

На правах рукописи

Созинов Алексей Александрович

Эффект интерференции и реорганизация памяти при научении

Специальность 19.00.02 – «психофизиология»
(психологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Москва – 2008

Работа выполнена в Лаборатории нейрофизиологических основ психики
им. В.Б. Швыркова Института психологии РАН

Научный руководитель: Доктор психологических наук, профессор
Александров Юрий Иосифович

Официальные оппоненты: Доктор психологических наук, профессор
Данилова Нина Николаевна

Доктор психологических наук, профессор
Сергиенко Елена Алексеевна

Ведущая организация: Московский городской психолого-
педагогический университет

Защита состоится 29 мая 2008 года в 13 часов на заседании
диссертационного совета Д 002.016.03 при Институте психологии РАН
по адресу: 129366, Москва, ул. Ярославская, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИП РАН.

Автореферат разослан апреля 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат психологических наук



Никитина Е.А

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Эффект интерференции часто используется как инструмент для изучения научения и памяти. С одной стороны, в исследованиях консолидации памяти, касающихся влияния обучения новой задаче на воспроизведение предшествующей, оценивается состояние памяти на момент обучения (Shadmehr, Brashers-Krug, 1997; Krakauer et al., 1999; 2005; см. обзоры Lechner et al., 1999; Robertson et al., 2004). С другой стороны, свойства компонентов структуры памяти можно выявить с помощью измеримых проявлений их взаимодействия, поэтому эффект интерференции при выполнении двух задач используется как свидетельство их связанности в памяти (Postman et al., 1968; M. Anderson, 2003; Tong, Flanagan, 2003), принадлежности одному домену памяти (Coccini et al., 2002). Таким образом, эффект интерференции в психологии и смежных с ней науках используется как для изучения процесса формирования памяти, так и для изучения ее структуры.

Научение может быть рассмотрено как формирование нового элемента индивидуального опыта, сопровождающееся реорганизацией ранее сформированного опыта (Швырков, 1995; Ю.И. Александров, 1998, 2005; Горкин, 1998; И.О. Александров, 2006). Понятие «консолидация памяти» описывает не только процесс формирования нового элемента индивидуального опыта (системную специализацию), но и процесс модификации ранее сформированного опыта (аккомодационную реконсолидацию) при научении (Alexandrov et al., 2001; Ю.И. Александров, 2004; 2005). С этой точки зрения, использование эффекта интерференции как при изучении консолидации памяти, так и при исследовании ее структуры свидетельствует о том, что этот эффект связан с реорганизацией *ранее сформированного* индивидуального опыта при научении. Однако в известной нам литературе этот аспект интерпретации феномена интерференции не рассматривается. Как правило, он интерпретируется в отношении к формированию *нового* опыта.

Кроме того, необходимо различать *эффект* интерференции в поведении и гипотетический *процесс* интерференции (Osgood, 1946; 1948; Postman, 1966; Postman, Underwood, 1973), поскольку мозговые процессы, лежащие в основе проявления интерференции в поведении, до сих пор изучены недостаточно (D'Esposito et al., 1999; Henson et al., 2002).

Следовательно, описание мозговых процессов, лежащих в основе проявления эффекта интерференции, при учете обоих механизмов консолидации (специализации и реконсолидации) является актуальной задачей.

В первой серии экспериментов мы стремились восполнить эти пробелы – изучить мозговые процессы, лежащие в основе проявления эффекта интерференции в поведении, и рассмотреть их с точки зрения представлений о модификации уже сформированного индивидуального опыта при формировании нового.

Вероятно, при научении модифицируется не весь предшествующий опыт, а только его часть – тот домен опыта, которому принадлежит новая система. Исследование психофизиологических процессов, лежащих в основе эффекта интерференции и свидетельствующих о модификации индивидуального опыта при научении (первая серия экспериментов), позволило сформулировать предположение, что эффект интерференции связан с тем, насколько дифференцирован домен индивидуального опыта, системы которого реорганизуются при научении. На основе представления о том, что валентность эмоций связана с актуализацией доменов опыта, характеризующихся разной степенью дифференцированности (Ю.И. Александров, 1995; 2006; Alexandrov & Sams, 2005; Alexandrov et al., 2007), во второй серии экспериментов мы оценивали эффект интерференции в позитивной и негативной эмоциональных ситуациях.

Таким образом, наше исследование вносит вклад в разработку актуальной психологической проблемы научения посредством описания психофизиологических процессов, лежащих в основе проявления эффекта интерференции, с учетом данных анализа закономерностей модификации уже имеющегося индивидуального опыта и формирования его новых элементов при научении.

Цель исследования – выявление особенностей формирования новых систем и модификации ранее сформированных систем при научении поведению, характеризующемуся эффектом интерференции.

Предмет исследования – системные закономерности организации поведения, лежащие в основе феномена интерференции.

Объект исследования – индивиды, поведение которых характеризуется эффектом интерференции: животные, у которых при выполнении инструментального поведения зарегистрирована активность нейронов задней цингулярной коры мозга, а также люди (школьники).

Теоретическая гипотеза:

эффект интерференции в поведении индивида связан с особенностями системной организации этого поведения, которая обусловлена формированием новых систем и модификацией ранее сформированных систем в ходе научения.

Задачи исследования:

- 1) выявить эффект интерференции при чередовании двух способов дефинитивного поведения животных;
- 2) сопоставить выраженность эффекта интерференции у индивидов, обучавшихся выполнению новой задачи на разных стадиях обучения предшествующей – с коротким (менее 3 часов) и длинным (более 3 суток) интервалом между окончанием обучения выполнению первой задачи и введением второй;
- 3) в ходе выполнения поведения, характеризующегося эффектом интерференции, зарегистрировать активность нейронов задней цингулярной коры мозга и сравнить нейроны различных поведенческих специализаций у животных, обучавшихся выполнению поведения двумя способами с разными интервалами, по числу нейронов, частоте спайков и распределению в толще коры головного мозга;
- 4) сравнить выраженность эффекта интерференции у человека при выполнении двух заданий в негативной и позитивной эмоциональных ситуациях.

Методологическая основа исследования

Теоретико-методологической основой исследования являются теория функциональных систем (Анохин П.К.), системно-эволюционный подход (Швырков В.Б.), единая концепция сознания и эмоций (Александров Ю.И.), системная психофизиология.

Научная новизна исследования

Показано, что эффект интерференции в поведении связан с особенностями модификации индивидуального опыта при научении. Выявлена связь эффекта интерференции и переноса навыка с валентностью эмоциональной ситуации. Для оценки эффекта интерференции использован показатель числа ошибок, совершаемых при смене способов поведения. Для изучения активности мозга, связанной с эффектом интерференции в поведении, применен метод регистрации активности отдельных нейронов в инструментальном поведении животных, а также метод определения системной специализации нейронов. Эффект интерференции рассматривается не только как индикатор формирования новых элементов индивидуального опыта, но и как показатель реорганизации ранее сформированного опыта.

Теоретическая значимость

Оценка связи системной организации поведения с эффектом интерференции вносит вклад в разработку системных психофизиологических представлений о процессе научения, подчеркивая значение дифференцирования двух взаимосвязанных процессов, ведущих к изменению структуры индивидуального опыта: формирование новых и модификация ранее сформированных его элементов. Полученные результаты о связи эффекта интерференции с валентностью эмоциональной ситуации вносят вклад в изучение доменов индивидуального опыта, структурированных на основе разных мотиваций.

Практическая значимость

В большинстве ситуаций обучения эффект интерференции рассматривается как нежелательный и учитывается при составлении расписаний занятий. Представления о системной организации поведения, формирующейся при научении выполнению нескольких задач с разными интервалами между усвоением первой и введением второй, могут быть использованы при разработке программ обучения и методических рекомендаций для учебных заведений. Для этого нами в сотрудничестве с Научно-методическим центром ЦОУО ДО г. Москвы создана окружная экспериментальная площадка, на базе которой проводится сопоставление эффекта интерференции и переноса навыка в ситуациях штрафа и поощрения. Результаты исследования включены в курс лекций «Психофизиология» и могут быть использованы при разработке программ обучения и стратегий мотивирования персонала.

Апробация результатов исследования

Результаты исследования на различных этапах докладывались и обсуждались на конференции «Творчество: взгляд с разных сторон» (Звенигород, 2004), междисциплинарном семинаре «Системная психофизиология» Института психологии РАН (Москва, 2005, 2007, 2008), Второй международной конференции по когнитивной науке (Санкт-Петербург, 2006), международном форуме Европейской федерации нейронаучных сообществ (Вена, Австрия, 2006), итоговых конференциях Института психологии РАН (Москва, 2007, 2008), конференции «Современные тенденции теории и практики воспитания детей, имеющих проблемы в развитии» (Киров, 2007), расширенном заседании Лаборатории нейрофизиологических основ психики им. В.Б. Швыркова Института психологии РАН (Москва, 2008).

Положения, выносимые на защиту:

- Эффект интерференции обусловлен не только изменениями процесса формирования новой системы при научении, но и модификацией ранее сформированных систем. Если к моменту обучения еще не закончены консолидационные процессы, связанные с научением предшествующей задаче, то процесс аккомодационной реконсолидации затруднен, и ранее сформированные системы в меньшей степени служат основой для формирования новых.
- Выполнение внешне идентичных действий в ситуации избегания потери поощрения и в ситуации получения поощрения, связано с актуализацией систем, принадлежащих двум разным доменам индивидуального опыта: «отрицательному» и «положительному». Эффект интерференции и динамика процесса научения в ситуации избегания и поощрения, т.е. при модификации разных доменов опыта, различаются.

Структура диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения, содержащего одну таблицу и 23 рисунка.

Основное содержание работы

Во ВВЕДЕНИИ обосновывается актуальность работы, определяются предмет, объект, цель, гипотезы и задачи исследования, указываются его методологическая основа, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, формулируются положения, выносимые на защиту.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ «**Использование эффекта интерференции для изучения формирования памяти и ее структуры**» на основе анализа отечественной и зарубежной литературы проведен анализ состояния направления, в рамках которого выполнена диссертационная работа, обоснована постановка задач исследования, сформулированы исследовательские гипотезы.

Среди феноменов научения (см. И.О. Александров, 2006) особый интерес представляют перенос навыка и интерференция. Действительно, по связи феноменов переноса навыка и интерференции с различными переменными – сходством заданий (McGeoch, McDonald, 1931; Фам Мин Хак, Акбарова, 1971), их трудностью (Смирнов, 1966), уровнем выполнения первого задания к моменту обучения второму (Тимофеева и др., 1995; Bäuml, 1996), интервалом между процедурами обучения (Brashers-Krug et al., 1996), режимом чередования (Smith et al., 2003) – судят о взаимодействии элементов индивидуального опыта, в которых зафиксировано соответствующее поведение (Смирнов, 1966; Vock et al., 2001; Tong, Flanagan, 2003; M. Anderson, 2003).

С одной стороны, при изучении формирования нового опыта в рамках представлений о консолидации памяти исследуется эффект ретроактивной интерференции (см. Смирнов, 1966; Lechner et al., 1999; Robertson et al., 2004). Ключевыми факторами изменения эффекта интерференции в этих исследованиях служит интервал между заданиями и их трудность. В настоящее время разработано представление о том, что консолидация памяти включает не только процесс формирования *нового* опыта, но и процесс реорганизации *ранее сформированного* (Александров, 2005). Кроме того, показано, что скорость консолидации памяти зависит от того, вписывается ли новое поведение в ранее сформированную «ментальную схему», то есть от особенностей предшествующего опыта (Tse et al., 2007).

С другой стороны, эффект интерференции рассматривается как показатель взаимодействия элементов памяти, их организации (например, Osgood, 1948; Anderson, 2003), а также как индикатор состава доменов памяти (Coccini et al., 2002). Факторами интерференции с этих позиций считаются условия, предположительно влияющие на формирование структуры памяти: сходство материала заданий, принадлежность запоминаемых слов к одной категории и т.д. При этом показано, что если задания очень сходны, то интервал между обучением первому и второму заданиям, при котором еще проявляется эффект интерференции, может достигать одного месяца (Bock et al., 2001; Rehder, 2001). Иначе говоря, организация материала, определяющая использование доменов памяти, может играть не менее значимую роль в проявлении эффекта интерференции, чем интервал между заданиями.

Таким образом, эффект интерференции используется как при изучении консолидации памяти, так и при исследовании ее структуры. С нашей точки зрения, в обоих случаях он должен быть связан с вовлечением и реорганизацией индивидуального опыта при научении, однако в известной нам литературе такой оценки не проводилось.

Настоящая работа направлена на то, чтобы выявить особенности формирования нового опыта и реорганизации ранее сформированного опыта при научении поведению, характеризующемуся эффектом интерференции. На основе системно-эволюционного подхода, эффективно используемого в психологии (Брушлинский, Сергиенко, 1998; Сергиенко, 2006), в рамках системной психофизиологии (Швырков, 1993; 1995; Ю.И. Александров и др., 1997) разработаны представления о формировании нового опыта и связанной с ним модификации ранее сформированного опыта. С этих позиций активность нейрона, специализированного относительно акта поведения, рассматривается как отражение активности целой группы нейронов разной локализации, составляющих функциональную систему поведенческого акта. Этот подход позволяет описать системную организацию поведения на основе анализа активности нейронов, зарегистрированной в ходе выполнения этого поведения, и классифицировать нейроны по принадлежности к системам, сформированным на разных этапах развития индивида. Предполагается, что формирование нового элемента опыта происходит за счет системной специализации нейронов. Включение новой системы в структуру индивидуального опыта требует согласования существующих систем с новой и их модификации –

аккомодационной реконсолидации (Alexandrov et al., 2001; Ю.И. Александров, 2005; Созинов и др., 2007). В литературе под реконсолидацией памяти понимают сходный с консолидацией процесс модификации памяти при ее реактивации (Debiec et al., 2002; Nader, 2003; Walker et al., 2003) В связи с этим консолидационные процессы связывают не только с новой, но с активной памятью (см. Ю.И. Александров, 2004).

Первая серия экспериментов. Мы предположили, что если система реконсолидировалась при научении, то характеристики активности нейронов, которые относительно нее специализированы, изменятся. Так, если обучить животных выполнению пищедобывательного поведения двумя способами, в которых используются общие акты, то нейрон, специализированный относительно акта поведения, выполняемого первым способом, станет вовлекаться и в обеспечение этого акта в поведении, выполняемом вторым способом. Если этого не произойдет, то нейрон будет специализирован относительно акта поведения, выполняемого только одним способом. По числу нейронов, специализированных относительно актов поведения, выполняемого двумя способами, можно оценить степень модификации индивидуального опыта при научении, а по числу нейронов, специализированных относительно актов одного способа – необходимость формирования нового опыта.

В исследованиях по изучению консолидации памяти показано, что эффект интерференции зависит от интервала между периодами обучения испытуемых первому и второму заданию (Shadmehr, Brashers-Krug, 1997; Krakauer et al., 1999; 2005; Lechner et al., 1999; Vock et al., 2001; Robertson et al., 2004). Срок клеточной консолидации по оценкам ряда авторов составляет несколько часов (К.В. Анохин, 1997; Dudai, 2004). Поэтому, чтобы сравнить степень модификации индивидуального опыта у испытуемых с различной выраженностью эффекта интерференции, мы варьировали интервал времени между усвоением первой задачи и введением второй. Таким образом, *в первой серии экспериментов* мы оценивали связь эффекта интерференции с модификацией индивидуального опыта при научении посредством оценки системной организации дефинитивного поведения.

Вторая серия экспериментов. Если эффект интерференции отражает модификацию индивидуального опыта при научении, то его можно использовать для изучения свойств доменов опыта. Наше представление о доменах индивидуального опыта базируется на классификации поведения

индивидов на основе мотивации как получения поощрения («приближение») и избегания потери поощрения («удаление») (Schneirla, 1959). Показано, что поведение «приближения» и «удаления» обеспечиваются различными популяциями нейронов (Freeman et al., 1996; Nishijo et al., 1997; Koyama et al., 2001; Seymour et al., 2007; Leknes, Tracey, 2008). При изучении «эмоционального пространства» оценки цветового образа у человека выявлены факторы оценки воздействия «позитивный-негативный» и оценки собственного поведения «отвержение-предпочтение», причем испытуемые склонны давать «позитивную» оценку в сочетании с «предпочтением», а «негативную» – с «отвержением» (Данилова, Мальцева, 2000). В работе Александрова Ю.И. с соавторами (Alexandrov et al., 2007) было показано, что, оценивая ситуации избегания потери поощрительных баллов и ситуацию приобретения этих баллов, испытуемые дают достоверно различающиеся оценки эмоциональности этих ситуаций. Первая оценивается как отрицательная, а вторая – как положительная. Таким образом, избегание потери является эмоционально негативной ситуацией, а получение поощрения – позитивной, и в этих ситуациях используется разное по механизмам поведение (Hansell, 1989; Davidson et al., 1990; Cacioppo & Gardner, 1994). Валентность эмоций оказывается связанной с актуализацией «положительного» и «отрицательного» доменов опыта (Ю.И. Александров, 1995; 2006; Alexandrov & Sams, 2005; Alexandrov et al., 2007). Имея в виду все сказанное выше, мы можем с системных позиций рассмотреть «положительный» и «отрицательный» домены индивидуального опыта как наборы систем, объединенных общностью результата – соответственно, достижения желательного объекта-цели и избегания повреждающего, угрожающего воздействия.

Эффект интерференции используется для выделения доменов памяти (Coccini et al., 2002), однако не использовался для сопоставления свойств разных доменов. В то же время, эксперименты с использованием методики преднастройки для оценки характеристик взаимодействия систем внутри и между доменами индивидуального опыта продемонстрировали возможность изучения свойств доменов на основе показателей поведения. В этих экспериментах обнаружено, что характер межсистемных отношений в пределах одного домена и отношений между системами, принадлежащими к разным доменам, различен (Марченко, Безденежных, 2006).

«Положительный» и «отрицательный» домены опыта характеризуются разной степенью дифференцированности: поведение избегания более дробно, более дифференцировано, требует более дискретного анализа среды, обеспечивается большим числом систем, чем поведение достижения поощрения (Alexandrov & Alexandrov, 1993; Claeys & Timmers, 1993; Damasio, 1994; Александров, 1995; 2006; Khayutin et al., 1997; Cacioppo, Gardner, 1999; Alexandrov & Sams, 2005). На основании указанных различий между «положительным» и «отрицательным» доменами опыта мы предположили, что эффект интерференции при научении поведению получения поощрения и при научении поведению избегания потери поощрения отличается. Поэтому, чтобы сравнить эффект интерференции в ситуации получения поощрения и избегания его потери, *во второй серии экспериментов* мы варьировали не только интервал между заданиями, но и «эмоциональную ситуацию». Эти эксперименты проведены с участием школьников и были направлены на выявление связи эффекта интерференции с валентностью эмоциональной ситуации – ситуации получения поощрения и избегания штрафа.

Во ВТОРОЙ ГЛАВЕ «**Методика исследования системной организации поведения**» обоснованы и подробно описаны методики исследования: методики обучения животных и человека, методика регистрации нейронной активности, методики обработки полученных данных с указанием статистических процедур.

Первая серия экспериментов была проведена на половозрелых кроликах. В качестве экспериментальной модели для решения поставленных задач было выбрано циклическое инструментальное пищедобывательное поведение. Оно осуществлялось в экспериментальной камере, оснащенной двумя кормушками, расположенными в смежных углах, и двумя стойками, к которым поочередно прикреплялись кольца или педали. При потягивании за кольцо или нажатии на педаль на левой или на правой стороне камеры автоматически подавалась кормушка (соответственно, левая или правая) с одной порцией пищи.

Всех животных ($n=23$) поэтапно обучали потягиванию за кольцо и нажатию на педаль на обеих сторонах экспериментальной камеры. В группе с коротким интервалом ($n=7$) не позднее, чем через 3 часа после обучения потягиванию за кольцо вводили второй способ поведения – нажатие на педаль – на той же стороне камеры. В группе с длинным интервалом ($n=16$) второй способ

поведения вводили не раньше, чем через 3 суток после обучения первому. Три (из 16) животных были сначала обучены нажатию на педаль, а затем потягиванию за кольцо, чтобы оценить эффект переноса навыка между способами поведения. Эксперименты на животных были выполнены совместно с Р.Г. Аверкиным и Ю.В. Гринченко.

Этапами обучения служили акты поворота головы от кормушки в сторону кольца или педали, отхода от кормушки до середины стенки камеры, подход к кольцу или педали и потягивание за кольцо или нажатие на педаль. Набор этих актов от вынимания головы из кормушки до следующего вынимания считали циклом поведения. Если цикл закачивался захватом пищи в кормушке, то его называли эффективным. Время обучения каждому акту и циклу поведения (в минутах) фиксировалось. Этот показатель использовался для оценки эффекта переноса навыка как снижения времени обучения потягиванию за кольцо на второй стороне камеры по отношению ко времени обучения потягиванию за кольцо на первой стороне.

Дефинитивное пищедобывательное поведение выполнялось поочередно двумя альтернативными способами на двух сторонах камеры. Мы фиксировали число проверок пустой кормушки до первого эффективного цикла после смены способа поведения при чередовании. Показателем интерференции служило значимое отличие по числу таких проверок при сравнении групп с коротким и длинным интервалом.

У животных при выполнении ими дефинитивного поведения проводили регистрацию активности нейронов задней цингулярной коры мозга (область 29d, AP +9-10 мм, ML +1-2 мм, Vogt et al., 1986) стеклянными микроэлектродами (импеданс 2-6 МОм на частоте 1кГц). Полученный сигнал одновременно с актографическими отметками записывали на магнитную ленту. Последующий анализ данных нейронной активности проводился на компьютере с помощью программы Dmain-4 (Ю.В. Райгородский, А.К. Крылов) и Neuru (А.К. Крылов). Для анализа отбирались только те нейроны, параметры записи активности которых были стабильны в ходе выполнения поведения двумя способами на двух сторонах. Для каждого нейрона подсчитывали среднюю частоту спайков за все время его регистрации. За активацию в одном или нескольких актах принималось превышение частоты активности в этих актах над средней не менее, чем в 1,5 раза. Для всех нейронов оценивали вероятность активации в каждом из актов. Специализированным относительно системы определенного

поведенческого акта считали нейрон, вероятность активации которого в этом акте равна единице. Такие акты мы назвали «специфическими» для данного нейрона.

Специализированные нейроны были разделены на две группы: Н-нейроны, специализированные при научении в экспериментальной камере (то есть специализированные относительно «новых» систем), и С-нейроны, предположительно специализировавшиеся до научения в эксперименте (специализированные относительно «старых» систем). Классификация и критерии специализации нейронов были разработаны в нашей лаборатории и подробно описаны ранее (см., например, Ю.И. Александров и др., 1997; Alexandrov et al., 1990). Наша классификация феноменологически соответствует ряду других описанных в литературе классификаций нейронов (подробно см. в Alexandrov et al., 1990; Svarnik et al., 2005).

Нейроны, специализированные относительно систем различных актов нового поведения (Н-нейроны), были объединены в две подгруппы (см. таблицу): (1) нейроны, которые при потягивании за кольцо и при нажатии на педаль активировались в одних и тех же «специфических» актах («сходно активирующиеся»); (2) нейроны, которые при потягивании за кольцо и при нажатии на педаль активировались в различных «специфических» актах («различно активирующиеся»). Затем мы сопоставляли нейроны этих двух подгрупп по их числу, частоте спайков и распределению по поперечнику коры мозга у животных, обученных с коротким и длинным интервалом.

Во второй серии экспериментов участвовали 118 школьников (возраст 11-13 лет). Каждый участник выполнял два задания по различению параметров слов, предъявляемых на экране монитора с помощью программы «Show» (С.А. Смирнов, модифицирована А.К. Крыловым). В задании «Количество букв» было необходимо определить, сколько букв в предъявляемом слове (4 или 5), а в задании «Размер шрифта» – шрифтом какого размера написано слово (большого или маленького). В каждой пробе было два варианта ответа, соответствующих клавишам на стандартной клавиатуре. Фиксировались ошибки и время ответа. Каждое задание состояло из двух серий проб – тренировочной (14 проб), когда показатели поведения были сильно вариативны и постепенно стабилизировались, и тестовой (60 проб), когда они оставались на постоянном уровне.

Позитивная и негативная эмоциональные ситуации были заданы инструкцией: соответственно, только накопление очков за правильные ответы (без вычитания за неправильные) в одной группе участников и только вычитание за неправильные ответы (без добавления очков за правильные) в другой. Показано, что подобные ситуации получения поощрения и избегания его потери оцениваются как эмоционально позитивные и негативные, соответственно (Alexandrov et al., 2007).

В группе участников, обученных с коротким интервалом, второе задание вводили сразу же после первого с перерывом не более 10 мин. В группе обученных с длинным интервалом этот перерыв составил 3 суток.

В качестве меры модификации имеющегося индивидуального опыта (аккомодационной реконсолидации) при научении мы использовали эффект проактивной интерференции. Последовательность заданий была сбалансирована, и эффект интерференции оценивали по различиям между временем ответа при выполнении задания «Количество букв» разными группами участников до или после выполнения задания «Размер шрифта».

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ «Результаты исследования системной организации поведения, характеризующегося эффектом интерференции» и ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ «Эффект интерференции и модификация индивидуального опыта при научении» представлены результаты, полученные в исследовании, и их обсуждение.

В первой серии экспериментов в обеих группах животных – обученных с коротким (менее 3 часов) или длинным (не менее 3 суток) интервалом между обучением потягиванию за кольцо и началом обучения нажатию на педаль – обнаружен эффект переноса навыка: по показателю времени обучения циклам поведения обучение потягиванию за кольцо на второй стороне камеры происходило быстрее, чем обучение потягиванию на первой стороне. Следовательно, последовательность обучения, различная для животных двух групп, не сказывается на эффекте переноса навыка потягивания за кольцо на первой стороне камеры по отношению к навыку потягивания на второй. Таким образом, по использованным нами поведенческим показателям, мера использования нового опыта при последующем научении сходна при сравнении групп животных, обученных с длинным и коротким интервалом.

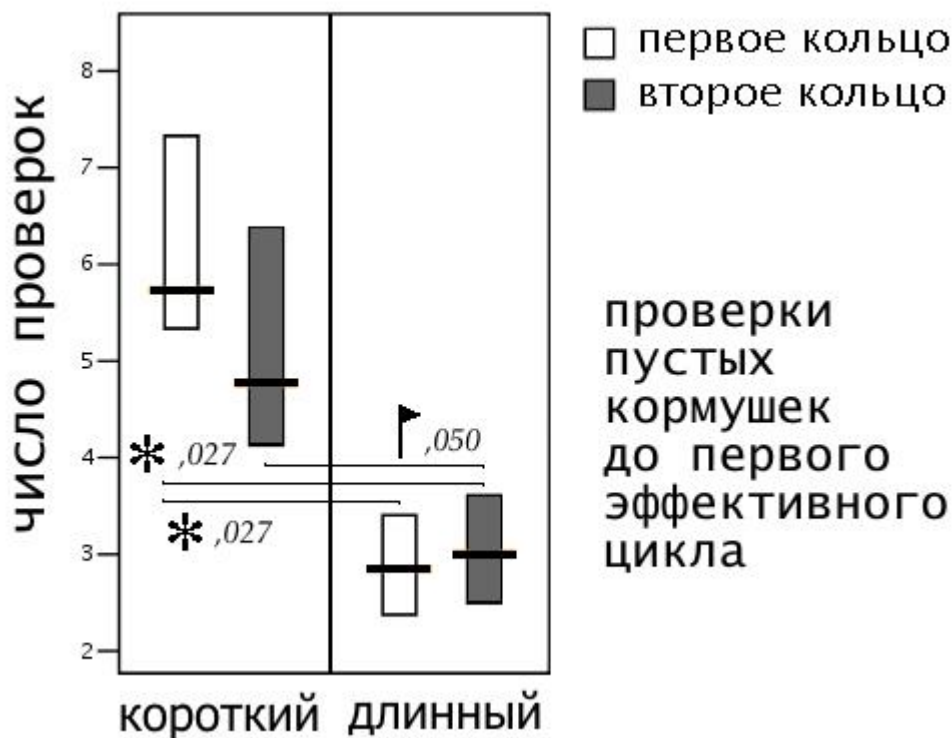


Рис. 1. Число неэффективных циклов после смены способа поведения в группах животных, обученных с коротким и длинным интервалом. Медиана (горизонтальные отрезки) и кватили (столбцы) по выборкам из четырех животных, обученных с коротким интервалом (слева), и пяти животных – с длинным представлены для переходов к потягиванию за кольцо на первой стороне («первое кольцо») и на второй стороне («второе кольцо») в соответствии с последовательностью обучения (см. легенду справа вверху). Значимые отличия обозначены звездочкой, флажком – отличия на уровне тенденции с указанием вероятности ошибки.

Эффект интерференции в группе животных, обученных выполнению поведения двумя способами с коротким интервалом, больше, чем в группе обученных с длинным интервалом. Выявлено, что у животных, обученных с коротким интервалом, смена способов поведения при их чередовании проходит дольше и с большим числом неэффективных циклов, чем у животных, обученных с длинным интервалом. Различие между этими группами по числу проверок пустой кормушки при смене способа поведения до первого эффективного цикла является значимым только в отношении первого способа поведения, то есть потягивания за кольцо (рис. 1). Таким образом, эффект интерференции по показателю смены способа дефинитивного поведения более выражен в группе животных, обученных с коротким интервалом, чем в группе обученных с длинным интервалом, хотя эффекты переноса навыка у этих групп не отличались. Иначе говоря, эффект интерференции при *воспроизведении* задач связан с интервалом между усвоением первого способа поведения и введением второго способа при *обучении*.

"специфические" акты	интервал		под- группа
	короткий	длинный	
отход от кормушки	10	2	(всего)
первой	6	1	
второй	3	1	
при подходе ко второму кольцу	1	0	
подход к кольцу и/или педали	14	11	(всего)
к кольцу на первой стороне	2	1	
к кольцу на второй	3	0	
к обоим кольцам	0	1	
к педали на первой	2	0	
к педали на второй	1	0	
к кольцу и педали на первой	3	8	
к кольцу и педали на второй	3	1	
подход к кормушке	8	8	(всего)
к обеим	3	3	
к первой	2	4	
ко второй	3	1	
подход и захват пищи	2	6	(всего)
первая кормушка	0	2	
вторая кормушка	2	4	
поворот к кормушке и кольцу/педали на одной стороне	7	8	(всего)
на первой	5	6	
на второй	2	2	
другие акты	4	2	
Всего Н-нейронов	45	37	
сходно активирующихся	13	4	
различно активирующихся	32	33	
поворот головы или тела (всего С-нейронов)	22	20	
в обе стороны	15	11	
налево	2	5	
направо	5	4	
Всего специализированных	67	57	
Всего зарегистрированных	135	115	

Таблица 1. Число нейронов различных поведенческих специализаций, в том числе Н-нейронов, отнесенных к подгруппе сходно активирующихся и различно активирующихся, которые зарегистрированы у животных, обученных с коротким и длинным интервалом. Ячейки с числом нейронов сопровождаются обозначением подгруппы, к которой они были отнесены, в соответствии с рис. 3.

Число нейронов различных поведенческих специализаций представлено в таблице 1. Примеры анализа активности сходно активирующегося (слева) и различно активирующегося (справа) нейронов представлены на рис. 2. Выявлено, что число различно активирующихся Н-нейронов значимо больше в группе животных, обученных с коротким интервалом (точный критерий Фишера, $p < 0,05$; рис. 3). При этом доли Н-нейронов в общем числе зарегистрированных нейронов почти идентичны в двух группах животных. Проверка гипотезы о различии абсолютного числа сходно активирующихся нейронов, которая производится путем сравнения наблюдаемого числа

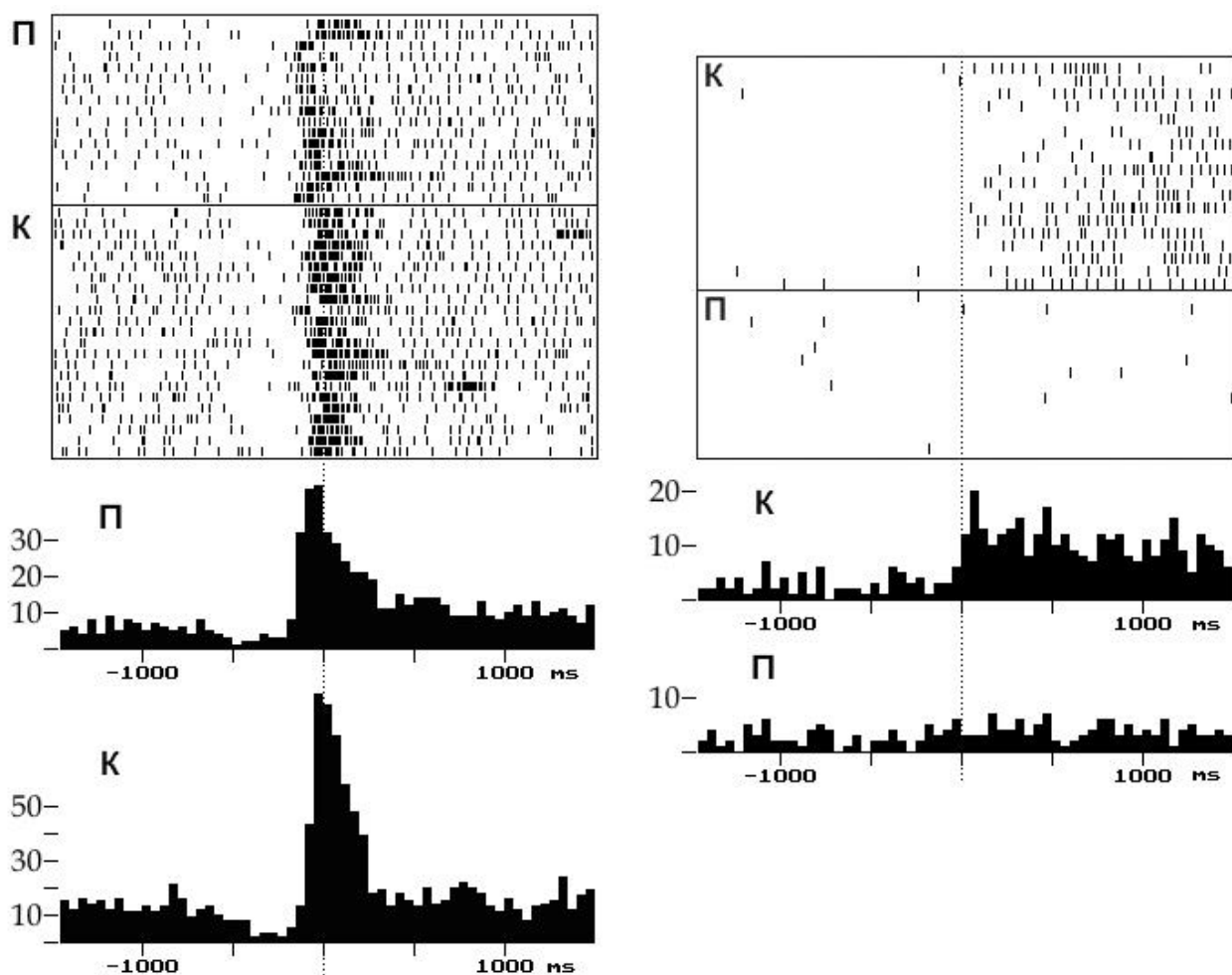


Рис. 2. Сопоставление активности нейронов при выполнении циклического поведения с помощью потягивания за кольцо («к») и нажатия на педаль («п»). В верхних панелях – растры спайковой активности нейронов в последовательных циклах поведения, построенные относительно момента перемещения головы животного вдоль середины стенки камеры (обозначен вертикальной пунктирной линией). Внизу – гистограммы нейронной активности (по оси ординат – число спайков в бине, ширина бина 50 мсек). Сходно активирующийся Н-нейрон 4b23 (слева) специализирован относительно акта отхода от левой кормушки и активируется как при подходе к левой педали (верхняя панель), так и к левому кольцу (нижняя панель). Различно активирующийся Н-нейрон 5c17 (справа) специализирован относительно акта подхода и потягивания за правое кольцо (верхняя панель) и не активируется при подходе к педали (нижняя панель).

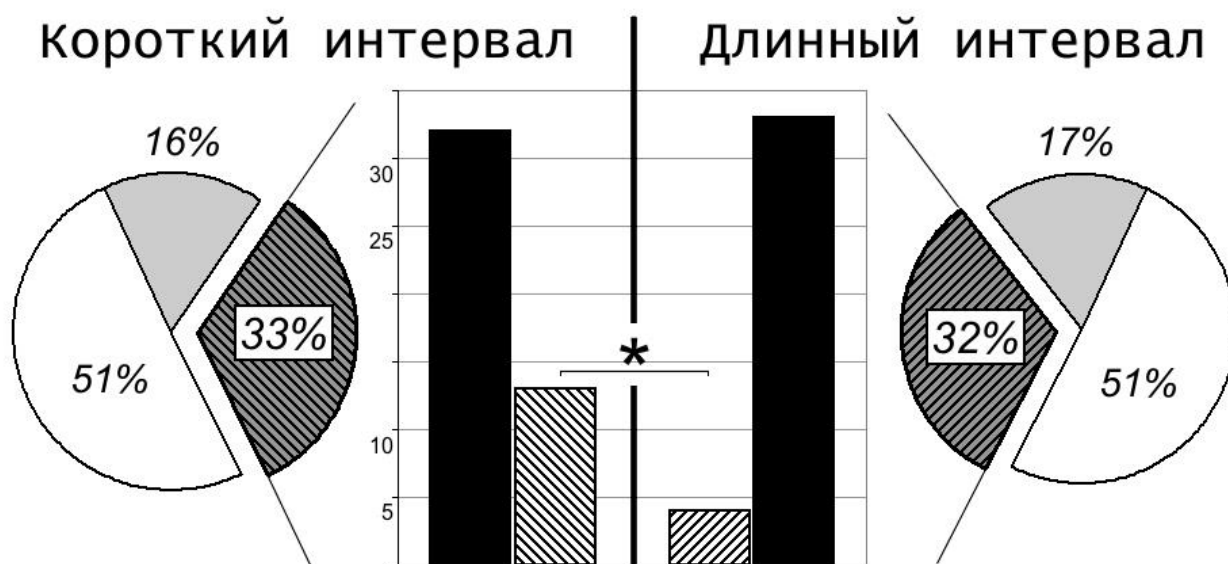


Рис. 3. Доля Н-, С- и неидентифицированных нейронов в общем числе клеток, зарегистрированных в группах животных, обученных с коротким (левая половина рисунка) и длинным (правая) интервалом – круговые диаграммы; а также число различно активирующихся и сходно активирующихся Н-нейронов – гистограммы. Указан процент от общего числа зарегистрированных нейронов. Обозначения: доля неидентифицированных нейронов – белый сектор, С-нейронов – серый, Н-нейронов – заштрихованный темный; число различно активирующихся Н-нейронов – заштрихованный белый, сходно активирующихся – темно-серый. Звездочка обозначает наличие достоверного отличия.

нейронов и числа, ожидаемого исходя из предположения, что абсолютное число нейронов сходно между группами (Alexandrov et al., 1990; 1993), показала, что в группе с длинным интервалом значимо больше число сходно активирующихся Н-нейронов (критерий Хи-квадрат, $p < 0,05$).

Возможно, что те системы, нейроны которых в группе с длинным интервалом специализировались при научении первому способу поведения, почти все реконсолидировались при научении второму способу, то есть начали обеспечивать и это новое поведение. В результате в группе животных, обученных с длинным интервалом, число нейронов, сходно активирующихся при выполнении поведения двумя способами, больше, а различно активирующихся – меньше, чем в группе обученных с коротким интервалом. У животных, обученных с коротким интервалом, реконсолидация происходит, но в меньшей степени: некоторые нейроны, специализировавшиеся относительно первого нового поведения, не могут служить основой для формирования второго. Исходя из наших результатов можно предположить, что эффект интерференции связан с тем, как распределяется ресурс нервных клеток, вовлекающихся в обеспечение поведения. Если процесс консолидации, связанный с научением первому способу поведения, не закончен к моменту

научения второму способу поведения, то последующее дефинитивное поведение обеспечивается меньшим числом нейронов, обеспечивающих оба способа поведения, и большим числом нейронов, обеспечивающих только один способ, чем если процесс консолидации закончен.

Средняя частота спайков Н-нейронов и неидентифицированных нейронов выше в группе животных, обученных с коротким интервалом, чем в группе обученных с длинным. Среди Н-нейронов это соотношение справедливо только для сходно активирующихся клеток. Частота активности нейронов в «специфическом» для них акте отличается при сравнении между группами животных, обученных с коротким и длинным интервалом, только для нейронов, специализированных относительно актов подхода к кольцу и педали. Следовательно, даже у специализированных нейронов, которые имеют стопроцентную вероятность активации в актах поведения, частотные характеристики активности отличаются в связи с тем, к какой группе принадлежали животные – обученных с коротким или длинным интервалом. Основываясь на данных литературы (Kendrick, Baldwin, 1989; Yamamoto et al., 1989; Woodward et al., 1998; Matsuzaka et al., 2007 и др.) и представлениях о системной детерминации импульсной активности нейрона (Анохин, 1974; Швырков, 1995; Александров, 2005) можно полагать, что чем выше частота спайков нейрона, тем больше рассогласование между его метаболическими «потребностями» и наличной микросредой, и тем менее согласована его активность с активностью других нейронов внутри данной системы поведенческого акта.

Итак, наши результаты о большем числе различно активирующихся нейронов в группе животных, обученных с коротким интервалом, дополняются тем, что при коротком интервале активность нейронов, специализированных относительно новых систем, менее согласована с активностью других систем, чем в группе животных, обученных с длинным интервалом. Предположение о связи частоты спайков нейрона со степенью согласованности его активности с нейронами других систем при выполнении поведения объясняет и то, что средняя частота спайков неидентифицированных нейронов выше в группе с коротким интервалом, поскольку, как это было аргументировано ранее (Alexandrov et al., 2001) эта группа нейронов представлена Н- и С-нейронами, специализированными относительно систем, не вовлекающихся в обеспечение данного поведения.

Распределение Н-нейронов по поперечнику коры мозга оказалось различным у животных, обученных с коротким и длинным интервалом (критерий Манна-Уитни, $p < ,001$), в том числе отдельно для сходно активирующихся Н-нейронов ($p < ,01$). Можно было бы думать, что эти результаты объясняются разным углом наклона электродов по отношению к поверхности коры, однако, учитывая, что для С-нейронов и неидентифицированных нейронов, активность которых регистрировалась в тех же экспериментах, отличий по этому параметру между группами животных не получено, эти данные могут означать, что Н-нейроны задней цингулярной коры мозга животных, обученных с коротким интервалом, располагаются в более поверхностных слоях задней цингулярной коры. Возможно, что в этой группе животных больше Н-нейронов, иннервирующихся структурами, имеющими с областью 29d взаимные связи, чем в группе животных, обученных с длинным интервалом, и меньше Н-нейронов, иннервирующих эти структуры (зрительная кора, передная цингулярная кора и области задней цингулярной коры, связанные с гиппокампальной формацией). Кроме того, показано, что Н-нейроны одной специализации, лежащие в верхних и более глубоких слоях коры, по-разному чувствительны к этанолу, т.е. обладают разными метаболическими свойствами (Alexandrov et al., 1990). Поэтому можно предположить, что несмотря на сходство общего числа (рис. 3, круговые диаграммы), Н-нейроны, зарегистрированные у животных, обученных с коротким и длинным интервалом, принадлежат к различающимся совокупностям нейронов.

Таким образом, эффект интерференции, выявляемый при выполнении дефинитивного поведения двумя способами, связан с системной организацией этого поведения, которая формируется при научении. Наши результаты позволяют предположить, что эффект интерференции в группе животных, обученных двум способам поведения с коротким интервалом, связан с тем, что к моменту обучения второму способу поведения еще не завершены консолидационные процессы, начавшиеся после обучения первому способу. В результате некоторые Н-нейроны, специализирующиеся относительно актов первого способа поведения, не вовлекаются в обеспечение второго способа поведения и остаются «различно активирующимися». Системы, относительно которых они специализированы, не полностью реконсолидируются, поскольку не завершен их собственный процесс консолидации. Число различно

активирующихся нейронов больше в группе животных, обученных с коротким интервалом, чем в группе животных, обученных с длинным интервалом, поскольку у последних процесс системной специализации и аккомодационной реконсолидации завершён к моменту обучения второму способу поведения. Следовательно, эффект интерференции определяется не только и не столько процессами формирования нового опыта, сколько процессами согласования нового опыта с ранее сформированным.

Исходя из этого вывода, мы предположили, что эффект интерференции связан с валентностью эмоциональной ситуации у человека, поскольку при научении внешне сходным формам поведения в негативной и позитивной эмоциональных ситуациях вновь формируемые системы становятся частью разных доменов индивидуального опыта, имеющих разную степень дифференцированности (Александров, 2006; Alexandrov & Sams, 2005; Alexandrov et al., 2007). Для проверки этого предположения была проведена вторая серия экспериментов с участием школьников.

Во второй серии экспериментов достоверных отличий между негативной и позитивной эмоциональной ситуацией по показателю доли ошибок не выявлено. Следовательно, степень трудности выполнения заданий в разных эмоциональных ситуациях была сходной. Считается, что при научении простым заданиям адекватным средством оценки эффекта интерференции является время ответа (Rehder, 2001). По этому показателю получены следующие результаты.

При коротком интервале между заданиями время ответа в задании «Количество букв» больше, если ему предшествовало выполнение задания «Размер шрифта», чем если задание «Количество букв» предъявляли первым – как в тренировочной, так и в тестовой серии. Этот эффект проактивной интерференции достигает значимости только в негативной эмоциональной ситуации: в тренировочном задании он находится на уровне тенденции (критерий Манна-Уитни, $p=0,082$), а в тестовой серии это различие значимо ($p<0,01$; рис. 4). При длинном интервале между заданиями время ответа в задании «Количество букв» оказалось больше, если ему предшествовало выполнение задания «Размер шрифта», но только в тренировочной серии и вновь только в негативной эмоциональной ситуации ($p<0,01$).

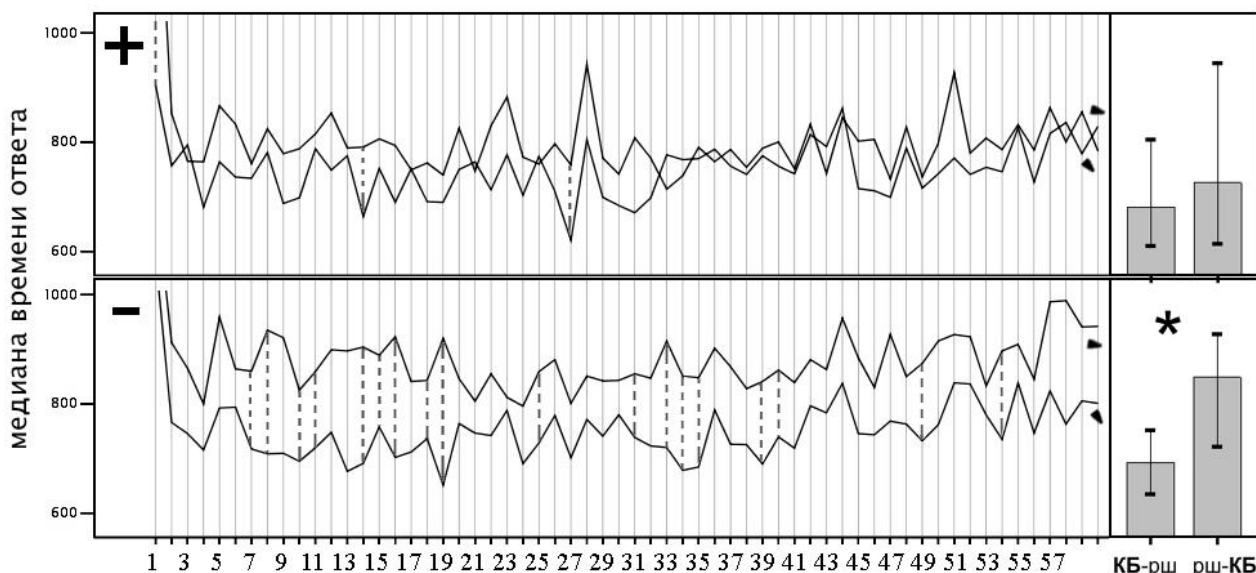


Рис. 4. Время ответа в задании «Количество букв» (КБ) в позитивной и негативной эмоциональных ситуациях до или после задания «Размер шрифта» (рш). Вверху («+») – позитивная эмоциональная ситуация, внизу («-») – негативная. По оси ординат – медиана времени ответа в каждой пробе (графики слева, внизу – номер пробы), а также медиана и квартили по всем пробам (гистограммы справа). Достоверные отличия обозначены пунктирными линиями и звездочкой. «КБ-рш» и «рш-КБ» – последовательность предъявления заданий.

Итак, эффект проактивной интерференции как при коротком, так и при длинном интервале между заданиями выявлен *только* в негативной эмоциональной ситуации. При длинном интервале он менее выражен, так как распространяется только на тренировочную серию. Полученные результаты находятся в соответствии с положениями единой концепции сознания и эмоций (Ю.И. Александров, 1995; 2006; Alexandrov & Sams, 2005): эффект интерференции, использованный нами в качестве показателя взаимодействия элементов памяти, оказался связанным с валентностью эмоций. Это означает, что системная организация поведения при выполнении сходного поведения в ситуации получения поощрения и избегания потери различна. Этот вывод соответствует предположению, что основой деления структуры индивидуального опыта на домены является мотивация поведения («приближение» и «избегание»), связанная с валентностью эмоций (позитивные и негативные) и что «отрицательный» домен опыта содержит больше систем, чем «положительный».

Таким образом, эффект интерференции связан с тем, насколько дифференцирован домен индивидуального опыта, системы которого реорганизуются при научении.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ подводятся итоги выполненной работы. Обосновано положение о том, что выраженность эффекта интерференции при выполнении двух заданий связана с соотношением процессов формирования нового опыта и вовлечения и модификации ранее сформированного опыта при научении. Таким образом, эффект интерференции может служить индикатором той степени, в которой научение требует модификации предшествующего опыта. Следовательно, этот эффект может использоваться для оценки степени дифференцированности доменов индивидуального опыта. Вероятно, степень вовлечения ранее сформированного опыта и процессы формирования нового опыта определяют выраженность как эффекта переноса навыка, так и эффекта интерференции, но последний в большей степени связан с необходимостью формирования нового опыта.

Выводы:

1. Эффект интерференции выявлен по показателю смены двух способов поведения при их чередовании и его проявление связано с тем, на какой стадии обучения первому способу поведения вводили второй способ.
2. Эффект интерференции в группах индивидов (как животных, так и людей), обучавшихся выполнению поведения двумя способами с коротким интервалом, больше, чем в группах с длинным интервалом.
3. Доля Н-нейронов, участвующих в обеспечении только одного способа поведения, больше в группе животных, обученных с коротким интервалом, чем в группе обученных с длинным интервалом. Н-нейроны, участвующие в обеспечении обоих способов поведения, сходны по числу, но отличаются по другим характеристикам: средней частоте спайков и частоте в акте, относительно которого специализирован нейрон. Таким образом, мозговое обеспечение поведения, выполняемого двумя способами, связано с тем, на какой стадии обучения первому способу поведения был введен второй способ. Эффект интерференции отражает не только процесс формирования нового опыта, но и степень вовлечения и модификации ранее сформированного индивидуального опыта при научении.

4. Эффект интерференции у человека более выражен в негативной эмоциональной ситуации, чем в позитивной. Следовательно, эффект интерференции связан с мотивацией поведения – получением поощрения или избеганием штрафа.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

I. Публикация в журнале по перечню ВАК РФ:

1. Аверкин Р.Г., Александров Ю.И., Гринченко Ю.В., Мац В.Н., Созинов А.А. Активность нейронов антеролатеральной области моторной коры мозга кролика при захвате пищевых и непищевых объектов в инструментальном поведении // Журнал высшей нервной деятельности. 2001. Т. 51. №6. С. 760-765.

II. В других изданиях

2. Аверкин Р.Г., Гринченко Ю.В., Созинов А.А., Александров Ю.И. Специфика участия нейронов моторной коры в механизмах формирования индивидуального опыта // Современная психология: состояние и перспективы исследований. Часть 2. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2002. – С. 179-189.
3. Averkin R.G., Grinchenko Yu.V., Sozinov A.A., Kuzina E.A., Alexandrov Yu.I. Anterolateral motor cortex unit activity in rabbits during realization of food-acquisition behavior in a single way or two alternative ways // 3rd FENS Forum, Paris, 2002. No. 040.1. P. 105.
4. Averkin R.G., Sozinov A.A., Grinchenko Yu.V., Alexandrov Yu.I. Retrosplenial unit activity in rabbits during food-acquisition behavior formed by two sequentially learned alternative acts // IBRO Congress of Neuroscience, Prague, 2003. P. 1240.
5. Averkin R.G., Sozinov A.A., Grinchenko Yu.V., Alexandrov Yu.I. Rabbits' posterior cingulate cortex (PCC) single-unit activity in instrumental food-acquisition behavior performed by one way or two alternative ways // 4th FENS Forum, Lisbon, 2004. V. 2. P. A042.3.
6. Laukka S.J., Heikkila J., Sozinov A., Alexandrov Yu.I., Zaccagnini J.L. Relationship between transfer and shame emotion // Psykologia 2004 – Kongressi Turussa, Turku, 2004. P. 101.

7. Sozinov A.A., Laukka S.J., Zaccagnini J.L., Tuominen-Eilola T., Siipo A., Nopanen M., Alexandrov Yu.I. Dynamics of learning and interference in approach and withdrawal conditions // Вторая международная конференция по когнитивной науке. СПб. Июнь 2006, Т. 1. С. 155-156.
8. Sozinov A.A., Averkin R.G., Alexandrov Y.I. Neuronal activity in posterior cingulate cortex (PCC) is similar for simultaneous and sequential learning strategies of instrumental food acquisition // 5th FENS Forum, Vienna, 2006. – V. 3. P. A127.33.
9. Созинов А.А., Лаукка С., Аверкин Р.Г., Александров Ю.И. Условия и мозговое обеспечение интерференции при формировании системной структуры индивидуального опыта // Тенденции развития современной психологической науки. Часть 2 / Отв. ред. А.Л. Журавлев, В.А. Кольцова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. – С. 343-346.
10. Созинов А.А., Лаукка С., Александров Ю.И. Динамика обучения школьников при получении поощрения и избегании наказания // Современные тенденции теории и практики воспитания детей, имеющих проблемы в развитии / Материалы конференции 27-28 февраля 2007. – Киров, Изд-во КИПК и ПРО, 2007. – С. 46-48.
11. Александров Ю.И., Созинов А.А., Аверкин Р.Г., Лаукка С. Феномен проактивной интерференции: связь с эмоциями и возможные мозговые основы // Морфофункциональные основы системной деятельности / Труды научного совета по экспериментальной и прикладной физиологии. Том 14. – М., Изд-во ГУ ИНФ РАМН, 2007. – С. 150-166.
12. Созинов А.А. Эффект интерференции навыка в позитивной и негативной эмоциональных ситуациях // Психологические исследования: Вып. 2 / Ред. Журавлев А.Л., Сергиенко Е.А. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2007. – С. 231-238.