

Принципы физиологии активности Н.А. Бернштейна в психологии восприятия и внимания: проблемы и перспективы

М.В. Фаликман*,

ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, НИУ ВШЭ, ИОН РАНХиГС, Москва, Россия,
maria.falikman@gmail.com

Е.В. Печенкова**,

ООО «НИИ нейропсихологии письма и речи», Москва, Россия,
evp@virtualcoglab.org

В статье рассматривается роль и место творческого наследия Н.А. Бернштейна в становлении отечественных исследований зрительного восприятия и внимания, начиная с 1960-х гг. Анализируется, как в этих исследованиях происходило заимствование четырех групп представлений из биокibernетики Н.А. Бернштейна: во-первых, это метафора построения движения; во-вторых, понятие задачи; в-третьих, идея уровневой (иерархической) строения двигательного акта; наконец, в-четвертых, принцип обратной связи, или кольцевой регуляции двигательного акта. Обсуждаются разработанные современными российскими исследователями и основанные на представлениях Н.А. Бернштейна уровневые концепции восприятия и внимания. Проводятся аналогии между идеями отечественных психологов восприятия, прямо основанными на положениях концепции Н.А. Бернштейна, и актуальными представлениями о регуляции перцептивной активности, существующими в рамках европейской и американской когнитивной нейропсихологии и современной нейронауки, такими как взаимодействие восходящих и нисходящих процессов переработки информации в зрительной системе и гипотеза предсказывающего кодирования. Статью завершает обсуждение возможностей эмпирической проверки моделей восприятия и зрительного внимания, в основу которых легло заимствование идей Бернштейна, с помощью современных методов когнитивной науки.

Ключевые слова: Н.А. Бернштейн, восприятие, внимание, задача, построение движения, построение образа, кольцевая регуляция, уровневая организация.

1. Влияние работ Н.А. Бернштейна на психологию восприятия и внимания: к истории вопроса.

Творческое наследие Н.А. Бернштейна сыграло важную роль в исследованиях восприятия и внимания в отечественной психологии. Преломление принципов физиологии активности сквозь призму отечественной психологической теории, на наш взгляд — не только дань традиции рассматривать любой психический процесс в контексте теории деятельности (и, следовательно, проводить параллели между двигательной и познавательной активностью), но и отра-

жение реальной востребованности принципов биокibernетики в когнитивных исследованиях.

Если теория информации, берущая свое начало в работах К. Шеннона, сразу стала широко использоваться и осмысляться в когнитивной психологии, то кибернетика, или наука об управлении, в большей степени была востребована исследователями движения, а не познания. Поэтому проникновение в психологию познания идей кибернетики было вторичным и происходило во многом благодаря аналогии между восприятием и движением. Если восприятие (как, на-

Для цитаты:

Фаликман М.В., Печенкова Е.В. Принципы физиологии активности Н.А. Бернштейна в психологии восприятия и внимания: проблемы и перспективы // Культурно-историческая психология. 2016. Т. 12. № 4. С. 48–66. doi:10.17759/chp.2016120405

* *Фаликман Мария Вячеславовна*, доктор психологических наук, старший научный сотрудник, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова), ведущий научный сотрудник, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (ФГБОУ ВПО НИУ ВШЭ), старший научный сотрудник, факультет психологии, Институт общественных наук Российской академии народного хозяйства и государственной службы (ФГБОУ ВО РАНХиГС), Москва, Россия. E-mail: maria.falikman@gmail.com

** *Печенкова Екатерина Васильевна*, кандидат психологических наук, ведущий специалист, ООО «НИИ нейропсихологии письма и речи», Москва, Россия. E-mail: evp@virtualcoglab.org

пример, в работах А.В. Запорожца [21]) или перцептивное внимание (как в работах У. Найссера [32]) начинает рассматриваться как перцептивное действие, то закономерным образом встает вопрос о регуляции такого действия. Как следствие, принципы регуляции процессов восприятия в современных когнитивных архитектурах тоже во многом заимствуются из моделей построения двигательного акта. И если, как указывает С. Келсоу, сам Н.А. Бернштейн в поздних работах писал, что «медовый месяц» междисциплинарного сотрудничества физиологии и кибернетики подходит к концу [79, р. 205], то психологии познания и когнитивной науке в целом, возможно, еще только предстоит его пережить.

В отечественной психологии познания процесс заимствования представлений из физиологии движения отчетливо прослеживается и отрефлексирован самими учеными. Степень влияния работ Н.А. Бернштейна на отечественных психологов, на первый взгляд, кажется неожиданной. Даже С.Л. Рубинштейн сходил в мнении со своими научными оппонентами А.Н. Леонтьевым и А.Р. Лурией, что физиология Н.А. Бернштейна лучше всего отвечает нуждам психологии [38]. Для психологов оказалось крайне важно, что Бернштейн строил именно *физиологию* активности, так как это выводило психологию из старинной ловушки Декарта, противопоставившего активной душе реактивную машину тела. Функционирование такой «машины» хорошо описывалось в терминах физиологии Павлова, однако не давало адекватной физиологической основы для объяснения фактов активности психики и, в частности, познания. Активный характер восприятия, памяти, воображения было крайне затруднительно обосновать представлением о мозге как реактивной системе [подробнее см.: 49].

Как отмечает И.Е. Сироткина [37], воздействие идей Н.А. Бернштейна на психологию можно проследить по трем основным направлениям. Во-первых, это использование положений его исследовательской программы в качестве метафор — прежде всего речь идет о метафоре «построения образа», сложившейся вследствие переноса представлений Бернштейна о построении движения на материал зрительного восприятия человека (например, в контексте гипотезы уподобления). Строго говоря, сама по себе идея конструктивного характера восприятия звучала в работах Бернштейна в форме представления об активном *моделировании* мозгом внешнего мира с учетом вновь поступающей информации. Во-вторых, это прямой перенос моделей, созданных Бернштейном, на психологический материал: прежде всего это касается представлений о задаче и об уровнях построения движения. Наконец, в-третьих, это методологические работы, в которых положения концепции Бернштейна синтезируются с понятиями психологии, результатом чего становится новый синтетический понятийный аппарат, применимый к анализу психики [9; 24; 39]. Особое место здесь занимает категория активности [обсуждение см.: 37; 48; 49]. При этом о формировании школы Н.А. Бернштейна в психоло-

гии, в отличие от биомеханики и физиологии движений, как убедительно показывает И.Е. Сироткина [37], говорить нельзя.

Н.А. Бернштейн был не единственным физиологом, поставившим во главу угла понятие активности. На мировоззрение отечественных психологов и психофизиологов оказала влияние и теория функциональных систем П.К. Анохина, положения которой во многом перекликаются с идеями физиологии активности [2] [обсуждение см.: 1]. Пожалуй, только А.Р. Лурия при разработке теории системно-динамической локализации высших психических функций сумел синтезировать идеи обоих великих физиологов [28], однако для других психологов оказывался близким, как правило, только какой-то один вариант описания организации двигательных актов: либо по Н.А. Бернштейну, либо по П.К. Анохину. Под влияние Бернштейна попали преимущественно психологи Московского университета. По свидетельствам современников, даже ключевое для своей работы понятие функционального органа А.Н. Леонтьев воспринял не непосредственно из работ А.А. Ухтомского, а через Н.А. Бернштейна [подробнее см.: 25; 41]. Опираясь на работы Бернштейна, строили свою систему представлений об организации движений глаз Ю.Б. Гиппенрейтер [15] и В.В. Любимов [30]. Но работавший в то же время в Институте психологии РАН В.А. Барабанщиков при разработке своего подхода к восприятию опирался на теорию функциональных систем П.К. Анохина [например: 5].

Однако у физиологии активности Н.А. Бернштейна [6; 7] есть ряд принципиальных отличий от теории функциональных систем: прежде всего, это представление о *построении* двигательного акта и проработка вопроса об уровневой природе его регуляции. Согласно предложенному им подходу, движение как процесс решения двигательной *задачи* строится на нескольких *уровнях*, иначе говоря, обеспечивается несколькими «этажами» иерархических структур центральной нервной системы, от более простых и древних до более сложных, развитых только у человека. Уровни построения движения — это не уровни, на которых движение реализуется как таковое, а уровни, на которых оно *корректируется* в процессе выполнения в соответствии с получаемой информацией о ходе его реализации. Коррективы осуществляются за счет того, что у человека есть информация о *необходимых* характеристиках движения, определяемых его *программой*, и информация о состоянии движущегося организма и окружающей среды в данный момент (обратная афферентация). Нижний из пяти уровней сенсорных коррекций (А) участвует в любом движении. Самый верхний (Е) участвует в осуществлении так называемых «символических» двигательных актов наподобие письма или речи, а в других двигательных актах обычно не востребован.

Практически в любом движении задействованы сразу несколько уровней, верхний из которых выполняет функции *ведущего уровня*: он соответствует смыслу задачи и несет наиболее существенную в ее контексте информацию, прямо необходимую для ее

решения. Именно задача («смысловая сторона движения») определяет, какой из уровней станет в построении движения ведущим. Нижележащие вспомогательные «фоновые» уровни не связаны прямо с содержанием задачи и обеспечивают отдельные аспекты ее выполнения. Если задача требует точных и метких движений (как, например, бросок в цель), то ведущим станет уровень пространственного поля (С). Однако очевидно, что осуществить бросок ослабленной рукой невозможно, а значит, будет требован и уровень А, отвечающий за поддержание тонуса мышц, и что для броска потребуются скоординированная работа отдельных мышц, за которую отвечает уровень синергий, или мышечно-суставных узвязок (В). Большинство же осуществляемых человеком действий регулируется на уровне предметных действий (D) и выстраивается в соответствии с логикой культурных предметов¹.

Внешне одинаковые движения могут строиться на различных уровнях, и при этом в сознании человека будут представлены только те аспекты движения, которые регулируются на ведущем уровне, но не на фоновых уровнях. В более новых отечественных работах, развивающих взгляды Бернштейна, ведущему уровню организации деятельности при построении движений также, по сути, приписываются функции внимания: *селекция* релевантной афферентации и *ее усиление* [31].

В работах отечественных исследователей восприятия и внимания можно проследить заимствование четырех групп представлений из биокибернетики Н.А. Бернштейна: это метафора построения движений, понятие задачи, идея уровневого строения двигательного акта и принцип обратной связи, т. е. противопоставление традиционной рефлекторной дуге так называемого «рефлекторного кольца». Ниже мы рассмотрим, каким образом осуществлялось это заимствование, и для некоторых представлений по возможности проведем параллели с аналогичными идеями, которые заимствовались зарубежными когнитивными психологами из кибернетики, в том числе из работ ее основателя Н. Винера [12]: прежде всего это идея регуляции конструктивных процессов по принципу обратной связи. Мы также кратко рассмотрим заимствование в зарубежной психологии восприятия идей, сформулированных в вышедшей в 1967 г. на английском языке книге Н.А. Бернштейна «Co-ordination and Regulation of Movements» [52] и ставших предметом обсуждения в нескольких западных коллективных монографиях по проблемам управления движением 1980-х — 1990-х гг. [82; 104]. По-видимому, в этом случае заимствование осуществлялось независимо от процессов, происходивших в отечественной психологии восприятия. Психологами, относящимися главным образом к сторонникам экологического подхода к восприятию Дж. Гибсона

[13], были восприняты и переработаны идеи об общей репрезентативной основе восприятия и движения, о роли восприятия в регуляции движения и о координации движения как наложения ограничений на его степени свободы.

2. Метафоры «построения движения» и «построения образа». В советской и затем российской психологии под влиянием концептуальной метафоры «построения движения» [6] важное место заняла метафора «построения образа». В одних работах она просто подчеркивает активный, конструктивный характер восприятия человека. Например, это работы С.Д. Смирнова, не только детально проработавшего эту метафору в применении к зрительному восприятию [39; 40], но и наметившего переход от построения образа воспринимаемого объекта к выстраиванию «образа мира». Как отмечает сам С.Д. Смирнов, «... построение образа внешней реальности есть прежде всего и главным образом актуализация той или иной части уже имеющегося образа мира и лишь во-вторых это есть процесс уточнения, исправления, обогащения или даже радикальной перестройки актуализированной части картины мира или образа мира в целом» [40, с. 25]. В других работах метафора «построения образа» также задает понимание восприятия как процесса *моделирования* внешних объектов [например: 23] и *манипулирования* созданными моделями, что позволяет установить прямую связку между восприятием и перцептивным воображением [37] (см. также статью И.Е. Сироткиной в данном номере). Это представление о восприятии подкреплялось целой серией исследований, посвященных «перцептивным действиям» — свернутым внутренним актам, которые постепенно формируются на основе исходных ориентировочных действий человека, развернуто протекающих во внешнем плане и включающих реальное движение эффекторов (например, головы, рук, глаз), а после интериоризации представлены движением «внимания по полю восприятия» [21, с. 44].

В когнитивной психологии восприятия идею «построения» или «конструирования» перцептивного образа развивал прежде всего Р. Грегори, книги которого начали издаваться на русском языке в начале 1970-х гг [см. резюме его многолетних исследований: 72]. В качестве центрального звена процесса восприятия Р. Грегори рассматривал проверку гипотез, которые зрительная система «выдвигает» относительно содержания текущего воздействия на органы чувств. Поскольку сетчаточное изображение, во-первых, по определению неоднозначно, а во-вторых, не содержит информации обо всех жизненно важных свойствах воспринимаемого объекта, необходимо предсказание этих свойств, чтобы субъект мог как можно быстрее отреагировать на воздействие. Именно для этого и нужны перцептивные гипотезы. Если прошлый опыт

¹ Отметим, что, благодаря выделению этой особенности человеческих действий, возникает, с одной стороны, перекличка подхода Бернштейна с культурно-исторической психологией Л.С. Выготского, а с другой стороны, — с экологической оптикой Дж. Гибсона с ее центральным понятием «возможностей».

субъекта соответствует ситуации, в которой он применяется, гипотезы обычно верны и обеспечивают адекватный ответ. Иначе возникают систематические ошибки восприятия, или так называемые «когнитивные» иллюзии (в отечественной традиции их обозначают как предметные). Согласно модели Р. Грегори, с одной стороны, в процессе восприятия происходит отбор гипотез в соответствии с обратной связью (*feedback*) от получаемого опыта. Гипотезы могут отбрасываться, а знания субъекта корректироваться. Однако отбираются такие гипотезы, которые обеспечивают внутреннюю непротиворечивость образа. Результаты обработки зрительного сигнала не просто передаются на вышележащие уровни зрительной системы, но и модулируются в ходе итеративных сопоставлений с перцептивной гипотезой. В этом и состоит причина когнитивных иллюзий: в случае несоответствия между знаниями субъекта и ситуацией их применения образ может оказаться «ошибочным».

В том же направлении мыслил У. Найссер [32], предлагая модель «перцептивного цикла», где восприятие выступает как активный процесс непрерывного переобследования окружающего мира, в процессе которого уточняется схема (репрезентация) объекта или ситуации. В свою очередь, обследование направляется уже имеющимися схемами, которые дают перцептивной системе возможность предсказать поведение объектов на основе прошлого и актуально получаемого опыта. Как и в теории Р. Грегори, в модели перцептивного цикла основным является принцип предвосхищения, или, по У. Джемсу [76], «преперцепции» того, что должно быть воспринято. Идею построения представления о среде и содержащихся в ней объектах на основе схем Найссер дополняет принципом встроенности когнитивных схем, что, в свою очередь, открывает дополнительную возможность изучения влияния более крупных схем на восприятие объектов, соответствующих подчиненным схемам.

Представление о «преперцепции» как основе «перцептивного кольца управления» [16; 17], также восходящее к трудам У. Джемса [76], в полной мере реализовалось в направлении современных исследований, складывающихся вокруг понятия предсказывающего (прогнозирующего) кодирования (*predictive coding*). Основы этого подхода, во многом перекликающегося с представлениями И.М. Фейгенберга о вероятностном прогнозировании [49; 50], были заложены в 1980-х гг. в работах по ранним этапам зрения [98], однако резко набирать популярность в исследованиях восприятия человека он начал в 2010-х гг.² [см., например: 90; 91 и др.], а к настоящему времени его предлагается рассматривать уже не как способ описания зрительного восприятия, а как универсальную когнитивную архитектуру [97], а также наиболее общее представление о принципах работы человеческого мозга [56].

Восприятие для представителей данного подхода носит принципиально конструктивный характер, поскольку итоговый перцептивный образ строится на основе предвосхищения. Теоретики предсказывающего кодирования как основного принципа работы мозга в ходе восприятия предполагают, что восприятие представляет собой осуществляемый в коре головного мозга *многоуровневый процесс согласования репрезентаций и предсказаний относительно сенсорного входа* [81]. Динамика нервных процессов в мозге направлена на минимизацию «ошибки прогнозирования» — несовпадения предсказания и сенсорных данных, для которого ищутся специальные нервные маркеры [например: 53].

Сторонники теории предсказывающего кодирования, в частности, продемонстрировали, что механизмы, сходные с теми, которые приводят к возникновению когнитивных иллюзий, могут стоять и за установлением будущей пространственной позиции движущегося объекта. По мнению П. Каванаха, эта позиция *конструируется* наблюдателем на основе его предыдущих оценок и при этом значительно расходится с перенаправлением взгляда при перемещении объекта [84], порождая целый ряд зрительных иллюзий, состоящих в субъективном смещении зрительно воспринимаемых объектов [55; 105]. При этом определяющую роль в экстраполяции будущей пространственной позиции объекта играет произвольное направление внимания, модулирующее иллюзии смещения этой позиции [100].

Любопытно, что, несмотря на близость идей, выдвигавшихся теоретиками конструктивного подхода к восприятию в отечественной и зарубежной психологии, их отношение к идеям самого Н.А. Бернштейна оказалось различным. В западной когнитивной психологии на работы Бернштейна обратили внимание не столько конструктивисты, сколько их оппоненты — сторонники экологического подхода к зрительному восприятию, в разработке и расширении которого видел свою задачу и У. Найссер [32], настаивавший на комплементарности конструктивистской теории «перцептивного цикла» и экологической оптики Дж. Гибсона [13]. Как указывали М. Тервей и П. Каглер [101], предложившие единую концепцию восприятия и действия в русле экологического подхода, для них оказались важны идеи Н.А. Бернштейна о том, что восприятие в первую очередь выполняет функцию регуляции движений животного и человека в окружающей среде и потому должно быть максимально объективным, поддерживать контакт субъекта с реальностью и носить предвосхищающий характер. С их точки зрения, в этом отношении Бернштейн был солидарен с основателем экологического подхода Дж. Гибсоном, настаивавшем на непосредственном характере зрительного восприятия и отнесившем к главным содержаниям зрительного восприятия локомоторные и предметные возможности

² По данным архивно-поисковой системы PubMed Central (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), только с 2014 г. вышло около 200 эмпирических и теоретических работ, так или иначе затрагивающих проблематику «предсказывающего кодирования».

(*affordances*), которые открываются перед субъектом при движении в окружающей среде [13].

В когнитивной психологии можно также обнаружить следы заимствования тезиса Н.А. Бернштейна о координации движения как наложении ограничений на избыточные степени его свободы. Например, Й. Сметс и Э. Бреннер в исследовании зрительного восприятия скорости перемещения и положения объекта и моторной реакции на движущийся объект основывались на предположении, что координация перцептивного процесса также предполагает наложение ограничений на степени свободы отдельных его составляющих таким образом, чтобы результирующий образ соответствовал стоящей перед испытуемым задаче [94]. Этому предположению, однако, противоречили полученные ими экспериментальные результаты, свидетельствующие о независимой регуляции скорости и траектории движения руки на основе двух различных перцептивных переменных. Аналогично А.М. Уильямс с коллегами [106] и вслед за ним Дж. Лим [83] предлагают рассматривать формирование различных стратегий зрительного поиска по аналогии с построением движений и описывать, как на этот процесс влияют различные группы ограничений, связанных с условиями и требованиями выполняемой задачи или же характеристиками самого субъекта.

3. Понятие двигательной и перцептивной задачи.

Н.А. Бернштейн рассматривал построение движения как процесс решения «двигательной задачи», и понятие задачи стало основополагающим для физиологии активности [обсуждение см.: 3; 37]. Под влиянием работ Бернштейна это понятие стало одним из ключевых и в экспериментальной психологии познания, развивавшейся в рамках психологической теории деятельности — в частности породив такие исследовательские направления, как «психофизика сенсорных задач» [4] и «подход к перцептивным процессам как процессам решения задач» [15, с. 72]. В отношении зрительного восприятия первоначально речь шла о задачах, при выполнении которых человек осуществляет движения глаз, т. е. проявляет внешне наблюдаемую двигательную активность, и лишь затем была сделана попытка обобщить представление о перцептивных задачах по отношению к более широкому кругу явлений.

В деятельностном подходе задача определяется как «цель, данная в определенных условиях» [26, с. 107], а цель выступает как осознанный образ будущего ре-

зультата действия. Согласно общему определению, «зрительные задачи возникают в связи с постановкой зрительных перцептивных целей» [15, с. 13]. Применение этих понятий к процессам восприятия содержит в себе неявное допущение о том, что при выполнении перцептивных задач еще до возникновения собственно образа восприятия у человека имеется некоторый осознанный, хотя и нечеткий образ продукта перцептивной деятельности, предвосхищающий последующий образ восприятия в некоторых аспектах.

Разрабатывая это направление в отношении зрительных и кроссмодальных задач «на внимание», мы определили их как такие перцептивные задачи, для успешного выполнения которых оказывается недостаточно применяемых субъектом автоматизированных средств решения. Далее мы предположили, что при выполнении таких задач ведущую роль играет субъективная стратегия выполнения перцептивных задач, которая представляет собой осознанный способ построения или применения человеком системы средств решения задачи [34]. Стратегия вырабатывается субъектом с целью повышения продуктивности перцептивной деятельности, которое, в свою очередь, может быть рассмотрено как «эффект внимания» [ср.: 17]. Мы высказали гипотезу о том, что создание и применение стратегии предполагает петлю *обратной связи* на уровне, надстраиваемом над тем, где формируется соответствующий задаче перцептивный образ (решена или не решена задача). Если диктуемая стратегией организация системы средств вновь и вновь не ведет к решению задачи, субъект должен ее изменить³.

Понятие задачи (*task*), наряду с понятиями установки, связанной с задачей (*task set*), и переключения задачи (*task switch*), в последние десятилетия стало широко использоваться в современных экспериментально-психологических и нейрофизиологических исследованиях восприятия и внимания [например: 65; 85]. В 2014 г. этот интерес ознаменовался выходом междисциплинарной коллективной монографии «Переключение задач и когнитивный контроль» [70], где в качестве одной из центральных проблем в обсуждении процесса управления решением перцептивной задачи ставится «дилемма гибкости—стабильности» [69], которая заключается в том, что, с одной стороны, система должна закреплять ответы на неизменные и повторяющиеся сочетания воздействия и задачи, чтобы давать ответ как можно быстрее (именно эту сторону дилеммы отражают инерционные эффекты установки при переключе-

³ Предложенное нами понимание стратегии несколько отличается от принятого в когнитивной психологии, где наиболее распространено описание стратегии как общего способа работы со стимуляцией, планомерно осуществляемого в ряде последовательных попыток решения задачи, безотносительно к осознанному или неосознанному характеру этого способа [например: 8]. Дж. Сперлинг определяет стратегию в решении задач на внимание как «выбор и упорядочивание (субъектом) умственных операций при выполнении задачи» [96, р. 2–3], или для ситуации распределения внимания между двумя задачами, «... выбор, посредством которого субъект... попадает в конкретную точку рабочей характеристики» [95, р. 151]. Иными словами, стратегия сводится к правилу, с опорой на которое человек делает данный выбор. Конечная цель такого выбора — оптимизация поведения с учетом требований задачи и собственных внутренних ограничений субъекта. В тех случаях, когда стратегия не может быть реконструирована на основе внешне наблюдаемого поведения субъекта, для ее выявления используются не прямые способы анализа данных — в частности, сопоставление выполнения задачи в условиях блочного и смешанного экспериментальных планов.

нии задачи), а с другой стороны, та же самая система должна быть способна к гибкой реконфигурации ответа, когда условия задачи меняются. К этой дилемме, по сути дела, обращался в свое время и Н.А. Бернштейн, описывая построение движения как проблему регулирования в живой системе [обсуждение см.: 31] и анализируя механизмы выработки двигательного навыка, который должен быть реализуемым в широком спектре условий.

Ближе к феноменологии когнитивного контроля оказывается разрабатываемое в современных когнитивных исследованиях объяснительное понятие «подготовка к задаче» (*task preparation*) [например: 60], которое в модели Н.А. Бернштейна можно было бы трактовать как создание программы, а в модели восприятия У. Найссера [32] — как выбор схемы, направляющей перцептивную активность. Опираясь, в том числе, на нейрофизиологические данные, исследователи склонны различать «активацию цели» (*task goal activation*), связанную со стратегией решения задачи и модулируемую контекстом ее предъявления, и «активацию правила» (*task rule activation*), не связанную со стратегией выполнения задачи и включающую знание испытуемого о типах стимулов и типах требуемых ответов, и тем самым соответствующую пониманию «объективной структуры задачи» в отечественной психологии [33; 34]. Показано, что эти два процесса имеют дифференцируемые мозговые корреляты, которые можно выявить, сопоставляя «подготовку к задаче» в тех случаях, когда вероятность изменения типа пробы в каждой очередной пробе невысока или же когда пробы меняются в случайном порядке [59; 60].

4. Уровни построения движения и уровни регуляции перцептивного акта. Метафора «построения образа» и представление о перцептивной задаче повлекли за собой перенос на психологический материал и моделей процесса решения двигательных задач, в частности, представлений об уровнях регуляции выполняемого действия и различения ведущего и фонового уровней в решении поставленной задачи. В качестве отправной точки стало обсуждаться положение о том, что «перцептивная задача», аналогично двигательной задаче по Бернштейну, влечет за собой разворачивание перцептивного действия на разных уровнях его организации, и лишь процессы, протекающие на одном из них, осознаются субъектом в форме текущего перцептивного образа.

Первые попытки перенести представления об уровнях построения движений на материал зрительного восприятия были связаны с анализом глазодвигательной активности. С.Д. Смирнов и Ю.Б. Гиппенрейтер регистрировали движения глаз испытуемого в то время как он выполнял одновременно две задачи — решал арифметический пример и прослеживал движение тестового объекта по экрану. Оказалось, что при усложнении примера меняется характер следящих движений глаз: от точных прослеживающих движений — к движениям, соответствующим скорости движения объекта, но без его динамической фик-

сации (глаза как бы смотрели мимо объекта), и к движениям, сохраняющим направление перемещения объекта, но отстающим от него по скорости. Авторы интерпретировали эти типы движений как результат изменения ведущего уровня построения движений глаз — от уровня С к уровню В и к уровню А по схеме Бернштейна [20]. Ю.Б. Гиппенрейтер и В.Я. Романов аналогичным образом рассмотрели уровни регуляции фиксации движений глаз [19], дальнейшие попытки построения уровневой типологии движений глаз предпринимал и В.В. Любимов [30].

Наиболее последовательно представления Н.А. Бернштейна об уровнях построения движения были ассимилированы Б.М. Величковским [11; 103], который рассматривает шесть уровней регуляции познавательной активности. Из них первые четыре относятся к сенсомоторным механизмам познания и прямо соотносятся с уровнями схемы Н.А. Бернштейна, а верхние два представляют собой механизмы символической координации. Каждому уровню Б.М. Величковский сопоставляет информацию, которая потенциально может быть представлена в сознании и использоваться для целенаправленной регуляции действий.

А. Уровень палеокинетических механизмов, предел осознания для которого — протопатическая чувствительность.

В. Уровень синергий: осознание ограничено проприоцепцией и контактной чувствительностью, для которой в качестве системы отсчета выступает собственное тело субъекта.

С. Уровень пространственного поля: к репертуару сенсорных коррекций добавляется дистантная чувствительность, а субъективный опыт представляет собой отражение окружающего мира с локализованными, но репрезентированными лишь в общих чертах объектами.

Д. Уровень предметных действий: на этом уровне доступно восприятие предметов и манипулирование с ними. Отдельные объекты могут оказаться в фокусе внимания.

Е. Уровень концептуальных структур обеспечивает межмодальную интеграцию, которая обеспечивает возможность категоризации объектов и событий и укрепляется развитием языка и культуры. Осознание на этом уровне выступает в форме традиционного субъективного опыта (сознания, как оно понималось в психологии с момента ее оформления как научной дисциплины).

Ф. Уровень метакогнитивных координаций стоит за «моделью психического», межличностным взаимодействием и обеспечивает возможность решения творческих задач, не имеющих заранее известного решения.

Четыре верхние уровня этой схемы воспроизводятся с небольшими модификациями (и без ссылок на работы Б.М. Величковского и тем более Н.А. Бернштейна) в одной из недавних попыток осмыслить восприятие произведений изобразительного искусства с позиций теории предсказывающего кодирования, для чего предлагается уровне-

вая схема, учитывающая не только биологические особенности зрительного восприятия, но и его социокультурный характер [80]. Понимание смысла произведения искусства рассматривается как минимизация «ошибки предсказания» в иерархии уровней, причем рассогласование на любом из уровней передается выше вплоть до категориального и ценностного уровней.

По сути, выделенные Б.М. Величковским уровни задают иерархию внутри той группы познавательных процессов, которые Л.М. Веккер [10] отнесил к собственно познавательным: ощущение–восприятие–мышление. Попытку выстроить уровневую классификацию для внимания, относящегося к процессам другой группы классификации Веккера — «сквозным» психическим процессам — предпринял И.С. Уточкин [44]. Он провел аналогию между функциями уровней построения движения по Бернштейну и функциями различных форм внимания в ходе решения перцептивных задач и попытался продемонстрировать, что механизмы решения задач на внимание имеют сложную иерархическую структуру. При выполнении «задач на внимание» субъект практически всегда задействует более чем один специальный механизм внимания, осуществляет отбор материала по нескольким основаниям. Тем самым человек снижает неопределенность условий задачи не в одном отношении, а сразу в нескольких, например, в пространстве, во времени и относительно характеристик целевого объекта. При этом одно из оснований отбора материала будет соответствовать ведущему уровню реализации задачи на внимание (и это основание будет осознаваться субъектом), а остальные — фоновым уровням. И.С. Уточкин выделяет пять уровней внимания.

1. Тонический уровень обеспечивает общую неспецифическую активацию организма. Обычно выступает в качестве фонового, поскольку определенная степень бодрствования нужна для решения любой задачи на внимание. Однако данный уровень может стать ведущим в задаче на постоянно поддерживаемое внимание (*sustained attention*) или при снижении общего уровня активации, когда поддержание бодрствования требует особых сознательных усилий.

2. Уровень бдительности, основная функция которого — обеспечение готовности отреагировать на значимые события. На этом уровне воздействия окружающей среды разделяются на значимые и незначимые.

3. Уровень пространственного внимания, обеспечивающий его перенаправление и отбор информации из определенного пространственного источника.

4. Уровень объектного внимания, который обеспечивает отбор, восприятие и запоминание целостных объектов и событий.

5. Уровень программирования и контроля, вовлеченный в планирование и управление процессами решения перцептивных задач, а также в обработку конфликтной информации.

В отличие от исходной модели уровней построения движения по Н.А. Бернштейну, для которой ха-

рактерна жесткая иерархия уровней, проявляющаяся в том, что ведущим является самый высокий из рекрутированных для построения заданного движения уровней сенсорных коррекций, и каждый вышележащий уровень осуществляет управление нижележащим, для гипотетических уровней регуляции познавательной активности, по Б.М. Величковскому [11; 103], и уровней внимания, по И.С. Уточкину [44], предполагается другая архитектура взаимосвязей. Она может быть обозначена как «гетерархия» [11; 22] или «нежесткая иерархия» [44]. Уровни оказываются достаточно автономными, не обязательно подключаются к решению задачи в прямом порядке от низшего к высшему, и каждый из уровней, в том числе и не самый высокий из задействованных при решении задачи, может взять на себя роль ведущего. Вместо жесткой иерархии подобные архитектуры предполагают «постоянные реципрокные взаимоотношения и обратные связи, посредством которых биологически предзаданные механизмы взаимодействуют с более высокими уровнями зрительной системы, модифицируемыми под влиянием культуры» [80].

Как справедливо отмечает И.С. Уточкин [44], та же идея нежесткой иерархии уровней обнаруживается и в позднем варианте теории уровней обработки информации Ф. Крейка и Р. Локхарта [57]. В исходном же варианте, разработанном еще в начале 1970-х гг. [58], уровни выделяются в соответствии со специфическим кодом (признаком, подлежащим анализу и отчету), и предполагается, что более глубокие уровни обработки достигаются посредством прохождения через более поверхностные. Таким образом, осуществляется «восходящая» передача продуктов обработки информации с нижележащего уровня на вышележащий, что хорошо вписывалось в традиционное для когнитивной психологии представление о восходящих (*bottom-up*) и нисходящих (*top-down*) «потоках» передачи информации в когнитивной системе [обсуждение см.: 36].

Интересно, что представление о потоках информации между уровнями не имело большого значения для физиологии активности Н.А. Бернштейна и не было в ней детально проработано. В его модели «нисходящие» процессы представляют собой «раздачу» блоков программы выполняемого движения по задающим приборам разных уровней, а «восходящие» — формирование различных сенсорных синтезов, необходимых для осуществления обратной афферентации. Однако для когнитивной психологии это различие оказывается очень существенным. В контексте информационного подхода к познанию, основанного на компьютерной метафоре, два потока рассматриваются как «концептуально ведомая» (или ведомая схемами) переработка информации и как «переработка, ведомая данными» [87]. А в работах, опирающихся на биологически ориентированные метафоры познания и анализирующих каждый психический процесс в связке с его мозговым субстратом, предполагается, что по восходящей линии осуществляется передача информации от глубинных струк-

тур к специализированным первичным сенсорным зонам коры больших полушарий головного мозга и далее, а по нисходящей — в обратном направлении, т. е. от лобных долей коры, задействованных в регуляторных процессах, к нижележащим структурам [см., например: 74].

Как мы уже отмечали [36], в когнитивной психологии и нейронауке при обсуждении восходящего и нисходящего потоков передачи информации обычно не проводится различия между самими высокоуровневыми и низкоуровневыми процессами и их влиянием на работу вышележащих и нижележащих уровней. Однако восходящие и нисходящие процессы обработки информации могут либо прямо определять содержание образа, либо оказывать модулирующее влияние на другие процессы, т. е. быть квалифицированы как восходящие или нисходящие влияния. В последнем случае характеристики стимула или самого познающего субъекта (прежде всего его прошлый опыт и актуальное состояние системы памяти) меняют ход выполнения задачи, эффективность системы переработки информации при ее выполнении или формальные, в том числе пространственно-временные, свойства образа. Примером проявления высокоуровневых процессов может служить изменение под влиянием контекста перцептивной гипотезы и соответствующего содержания образа при актуализации схемы букв или цифр для неоднозначных знаков, как, например, буква «В» или цифра «13» в известной демонстрации феномена перцептивной установки [54] или же символ «О». Примером нисходящих влияний может служить изменение механизма зрительного поиска (последовательный или параллельный) этого неоднозначного символа среди множества букв или цифр в зависимости от интерпретации его как буквы «о» или цифры «ноль» [77]. Множество фактов, которые могут быть интерпретированы как нисходящие влияния на процессы переработки информации, описано в работах, посвященных «эффекту превосходства слова». Актуализированная схема слова может оказывать влияние на эффективность и скорость опознания составляющих его отдельных букв [см. обзор: 45], восприятие их порядка [88], восприятие одновременности или последовательности предъявления составляющих слово слогов [93], а также вероятность их осознания в условиях, провоцирующих «слепоту по невниманию» [51].

Процессы обоих типов — восходящие и нисходящие процессы обработки информации и восходящие и нисходящие влияния на обработку информации — получили развернутую концептуализацию в рамках такого направления, как психофизика повторно-входящих проводящих путей, основателем которого является Винсент Ди Лолло [61; 62; 63]. Развивая представления У. Найссера о циклическом процессе восприятия, В. Ди Лолло опирается на представления об архитектуре зрительной системы в головном мозге человека: каждый из модулей мозга, принимающих участие в зрительном восприятии, устроен так, что взаимодействие между нижележащими и вышележащими зонами коры никогда

не бывает однонаправленным, и если нижележащая зона посылает сигналы в вышележащую, то эта последняя также посылает сигналы обратной связи (уточняющие «запросы») в первую. Анатомически такая когнитивная архитектура становится возможной благодаря существованию так называемых повторно-входящих проводящих путей (*reentrant pathways*). Таким образом, в предлагаемой Ди Лолло модели нет уровней как таковых, наподобие тех, что выделяются в теории уровней обработки информации Ф. Крейка и Р. Локхарта [58], однако наличие уровней предполагается самим описанием процесса передачи информации с одного этапа обработки на другой с последующими «уточнениями» — итеративными запросами к предшествующим этапам переработки [ср.: 74]. Мы вернемся к этой теории в следующем разделе.

5. Рефлекторное кольцо и многообразие обратных связей в перцептивной системе. Помимо системы уровней построения движения, Н.А. Бернштейн описал механизм регуляции движений внутри каждого отдельного уровня, получивший название «рефлекторного кольца». Замыкая рефлекторную дугу в рефлекторное кольцо, он стремился подчеркнуть, что основной механизм регуляции движения — противодействие отклонению реального изменения афферентных сигналов о состоянии рабочей точки от изменения, задаваемого программой. И.Е. Сироткина [37] высказывает гипотезу, что в исследовательской программе самого Н.А. Бернштейна понятие рефлекторного кольца играло менее важную роль, чем ему склонны приписывать, и использовалось преимущественно в полемической функции. Однако в психологии представление о регуляторном «кольце» было, по меньшей мере, востребованным. Так, Ю.Б. Гиппенрейтер считает необходимым как можно точнее прописать этот механизм и даже предлагает развернутую схему иерархии «рефлекторных колец» (рис. 1), которая была лишь на словах намечена в работах Бернштейна [18].

Идея кольцевой регуляции перцептивных процессов по аналогии с моторными крайне заманчива для психологов, и на первый взгляд можно легко провести аналогию между перцептивным циклом Найссера [32] и «рефлекторным кольцом» Бернштейна [7]. Однако такая возможность обманчива, поскольку в восприятии, как правило, отсутствует очевидный аналог рабочей точки и эффектора. Выявить «исполнительный орган», осуществляющий процессы восприятия, оказывается проблематично: не определена природа ни производимых в ходе перцептивного действия изменений, ни средств, участвующих в формировании перцептивного образа. Таким образом, при построении модели регуляции перцептивного акта выпадает одно из важнейших звеньев: неясно, функционирование чего подвергается регуляции и какие именно «коррекции» необходимы для достижения цели. Чтобы аналогия стала возможной, можно пойти несколькими путями.

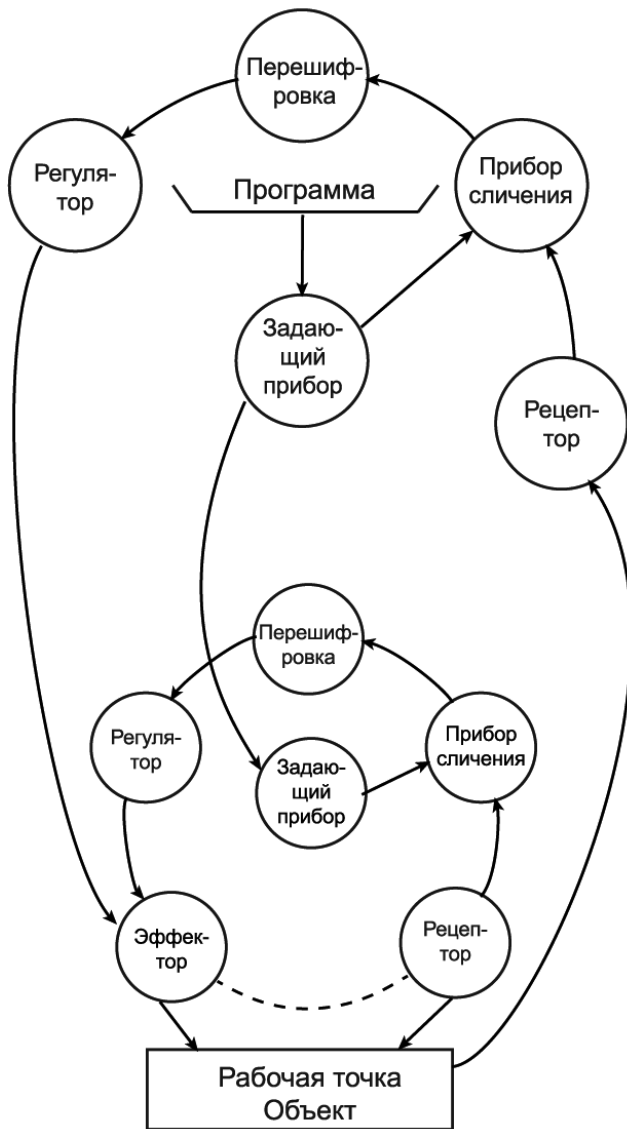


Рис. 1. Гипотетическая иерархия «рефлекторных колец» Н.А. Бернштейна по Ю.Б. Гиппенрейтер [приведено по: 18]

Во-первых, можно рассматривать только такие процессы восприятия, в которые очевидным образом включены внешне регистрируемые движения — движения руки при тактильном восприятии, движения глаз при зрительном. Именно этот путь избрали Ю.Б. Гиппенрейтер [15] и ее коллеги, рассматривая глазодвигательные задачи, содержащие двигательный компонент и предполагающие осуществление регуляции соответствующих движений. Как уже отмечалось выше, для таких задач удалось проследить уровневую организацию процесса их решения [19; 20].

Во-вторых, можно найти гипотетический аналог эффектора при свернутых процессах. Например, как уже отмечалось, это могут быть «движения внимания по полю восприятия» [21, с. 44], в когнитивной психологии и нейронауке изучавшиеся в контексте «премоторных» теорий внимания [92]. Или же необходимо допустить, что в рабочей точке «перцептивного кольца» в ходе каждого цикла происходит некоторое последовательное изменение репрезентации внешнего мира. Это допущение позволяет, в частности, обратиться к фе-

номенологии перцептивных конфликтов, когда образ постепенно меняется «на глазах» [43], или восприятия неоднозначных объектов, когда в одной пробе воспринимается одно из возможных предметных содержаний, а в другой — другое. Можно также предположить, что «рабочая точка» может находиться в структуре, ответственной за хранение и преобразование репрезентаций, имеющих отношение к перцептивной или иной задаче, т. е. в рабочей памяти [35]. Аналогичный ход фактически осуществляет и У. Найссер, включая в «перцептивный цикл» схему для сбора информации, которая служит одновременно и аналогом программы движения в рефлекторном кольце, и его рабочей точкой [32].

В то время как поиск аналогов эффектора в восприятии практически не выходит за пределы теоретизирования, существуют научные проблемы, для решения которых перенос идеи кольцевой регуляции на перцептивные процессы может оказаться крайне эвристичным. К их числу относится один из «вечных» вопросов психологии познания о его структурных единицах [подробнее см.: 47].

Уже из самого предположения о существовании «рефлекторного кольца» следует, что обратная связь должна осуществляться с какой-то частотой, которая будет определять «квантование» производимых сенсорных коррекций движения на каждом из уровней. Аналогичным образом возникает вопрос и о «квантовании» перцептивного акта — частоте обновления отдельных параметров перцептивного образа или же периода времени, в течение которого человек может быть внимателен к стимулу. Согласно гипотезе Ю.Б. Гиппенрейтер, опять же выдвинутой с опорой на представления, заимствованные у Н.А. Бернштейна, внимание можно рассматривать как «феноменальное и продуктивное проявление работы ведущего уровня организации деятельности» [17, с. 172]. А единицы объема внимания в таком случае, предположительно, соответствуют «порциям или блокам программы на “задающем приборе” ведущего уровня» [там же, с. 175]. Эти единицы Ю.Б. Гиппенрейтер называет «квантами» внимания [16].

Ю.Б. Гиппенрейтер и В.Я. Романову удалось найти объективный индикатор, который оказался чувствительным к структуре перцептивной деятельности испытуемого в ходе решения задачи [19] и, соответственно, к величине структурных единиц, которыми человек оперирует при ее решении. Им оказался один из видов микродвижений глаз — фиксационный опто-кинетический нистагм (ФОКН). Он возникает в том случае, если субъект пытается удержать взглядом точку фиксации на движущемся фоне. Во время дрейфа положение глаза отклоняется от точки фиксации, а последующая микросаккада осуществляет коррекцию. Возможность использования циклов ФОКН как индикатора «квантов» внимания, понимаемых как единицы целенаправленной деятельности, была проверена Ю.Б. Гиппенрейтер и коллегами на широком круге задач, которые могли выполняться одновременно с задачей удержания точки фиксации: графических, слуховых, мнемических [14].

Хотя Ю.Б. Гиппенрейтер предположила, что выявленные единицы отражают «кванты» именно зри-

тельного внимания, проверка этого предположения для зрительных и глазодвигательных задач, т. е. на материале собственно зрительного внимания, оказалась затруднена в силу природы самой методики регистрации ФОКН. Предложенный подход также не позволяет ответить на вопрос, почему объем зрительного внимания человека ограничен определенным количеством объектов или иных одновременно воспринимаемых структурных единиц. Однако такой подход дает хорошую возможность для изучения динамики зрительного внимания.

Идея кольцевой организации и «квантов» обработки зрительной информации присутствует в упомянутой выше теории повторно-входящих проводящих путей. Ранний вариант этой модели процессов обработки информации в зрительной системе — «теория замещения объекта» [61; 64; 66] — был направлен на объяснение особых форм зрительной маскировки: метаконтрастной и четырехточечной маскировки, а также маскировки по типу общего появления. В случае метаконтрастной маскировки вслед за целевым стимулом предъявляется маска, которая не перекрывает его, но имеет с ним общие контуры (внешний для целевого объекта и внутренний для маски). В случае четырехточечной маскировки маска представляет собой четыре точки по углам прямоугольника, в который он вписан. При этом в случае классической метаконтрастной маскировки маска предъявляется после целевого стимула. В случае маскировки по типу общего появления метаконтрастная или же четырехточечная маска предъявляется одновременно с целевым стимулом и исчезает раньше него. Теория замещения объекта предполагает, что восприятие осуществляется в результате серии итеративных сравнений восходящих сигналов, вызываемых исходным стимулом, и высокоуровневых кодов (в терминологии У. Найссера — «схем» [32]). Если внимание переключается на новый объект или область зрительного поля, сенсорный вход запускает новый цикл обработки по отношению к этому объекту или области зрительного поля.

Однако в случае перечисленных типов маскировки последующий стимул быстро сменяет предыдущий в том же месте в пространстве. Поэтому во время очередной итерации сравнения сенсорного входа с высокоуровневыми кодами может оказаться, что сенсорный вход содержит информацию уже не о том целевом стимуле, который инициировал процесс восприятия, а о том, который появился следом за ним. Таким образом, если процесс опознания был запущен целевым стимулом, но во время последующих итераций информация о целевом стимуле перестает поступать, а в обработку вовлекается информация о признаках маски, то, возможно, новым фокусом механизмов опознания объекта («внимания») станет именно маска, а не целевой стимул. В итоге воспринята (представлена в сознании и доступна вербальному отчету) будет только маска, а о целевом стимуле наблюдатель отчитаться не сможет — возникнет эффект маскировки.

Той же группой исследователей разрабатывается и вторая модель, дополнительная к теории замеще-

ния объекта и описывающая восходящие и нисходящие влияния на процессы обработки зрительной информации — теория реконфигурации перцептивной системы при переключении задачи [63; 78], при разработке которой авторы апеллируют к введенному У. Джеймсом [76] и упоминаемому нами выше понятию «идеационной подготовки» (преперцепции). Реконфигурация понимается как «... часть всеохватывающего, целенаправленного процесса, нацеленного на настройку зрительной системы на те атрибуты и характеристики поступающих стимулов, которые, скорее всего, полезны для решения задачи в данный момент» [78]. При этом зрительная система «... в любой отдельно взятый момент времени динамически перестраивается таким образом, чтобы текущая задача выполнялась оптимально» [63, с. 1080].

Степень, в которой система должна быть реконфигурирована (перенастроена в соответствии с текущей задачей), прямо зависит от связи или сходства между целевыми объектами, которые наблюдатель должен обнаружить или опознать последовательно либо одновременно, а также между операциями, необходимыми для их обработки (например, обнаружение либо опознание). Если эти объекты требуют разной обработки, реконфигурация перцептивной системы может привести к затруднениям в процессе решения задачи, в том числе к периодам «функциональной слепоты», когда испытуемый во время реконфигурации затрудняется в опознании появляющегося в этот момент очередного объекта [67]. Тем самым эти периоды, отражающие нисходящую регуляцию процесса решения перцептивной задачи, по сути, представляют собой окончание «квантов» внимания [47], связанное с завершением очередной порции программы на задающем приборе ведущего уровня организации деятельности в модели Ю.Б. Гиппенрейтер, основанной на теоретических представлениях Н.А. Бернштейна.

Теория повторно-входящих проводящих путей интересна тем, что в ней в явном виде проводится различие между двумя классами понятий, которые в когнитивной науке иногда смешиваются: а именно, между заимствованными из кибернетики понятиями прямой и обратной связи и пришедшими из нейронаук понятиями нисходящих и восходящих процессов в зрительной системе.

Отметим, что в англоязычной когнитивной психологии и нейронауке термины «прямая связь» (*feedforward*) и «обратная связь» (*feedback*) практически сразу перестали употребляться в контексте кибернетических представлений и приобрели чисто анатомический смысл. В 1960-х гг. Дональд МакКай [86] разрабатывал теорию когнитивного контроля и более узко — модель движений глаз, опираясь на работы К. Шеннона и Н. Винера. Он ввел представление о предвосхищающей прямой связи (*feedforward control*) и описал ее в управлении движениями и поведением как нисходящую с точки зрения анатомического субстрата. Однако широкое осмысление работ Хьюбела и Визеля, посвященных строению рецептивных полей в зрительной системе, и распро-

странение подхода, связанного с моделированием познания с помощью искусственных нейронных сетей, привели к тому, что как «прямые» и «обратные» связи (*feedforward vs. feedback connections*) стали обозначаться исключительно связи между нейронами, проводящие пути в мозговом субстрате, вне зависимости от их роли в управлении поведением и процессами, происходящими в нервной системе, но в зависимости от направления передачи сигнала (от «входа» к «выходу»). По аналогии с сетью прямого проведения сигнала (*feedforward neural network*), к «прямым» относятся восходящие проекции, соединяющие между собой нейроны, расположенные в последовательных слоях коры головного мозга, или же нижележащую и вышележащую структуры головного мозга (например, от глубинных структур к коре). «Обратными» же считаются связи, идущие от более высоких «этажей» головного мозга к более низким, например, от лобной коры головного мозга к задним отделам и первичной коре.

В то же время в рамках таких подходов, как психофизика повторно-входящих проводящих путей и теория предсказывающего кодирования, продолжается и обсуждение управляющих прямых и обратных связей, отождествляемых с восходящими и нисходящими *влияниями* на процессы обработки информации. Например, П. Це и П. Каванах отмечают: ««общепринятое» понимание нисходящей обработки состоит в том, что более поздние зрительные области мозга влияют на работу более ранних областей посредством обратных проводящих путей. Но есть и другие возможности. Ожидания и знания в принципе могут менять проводящие пути, задействованные в группировке, и в этом случае нисходящие влияния будут реализовываться посредством восходящих путей» [99, с. В32].

Таким образом, если биокibernетическое «рефлекторное кольцо» предполагает обратную связь от объекта управления (рабочей точки) к управляющему органу (задающему прибору) на каком-либо одном уровне обработки информации (соответствует ли тонус мышц заданному программой и зафиксированному на задающем приборе уровню А; соответствует ли положение самого субъекта в пространстве заданному программой; соответствует ли сказанное слово программе, и т. п.), то обратные связи в работах по психофизике повторно-входящих путей и теории предсказывающего кодирования представляют собой нечто совершенно иное — «вертикальную», межуровневую обратную связь. Посредством таких связей между всеми уровнями, вовлеченными в реализацию перцептивного процесса, на каждом из уровней минимизируется ошибка прогнозирования, т. е. рассогласование входной информации и предсказания, которое порождается на вышележащем уровне обработки информации [53]. Представление о межуровневых связях в подобной когнитивной архитектуре хорошо проиллюстрировано К. Рауссом и Г. Пуртуа (рис. 2).

Интересно, что идеи о всепроникающем характере межуровневых обратных связей в процессах обработ-

ки информации в восприятии буквально в последние годы породили развернутую экспериментальную полемику. Она основана на фактах, свидетельствующих о существовании быстрых перцептивных процессов, протекающих в течение такого времени, за которое в силу ограничений скорости распространения сигнала в мозге не может успеть осуществиться ни один цикл обработки информации, включающий восходящую обработку и ответные нисходящие влияния. Так, М. Поттер с коллегами экспериментально показали, что общий смысл зрительной сцены может быть схвачен в условиях быстрого последовательного предъявления изображений, когда каждое из них предъявляется всего на 13 мс — согласно их интерпретации, это происходит благодаря восходящему быстрому анализу информации («*feedforward sweep*») в вентральном зрительном пути [89]. В рамках аналогии между перцептивными и двигательными процессами, такая быстрая категоризация будет являться аналогом так называемых баллистических движений, которые являются исключением из универсального принципа управления с помощью обратной связи и не могут быть скорректированы в процессе их выполнения. В то же время в недавней работе М. Грин с коллегами [71], где было проведено сравнение восприятия высоковероятных и маловероятных зрительных сцен при сверхкратком (однако почти вдвое более длительном, чем в исследовании М. Поттер) предъявлении, обосновывается представление о том, что эта «прямая» линия передачи сигнала уже является результатом настройки за счет нисходящих процессов обработ-

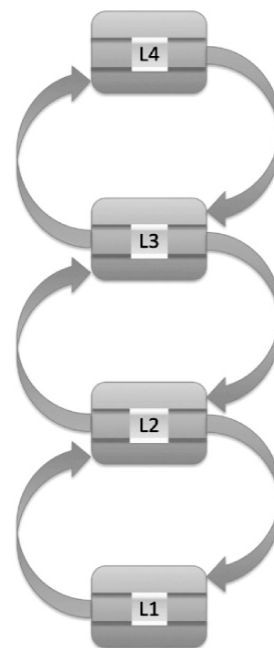


Рис. 2. Межуровневые связи в обработке зрительной информации (из работы К. Раусса и Г. Пуртуа [90]). Каждый из иерархически организованных уровней, обозначенных буквами L1-4 (level), в этой намеренно упрощенной модели включает три «слоя», связанных с тремя типами сигналов: входной сигнал с нижележащего уровня, входной сигнал с вышележащего уровня и выходной сигнал

ки зрительной информации: как отмечают сами авторы, их «... результаты предполагают, что исходная зрительная репрезентация активирует шаблон часто воспринимавшейся сцены, который действует по нисходящей линии для уточнения перцептивной репрезентации... эта трактовка согласуется с теорией предсказывающего кодирования, согласно которой более вероятная сцена быстрее подхватывается вышестоящими ожиданиями, обеспечивая меньший сигнал расогласования (и меньшее число итераций) в иерархии корковых структур для достижения опознания» [71, с. 1249]. Нам представляется, что, помимо всего прочего, эта полемика вновь выявляет сохраняющуюся до сих пор терминологическую и концептуальную расогласованность в данной исследовательской области.

6. Мечты и реальность: подходы к экспериментальной проверке бернштейнианских идей и метафор. Несмотря на всю привлекательность идей Н.А. Бернштейна для психологов, у тех, кто пытался развивать его представления в области восприятия и внимания, с самого начала возникала существенная проблема: заимствуя теории и модели, они не могли перенести на иной материал также и методы эмпирической проверки положений физиологии активности. Н.А. Бернштейн разрабатывал точные методы объективной регистрации движений. В отличие от исследователей двигательной активности, психологи восприятия работают с процессами, которые, за исключением внешних движений органов чувств (движений глаз и осязающих движений руки), не имеют очевидного «исполнительного органа» и «рабочей точки» и, таким образом, не могут быть подвергнуты объективной регистрации. Исследователям приходится довольствоваться довольно скудным арсеналом методов «зондирования» возникающих у испытуемых образов с помощью вербального и моторного отчета, а также нейрофизиологических маркеров соответствующих процессов.

Нейрофизиологические маркеры также несовершенны, и поэтому не только перцептивные, но даже и двигательные «рефлекторные кольца» до сих пор достоверно не прослежены в головном мозге. При совершении даже простейших движений, например, циклических движений одним пальцем, активируется большое количество нейронов в различных отделах головного мозга. В терминологии Н.А. Бернштейна это может быть описано как параллельная работа множества эфферентных каналов [73]. Более того, часть структур головного мозга, активированных в процессе движения, может не быть непосредственно связана с его построением. Для прослеживания рефлекторных колец необходимо не просто выделить из множества активированных областей участвующие в построении движения, но и выявить структуру их связей между собой. Таким образом, описание «колец» требует нейрофизиологических методов, которые сочетали бы миллисекундную разрешающую способность во времени, присущую электрофизиологическим методам, и разрешающую способность в пространстве, близкую к уровню регистрации актив-

ности единичных нейронов. Кроме того, значительная часть процессов кольцевой регуляции движений протекает на уровнях А, В и С, по Бернштейну, т. е. на уровнях глубинных структур головного мозга. Поэтому к требованиям к нейрофизиологическим методам, необходимым для проверки модели Н.А. Бернштейна, добавляется возможность параллельной записи с высокой разрешающей способностью активности не только коры больших полушарий, но и всего мозга, включая глубинные структуры и мозжечок. Появление таких методов все еще является делом будущего, и потому они не могут обогатить и методический арсенал психологов, изучающих процессы восприятия и внимания. Как следствие, наиболее доступными для экспериментального тестирования остаются представления, касающиеся уровней регуляции познавательной активности.

И.С. Уточкин [44] относит к составляющим возможной «уровневой» программы экспериментальных исследований восприятия и внимания следующие приемы. Во-первых, исследования вмешательств неосознаваемых содержаний, адресованных одному из уровней регуляции деятельности, в процесс решения основной перцептивной задачи. Во-вторых, тестирование осознания субъектом условий задачи, хода и результата ее решения. Предположительно, достоянием сознания станут только те их аспекты, которые связаны с ведущим уровнем регуляции процесса выполнения задачи. В-третьих, варьирование целевых аспектов образа, благодаря чему различные уровни могут выступить в качестве ведущего или же фоновых.

Последнее из перечисленных направлений наиболее популярно среди отечественных исследователей. Оно базируется на известном экспериментальном приеме, основанном на открытии, которое А.Н. Леонтьев и А.В. Запорожец [27] сделали в процессе работы над восстановлением движений у раненых бойцов во время Великой Отечественной войны. Тогда советские психологи обнаружили, что двигательные возможности человека могут существенно возрасти при смене ведущего уровня выполняемого движения на уровень предметных действий (D) или символических координаций (E). Аналогичные экспериментальные приемы, адресованные к переключению уже перцептивных действий на иной ведущий уровень регуляции, могут быть применены и в области изучения познавательных процессов, и некоторые из них мы уже рассмотрели в ходе обзора [19; 20].

Разберем подробнее прием, связанный с укрупнением оперативных единиц перцептивной (зрительной) активности. Можно предположить, что в случае такого укрупнения происходит передача управления процессом решения перцептивной задачи на более высокий уровень. Вследствие такой передачи субъект может стать более внимателен к отдельным элементам стимуляции, поскольку их анализ включается в состав более высокоуровневых действий, и произойдет повышение продуктивности перцептивной деятельности. Следовательно, если определенным образом организовать процесс решения задачи, можно сделать испытуемого «более внимательным».

Например, задача прочитать и назвать шесть идущих друг за другом букв, предъявляемых в середине потока быстрого последовательного предъявления зрительных стимулов, сменяющих друг друга со скоростью около 10 элементов в секунду, является для человека практически невыполнимой. Однако при постановке задачи «прочитать слово» отчет о шести последовательных буквах становится возможным [68], даже если в действительности испытываемому демонстрируются не связанные друг с другом буквы [42]. Мы рассматриваем подобное рода эффекты как «стратегические», связанные с тем, как субъект активно выстраивает иерархическую систему средств решения задачи, даже если стратегия индуцируется инструкцией [47].

Представления Н.А. Бернштейна об активном построении движения и его трактовка как процесса решения двигательной задачи пришлись очень кстати отечественным психологам, которым близко переживание психологии как романтической науки, в явном виде озвученное А.Р. Лурия [29], который, к слову, в наиболее трудные годы поддерживал Н.А. Бернштейна (см.: [3]). Заимствование идей Бернштейна со всей очевидностью делает психологию восприятия «романтической наукой», но чтобы союз состоялся, экспериментальным психологам и нейрофизиологам, занимающимся зрительным восприятием, необходимо сосредоточиться на разработке методов экспериментальной проверки тех положений, которые подарила психологии физиология активности Н.А. Бернштейна.

Финансирование

Исследование М.В. Фаликман поддержано Программой фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

Литература

1. Александров Ю.И., Дружинин В.Н. Теория функциональных систем в психологии // Психологический журнал. 1998. Т. 19. № 6. С. 4–19.
2. Анохин П.К. Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973.
3. Асмолов А.Г. Психология личности. М.: Academia, 2007.
4. Асмолов А.Г., Михалевская М.Б. От психофизики чистых ощущений к психофизике сенсорных задач // Проблемы и методы психофизики / Под ред. А.Г. Асмолова, М.Б. Михалевской. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. С. 5–12.
5. Барабанщиков В.А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Институт психологии РАН, 1997.
6. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947.
7. Бернштейн Н.А. Очерки о физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.
8. Брунер Дж. Психология познания. М.: Прогресс, 1977.
9. Василюк Ф.Е. Методологический анализ в психологии. М.: Смысл, 2003.
10. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. М.: Смысл, 1998.
11. Величковский Б.М. От уровней обработки к стратификации познания. // Вопросы психологии. 1999. № 4. С. 58–74.
12. Винер Н. Кибернетика. М.: Наука, 1983.
13. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988.
14. Гиппенрейтер Ю.Б. Движения глаз в деятельности человека и в ее исследовании // Исследование зрительной деятельности человека / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 417–421.
15. Гиппенрейтер Ю.Б. Движения человеческого глаза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
16. Гиппенрейтер Ю.Б. Внимание и деятельность // Актуальные проблемы современной психологии. Материалы международной конференции. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983а. С. 62–64.
17. Гиппенрейтер Ю.Б. Деятельность и внимание // А.Н. Леонтьев и современная психология / Под ред.
- А.В. Запорожца и др. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983б. С. 165–177.
18. Гиппенрейтер Ю.Б. Введение в общую психологию: курс лекций. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988.
19. Гиппенрейтер Ю.Б., Романов В.Я. Новый метод исследования внутренних форм зрительной активности // Вопросы психологии. 1970. № 5. С. 36–52.
20. Гиппенрейтер Ю.Б., Смирнов С.Д. Уровни следящих движений глаз и зрительное внимание // Вопросы психологии. 1971. № 3. С. 31–45.
21. Запорожец А.В. Развитие восприятия и деятельность // Восприятие и действие. Материалы 30-го симпозиума XVIII Международного психологического конгресса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1966. С. 35–44.
22. Зинченко В.П. Физиология и психология активности // Н.А. Бернштейн. Современные искания в физиологии нервного процесса / Под ред. И.М. Фейгенберга, И.Е. Сироткиной. М.: Смысл, 2003.
23. Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа: исследование деятельности зрительной системы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969.
24. Зинченко В.П., Смирнов С.Д. Методологические вопросы психологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.
25. Леонтьев А.А. Деятельный ум. М.: Смысл, 2001.
26. Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. М.: Политиздат, 1975.
27. Леонтьев А.Н., Запорожец А.В. Восстановление движения. Психофизиологическое исследование восстановления функций руки после ранения. М.: Советская наука, 1945.
28. Лурия А.Р. Высшие корковые функции и их нарушение при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962.
29. Лурия А.Р. Этапы пройденного пути. Научная автобиография. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.
30. Любимов В.В. Психология восприятия. М.: ЧеРо; МПСИ, 2007.
31. Назаров А.И. От рефлекторного кольца к много-связной системе // Методология и история психологии. 2009. № 2. С. 32–44.
32. Найссер У. Познание и реальность. М.: Прогресс, 1981.

33. *Петухов В.В.* Психология мышления. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.
34. *Печенкова Е.В., Фаликман М.В.* Модель решения перцептивной задачи в условиях быстрого последовательного предъявления зрительных стимулов // Психологический журнал. 2001. № 6. С. 99–103.
35. *Печенкова Е.В., Фаликман М.В.* Принцип кольцевой регуляции в современной когнитивной психологии восприятия и внимания и проблема единиц перцептивной деятельности // Актуальные проблемы когнитивной науки. Материалы международной научно-практической конференции. Иваново, 2010а. С. 62–65.
36. *Печенкова Е.В., Фаликман М.В.* Решение перцептивной задачи как взаимодействие между восходящими и нисходящими процессами переработки зрительной информации // Теоретическая и экспериментальная психология. 2010б. Т. 3. № 3. С. 52–65.
37. *Сироткина И.Е.* Роль исследований Н.А. Бернштейна в развитии отечественной психологической науки: дисс. ... канд. психол. наук. М., 1989.
38. *Сироткина И.Е.* Выдающийся физиолог. Классик психологии? (К 100-летию со дня рождения Н.А. Бернштейна) // Психологический журнал. 1996. № 5. С. 116–127.
39. *Смирнов С.Д.* Психологическая теория деятельности и концепция Н.А. Бернштейна // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1978. № 2. С. 14–25.
40. *Смирнов С.Д.* Мир образов и образ мира // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1981. № 2. С. 15–29.
41. *Соколова Е.Е.* Чтобы быть психологом, нельзя не быть философом, или Почему имеет смысл спорить о понятиях // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 2016. № 1. С. 25–41.
42. *Степанов В.Ю.* Стратегия чтения как средство поддержания внимания при решении перцептивной задачи // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2009. Т. 6. № 1. С. 159–168.
43. *Столин В.В.* Построение зрительного образа при псевдоскопическом восприятии // Вопросы психологии. 1972. № 6. С. 103–116.
44. *Уточкин И.С.* Теоретические и эмпирические основания уровневого подхода к вниманию // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2008. Т. 5. № 3. С. 31–66.
45. *Фаликман М.В.* Эффекты превосходства слова в зрительном восприятии и внимании // Психологический журнал. 2010. № 1. С. 32–40.
46. *Фаликман М.В., Печенкова Е.В.* Стратегическая регуляция решения перцептивной задачи как класс нисходящих влияний на процесс построения перцептивного образа // Первая Российская конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов. Казань: КГУ, 2004. С. 237–239.
47. *Фаликман М.В., Печенкова Е.В., Степанов В.Ю.* Внимание и перцептивные единицы // Когнитивные исследования. Вып. 5 / Под ред. Т.В. Черниговской, А.А. Кибрика. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012. С. 102–116.
48. *Фейгенберг И.М.* Николай Бернштейн: от рефлекса к модели будущего. М.: Смысл, 2004.
49. *Фейгенберг И.М.* Вероятностное прогнозирование в деятельности человека и поведении животных. М.: Ньюдиамед, 2008.
50. *Фейгенберг И.М., Иванников В.А.* Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
51. *Adamian N., Kuvaldina M.* Be prepared: The effect of expectations on inattention blindness // The Russian Journal of Cognitive Science. 2014. Vol. 1. № 3. P. 4–12.
52. *Bernstein N.* Co-ordination and regulation of movements. N.Y.: Pergamon Press, 1967.
53. *Brodski A., Paasch G.F., Helbling S., Wibrat M.* The faces of predictive coding // Journal of Neuroscience. 2015. Vol. 35. № 24. P. 8997–9006.
54. *Bruner J.S., Minturn A.L.* Perceptual identification and perceptual organization // The Journal of General Psychology. 1955. Vol. 53. P. 21–28.
55. *Cavanagh P., Anstis S.* The flash grab effect // Vision Research. 2013. Vol. 91. P. 8–20.
56. *Clark A.* Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science // Behavioral and Brain Sciences. 2013. Vol. 36. № 3. P. 181–204.
57. *Craik F.I.M.* Levels of processing: past, present ... and future? // Memory, 2002. Vol. 10. № 5/6. P. 305–318.
58. *Craik F.I.M., Lockhart R.* Levels of processing: A framework for memory research // Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour. 1972. Vol. 11. № 6. P. 671–684.
59. *De Baene W., Brass M.* Switch probability context (in) sensitivity within the cognitive control network. // NeuroImage. 2013. Vol. 77. P. 207–214.
60. *De Baene W., Brass M.* Dissociating strategy-dependent and independent components in task preparation // Neuropsychologia. 2014. Vol. 62. P. 331–340.
61. *Di Lollo V., Enns J., Rensink R.* Competition for consciousness among visual events: the psychophysics of reentrant visual processes // Journal of Experimental Psychology: General. 2000. Vol. 129. № 4. P. 481–507.
62. *Di Lollo V., Kawahara J., Zuvic S.M., Visser T.A.* The preattentive emperor has no clothes: a dynamic redressing // Journal of Experimental Psychology: General. 2001. Vol. 130. № 3. P. 479–492.
63. *Di Lollo V., Smilek D., Kawahara J., Ghorashi S.M.* System reconfiguration, not resource depletion, determines the efficiency of visual search // Perception and Psychophysics. 2005. Vol. 67. № 6. P. 1080–1087.
64. *Dux P.E., Visser T.A.W., Goodhew S.C., Lipp O.V.* Delayed re-entrant processing impairs visual awareness: An object substitution masking study // Psychological Science. 2010. Vol. 21. P. 1242–1247.
65. *Eich T.S., Parker D., Liu D., Oh H., Razlighi Q., Gazes Y., Habeck C., Stern Y.* Functional brain and age-related changes associated with congruency in task switching // Neuropsychologia. 2016. Vol. 91. P. 211–221.
66. *Enns J.T., Di Lollo V.* What's new in visual masking? // Trends in Cognitive Science. 2000. Vol. 4. № 9. P. 345–352.
67. *Enns J.T., Visser T.A.W., Kawahara J., Di Lollo V.* Visual masking and task switching in the attentional blink // The limits of attention: Temporal constraints on human information processing / K.L. Shapiro (Ed.). Oxford University Press, 2001. P. 65–81.
68. *Falikman M.V.* Word superiority effects across the varieties of attention // Journal of Russian and East European Psychology. 2011. Vol. 49. № 5. P. 45–61.
69. *Goschke T.* Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching // Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII / S. Monsell, J. Driver (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press, 2000. P. 331–355.
70. *Grange J., Houghton G.* (Eds.) Task switching and cognitive control. Oxford University Press, 2014.
71. *Greene M.R., Botros A.P., Beck D.M., Fei-Fei L.* What you see is what you expect: Rapid scene understanding benefits from prior experience // Attention, Perception and Psychophysics. 2015. Vol. 77. № 4. P. 1239–1251.
72. *Gregory R.* Knowledge in perception and illusion // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 1997. Vol. 352. № 1358. P. 1121–1127.
73. *Gurfinkel V.S., Cordo P.J.* The scientific legacy of Nikolai Bernstein // Progress in motor control: Volume. 1., Ber-

- nstein's traditions in movement studies / M.L. Latash (Ed.). Champaign: Human Kinetics, 1998. P. 1–20.
74. Hochstein, S., Ahissar, M. View from the top: Hierarchies and reverse hierarchies in the visual system // *Neuron*. 2002. Vol. 36. P. 791–804.
75. Hübner M., Klüwe R.H., Luna-Rodriguez A., Peters A. Task preparation and stimulus-evoked competition // *Acta Psychologica*. 2004. Vol. 115. P. 211–234.
76. James W. Principles of Psychology. Vol. 1. New York: Henry Holt, 1890.
77. Jonides J., Gleitman N. A conceptual category effect in visual search: O as letter or as digit // *Perception & Psychophysics*. 1972. Vol. 12. P. 457–460.
78. Kawahara J., Di Lollo V., Enns J.T. Attentional requirements in visual detection and identification: Evidence from the attentional blink // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2001. Vol. 27. № 4. P. 969–984.
79. Kelso J.A.S. From Bernstein's physiology of activity to coordination dynamics // *Progress in motor control*: Vol. 1, Bernstein's traditions in movement studies / M.L. Latash (Ed.). Champaign: Human Kinetics, 1998. P. 203–220.
80. Kesner L. The predictive mind and the experience of visual art work [Электронный ресурс] // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol. 5. Art. 1417. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.01417/full> (Accessed: 09.11.2016).
81. Kogo N., Trengove C. Is predictive coding theory articulated enough to be testable? [Электронный ресурс] // *Frontiers in Computational Neuroscience*. 2015. Vol. 9. Art. 111. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fncom.2015.00111/full> (Accessed: 09.11.2016).
82. Latash M.L. (Ed.) *Progress in motor control*. Vol. 1: Bernstein's traditions in movement studies. Urbana, IL: Human Kinetics, 1998.
83. Lim J.I. Visual search strategy and interception accuracy: PhD Dissertation. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013.
84. Lisi M., Cavanagh P. Dissociation between the perceptual and saccadic localization of moving objects. // *Current Biology*. 2015. Vol. 25. № 19. P. 2535–2540.
85. Longman C.S., Lavric A., Monsell S. The coupling between spatial attention and other components of task-set: A task-switching investigation // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2016. Vol. 1. P. 1–28.
86. MacKay D.M. Cerebral organization and the conscious control of actions // *Brain and conscious experience* / J.C. Eccles (Ed.). N.Y.: Springer, 1966. P. 422–445.
87. Norman D.A., Rumelhart D.E. (Eds.) *Exploration in cognition*. San Francisco, CA: Freeman, 1975.
88. Pechenkova E. Effect of schemata on temporal order perception of multiple visual items // *The 3rd International conference on cognitive science. Abstracts*. M., 2008. Vol. 1. P. 127–128.
89. Potter M.C., Wyble B., Haggmann C.E., McCourt E.S. Detecting meaning in RSVP at 13 ms per picture // *Attention, Perception & Psychophysics*. 2014. Vol. 76. P. 270–279.
90. Rauss K., Pourtois G. What is bottom-up and what is top-down in predictive coding? [Электронный ресурс] // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. Art. 276. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00276/full> (Accessed: 09.11.2016).
91. Rauss K., Schwartz S., Pourtois G. Top-down effects on early visual processing in humans: a predictive coding framework // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2011. Vol. 35. № 5. P. 1237–1253.
92. Rizzolatti G., Riggio L., Dascola I., Umiltà C. Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention // *Neuropsychologia*. 1987. Vol. 25. № 1A. P. 31–40.
93. Sinitsyna M., Pechenkova E. Top-down modulations in perception of simultaneity [Электронный ресурс] // *Journal of Vision*. 2009. Vol. 9. № 8. Art. 1083. URL: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2135358> (Accessed: 09.11.2016).
94. Smeets J., Brenner E. Perception and action are based on the same visual information: Distinction between position and velocity // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*. 1995. Vol. 21. № 1. P. 19–31.
95. Sperling G. The information available in brief visual presentation // *Psychological Monographs*. 1960. Vol. 74. № 11. P. 1–29.
96. Sperling G., Doshier B.A. Strategy and optimization in human information processing // *Handbook of perception and human performance*: Vol. 1. Sensory processes and perception / K. Boff, L. Kaufman, J. Thomas (Eds.). N.Y.: Wiley, 1986. P. 2–1–2–65.
97. Spratling M.W. Predictive coding as a model of cognition // *Cognitive Processing*. 2016. Vol. 17. № 3. P. 279–305.
98. Srinivasan M.V., Laughlin S.B., Dubs A. Predictive coding: a fresh view of inhibition in the retina // *Proceedings of the Royal Society of London. B. Biological Sciences*. 1982. Vol. 216. № 1205. P. 427–459.
99. Tse P.U., Cavanagh P. Chinese and Westerners see opposite apparent motions in a kanji stimulus // *Cognition*. 2000. Vol. 74. P. B27–B32.
100. Tse P.U., Whitney D., Anstis S., Cavanagh P. Voluntary attention modulates motion-induced mislocalization [Электронный ресурс] // *Journal of Vision*. 2011. Vol. 11. № 3. Art. 12. URL: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2191571> (Accessed: 09.11.2016).
101. Turvey M.T., Kugler P.N. An ecological approach to perception and action // *Human motor actions: Bernstein reassessed* / H.T.A. Whiting (Ed.). Amsterdam: North Holland, 1984. P. 207–236.
102. Utchkin I.S. Redundancy effects of a moving distractor generated by alerting and orienting // *Attention, Perception & Psychophysics*. 2009. Vol. 71. № 8. P. 1825–1830.
103. Velichkovsky B.M. Heterarchy of cognition: the depths and the highs of a framework for memory research // *Memory*. 2002. Vol. 10. № 5–6. P. 405–419.
104. Whiting H.T.A. (Ed.) *Human motor actions: Bernstein reassessed*. Elsevier Science Ltd., 1984.
105. Whitney D.V., Cavanagh P. Motion distorts visual space: Shifting the perceived position of remote stationary objects // *Nature Neuroscience*. 2000. Vol. 3. P. 954–959.
106. Williams A.M., Jannelle C.M., Davids K. Constraints on the search for visual information in sport // *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2004. Vol. 2. № 3. P. 301–318.

N.A. Bernstein's Principles of Physiology of Activity in Psychology of Perception and Attention: Problems and Perspectives

M.V. Falikman*,

Lomonosov Moscow State University; National Research Institute Higher School of Economics;
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia,
maria.falikman@gmail.com

E.V. Pechenkova**,

OOO Scientific Research Institute of Neuropsychology of Speech and Writing, Moscow, Russia,
evp@virtualcoglab.org

The paper reviews N.A. Bernstein's creative legacy in the development of Russian research in visual perception and attention starting from 1960s. It describes how these studies adopted four groups of concepts from Bernstein's biocybernetics: first, the metaphor of movement construction; second, the concept of task; third, the idea of levels (hierarchy) of movement construction; and fourth, the principle of feedback or circular control of movement. The paper also discusses modern Russian level-based concepts of perception and attention that directly originated from Bernstein's ideas. It traces the parallels between these concepts in Russian psychology of perception and the concepts of regulation of perception activity existing in European and American cognitive neuropsychology and modern neuroscience, such as ascending and descending processes in visual information processing and the hypothesis of predictive coding. The paper concludes with a discussion of the possibilities for empirically testing the models of perception and visual attention based on N.A. Bernstein's ideas using modern methods of cognitive science.

Keywords: N.A. Bernstein, perception, attention, task, movement construction, image construction, circular control, level organization.

Funding

M. Falikman's research was supported by the NRU HSE Fundamental Research Program.

References

1. Aleksandrov Yu.I., Druzhinin V.N. Teoriya funktsional'nykh sistem v psikhologii. [The theory of functional systems in psychology]. *Psikhologicheskii zhurnal [Psychological Journal]*, 1998, vol. 19, no. 6, pp. 4–19.
2. Anokhin P.K. Printsipy sistemnoi organizatsii funktsii [Principles of systemic organization of functions]. Moscow: Nauka, 1973.
3. Asmolov A.G. Psikhologiya lichnosti [Psychology of personality]. Moscow: Academia, 2007.
4. Asmolov A.G., Mikhalevskaya M.B. Ot psikhofiziki chistykh oshchushchenii k psikhofizike sensornykh zadach [From psychophysics of pure sensations to psychophysics of sensory tasks]. In: Asmolov A.G. (eds.), *Problemy i metody psikhofiziki [Problems and methods of psychophysics]*. Moscow: Publ. Mosk. Un-ta, 1974, pp. 5–12.
5. Barabanshchikov V.A. Okulomotornye struktury vospriyatiya [Oculomotor structures of perception]. Moscow: Institut psikhologii RAN, 1997.
6. Bernshtein N.A. O postroenii dvizhenii [On the construction of movements]. Moscow: Medgiz, 1947.
7. Bernshtein N.A. Ocherki o fiziologii dvizhenii i fiziologii aktivnosti [Studies in the physiology of movement and the physiology of activity]. Moscow: Meditsina, 1966.
8. Bruner Dzh. Psikhologiya poznaniya [Psychology of cognition]. Moscow: Progress, 1977.
9. Vasilyuk F.E. Metodologicheskii analiz v psikhologii [Methodological analysis in psychology]. Moscow: Smysl, 2003.
10. Vekker L.M. Psikhika i real'nost': edinaya teoriya psikhicheskikh protsessov [Mind and reality: A unified theory of mental processes]. Moscow: Smysl, 1998.
11. Velichkovskii B.M. Ot urovnei obrabotki k stratifikatsii poznaniya [From levels of processing to stratification of cognition]. *Voprosy psikhologii [Issues in psychology]*, 1999, no. 4, pp. 58–74.
12. Viner N. Kibernetika [Cybernetics]. Moscow: Nauka, 1983.
13. Gibson Dzh. Ekologicheskii podkhod k zritel'nomu vospriyatiyu [Ecological approach to visual perception]. Moscow: Progress, 1988.

For citation:

Falikman M.V., Pechenkova E.V. N.A. Bernstein's Principles of Physiology of Activity in Psychology of Perception and Attention: Problems and Perspectives. *Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya = Cultural-historical psychology*, 2016. Vol. 12, no. 4, pp. 48–66. (In Russ., abstr. in Engl.). doi: 10.17759/chp.2016120405

* *Falikman Maria Vyacheslavovna*, PhD in Psychology, senior research fellow, Lomonosov Moscow State University; leading research fellow, National Research University Higher School of Economics; senior research fellow, Institute of Social Sciences, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia. E-mail: maria.falikman@gmail.com

** *Pechenkova Ekaterina Vasilyevna*, PhD in Psychology, leading specialist, OOO Scientific Research Institute of Neuropsychology of Speech and Writing, Moscow, Russia. E-mail: evp@virtualcoglab.org

14. Gippenreiter Yu.B. Dvizheniya glaz v deyatel'nosti che-loveka i v ee issledovanii [Eye movements in human activity and its investigation]. In Gippenreiter Yu.B. (ed.), *Issledovanie zritel'noi deyatel'nosti cheloveka* [Investigations in human visual activity]. Moscow: Publ. Mosk. Un-ta, 1973, pp. 417–421.
15. Gippenreiter Yu.B. Dvizheniya chelovecheskogo glaza [Human eye movements]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1978.
16. Gippenreiter Yu.B. *Vnimanie i deyatel'nost'* [Attention and activity]. *Aktual'nye problemy sovremennoi psikhologii* [Current issues in modern psychology]. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1983a, pp. 62–64.
17. Gippenreiter Yu.B. Deyatel'nost' i vnimanie [Activity and attention]. In Zaporozhets A.V. (eds.), *A.N. Leont'ev i sovremennaya psikhologiya* [A.N. Leont'ev and contemporary psychology]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1983b, pp. 165–177.
18. Gippenreiter Yu.B. Vvedenie v obshchuyu psikhologiyu: kurs lektsii [Introduction to general psychology: Lectures]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1988.
19. Gippenreiter Yu.B., Romanov V.Ya. Novyi metod issledovaniya vnutrennikh form zritel'noi aktivnosti [A new method to study inner forms of visual activity]. *Voprosy psikhologii* [Issues in psychology], 1970, no. 5, pp. 36–52.
20. Gippenreiter Yu.B., Smirnov S.D. Urovni sledyashchikh dvizhenii glaz i zritel'noe vnimanie [Levels of tracing eye movements and visual attention]. *Voprosy psikhologii* [Issues in psychology], 1971, no. 3, pp. 31–45.
21. Zaporozhets A.V. Razvitie vospriyatiya i deyatel'nost' [Perception development and activity]. *Vospriyatie i deistvie Materialy 30-go simpoziuma XVIII Mezhdunarodnogo psikhologicheskogo kongressa* [Perception and action Proceedings of the 30th symposium of 18th International Psychological Congress]. Moscow, 1966, pp. 35–44.
22. Zinchenko V.P. Fiziologiya i psikhologiya aktivnosti [Physiology and psychology of activity]. In Feigenberg I.M. (eds.), *N.A. Bernshtein. Sovremennye iskaniya v fiziologii nervnogo protsessa* [N.A. Bernstein. Modern quest in the physiology of neural processing]. Moscow: Smysl, 2003.
23. Zinchenko V.P., Vergiles N.Yu. Formirovanie zritel'nogo obraza : issledovanie deyatel'nosti zritel'noi sistemy [Visual image formation: A study into visual system activity]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1969.
24. Zinchenko V.P., Smirnov S.D. Metodologicheskie voprosy psikhologii [Methodological issues in psychology]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1983.
25. Leont'ev A.A. Deyatel'nyi um [The active mind]. Moscow: Smysl, 2001.
26. Leont'ev A.N. Deyatel'nost', soznanie, lichnost' [Activity, consciousness, personality]. Moscow: Politizdat, 1975.
27. Leont'ev A.N., Zaporozhets A.V. Vosstanovlenie dvizheniya. Psikhofiziologicheskoe issledovanie vosstanovleniya funktsii ruki posle raneniya [Rehabilitation of movements. Psychophysiological study in the recovery of functions after injuries]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1945.
28. Luriya A.R. Vysshie korkovye funktsii i ikh narushenie pri lokal'nykh porazheniyakh mozga [Higher cortical functions and their violation after local brain lesions]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1962.
29. Luriya A.R. Etapy proidennogo puti. Nauchnaya avtobiografiya [Milestones of my life. Scientific autobiography]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1982.
30. Lyubimov V.V. Psikhologiya vospriyatiya [Psychology of perception]. Moscow: CheRo, MPSI, 2007.
31. Nazarov A.I. Ot reflektornogo kol'tsa k mnogosvyaznoi sisteme [From the reflectory ring to a multilinked system]. *Metodologiya i istoriya psikhologii* [Methodology and history of psychology], 2009, no. 2, pp. 32–44.
32. Naisser U. Poznanie i real'nost' [Cognition and reality]. Moscow: Progress, 1981.
33. Petukhov V.V. Psikhologiya myshleniya [Psychology of thinking]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1987.
34. Pechenkova E.V., Falikman M.V. Model' resheniya pertseptivnoi zadachi v usloviyakh bystrogo posledovatel'nogo pred'yavleniya zritel'nykh stimulov [A model of perceptual task accomplishment under rapid serial presentation conditions]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological journal], 2001, no. 6, pp. 99–103.
35. Pechenkova E.V., Falikman M.V. Printsip kol'tsevoi regulyatsii v sovremennoi kognitivnoi psikhologii vospriyatiya i vnimaniya i problema edinita pertseptivnoi deyatel'nosti [A principle of circular regulation in modern cognitive psychology and the problem of perceptual activity units]. *Aktual'nye problemy kognitivnoi nauki Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Current issues in cognitive science. Proceedings of the international applied research conference]. [I. Ivanovo, 2010a, pp. 62–65.
36. Pechenkova E.V., Falikman M.V. Reshenie pertseptivnoi zadachi kak vzaimodeistvie mezhdu voskhodyashchimi i nishkodyashchimi protsessami pererabotki zritel'noi informatsii [Perceptual task accomplishment as an interaction of bottom-up and top-down processes in visual information processing]. *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psikhologiya* [Theoretical and experimental psychology], 2010B, vol. 3, no. 3, pp. 52–65.
37. Sirotkina I.E. Rol' issledovaniya N.A. Bernshteina v razvitii otechestvennoi psikhologicheskoi nauki [The role of N.A. Bernstein's investigations in the development of Russian psychological science]. Diss. kand. psikhol. nauk [PhD dissertation]. Moscow, 1989.
38. Sirotkina I.E. Vydayushchiysya fiziolog. Klassik psikhologii? (K 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.A. Bernshteina) [A prominent physiologist. A classic in psychology? (To the 100th anniversary of N.A. Bernstein's birthday)]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological journal], 1996, no. 5, pp. 116–127.
39. Smirnov S.D. Psikhologicheskaya teoriya deyatel'nosti i kontseptsiya N.A. Bernshteina. [Psychological theory of activity and N.A. Bernstein's ideas] *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 14. Psikhologiya* [Moscow State University Bulletin. Series 14. Psychology], 1978, no. 2, pp. 14–25.
40. Smirnov S.D. Mir obrazov i obraz mira [The world of images and the image of the world]. *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 14. Psikhologiya* [Moscow State University Bulletin. Series 14. Psychology], 1981, no. 2, pp. 15–29.
41. Sokolova E.E. Chtoby byt' psikhologom, nel'zya ne byt' filosofom, ili Pochemu imeet smysl sporit' o ponyatiyakh [To be a psychologist, it is impossible not to be a philosopher, or Why it makes sense to dispute about concepts]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14. Psikhologiya* [Moscow State University Bulletin. Series 14. Psychology], 2016, no. 1, pp. 25–41.
42. Stepanov V.Yu. Strategiya chteniya kak sredstvo podderzhaniya vnimaniya pri reshenii pertseptivnoi zadachi [Strategy of reading as a mean of sustaining attention during perceptual task accomplishment]. *Psikhologiya. Zhurnal Vyshei shkoly ekonomiki* [Psychology. The Journal of the Higher School of Economics], 2009, vol. 6, no. 1, pp. 159–168.
43. Stoln V.V. Postroenie zritel'nogo obraza pri psevdoskopicheskom vospriyatii [Visual image construction during pseudoscopic perception]. *Voprosy psikhologii* [Issues in psychology], 1972, no. 6, pp. 103–116.
44. Utochkin I.S. Teoreticheskie i empiricheskie osnovaniya urovnevnogo podkhoda k vnimaniyu [Theoretical and empirical foundations of the level approach to attention]. *Psikhologiya. Zhurnal Vyshei shkoly ekonomiki* [Psychology. The

Journal of the Higher School of Economics], 2008, vol. 5, no. 3, pp. 31–66.

45. Falikman M.V. Effekty prevoskhodstva slova v zritel'nom vospriyatii i vnimanii [Word superiority effects in visual perception and attention]. *Psikhologicheskii zhurnal [Psychological journal]*, 2010, no. 1, pp. 32–40.

46. Falikman M.V., Pechenkova E.V. Strategicheskaya regulyatsiya resheniya pertseptivnoi zadachi kak klass niskhodyashchikh vliyaniy na protsess postroeniya pertseptivnogo obraza [Strategic regulation of perceptual task accomplishment as a type of top-down influences on perceptual image construction]. *Pervaya Rossiiskaya konferentsiya po kognitivnoi nauke. Tezisy dokladov [1st Russian cognitive science conference. Abstracts]*. Kazan': KGU, 2004, pp. 237–239.

47. Falikman M.V., Pechenkova E.V., Stepanov V.Yu. Vnimanie i pertseptivnye edinitsey [Attention and perceptual units]. In Chernigovskaya T.V. (eds.), *Cognitivnye issledovaniya [Cognitive research]*. Vyp. 5. Moscow: Publ. "Institut psikhologii RAN", 2012, pp. 102–116.

48. Feigenberg I.M. Nikolai Bernshtein: ot refleksa k modeli budushchego [Nikolai Bernstein: From a reflex to a model of future]. Moscow: Smysl, 2004.

49. Feigenberg I.M. Veroyatnostnoe prognozirovaniye v deyatelnosti cheloveka i povedenii zhivotnykh [Probabilistic forecasting in human activity and animal behaviour]. Moscow: N'yudiamed, 2008.

50. Feigenberg I.M., Ivannikov V.A. Veroyatnostnoe prognozirovaniye i prednastroika k dvizheniyam [Probabilistic forecasting and movement presetting]. Moscow: Publ. Mosk. un-ta, 1978.

51. Adamian N., Kuvaldina M. Be prepared: The effect of expectations on inattentive blindness. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 2014, vol. 1, no. 3, pp. 4–12.

52. Bernstein N. Co-ordination and regulation of movements. N.Y.: Pergamon Press, 1967.

53. Brodski A., Paasch G.F., Helbling S., Wibral M. The faces of predictive coding. *Journal of Neuroscience*, 2015, vol. 35, no. 24, pp. 8997–9006.

54. Bruner J.S., Minturn A.L. Perceptual identification and perceptual organization. *The Journal of General Psychology*, 1955, vol. 53, pp. 21–28.

55. Cavanagh P., Anstis S. The flash grab effect. *Vision Research*, 2013, vol. 91, pp. 8–20.

56. Clark A. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 2013, vol. 36, no. 3, pp. 181–204.

57. Craik F.I.M. Levels of processing: past, present ... and future? *Memory*, 2002, vol. 10, no. 5/6, pp. 305–318.

58. Craik F.I.M., Lockhart R. Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 1972, vol. 11, no. 6, pp. 671–684.

59. De Baene W., Brass M. Switch probability context (in) sensitivity within the cognitive control network. *NeuroImage*, 2013, vol. 77, pp. 207–214.

60. De Baene W., Brass M. Dissociating strategy-dependent and independent components in task preparation. *Neuropsychologia*, 2014, vol. 62, pp. 331–340.

61. Di Lollo V., Enns J., Rensink R. Competition for consciousness among visual events: the psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2000, vol. 129, no. 4, pp. 481–507.

62. Di Lollo V., Kawahara J., Zuvic S.M., Visser T.A. The preattentive emperor has no clothes: a dynamic redressing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2001, vol. 130, no. 3, pp. 479–492.

63. Di Lollo V., Smilek D., Kawahara J., Ghorashi S.M. System reconfiguration, not resource depletion, determines

the efficiency of visual search. *Perception and Psychophysics*, 2005, vol. 67, no. 6, pp. 1080–1087.

64. Dux P.E., Visser T.A.W., Goodhew S.C., Lipp O.V. Delayed re-entrant processing impairs visual awareness: An object substitution masking study. *Psychological Science*, 2010, vol. 21, pp. 1242–1247.

65. Eich T.S., Parker D., Liu D., Oh H., Razlighi Q., Gazes Y., Habeck C., Stern Y. Functional brain and age-related changes associated with congruency in task switching. *Neuropsychologia*, 2016, vol. 91, pp. 211–221.

66. Enns J.T., Di Lollo V. What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Science*, 2000, vol. 4, no. 9, pp. 345–352.

67. Enns J.T., Visser T.A.W., Kawahara J., Di Lollo V. Visual masking and task switching in the attentional blink. In: Shapiro K.L. (Ed.) *The limits of attention: Temporal constraints on human information processing*. Oxford University Press, 2001, pp. 65–81.

68. Falikman M.V. Word superiority effects across the varieties of attention. *Journal of Russian and East European Psychology*, 2011, vol. 49, no. 5, pp. 45–61.

69. Goschke T. Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell, J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000, pp. 331–355.

70. Grange J., Houghton G. (Eds.) *Task switching and cognitive control*. Oxford University Press, 2014.

71. Greene M.R., Botros A.P., Beck D.M., Fei-Fei L. What you see is what you expect: Rapid scene understanding benefits from prior experience. *Attention, Perception and Psychophysics*, 2015, vol. 77, no. 4, pp. 1239–1251.

72. Gregory R. Knowledge in perception and illusion. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1997, vol. 352, no. 1358, pp. 1121–1127.

73. Gurfinkel V.S., Cordo P.J. The scientific legacy of Nikolai Bernstein. In M.L. Latash (Ed.) *Progress in motor control: Volume 1, Bernstein's traditions in movement studies*. Champaign: Human Kinetics, 1998, pp. 1–20.

74. Hochstein, S., Ahissar, M. View from the top: Hierarchies and reverse hierarchies in the visual system. *Neuron*, 2002, vol. 36, pp. 791–804.

75. Hübner M., Kluwe R.H., Luna-Rodriguez A., Peters A. Task preparation and stimulus-evoked competition. *Acta Psychologica*, 2004, vol. 115, pp. 211–234.

76. James W. *Principles of Psychology*. Vol. 1. New York: Henry Holt, 1890.

77. Jonides J., Gleitman N. A conceptual category effect in visual search: O as letter or as digit. *Perception & Psychophysics*, 1972, vol. 12, pp. 457–460.

78. Kawahara J., Di Lollo V., Enns J.T. Attentional requirements in visual detection and identification: Evidence from the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2001, vol. 27, no. 4, pp. 969–984.

79. Kelso J.A.S. From Bernstein's physiology of activity to coordination dynamics. In Latash M.L. (ed.), *Progress in motor control: Volume 1, Bernstein's traditions in movement studies*. Champaign: Human Kinetics, 1998, pp. 203–220.

80. Kesner L. The predictive mind and the experience of visual art work. *Frontiers in Psychology*, 2014, vol. 5, art. 1417. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.01417/full> (Accessed: 09.11.2016).

81. Kogo N., Trengove C. Is predictive coding theory articulated enough to be testable? *Frontiers in Computational Neuroscience*, 2015, vol. 9, art. 111. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fncom.2015.00111/full> (Accessed: 09.11.2016).

82. Latash M.L. (Ed.) *Progress in motor control. Volume 1: Bernstein's traditions in movement studies*. Urbana, IL: Human Kinetics, 1998.

83. Lim J.I. Visual search strategy and interception accuracy. PhD Dissertation. University of Illinois at Urbana—Champaign, 2013.
84. Lisi M., Cavanagh P. Dissociation between the perceptual and saccadic localization of moving objects. *Current Biology*, 2015, vol. 25, no. 19, pp. 2535—2540.
85. Longman C.S., Lavric A., Monsell S. The coupling between spatial attention and other components of task—set: A task—switching investigation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2016, vol. 1, pp. 1—28.
86. MacKay D.M. Cerebral organization and the conscious control of actions. In Eccles J.C. (ed.), *Brain and conscious experience*. N.Y.: Springer, 1966, pp. 422—445.
87. Norman D.A., Rumelhart D.E. (Eds.) Exploration in cognition. San Francisco, CA: Freeman, 1975.
88. Pechenkova E. Effect of schemata on temporal order perception of multiple visual items. *The 3rd International conference on cognitive science*. Abstracts. Moscow, 2008, vol. 1, pp. 127—128.
89. Potter M.C., Wyble B., Hagmann C.E., McCourt E.S. Detecting meaning in RSVP at 13 ms per picture. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 2014, vol. 76, pp. 270—279.
90. Rauss K., Pourtois G. What is bottom—up and what is top—down in predictive coding? *Frontiers in Psychology*, 2013, vol. 4: art. 276. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00276/full> (Accessed: 09.11.2016).
91. Rauss K., Schwartz S., Pourtois G. Top—down effects on early visual processing in humans: a predictive coding framework. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2011, vol. 35, no. 5, pp. 1237—1253.
92. Rizzolatti G., Riggio L., Dascola I., Umilta C. Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 1987, vol. 25, no. 1A, pp. 31—40.
93. Sinitsyna M., Pechenkova E. Top—down modulations in perception of simultaneity. *Journal of Vision*, 2009, vol. 9, no. 8, art. 1083. URL: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2135358> (Accessed: 09.11.2016).
94. Smeets J., Brenner E. Perception and action are based on the same visual information: Distinction between position and velocity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 1995, vol. 21, no. 1, pp. 19—31.
95. Sperling G. The information available in brief visual presentation. *Psychological Monographs*, 1960, vol. 74, no. 11, pp. 1—29.
96. Sperling G., Doshier B.A. Strategy and optimization in human information processing. In Boff K. (eds.), *Handbook of perception and human performance: Vol. 1. Sensory processes and perception*. N.Y.: Wiley, 1986, pp. 2—1 — 2—65.
97. Spratling M.W. Predictive coding as a model of cognition. *Cognitive Processing*, 2016, vol. 17, no. 3, pp. 279—305.
98. Srinivasan M.V., Laughlin S.B., Dubs A. Predictive coding: a fresh view of inhibition in the retina. *Proceedings of the Royal Society of London. B. Biological Sciences*, 1982, vol. 216, no. 1205, pp. 427—459.
99. Tse P.U., Cavanagh P. Chinese and Westerners see opposite apparent motions in a kanji stimulus. *Cognition*, 2000, vol. 74, pp. B27—B32.
100. Tse P.U., Whitney D., Anstis S., Cavanagh P. Voluntary attention modulates motion—induced mislocalization. *Journal of Vision*, 2011, vol. 11, no. 3, art. 12. URL: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2191571> (Accessed: 09.11.2016).
101. Turvey M.T., Kugler P.N. An ecological approach to perception and action. In Whiting H.T.A. (ed.), *Human motor actions: Bernstein reassessed*. Amsterdam: North Holland, 1984, pp. 207—236.
102. Utochkin I.S. Redundancy effects of a moving distractor generated by alerting and orienting. *Attention, Perception & Psychophysics*, 2009, vol. 71, no. 8, pp. 1825—1830.
103. Velichkovsky B.M. Heterarchy of cognition: the depths and the highs of a framework for memory research. *Memory*, 2002, vol. 10, no. 5—6, pp. 405—419.
104. Whiting H.T.A. (Ed.) *Human motor actions: Bernstein reassessed*. Elsevier Science Ltd., 1984.
105. Whitney D.V., Cavanagh P. Motion distorts visual space: Shifting the perceived position of remote stationary objects. *Nature Neuroscience*, 2000, vol. 3, pp. 954—959.
106. Williams A.M., Janelle C.M., Davids K. Constraints on the search for visual information in sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2004, vol. 2, no. 3, pp. 301—318.