

Интеграция  
академической  
и университетской  
психологии

# ПРОЦЕДУРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ответственный редактор  
В. А. Барабанщиков



ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

---

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт психологии

**ПРОЦЕДУРЫ И МЕТОДЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-  
ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ответственный редактор  
*В. А. Барабанщиков*



Издательство  
«Институт психологии РАН»  
Москва – 2016

---

УДК 159.9

ББК 88

П 84

*Все права защищены. Любое использование материалов данной книги полностью или частично без разрешения правообладателя запрещается*

Редакционная коллегия:

*Ю. И. Александров, В. М. Аллахвердов, К. И. Ананьева, В. А. Барabanщиков (отв. редактор), Н. А. Выскочил, А. Н. Гусев, А. А. Демидов (отв. секретарь), А. Л. Журавлев, Ю. М. Забродин, Ю. П. Зинченко, А. В. Карпов, Л. С. Куравский, С. Б. Малых, В. Н. Носуленко, В. И. Панов, А. О. Прохоров, В. В. Рубцов, В. В. Селиванов, А. А. Созинов, И. С. Уточкин, А. Н. Харитонов, Ю. Е. Шелепин*

**П 84 Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований** / Отв. ред. В. А. Барabanщиков. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. – 950 с. (Интеграция академической и университетской психологии)

ISBN 978-5-9270-0339-6

УДК 159.9

ББК 88

Книга посвящена обсуждению широкого круга вопросов, касающихся перспектив разработки и реализации новых процедур и методов экспериментально-психологических исследований. Она содержит около 150 статей, с различных сторон раскрывающих данную тему. Обсуждаются вопросы, касающиеся роли и места эксперимента в развитии психологической науки, перспектив и границ применения экспериментальных и эмпирических методов в психологических исследованиях, возможности создания новых экспериментальных средств и процедур, междисциплинарных методов изучения психических явлений, формализации психологического познания, проблемы объяснения и интерпретации данных экспериментальных исследований и мн. др. Данный труд является содержательным продолжением серии научных работ, посвященных проблемам эксперимента в психологии, выпущенных за последние годы: «Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы», 2010; «Современная экспериментальная психология», 2011; «Экспериментальный метод в структуре психологического знания», 2012; «Естественно-научный подход в современной психологии», 2014.

© ФГБУН Институт психологии Российской академии наук, 2016

ISBN 978-5-9270-0339-6

---

## ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПЫТА ПРИ ПОТЕРЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ<sup>1</sup>

Ю. Р. Чистова, Н. П. Ивлиева, А. Г. Горкин, Ю. И. Александров

Институт психологии РАН, Москва

*yulia\_chistova@inbox.ru*

Поведение можно определить как реализацию динамических соотношений организма со средой для удовлетворения потребностей индивида в тех или иных факторах среды (Швырков, 1995). С позиций системно-эволюционного подхода, поведение описывалось при помощи терминов цели (модель будущего результата), движения к ней (совершаемого действия), и результата (который становится условием возможности совершения следующего действия) (Швырков, 1995). Выученное циклическое поведение представляет собой успешную повторяющуюся реализацию определенного набора актов, например, таких как нажатие животным педали для получения пищи в экспериментальной клетке.

Существуют ситуации, в которых циклическое поведение нарушается. В относительно нестабильной среде индивид часто сталкивается с ее изменениями, которые делают выученные модели поведения неэффективными. Эти изменения среды могут либо оставлять возможность прежде эффективного взаимодействия с предметами среды, либо лишать индивида такой возможности. В первом случае возможно возвращение эффективности поведения в отличие от второго.

С позиций системно-эволюционного подхода, приобретаемый индивидом новый опыт фиксируется в группах нейронов, специализированных относительно вновь формируемых функциональных систем, системная специализация нейронов – постоянна, и новая система является «добавкой» к ранее сформированным (Александров, 2005). Экспериментально показано, что отдельные нейроны коры головного мозга специализируются в процессе обучения относительно его этапов и соответствующим им актам сформированного в обучении поведения (Горкин, 1988).

В данном исследовании рассматривается вопрос, как вынужденные поведенческие изменения в ситуациях потери результативности отражены в нейрональной активности. Одним из предположений являлось то, что новая ситуация (потери результативности) является новым опытом, который должен быть зафиксирован в структуре индивидуального опыта. Если это предположение верно, то относительно системы новоприобретенных поведенческих актов должны специализироваться новые нейроны.

Основываясь на результатах предварительных исследований (Горкин и др., 2015; Горкин, 2016; Ивлиева и др., 2014), можно предполагать, что при потере результативности поведения не формируется новый элемент опыта, а происходят перестройки в отношениях ранее сформированных элементов. Это может проявляться в изменении активности отдельных нейронов.

---

1 Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием ФАНО РФ № 0159-2016-0012 в рамках исследовательской программы Ведущей научной школы РФ «Системная психофизиология» (НШ-9808.2016.6).

---

При формировании нового элемента индивидуального опыта, после определенного количества проб, индивид совершает первые успешные реализации поведения, формируется новая система, которая вписывается в общую структуру связанных между собой уже имеющихся систем. При этом старые системы не остаются неизменными, поскольку вписывание новой в общую структуру опыта требует их подстройки (Александров, 2009). На уровне нейронной активности динамика структуры индивидуального опыта проявляется в смене наборов активирующихся нейронов с разной частотой активации. Таким образом, для того, чтобы описать изменения в структуре индивидуального опыта в ситуации, когда результат перестает достигаться, необходимо определить, каким образом изменения межсистемных отношений будут отражены в активности нейронов.

Для системно-эволюционного подхода, критерием специализации нейрона относительно той или иной системы поведенческого акта является стопроцентная вероятность его активации в данном акте. Предполагается, что поведенческий акт обеспечивает группа таких специализированных нейронов, активирующихся вместе с нейронами ранее сформированных систем (Александров и др., 2014). Клетки, активирующиеся менее чем в ста процентах случаев реализации данного поведения, называются неспецифически активными. Можно предположить, что среди неспецифически активных нейронов могут быть нейроны старых систем, активации которых непостоянно сопровождают реализацию конкретного поведенческого акта. Возможно, активность этих клеток также важна для совершения данного поведения. В таком случае, возможно, что по неспецифической активности нейронов в ситуации, когда индивид сталкивается с тем, что его поведение, прежде приводящее к достижению полезного результата, становится неэффективным, также можно судить об изменениях в структуре опыта в данной ситуации.

Для проверки данного предположения было необходимо установить критерий отнесения нейрона к неспецифически активным, связанным с данным поведением. Предположительно, можно рассматривать нейроны, активирующиеся более чем в 40–50% реализаций, как не специализированные, но участвующие в обеспечении данного поведения.

В данной работе изложены результаты первой части исследования, в которой рассмотрена ситуация переучивания, когда выученное («старое») поведение становится неэффективным, и индивид должен научиться другому, для достижения аналогичного результата в рамках той же пищедобывательной мотивации, но с помощью актов, совершаемых на другой стороне экспериментальной клетки (другая среда) (см.: Ивлиева, 2014). После этого формировали поочередное циклическое поведение на двух сторонах экспериментальной клетки. Нейронную активность зарегистрировали во всех сессиях формирования поведения, начиная с сессии обучения нажатия педали на первой стороне клетки. Были рассмотрены неэффективные реализации «старого» поведения, и проанализирована зарегистрированная нейронная активность. В качестве второй части исследования запланирован эксперимент, в котором моделируется ситуация постоянной невозможности реализации инструментального пищедобывательного акта в экспериментальной клетке путем удаления прежде эффективной педали.

---

Исследование было проведено на крысах 6–10 мес. породы Long-Evans, весом 200–350 г. Все эксперименты проводились в специальной двухсекционной экранированной клетке, в разных углах одной из секций которой были расположены две кормушки и две педали. Кормушки находились у дальней от экспериментатора стенки, а педали у ближней. Нами было проведено предварительное обучение инструментальному пищедобывательному поведению крыс, для того, чтобы контролируемо сформировать в структуре индивидуального опыта определенные элементы, связанные именно с этими этапами. В рамках этого обучения крысы поэтапно обучались пищедобывательному поведению только на одной стороне (педаль-кормушка) клетки. Обучение было разбито на 6 этапов: подход к кормушке; опускание головы в кормушку; отход от кормушки и движение в сторону педали; прохождение середины стенки; пребывание в углу педали; нажатие на педаль. В соответствии с этими этапами, были выделены акты, объединенные в цикл инструментального пищедобывательного поведения, относительно которых могут быть обнаружены специализированные нейроны. Дополнительно был выделен акт пищедобывательного поведения – «проверочное залезание в кормушку». Животное считалось обученным после совершения им более 10 подряд самостоятельных реализаций полного цикла инструментального пищедобывательного поведения.

После завершения обучения, животному под наркозом проводили операцию по вживлению электродов в мозг (P 5,5; L 1,0 по атласу – Paxinos, Watson, 1997) для регистрации нейронной активности (Горкин, 2011). Далее проводилась регистрация активности нейронов цингулярной коры в поведенческих циклах добывания животным пищи на той стороне клетки, на которой проходило обучение, для того чтобы выявить нейроны специализированные относительно этого поведения. Затем экспериментатор выключал рабочую педаль, и нажатия на нее становились неэффективными, тем самым животное ставилось в ситуацию потери результативности поведения. Включалась вторая педаль (на другой стороне клетки) и животное должно было обучиться нажатию на нее. После того, как крыса обучалась, экспериментатор переключал педаль, и эффективной вновь становилась первая, и так далее, по 20 нажатий на каждую педаль. Часть животных обучалась двустороннему пищедобывательному поведению за первый день обучения, части животных требовался второй день, чтобы обучиться нажатию на вторую педаль и получать пищевую таблетку независимо от экспериментатора. На протяжении всего эксперимента, велась видеозапись поведения животного на цифровую видеокамеру. Также велась запись поведенческих отметок нажатия педали, прохождения середины стенки и опускания морды крысы в кормушку. По каждому экспериментальному животному был проведен анализ поведения. По завершению эксперимента, данные последовательно обрабатывались с помощью двух программ: для выделения спайков отдельных нейронов – Act (M. L. Shapiro) и для сопоставления нейронной активности с поведением – NeuRu (А. К. Крылов).

Специализация нейрона уточнялась при сопоставлении нейрональной активности с записью поведенческих отметок и видеозаписью поведения. «Специализированными» относительно определенных систем тех или иных актов репертуара рассматривали клетки с вероятностью активации в этих актах рав-

ной 1 для одиночных актов или для специализации относительно системы, связанной с группой последовательных актов – с вероятностью более 80% в каждом из актов (Горкин, Шевченко, 1991, Александров и др., 2014). Возможно, что высокая частота активности нейрона распределена по нескольким последовательным актам, в силу того, что могут существовать акты, границы которых субъективно отличаются от выделяемых нами границ актов. Также это может говорить о том, что нейрон специализирован относительно «прасистемы» связанной с получением пищи.

Если связать активации нейрона с определенными актами поведения не удалось, или не наблюдалось активации нейрона в изучаемом пищевом поведении, то такие клетки считались неспецифически активными (т.е. рассматривались как специализированные относительно других форм поведения, сформированных вне контролируемых нами этапов обучения инструментальному поведению) (Александров и др., 2014). Среди таких клеток нами выделялись те, вероятность активации которых достигала более 40–50% при реализациях одного или нескольких последовательных актов. Мы предполагаем,

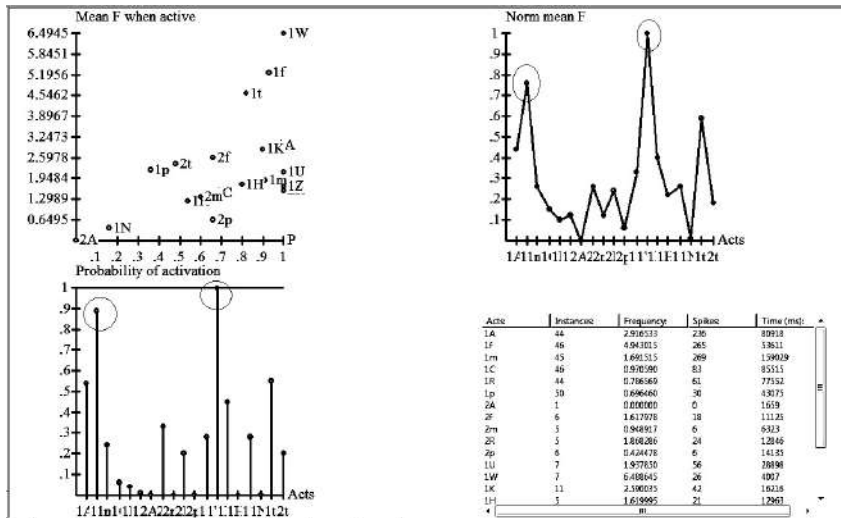
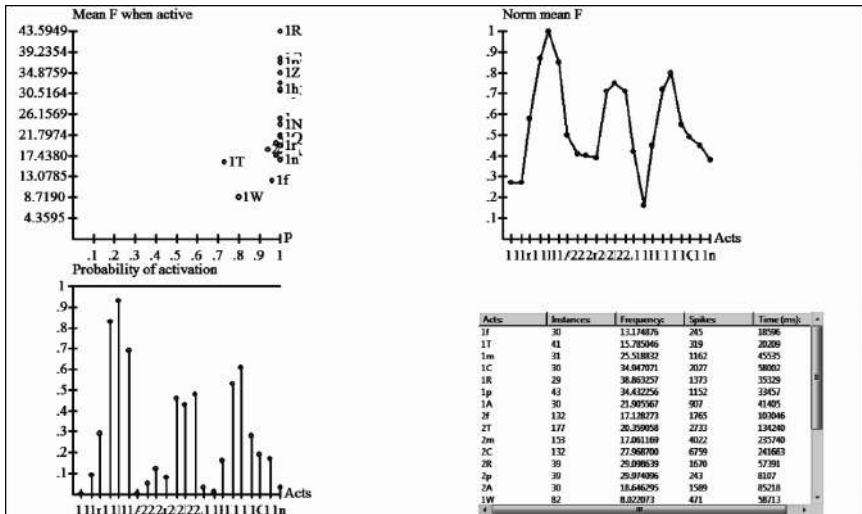


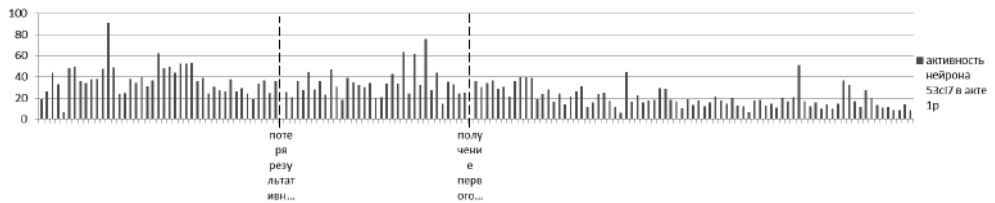
Рис. 1. Активность нейрона 26c16.

В левом нижнем углу изображен график распределения вероятности активации нейрона в соответствующих актах. По оси абсцисс обозначены акты в следующем порядке (1 – акты, реализованные на первой в порядке обучения стороне; 2 – акты, реализованные на второй стороне): 1A – подход в угол кормушки; 1F – опускание морды в кормушку; 1m – поворот от кормушки; 1C – проход середины стенки; 1R – нахождение в углу педали; 1p – нажатие на педаль; далее следуют аналогичные акты поведения на второй стороне; в конце оси расположены акты 1T – проверка кормушки на первой стороне и 2T – на второй. В правом верхнем углу изображен график, где по оси ординат средняя частота активности, а по оси абсцисс – акты поведения в том же порядке. По графикам видно, что вероятность активации при эффективных реализациях акта 1f – 90%; а при неэффективных реализациях того же акта вероятность активации достигает 100%; при эффективных реализациях акта 1f частота активности – 75%, и при неэффективных – достигает 100%. Проверка статистическим критерием U показала снижение частоты импульсной активности ( $p < 0,05$ ), но количество неэффективных реализаций слишком мало для достоверного вывода



**Рис. 2.** Активность нейрона 53cl7.

По графику вероятности активации (см. рисунок 1) видно, что вероятность активации при эффективных реализациях актов 1C и 1R достигает критерия специализации  $P > 80\%$ ; также наблюдается высокая вероятность активации для акта 1p – 70%. При неэффективных реализациях тех же актов вероятность снижалась ( $P = 55\%$ ; 60%; 30% соответственно). По графику частоты активности видно, что при эффективных реализациях частота активности в отдельных актах равна: 1C – 85%; 1R – 100%; 1p – 85%; а при неэффективных реализациях тех же актов – она снижалась ( $P = 75\%$ ; 80%; 55% соответственно). Проверка статистическим критерием U показала достоверное снижение частоты импульсной активности ( $p < 0,05$  для каждого из актов цикла)



**Рис. 3.** Частота активности нейрона 53cl7 в последовательных реализациях акта «нажатие на педаль» на первой стороне.

Пунктиром обозначены: (1) момент отключения эффективности педали, т. е. потеря результативности поведения; (2) получение первого результата на другой (второй) стороне клетки

что такие нейроны могут обладать специализацией относительно другого поведения (не входящего в цикл инструментального пищедобывательного поведения), но косвенно участвуют в обеспечении реализации данного поведения. Существует предположение, что «фоновая» активность нервных клеток также участвует в обеспечении поведения индивида (например: Lee et al., 1998).

В ходе экспериментов была зарегистрирована импульсная активность 62 нейронов; из них – 11 нейронов, специализированных относительно изучае-



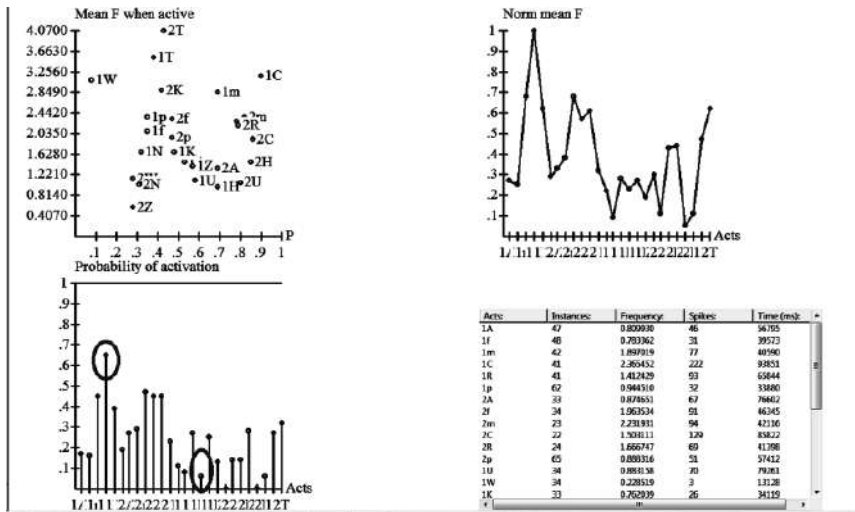


Рис. 4. Активность нейрона 63c14.

По графику вероятности активации видно, что вероятность активации при эффективных реализациях акта 1C – 65%, при неэффективных реализациях того же акта меньше 10%. По графику частоты активности видно, что при эффективных реализациях частота активности акта 1C – 100%, а при неэффективных – 25%



Рис. 5. Частота активности нейрона 63c14 в последовательных реализациях акта «прохождение середины стенки» на первой стороне, в котором наблюдалась максимальная неспецифическая активность данного нейрона.

Вертикальными метками обозначены: (1) момент выключения педали, т. е. потеря результативности поведения; (2) включение педали, т. е. возвращение эффективности поведения. Проверка статистическим критерием U показала достоверное снижение частоты импульсной активности ( $p < 0,05$ )

мого нами пищедобывательного поведения ( $P_{\text{активации}} > 80\%$ ), и 51 нейрон, были неспецифически активны в инструментальном пищедобывательном поведении (Рактивации  $> 40\%$ ). Приведем репрезентативные примеры импульсной активности некоторых из них.

У нейрона 26c16 была выявлена закономерная активация в акте «опускание головы в кормушку».

На рисунке 1 показано, что при эффективных реализациях акта «опускание морды в кормушку» вероятность активации нейрона равна 90%, а при неэффективных реализациях того же акта пищедобывательного поведения она достигает 100%. Частота импульсной активности при эффективных реализациях акта «опускание морды в кормушку» равна 75%, а при неэффективных реализациях

---

того же акта пищедобывательного поведения частота нейрональной активности достигает 100%, т. е. максимальная активность наблюдается при неэффективных реализациях.

У нейрона 53cl7 была выявлена специализация относительно актов «проход середины стенки» и «подход в угол педали». Эта активация часто продолжалась и в акте «нажатие педали». На рисунке 2 видно, что в неэффективных актах вероятность активации снижается. Также, снижается частота активности при реализации других неэффективных актов инструментального пищедобывательного поведения.

Нейрон 53cl7 специализирован относительно системы, актуализация которой вариативно связана с набором актов («проход середины стенки», «подход в угол педали») цикла пищедобывательного поведения. Данный нейрон снижал импульсную активность при реализации всего цикла инструментального пищедобывательного поведения. Причем, после достижения первых положительных результатов на другой стороне клетки, активность вновь начинала возрастать. Это может отражать завершение ситуации рассогласования и нахождение другого способа достижения результата, сходного с прежним. В целом, это может говорить о том, что данный нейрон относится к «прасистеме», связанной с достижением результата всего пищедобывательного поведения.

Для нейрона 63cl4 не удалось установить специализацию при реализации эффективного поведения на первой стороне экспериментальной клетки, но активность данного нейрона достигала критерия неспецифической активности, причем наибольший пик активности достигался в акте «прохождение середины стенки» на первой стороне при реализации эффективного поведения.

На рисунке 5 показана частота импульсной активности нейрона 63cl4 по последовательным реализациям акта «прохождение середины стенки» на первой стороне. На этом графике видно, что частота активности снижается при потере результативности и далее постепенно возрастает при возвращении эффективности педали на первой стороне. Можно сказать, что данный нейрон неспецифически активируется при реализации эффективного инструментального пищедобывательного поведения, и снижает частоту активности при неэффективных реализациях этого поведения.

Результаты данного исследования позволяют предполагать, что в ситуации потери результативности происходят изменения в структуре индивидуального опыта. Эти изменения наблюдаются как в поведении индивида, так и в изменении активности нейронов. Нейроны, специализированные относительно системы, актуализация которой вариативно связана с набором последовательных актов пищедобывательного цикла, изменяют свою активность на протяжении всего цикла в случае неэффективных реализаций. Это может говорить о том, что такие нейроны относятся к «прасистеме», направленной на достижение конечного результата цикла инструментального пищедобывательного поведения – захват пищи. В то же время, нейроны специализированные относительно системы поведенческого акта, которая жестко связана с внешней реализацией, не изменяют свою активность при реализации этого акта при потере результативности поведения. Вероятно, такие нейроны можно отнести к системе, сформированной в процессе обучения поведению на первой стороне. Это свиде-

тельствует о разной динамике вовлечения элементов индивидуального опыта в перестройку поведения при потере его результативности.

Некоторые нейроны, неспецифически активные в эффективных циклах пищедобывательного поведения, изменяли свою активность, причем некоторые из них снижали частоту спайковой активности, а другие, наоборот, повышали. Таким образом, можно сказать, что нейроны неспецифически активные при реализации индивидом поведения, в ситуации потери результативности участвуют и в процессе перестроек в структуре индивидуального опыта.

## Литература

- Александров Ю. И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журн. высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2005. Т. 55. № 6. С. 842–860.
- Александров Ю. И. Системная организация и реорганизация поведения // Пятнадцатые Сеченовские чтения. Тезисы докладов. М., 2009.
- Александров Ю. И., Горкин А. Г., Созинов А. А., Сварник О. Е., Кузина Е. А., Гаврилов В. В. Нейронное обеспечение научения и памяти // Когнитивные исследования: Сборник научных трудов. Вып. 6. М.: Изд-во ГБОУ ВПО МГППУ, 2014. С. 130–169.
- Горкин А. Г. Специализация нейронов в обучении // Автореф. дис. ... канд. биол. наук, 1988.
- Горкин А. Г. Параметры оптимальной фильтрации сигнала при тетродной регистрации нейрональной активности // Журн. выс. нерв. деят. 2011. Т. 61. № 5. С. 1–11.
- Горкин А. Г., Чистова Ю. Р., Ивлиева Н. П. Модификация структуры индивидуального опыта при запрете на реализацию сформированного навыка // Современная психология: теория и практика, материалы XVI международной научно-практической конференции. Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований», 2015. С. 75–80.
- Горкин А. Г., Ивлиева Н. П. Перестройки активности специализированных нейронов при потере результативности поведения // XII международный междисциплинарный конгресс «Нейронаука для медицины и психологии». Судак, Крым, 5–11 июня 2016.
- Горкин А. Г., Шевченко Д. Г. Отражение структуры памяти в активности системоспецифичных нейронов // Психол. журн. 1991. Т. 12. № 2. С. 60–69.
- Ивлиева Н. П., Чистова Ю. Р., Горкин А. Г. Изменения мозгового обеспечения поведения при потере его результативности // Естественно-научный подход в современной психологии. Сборник статей / Отв. ред. В. А. Барабанщиков. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2014. С. 279–284.
- Швырков В. Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. М.: Институт психологии РАН, 1995.
- Lee D., Port N. L., Kruse W., Georgopoulos A. P. Variability and correlated noise in the discharge of neurons in motor and parietal areas of the primate cortex // The Journal of Neuroscience. 1998. Feb. 1. V. 18 (3). P. 161–1170.
- Paxinos G., Watson Ch. The rat brain in stereotaxic coordinates. USA: Academic Press, 1997.