berkeley: University of California Press, 1984.
52. Gerovitch, S. «Russian Scandals»: Soviet Readings of American Cybernetics in the Early Years of the Cold War // The Russian Review. 2001. Vol. 60. P. 545–568.
53. Кибернетика // Краткий философский словарь / Под ред. М. Розенталя и П. Юдина. М., 1954. С. 236–237.
54. Материалист (псевдоним). Кому служит кибернетика? // Вопросы философии. 1953. № 5. С. 210–219.
55. Медведев Н. В. Марксистско-ленинская теория отражения и учение И. П. Павлова о высшей нервной деятельности. М., 1954.
56. Быховский Б. Э. Кибернетика — американская лженаука // Природа. 1952. № 7. С. 125–127.
57. Быховский Б. Э. Наука современных рабовладельцев // Наука и жизнь. 1953. № 6. С. 42–44.
58. Gerovitch, S. «Mathematical Machines» of the Cold War: Soviet Computing, American Cybernetics and Ideological Disputes in the Early 1950s // Social Studies of Science. 2001. Vol. 31. P. 253–287.
59. Гладков Т. К. Кибернетика — псевдонаука о машинах, животных, человеке и обществе // Вестник Московского университета. 1955. No. 1. С. 57–67.
60. Lentin, A. La Cybernétique: Problèmes Réels et Mystification // La Pensée. 1953. No. 47. P. 47–61.
61. Павлов И. П. Условный рефлекс (1936) // Мозг и психика. М.—Воронеж, 1996.
62. Анохин П. К. Замечания по поводу рецензии Е. А. Шкабара и Л. Н. Дашевского на статью о «кибернетике» // Российский государственный архив литературы и искусства (РГАЛИ). Ф. 634. Оп. 3. Д. 206. Л. 139–140.
63. Леонтьев А. Н. и др. Отчет о деятельности делегации советских ученых-психологов на XIV Международном психологическом конгрессе в Монреале // Российский государственный архив новейшей истории (РГАНИ). Ф. 5. Оп. 16. Д. 468. Л. 111–147.
64. Medvedev, Zh. Soviet Science. N.Y.: Norton, 1978.
65. Вайль П., Генис А. 60-е: мир советского человека. М., 1996.
66. Проблемы кибернетики / Под ред. В. В. Парина. М., 1969.
67. Gerovitch, S. Striving for «Optimal Control»: Soviet Cybernetics as a «Science of Government» // Cultures of Control / Ed. by M. Levin. Amsterdam: Harwood, 2000. P. 247–264.
68. Holloway, D. Innovation in Science—the Case of Cybernetics in the Soviet Union // Science Studies. 1974. Vol. 4. P. 299–337.
69. Келдыш М. В. и др. Математические вопросы теории счетных машин // Сессия Академии наук СССР по научным проблемам автоматизации производства. М., 1957. С. 100–130.
70. Кириллин В., Фролов К. В ЦК КПСС (1958) // РГАНИ. Ф. 5. Оп. 35. Д. 76. Л. 161–162.
71. Философские проблемы современного естествознания / Под ред. П. Н. Федосеева. М., 1959.
72. Соболев С. Да, это вполне серьезно! // Возможное и невозможное в кибернетике / Под ред. А. И. Берга и Э. Кольмана. М., 1963. С. 82–88.
73. Лянунов А. А., Яблонский С. В. Теоретические проблемы кибернетики (1963) // Лянунов А. А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М., 1980. С. 71–88.
74. Лянунов А. А. О некоторых общих вопросах кибернетики (1958) // Лянунов А. А. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики. М., 1980. С. 54–71.
75. Гальперин И. И. О рефлекторной природе управляющих машин // Вопросы философии. 1957. № 4. С. 158–168.

76. *Josephson, P.* New Atlantis Revisited: Akademgorodok, the Siberian City of Science. Princeton: Univ. Press, 1997.
77. *Adams, M.* Biology After Stalin // Survey. 1977–1978. Vol. 23. P. 53–80.
78. *Gillespie, R.* The Politics of Cybernetics in the Soviet Union // Scientists and Public Affairs / Ed. by A. Teich. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1974. P. 239–298.
79. *Бернштейн Н. А.* Пути развития физиологии и связанные с ними задачи кибернетики // Биологические аспекты кибернетики / Под ред. А. М. Кузина. М., 1962. С. 52–65.
80. Философские вопросы физиологии высшей нервной деятельности и психологии / Под ред. П. Н. Федосеева. М., 1963.
81. *Бонгард М. М.* Проблема узнавания. М., 1967.
82. *Иванов В. В.* Из истории кибернетики в СССР. Очерк жизни и деятельности М. Л. Цетлина // Очерки истории информатики в России / Под ред. Д. А. Поспелова и Я. И. Фета. Новосибирск, 1998. С. 556–580.
83. *Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М., 1969.
84. *Чхаидзе Л.* Координация произвольных движений человека в условиях космического полета. М., 1965.
85. *Requin, J., et al.* Bernstein's Purposeful Brain // Human Motor Actions: Bernstein Reassessed / Ed. by H. Whiting. Amsterdam: North Holland. 1984. P. 467–499.
86. *Daugman, J.* Brain Metaphor and Brain Theory // Computational Neuroscience / Ed. by E. Schwartz. Cambridge, Mass.: MIT Press. 1990. P. 9–18.
87. *Canguilhem, G.* The Development of the Concept of Biological Regulation in the Eighteenth and Nineteenth Centuries // Ideology and Rationality in the History of the Life Sciences / Ed. by A. Goldhammer. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1988. P. 81–102.
88. *Coleman, W.* Biology in the Nineteenth Century. Cambridge, UK: Univ. Press, 1971.
89. *Krementsov, N., and D. Todes.* On Metaphors, Animals, and Us // Journal of Social Issues. Vol. 47. 1991. P. 67–81.
90. *Toulmin, S., and J. Goodfield.* The Architecture of Matter. N.Y.: Harper & Row, 1962.
91. *Vartanian, A.* Man-Machine from the Greeks to the Computer // Dictionary of the History of Ideas. Vol. III. N.Y.: Charles Scribner's Sons, 1973. P. 131–146.
92. *Canguilhem, G.* The Role of Analogies and Models in Biological Discovery // Scientific Change / Ed. by A. Crombie. London: Heinemann, 1963. P. 507–520.
93. *Sapir, J.* The Anatomy of Metaphor // The Social Use of Metaphor / Ed. by J. Sapir and J. Crocker. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1977. P. 3–32.
94. *Cohen, J.* Human Robots in Myth and Science. London: Allen & Unwin, 1966.
95. *Bowker, G.* How to be Universal: Some Cybernetic Strategies, 1943–70 // Social Studies of Science 1993. Vol. 23. P. 107–127.
96. *Toulmin, S.* From Clocks to Chaos: Humanizing the Mechanistic World-View // The Machine as Metaphor and Tool / Ed. by H. Haken, A. Karlqvist, and U. Svedin. Berlin: Springer-Verlag, 1993. P. 139–153.
97. *Williams, R.* Keywords: A Vocabulary of Culture and Society. N.Y.: Oxford University Press, 1985.
98. *Merchant, C.* The Death of Nature: Women, Ecology, and the Scientific Revolution. San Francisco: Harper & Row, 1980.