

К 40-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА ПСИХОЛОГИИ РАН  
И 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Б.Ф. ЛОМОВА

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАУЧЕНИЯ  
И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ<sup>1</sup>

© 2012 г. Ю. И. Александров

*Доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией психофизиологии им. В.Б. Швыркова, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт психологии РАН, Москва*

Осуществлен анализ данных, полученных при исследованиях научения в психологии, в том числе в психофизиологии, кросскультурной психологии, а также в культурной и социальной нейронауках. Эти новые данные позволяют выделить направления исследований, в том числе прикладных, развитие которых может быть полезно для разработки методов обучения. К имеющим особое значение для совершенствования методов обучения отнесены закономерности, описывающие: динамику формирования системной специализации нейронов; модификацию ранее сформированной памяти при обучении новому поведению; связь механизмов переноса и интерференции навыков с валентностью эмоций; изменение мозгового обеспечения внешне одного и того же действия на разных этапах научения и консолидации памяти; роль социальных и культуроспецифичных переменных в механизмах научения и др.

*Ключевые слова:* научение, обучение, мозг, система, образование, культура, социум, развитие, индивидуальный опыт, эмоции, мораль и нравственность.

В настоящей статье рассматриваются результаты исследований, полученные в лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова, а также данные литературы, касающиеся механизмов научения. Из многообразных исследований сотрудников лаборатории выделены в первую очередь те из них, результаты которых могут способствовать разработке методов обучения, повышающих эффективность профессионального и общего образования.

Под *научением* нами понимаются закономерности, лежащие в основе модификации индивидуального опыта. Под *обучением* – процедуры, обуславливающие упомянутые модификации.

Анализ закономерностей реорганизации системной структуры поведения, разворачивающейся в процессе индивидуального развития, осуществлен на разных временных шкалах: от индивидуального развития на всем протяжении до отдельного его этапа, представляющего собой научение новому поведенческому акту, и далее – до отдельных стадий научения.

Методологической базой исследований нашего коллектива, результаты которых используются в данном сообщении, является системно-эволюционная парадигма, развитие которой обусловило формирование нового направления в науке: *системной психофизиологии*<sup>2</sup>. Эта методология предполагает, во-первых, исследование научения как центральной, ключевой темы, во-вторых, реализацию многоуровневого, мультидисциплинарного подхода к анализу указанных закономерностей. Сочетание данной темы и подхода уже давно привело нас в проблемное поле, которое недавно обозначено *A.N. Meltzoff* и др. [100] как “Новая наука о научении” (*New science of learning*). Эта “новая наука” возникает в результате объединения психологии, нейронауки (в том числе социальной

<sup>1</sup> Работы лаборатории, упомянутые в этой статье, поддержаны, в частности, следующими грантами: РГНФ № 11-06-00917а, РФФИ № 11-06-00340а и № 11-06-12035-офи-м-2011; Совет по грантам Президента РФ для поддержки ведущих научных школ России 2012 № НШ-3010.2012.6).

<sup>2</sup> Системная психофизиология включена в качестве обязательного раздела в Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению “Психология” (М.: Министерство образования РФ, 2000). Научная школа “Системная психофизиология” признавалась ведущей научной школой России в области наук о человеке на всех конкурсах, начиная с 1997 по 2012 гг. В учебник “Психофизиология” [46] (1997–2012; три издания), рекомендованный Министерством образования РФ в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 521000 “Психология”, системная психофизиология включена в качестве одного из основных разделов.

нейронауки), компьютерного моделирования процессов научения и образования. В результате взаимодействия не только рождается мультидисциплинарное (как фундаментально, так и практически ориентированное) знание, но и обогащается каждая из контактирующих дисциплин. Настоящее сообщение представляет описание одного из возможных путей реализации многоуровневых исследований в данном проблемном поле. Поле, которое, как это стало очевидно в результате исследований, приведших в течение нескольких последних лет к формированию *cultural neuroscience* [99], должно включить и кросскультурные исследования, о чем специально будет сказано ниже.

Поскольку данные лаборатории, приводимые в статье, получены в рамках системной психофизиологии, кратко охарактеризуем это новое направление в науке.

С позиций системной психофизиологии, являющейся развитием теории функциональных систем П.К. Анохина в психологии, исследуется структура индивидуального опыта, которая описывается как набор функциональных систем (*элементов* опыта, сформированных в процессе индивидуального развития) и межсистемных отношений, складывающихся при научении (системогенезе). В качестве *единицы* структуры опыта рассматривается набор систем разного “возраста” (т.е. сформированных на разных этапах индивидуального развития), одновременная актуализация которых обеспечивает достижение результата поведения.

Несмотря на разнообразие методов, применяемых для решения конкретных задач этого направления, отдельные задачи являются взаимозависимыми и взаимодополняющими и образуют целостную исследовательскую программу системной психофизиологии, направленную на изучение закономерностей научения в числе наиболее важных проблем. В основе программы – упомянутая выше единая методологическая база системно-эволюционного подхода и *отказ от прямого сопоставления психического и физиологического*, которые оказываются *разными аспектами рассмотрения единых системных процессов* [59]. Методологическое единство позволяет избежать эклектичности при интеграции данных, получаемых в результате исследований самого разного уровня в экспериментах с участием испытуемых и с использованием животных: от изучения клеточных и субклеточных механизмов научения в норме и патологии до анализа системной организации операторской деятельности; сознания, эмоций, нравственности, индивидуаль-

ных и кросскультурных различий; деятельности, предполагающей субъект-субъектные отношения у детей и взрослых; и мн. др.<sup>3</sup>

В рамках указанного направления развит оригинальный исторический подход к исследованию системной организации поведения и его развития (впервые изложен в 1980 г.). В этом подходе ключом к пониманию мозговых основ поведения, в том числе особенностей вовлечения в обеспечение поведения различных нейронов и областей мозга, служит история формирования поведения, начиная с самых ранних этапов онтогенеза, а системная организация сформированного поведения рассматривается как “фиксированная” истории ее формирования. Поэтому закономерно, что центральной проблемой системной психофизиологии является изучение мозговых основ научения, т.е. этапов истории. Надо заметить, что подобное по-

<sup>3</sup> Ясно, что одной из главных целей осуществляемого в лаборатории изучения мозгового обеспечения формирования и реализации индивидуального опыта у животных является обнаружение таких закономерностей, которые могли бы быть использованы для разработки представлений о структуре и динамике субъективного мира человека. На традиционных путях достижения этой цели возникают существенные методологические препятствия. Предполагается, что в изучении специфически человеческих функций, скажем, таких, как использование языка, данные, полученные в экспериментах с животными, не могут быть полезны [125]. Не отрицая специфики субъективного мира человека и понимая необходимость ее анализа, можно считать, вместе с тем, приведенную выше радикальную и довольно распространенную точку зрения следствием методологии парадигмы реактивности, в которой активирование отдельных структур мозга связывается с выполнением специфических функций, таких как сенсорный анализ, генерация моторных программ, построение когнитивных карт, генерация речи и т.д. При этом, естественно, оказывается, что в экспериментах с животными нельзя изучать те специфические функции, “под которые” у них не существует специальных мозговых структур и механизмов. В системной психофизиологии эти препятствия устраняются. С позиций развитой в ней системно-эволюционной теории активности нейронов связывается не с какими-либо специфическими “психическими” или “телесными” функциями, а с обеспечением систем, в которые вовлекаются клетки самой разной анатомической локализации и которые, различаясь по уровню, сложности и качеству достигаемого результата, подчиняются *общим принципам организации функциональных систем* [22]. Поэтому системные закономерности, выявленные при изучении нейронной активности у животных, могут быть применены и эффективно применяются нами для разработки представлений о системных механизмах формирования и использования индивидуального опыта в разнообразной деятельности человека, например в задаче категоризации слов родного и иностранного языка, а также в операторских задачах, совместной игровой деятельности у детей и взрослых, ситуации ответа испытуемых на тестовые вопросы психодиагностических методов, теоретических и экспериментальных исследованиях сознания и др. [1, 6, 14, 24, 26].

нимание согласуется с известными положениями биологии и психологии, согласно которым анализ истории формирования структур – способ познания закономерностей их функционирования (см., напр., [23, 28, 45]).

Одной из принципиальных концепций развиваемого варианта системного подхода является концепция системогенеза П.К. Анохина, в соответствии с которой утверждается, что гетерохронии в закладках и темпах формирования отдельных морфологических компонентов организма на ранних этапах индивидуального развития связаны с необходимостью образования “*обще-организменных*” целостных (а не “*мозговых*”) функциональных систем, которые требуют вовлечения множества разных элементов из самых разных органов и тканей [23]. В последнее время были обоснованы представления, объединяющие фило- и онтогенетические закономерности системогенеза [20].

### ПОСТОЯНСТВО СИСТЕМНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

В развитие классической концепции системогенеза уже довольно давно [54, 58] было обосновано представление о том, что: 1) системогенез наблюдается и у взрослых, так как формирование нового поведенческого акта есть формирование новой системы; 2) принципиальным для понимания различий роли отдельных нейронов в обеспечении поведения является учет истории его формирования [3], т.е. истории последовательных системогенезов; 3) разработаны системно-эволюционная теория и системно-селекционная концепция научения [59, 114]. Этой концепции созвучны идеи Дж. Эдельмана [83] о селективном (отбор из множества клеток мозга нейронов с определенными свойствами), а не инструктивном (изменение свойств, “инструктирование” клеток соответствующими сигналами) принципе, лежащем в основе формирования нейронных объединений. Селекция отмечается уже при созревании мозга в раннем онтогенезе, в процессе которого множество нейронов гибнет. Отобранные же клетки составляют первичный ассортимент: набор разнообразных клеточных групп. Вторичный ассортимент формируется в результате второго этапа селекции, происходящей при научении в процессе поведенческого взаимодействия со средой.

В основе формирования новых функциональных систем (элементов индивидуального опы-

та) при научении лежит селекция нейронов из “резерва”<sup>4</sup> (предположительно низкоактивных, или “молчащих” клеток; подробно см. в [5, 59]). Эти нейроны могут быть обозначены как специализированные клетки (относящиеся к первичному ассортименту – по Эдельману). Из набора этих клеток в процессе научения отбираются те, которые специализируются относительно системы формируемого поведенческого акта (включаясь во вторичный ассортимент – по Эдельману). Селекция нейронов зависит от особенностей их метаболических “потребностей”<sup>5</sup>.

В лаборатории получены экспериментальные аргументы [30, 114], которые убедительно свидетельствуют в пользу того, что специализация нейронов относительно вновь формируемых систем – системная специализация – постоянна<sup>6</sup>. Таким образом, новая система оказывается “добавкой” к ранее сформированной: она их не сменяет, а “наслаивается” на них. Так, Е.А. Кузина провела сравнение числа вновь специализированных нейронов при обучении крыс нажатия на педаль для получения пищи из кормушки у одной стороны экспериментальной клетки с числом, полученным после дополнительного обучения крыс совершать такое же инструментальное пищевобывательное поведение и у противоположной стороны клетки. Оказалось, что после обучения нажатия на вторую педаль число нейронов цингулярной коры, специфически связанных с новым поведением, более чем в два раза превышает число клеток этой группы после обучения только одной (первой) педалью.

<sup>4</sup> К настоящему времени накоплены убедительные доказательства в пользу того, что наряду с рекрутированием “молчащих” клеток и нейронов, вновь появившиеся в ходе неонейрогенеза у взрослых индивидов, специализируются относительно новых систем [78, 98, 105, 109, 113].

<sup>5</sup> Возможно, неотобранные клетки, “не прошедшие” селекцию и возвращающиеся в “резерв”, также претерпевают изменения: набор их степеней свободы модифицируется (скорее всего, ограничивается). Таким образом, резервные клетки постоянно дифференцируются при каждом их вовлечении в процесс селекции на протяжении индивидуального развития. Подобная модификация, с одной стороны, подготавливает клетки к следующему эпизоду селекции, во всяком случае, к научению поведению, родственному ранее сформированному. С другой – последовательные ограничения степеней свободы резервных клеток на протяжении развития, наряду с уменьшением числа резервных клеток, могли бы объяснить особенности обучения у лиц пожилого возраста.

<sup>6</sup> Постоянство специализации не означает, что нейрон, раз специализировавшись, более не меняется. Нейрон не “переучивается”, но его модификации в рамках сформированной специализации возможны (см. раздел “Консолидация и ...”).

То, что при научении происходит вовлечение новых нейронов, а не “переобучение” ранее “обученных”, согласуется с данными, полученными в работах ряда лабораторий [77, 86, 112, 120, 123, 126, 127] о наличии в мозге животных разных видов большого числа “молчащих” клеток, об увеличении количества активных клеток при обучении, а также о том, что вновь сформированные специализации нейронов остаются неизменными (в эксперименте – в течение всего периода хронической регистрации: недели и даже месяцы).

Постоянство специализации нейронов можно связать с важными для разработки методов обучения феноменами, обнаруживаемыми в экспериментальной психологии. Недавно было показано, что однократное 30-минутное интервью, касающееся самооценки учащегося, статистически значимо (в сравнении с контрольной группой) повышает академическую успеваемость как минимум на протяжении всего периода наблюдения – два года [80]. Конечно, здесь принципиально не только учесть, что в связи с постоянством специализаций никакие элементы опыта не “стираются”<sup>7</sup>, но и выявить в специальных экспериментах, какие именно минимальные психологические воздействия могут иметь подобный позитивный, а какие – негативный эффект.

## КОНСОЛИДАЦИЯ И РЕКОНСОЛИДАЦИЯ ПАМЯТИ

С системных позиций представление об упрочении (консолидации) памяти выглядит следующим образом: консолидация включает две группы неразрывно связанных процессов. *Первая* – процессы системной специализации: морфологическая и функциональная модификация нейронов, связанная с их вовлечением в обеспечение вновь формируемой системы.

Для того чтобы ввести вторую группу процессов, следует отметить, что сформированная память не является неизменной, она модифицируема. В настоящее время обнаружены молекулярно-биологические закономерности реконсолидации памяти, лежащие в основе ее модификации после повторной актуализации (см., напр., [111]). Реконсолидационные процессы принципиально

сходны с консолидационными (связаны с экспрессией генов и синтезом белка), но не идентичны им [72]. Представления о реконсолидационных модификациях не вступают в противоречие с приведенным выше положением о постоянстве системной специализации нейронов. Реконсолидация не отменяет тех модификаций, которые обусловили формирование реконсолидируемой долговременной памяти (см. [102]).

И.П. Павлов [44] отмечал, что прибавление новых условных рефлексов при обучении сейчас же отзывается на состоянии прежних. Мы рассматриваем научение как специализацию новой группы нейронов относительно формируемой системы и “добавление” последней к ранее сформированным системам. Логично полагать, что это добавление требует взаимного согласования нового элемента и ранее сформированных и приводит к реконсолидационной модификации последних.

Нами получены данные, свидетельствующие в пользу данного предположения [3, 15, 47, 48, 66, 68]. Реконсолидационная модификация, претерпеваемая ранее сформированной, “старой” системой при появлении связанной с ней новой системы, была названа нами “аккомодационной” (приспособительной) реконсолидацией [68]. В недавних исследованиях аккомодационной реконсолидации с помощью маркера нейрогенетических изменений [47] было показано, что при формировании второго в последовательности обучения навыка (напр., пищевого) происходят модификации нейронов, специализированных относительно выполнения первого навыка (напр., питьевого). При этом оказалось, что число нейронов, претерпевающих нейрогенетические изменения при формировании второго навыка, связано с тем, насколько хорошо животные обучились первому навыку. У хорошо обучившихся первому навыку индивидов число нейронов, претерпевающих модификации, выше, чем у плохо обучившихся. Обнаружено также, что выраженность аккомодационной реконсолидации при формировании данного поведенческого акта связана с тем, какова была история формирования актов, предшествующих данному.

Итак, *вторая* группа процессов, составляющих консолидацию, – процессы аккомодационной реконсолидации, обусловленные включением формируемой системы в существующую структуру индивидуального опыта: морфологическая и функциональная модификация принадлежащих к ранее сформированным системам нейронов, не меняющая системную специализацию последних.

<sup>7</sup> Если не применять специальные воздействия, вызывающие гибель части специализированных относительно данного элемента нейронов [89], хотя и в этом случае, по-видимому, речь идет не о полном “стирании” соответствующей памяти, а о невозможности “декларировать”, в том числе поведенчески, наличие сформированного опыта.

Тот факт, что *при обучении новому навыку модифицируются системы, связанные с ранее приобретенным опытом*, причем данная модификация зависит как от индивидуальных свойств обучающегося, так и от истории обучения, имеет, как нам представляется, особое значение для разработки обоснованных методов обучения, в первую очередь, в связи с проблемой выбора *эффективных последовательностей* подачи изучаемого материала по критериям как *содержания*, так и *временной организации* эпизодов обучения. Иначе говоря, подобная разработка должна включать эксперименты, направленные на выявление закономерностей реконсолидационных модификаций памяти, связанной с усвоенным материалом, после нового обучения в зависимости от факторов времени предшествующей “жизни” сформированной памяти, ее содержания в соотношении с содержанием вновь осваиваемого материала и т.д.

### ПЕРЕНОС: ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ

В связи с проблемой отношений ранее сформированного и вновь формируемого опыта заслуживают упоминания данные, также имеющие значение для разработки методов обучения, описывающие мозговые основы положительного переноса (ускорение обучения данному акту после предшествующего обучения сходному поведению [36]) и интерференции (отрицательный перенос): как проактивной, так и ретроактивной (ухудшение обучения и реализации второго акта после обучения первому, и наоборот). В последнем случае наличие интерференции оказывается зависимым от валентности эмоций, на “фоне” которых обучение производилось [16, 115, 116].

Исследование роли валентности эмоций в обучении обусловлено тем, что трудности получения переноса навыков авторы связывают с эмоциональными и мотивационными факторами [108], а также тем, что с позиций сформулированной нами единой концепции сознания и эмоций [4, 6, 64, 65, 71] положительные и отрицательные эмоции являются характеристикой двух разных доменов индивидуального опыта: домена избегания (*withdrawal*) и поощрения, “приближения” (*approach*), соответственно. Нами получены данные о том, что динамика системной организации поведения при актуализации элементов этих доменов и их реорганизации в процессах научения

существенно различна как у людей, так и у животных (см. [9, 34, 66, 70, 71]; сходные данные см. также [101, 130]).

Как показывают эксперименты Е.А. Кузиной (см. [36]), при формировании второго в последовательности обучения акта клетки, специализированные относительно первого акта, активируются в начале формирования второго, исключаясь затем из его обеспечения (см. также более ранние данные Н.А. Швырковой [60], демонстрирующие тот же феномен). Активность этих клеток (а также гипотетическую модификацию “резервных” клеток, не отобранных для специализации и “вернувшихся” в “резерв”; см. [5, 10] и примечание 5) можно рассмотреть в качестве нейронной основы феномена переноса навыка.

Изучение мозговых основ переноса может помочь в понимании соответствующих проблем обучения и образования, интенсивно обсуждаемых в последнее время на страницах ведущих журналов. Так, обнаруживается, что хотя тестирование улучшает реализацию данного навыка [110], но именно – *данного*. Эксперименты, проведенные с участием 11 430 испытуемых, в течение полугода работавших с различными когнитивными тестами, показали, что хотя определенное улучшение на этапе тестирования было достигнуто, оно не переносилось на другие задачи, даже близкие к тем, которые составляли тесты. Проблема, следовательно, не в том, улучшается ли решение тестовых задач при тренировке, а в том, ведет ли данное тестирование к переносу навыка на другие задачи или к общему улучшению когнитивных функций, – подчеркивают авторы [104]. Разработка данной проблемы предполагает специальные эксперименты, которые мы планируем проводить, учитывая важнейшие кросс-культурные переменные (см. раздел “Научение в культуре”).

### МАКРО- И МИКРОХРОНОГЕННАЯ ДИНАМИКА МОЗГОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ

К проблеме формирования эффективных последовательностей обучения (включая составление *расписаний* занятий) имеет отношение исследование нами закономерностей, связанных с принципом “минимального обеспечения функциональных систем”. В классической концепции системогенеза П.К. Анохина [23] был сформулирован принцип, согласно которому в постнаталь-

ном онтогенезе система становится эффективной в смысле достижения положительного результата до того, как все ее компоненты получают окончательное морфологическое оформление.

Ранее было получено много данных в пользу “хроногенного принципа локализации”, который конкретизируется в изменении мозговой организации поведения и высших психических функций в онтогенезе [25, 40, 43, 52, 53, 56, 57, 81, 122].

С упомянутым выше хроногенным принципом связаны наши исследования мозгового обеспечения поведения (сложного инструментального) и научения на разных этапах индивидуального развития: у молодых, взрослых и старых животных [49, 52, 119, 124]. В результате проведенных исследований получены оригинальные данные, описывающие поведенческие, морфофизиологические и нейрогенетические закономерности формирования новых элементов индивидуального опыта, а также актуализации и реорганизации дефинитивных структур индивидуального опыта в поведении индивидов разного возраста.

Также выявляются особенности механизмов формирования структуры индивидуального опыта людей в условиях контролируемого формирования компетенции у испытуемых семи возрастных групп: от младшего школьного через подростковый до взрослых включительно. Разработаны процедуры формального описания этой структуры, лежащей в основе феноменов приобретения компетенции, обеспечивающей сохранение и развитие знания в определенной предметной области. Сопоставление организации структуры индивидуального опыта в разных возрастных группах показало достоверные различия в характеристиках процессов системной дифференциации – от формирования компонентов из их предшественников (протокомпонентов) до образования суборганизации у компонентов опыта (лежащей в основе отношений между компонентами). Для младших возрастных групп характерна более интенсивная продукция протокомпонентов и компонентов опыта, чем в старших возрастных группах; при этом более поздние стадии дифференциации, в результате которых усложняется суборганизация компонентов индивидуального опыта, протекают более интенсивно у лиц старших возрастных групп. Важнейшую сторону компетенции обеспечивают специфические группы компонентов структуры индивидуального опыта – стратегии. Выделены два типа стратегий. У лиц до 14-летнего возраста формируются стратегии первого типа – “линейные стратегии”, актуализация ко-

торых проявляется в фиксированных, устойчиво воспроизводящихся неизменных последовательностях актов игры. Стратегии этого типа направлены на создание ситуаций, приближающих игрока к выигрышу. У игроков старших возрастных групп кроме линейных стратегий формируются стратегии иного типа – “гибкие”; их представляют группы компонентов, отношения между которыми допускают изменения порядка актуализации. Реализация стратегий этого типа создает помехи для противника [1, 2, 41, 42].

В определенном смысле принцип минимального обеспечения манифестируется и при системогенезе у взрослых. В последние годы становится все более ясно, что модификация мозгового обеспечения поведения отмечается не только на макроинтервалах времени (этапы онтогенеза; “макрохроногенность”), но и на микроинтервалах (стадии научения), т.е. в процессе формирования данного поведения – “микрохроногенность”. Обнаружено, что мозговое обеспечение поведения на разных этапах (ранних и поздних) обучения и “созревания” [19] памяти различно [82, 85, 96, 97 и др.]. Данные, на которых основаны предположения о механизмах этой динамики, чаще всего получены методами локальных разрушений структуры или анализа суммарной активности мозга.

Результаты наших исследований, вносящие вклад в изучение микрохроногенности, проведенные с регистрацией активности одиночных нейронов [50] и направлены на выявление динамики мозгового обеспечения поведения на последовательных этапах его формирования и упрочения. Вероятность появления активации специализированного нейрона в “специфическом” акте сформированного дефинитивного поведения (т.е. акте, относительно системы которого он специализирован) – 100%. Обнаружено, что доля нейронов с вероятностью появления активаций *менее* 100% на ранних этапах формирования поведения, по сравнению с поздними, достоверно меньше в передней цингулярной коре и больше – в задней цингулярной. Число актов, при реализации которых появляются активации такого типа, достоверно меньше на ранних этапах формирования поведения, чем на поздних.

Заметим, что с этой задачей тесно связано упомянутое выше исследование интерференции, поскольку в нем мы анализируем различие нейронного обеспечения поведения в ситуации, когда второе поведение формируется сразу после обучения первому (ранние этапы) и когда обучение второму навыку происходит лишь после кон-

солидации памяти первого (поздние этапы, после упрочения). При этом оказывается, что как число ошибок поведения, так и количественные соотношения специализированных нейронов во внешне одинаковых инструментальных актах различаются в зависимости от того, каким был интервал между двумя эпизодами обучения: коротким или длинным [10, 16]. Таким образом, большое значение для свойств последовательно формируемой памяти имеет степень консолидированности первой памяти при формировании второй.

Полученные результаты важны как для развития теоретических представлений о научении и модификации памяти на разных этапах индивидуального развития, так и для разработки методов обучения для разных возрастных групп, в том числе пожилых людей. Эти результаты также подчеркивают значение специального анализа динамики и специфики этапов консолидации памяти для выбора эффективных интервалов между эпизодами последовательного формирования разных типов навыков.

#### РАССОГЛАСОВАНИЕ КАК НАЧАЛО НАУЧЕНИЯ

Начальным звеном каскада молекулярно-биологических процессов, обуславливающих морфологические модификации нейронов как в процессе морфогенеза (ранний онтогенез), так и при консолидации памяти у взрослых, является экспрессия “ранних” (регуляторных) генов – кратковременный процесс, сменяемый второй волной экспрессии – “поздних” (морфогенетических) генов, имеющих непосредственное отношение к морфологическим модификациям нейрона. В настоящее время связь экспрессии “ранних” генов с процессами научения, которая отмечалась уже довольно давно (см. [18]), становится все более очевидной [94]. Нами совместно с отделом системогенеза НИИФ им. П.К. Анохина (зав. – К.В. Анохин) получены данные, свидетельствующие в пользу того, что экспрессия “ранних” генов лежит в основе формирования специализаций нейронов [5, 10, 118]. Результаты недавних экспериментов четко показали роль экспрессии “ранних” генов в научении и на этапе пренатального онтогенеза, а также еще раз подтвердили постоянство специализаций нейронов, сформированных даже на самых ранних стадиях онтогенеза: характеристики поведения взрослых индивидов связаны с особенностями опыта, приобретенного этими индивидами пренатально [33].

Активация “ранних” генов у взрослого имеет место не только при научении, но и при голоде, стрессе, судорогах, интоксикации, поражениях нервной системы, ишемии мозга. Показано также, что искусственное изменение микросреды нейронов обуславливает появление активности у ранее молчавших клеток [61] и экспрессию ранних генов [117]. Поэтому, имея в виду что активность нейрона, с наших позиций, обусловлена рассогласованием между его “потребностями” и притоком метаболитов [7, 59], а также рассматривая экспрессию ранних генов как специфическое проявление активности клетки [79], возникающей в ситуации новизны [21], логично предполагать, что общим для всех перечисленных выше ситуаций, включая научение, является *рассогласование*. Оно возникает вследствие того, что ранее сформированные в рамках существовавшей структуры опыта способы согласования метаболических “потребностей” нейронов и других клеток организма неэффективны в условиях стойкого изменения микросреды нейронов.

Ситуация научения в норме и восстановления – при патологии (например, после инсультов, травматических поражений мозга) специфична тем, что проблему согласования “потребностей” нельзя решить с использованием существующих у индивида способов согласования (т.е. в рамках имеющегося у индивида опыта). Рассогласование в данной ситуации отличается от того, которое имеется в дефинитивном поведении до реализации последнего: оно устраняется не извлечением из памяти имеющегося в ней материала, а поиском и фиксацией в памяти новых вариантов объединения элементов, т.е. разворачиванием процессов системогенеза.

Подобные данные и представления заставляют обратить внимание на вопрос о способе “направленного” формирования рассогласования как важнейшем компоненте при разработке новых методов обучения. Если не уделять внимания этому компоненту специально, то рассогласование при научении все равно развернется, но, вполне вероятно, совсем не в рамках той мотивации, которую подразумевает обучающий. Например, как рассогласование между потребностью получения желаемой отметки, похвалы, уважения товарищей и т.п. и отсутствием в наличном опыте способа достижения желаемого результата в ситуации освоения новой темы. Конечно, формирование подобного “социально-адаптивного” поведения может быть рассмотрено как полезное. Однако цель образования не может сводиться к этому.

## ЦЕЛИ, ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И МОЗГОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ

Уже давно нами было показано, что мозговое обеспечение *внешне одинаковых* актов, направленных на достижение разных целей, существенно различается (см., напр., [3, 66, 69]). Эти данные – дополнительный аргумент в пользу того, что цель, которая достигается учащимся при усвоении предлагаемого материала, является существенным фактором, определяющим характеристики формируемого опыта [115, 116].

Позднее было обнаружено, что осуществление дефинитивного поведения обеспечивается реализацией не только новых систем, сформированных при обучении актам, составляющим это поведение, но и одновременной реализацией множества более старых систем, сформированных на предыдущих этапах индивидуального развития [5, 10, 59, 67]. Следовательно, *реализация поведения есть реализация истории формирования поведения* (как фило-, так и онтогенетической), т.е. множества систем, каждая из которых манифестирует этап становления данного поведения.

Из этого утверждения следует, как уже отмечалось выше, что системная организация внешне одинаковых действий различается, если различна история их формирования. Действительно, было показано, что характеристики активности нейронов, специализированных относительно актов сложного инструментального поведения, демонстрируют достоверные различия при сравнении групп животных, выучивающих акты этого поведения в разном порядке [31].

Число вовлеченных в обеспечение поведения нейронов также может отражать историю формирования поведения. Нами выявлена положительная взаимосвязь между количеством стадий обучения и числом специализированных относительно вновь сформированного поведения нейронов [29, 66].

Приведенные результаты с очевидностью свидетельствуют в пользу того, что поведение учащихся, реализующих внешне один и тот же навык, сформированный в условиях варьирования указанных выше факторов обучения, может обеспечиваться существенно различающейся организацией мозговых процессов. Эти результаты предполагают развертывание экспериментов, направленных на выяснение оптимальных целей (субцелей), последовательностей и числа стадий обучения, обуславливающих максимальную эффективность методов обучения. Мы проводим подобные эксперименты с испытуемыми, обуча-

ющимися одноэтапному или многоэтапному решению симулируемых компьютером транспортных задач в ситуациях избегания (потери баллов) и поощрения (получение баллов), на базе Центра экспериментальной психологии при МГППУ (зав. – В.А. Барабанщиков). В этих экспериментах мы предполагаем выяснить, отличается ли прочность и “пластичность” памяти, сформированной одно- или многоэтапно в ситуации избегания или поощрения.

## НАУЧЕНИЕ В КУЛЬТУРЕ

Нами уже было отмечено, что однократное полчасовое интервью повышает академическую успеваемость проинтервьюированного учащегося минимум на протяжении двух лет наблюдения [80]. На данном этапе изложения важно подчеркнуть, что этот эффект проявляется только у определенных групп учащихся: слабо успевающих афроамериканцев, но не у остальной выборки.

Показано, что в разных профессиональных группах (например, сельскохозяйственные работники и пастухи) или социальных слоях (например, рабочий класс и средний класс), а также в разных географических зонах одной страны (например, юг и север Италии) выражены разные типы мышления: холистический и аналитический соответственно (см. [11, 12, 87, 93, 103]). В то же время продемонстрировано, что эти типы мышления связаны с достоверно разной креативностью (холистический – с более высокой) и академической успеваемостью (холистический – с более низкой [131]).

Все это, а также другие новые данные с очевидностью указывают на необходимость учета социальных переменных для формулировки конкретных задач фундаментальной социальной нейронауки и прикладных исследований в части исследования закономерностей научения и способов обучения. Развертывание исследований в указанном направлении представляется весьма перспективным и планируется нами. В настоящее время осознание необходимости учета социальных факторов для изучения когнитивных процессов в психологии и нейронауке обуславливает поиск новых подходов и методов “социальной нейронауки” (см. [90, 91]).

В связи с нарастанием числа работ в области кросскультурной психологии и нейронауки, которые демонстрируют, что особенности перцептивной активности, памяти и мышления культурно обусловлены [11–13, 35, 38, 75, 76, 92, 93,

95, 103, 106, 121, 128, 129], становится очевидным, что *научение в разных культурах* приводит к формированию разных структур индивидуального опыта.

Авторы некоторых работ прямо указывают на связь особенности культур с усвоением учебного материала: показано, например, что культуроспецифичные представления обыденной физики связаны с особенностями восприятия физической причинности [107].

Роль культуры в формировании структуры опыта настолько велика, что ее учет необходим даже при анализе детерминант эффективности предметного обучения, которые рассматриваются как “биологические”. Так, принято считать, что женщины показывают более низкие результаты, чем мужчины, в решении математических задач, однако при сравнении разных стран оказывается, что этот эффект уменьшается и даже инвертируется (женщины решают лучше мужчин) с ростом показателя равноправия женщин и мужчин в культуре [88].

Имеется много других существенных для целей нашего анализа данных (см. [11–13, 93]), но сказанного достаточно, чтобы не сомневаться в том, что *перенос методов обучения из культуры в культуру* требует серьезного критического анализа и что необходимы специальные исследования для обоснования способов разработки культуроспецифичных методов обучения.

Идя по этому пути, мы сравнивали закономерности интерференции у учеников российских и финских школ. Выявлено, что динамика формирования опыта связана с валентностью эмоциональной ситуации и характеризуется достоверными межкультурными различиями (эксперименты А.А. Созинова и др. [50]).

## НАУЧЕНИЕ – НЕ ТОЛЬКО ОБРАЗОВАНИЕ, НО И ВОСПИТАНИЕ

Согласно определению целей педагогики, образовательные учреждения должны решать не только сугубо образовательные, но и воспитательные задачи. Нравственность является не отдельным доменом опыта или отдельной “функцией”, а характеристикой формирующейся в данной культуре целостной структуры индивидуального опыта [8, 11]. Имея в виду только что сказанное о культуроспецифичности упомянутой структуры, мы проводим кросскультурный анализ решения моральных дилемм.

Нами обнаружено, что хотя решения моральных дилемм у российских участников основывается на тех же имплицитных правилах, что и у участников из западных стран, имеются и культуроспецифические особенности суждений российских участников. В целом они выносят меньше крайних суждений относительно обязательности или недозволенности данного действия, чем участники из западных стран, предпочитая в большей мере давать оценки в середине шкалы, полюсами которой являются “запрещено” и “обязательно”. При этом крайние суждения российских участников достоверно чаще относятся к “запрещенному” поведению героев моральных дилемм по сравнению с “обязательным” поведением, в то время как в выборке участников из западных стран это соотношение примерно одинаково [73, 74].

Из сказанного в настоящей статье ясно, насколько важен для всего индивидуального развития наиболее ранний его период, в котором формируются базовые для последующей дифференциации элементы индивидуального опыта, формируются ассортименты как преспециализированных, так и специализированных клеток. Поэтому для разработки методов воспитания особенно важно иметь представление об особенностях и динамике формирования нравственности на ранних этапах развития. В настоящее время нами получены первые результаты психологических и лингвopsихологических исследований особенностей решения моральных дилемм у детей дошкольного и младшего школьного возраста [32, 51]. Обнаружено постепенное формирование с возрастом справедливости в отношении представителей чужого вида, относящейся на ранних этапах в основном лишь к представителям своего вида. Эти данные подтверждают представления об особой важности периода детства в воспитании нравственного отношения не только к “своим”, но и к “чужим” [62].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ новых данных, полученных в психологии, нейронауках, кросскультурной психологии, а также культурной и социальной нейронауках, демонстрирует, *во-первых*, актуальность дальнейшей разработки и уточнения с учетом этих данных ряда закономерностей, довольно давно сформулированных в известных работах (см., напр., [55]). Ценность сделанных в этих работах выводов ограничивается тем, что поведение рассматривается как “система реакций”, а психика “представляет только особенные и усложненные формы ... тех

же реакций в конечном счете”<sup>8</sup> [27, с. 6]. *Во-вторых*, результаты проведенного анализа свидетельствуют в пользу своевременности развертывания новых направлений исследований (как фундаментальных, так и прикладных), способствующих разработке эффективных методов обучения. Перспективной методологической базой таких исследований может являться системно-эволюционная теория, позволяющая осуществить нередукционистский мультидисциплинарный синтез.

В качестве ключевых закономерностей, существенных для разработки эффективных методов обучения, выделены и обсуждены следующие:

- Постоянство системной специализации нейронов.
- Аккомодационная реконсолидация, обуславливающая модификацию ранее сформированных систем при обучении новому навыку и зависящая как от индивидуальных свойств обучающегося, так и от истории обучения.
- Механизмы переноса и интерференции, зависящие от валентности эмоций.
- “Микрохроногенность”: различие мозгового обеспечения поведения на последовательных этапах обучения и консолидации памяти.
- “Макрохроногенность”: поведенческие, психологические, физиологические, морфофизиологические и нейрогенетические закономерности формирования новых элементов индивидуаль-

<sup>8</sup> Говоря о необходимости на новом этапе развития науки возвращаться к ранее сформулированным закономерностям, мы хотим специально подчеркнуть, что подобный возврат в данном случае ни в коей мере не является просто повтором старых идей в новом времени. *Во-первых*, потому что формулировка закономерностей является интерпретацией эмпирических явлений, зависимой от теорий, в терминах которых интерпретация происходит. Очевидно (и многократно проанализировано [1, 3, 5, 7, 10, 23, 59, 66, 71]) принципиальное различие между упомянутыми и системно-эволюционными представлениями. *Во-вторых*, известно, что не только для представлений данной дисциплины на последовательных исторических этапах ее развития, но даже для конкурирующих парадигм [37] могут быть обнаружены некоторые общие прасистемы [39]. По-видимому, “нет ни одной существенной идеи либо воззрения без их исторических прообразов ... Возьмем, например, понятие “энергия” ... и обнаружим, что ранее тем же самым был огонь у алхимиков, флогистон – присущая самому веществу теплоносная сила, подобная стоическому первотеплу или гераклитовскому ... вечно живому огню, стоящему уже совсем близко к первобытному воззрению, согласно которому во всем пребывает всеоживляющая сила, сила произрастания и магического исцеления, обычно называемая *mana*” [63, с. 121]. Но при этом, конечно, наивно думать, что содержательно энергия и *mana* – одно и то же и что развитие представлений об энергии – повтор первобытных воззрений.

ного опыта, а также актуализации и реорганизации дефинитивных структур индивидуального опыта в поведении индивидов разного возраста (от молодости до старости).

- Экспрессия “ранних” генов, являющаяся начальным звеном каскада молекулярно-биологических процессов, обуславливающих специализацию нейронов при научении, и отражающая рассогласование между новыми потребностями и существующим у индивида опытом их удовлетворения.
- Различие мозгового обеспечения внешне одинаковых поведенческих актов, если различна их цель или история формирования.
- Социальная детерминация когнитивных процессов индивида.
- Культуроспецифичность когнитивных процессов, в том числе решения моральных дилемм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров И.О. Формирование структуры индивидуального знания. М.: Институт психологии РАН, 2006.
2. Александров И.О., Максимова Н.Е., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В. Соотношение игровых стратегий и компонентов структуры индивидуального знания // Первая российская конференция по когнитивной науке. КГУ, Казань: 2004. С. 11–13.
3. Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989.
4. Александров Ю.И. Сознание и эмоции // 3-й Международный конгресс “Теория деятельности и социальная практика”. М.: Физкультура, образование, наука, 1995. С. 5–6.
5. Александров Ю.И. Научение и память: традиционный и системный подходы // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2005. Т. 55. № 6. С. 842–860.
6. Александров Ю.И. От эмоций к сознанию // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Институт психологии РАН, 2006. С. 293–328.
7. Александров Ю.И. Активный нейрон // Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование: Фундаментальное руководство / Е.Н. Соколов, А.М. Черноризов. М.: Изд-во Тюменского государственного ун-та, 2008. С. 33–58.
8. Александров Ю.И. Эмоция и мораль // Методология и история психологии. 2008. Т. 3. Вып. 7. С. 186–208.

9. Александров Ю.И. Развитие как дифференциация // Дифференционно-интеграционная теория развития / Под ред. Н.И. Чуприковой. М.: Языки славянских культур, 2011. С. 49–69.
10. Александров Ю.И. Закономерности актуализации индивидуального опыта и реорганизации его системной структуры: комплексное исследование // Труды ИСА РАН, 2011. Т. 61. № 3. С. 3–25.
11. Александров Ю.И., Александрова Н.Л. Субъективный опыт, культура и социальные представления. М.: Институт психологии РАН, 2009.
12. Александров Ю.И., Александрова Н.Л. Комплементарность культуроспецифичных типов познания: Теоретические и эмпирические исследования // Вестн. Моск. ун-та. Сер.14. Психология. 2010. № 1. С. 22–35; № 3. С. 18–34.
13. Александров Ю.И., Александрова Н.Л., Харламенкова Н.Е. Субъективный опыт: личностное и социокультурное // Человек. 2011. № 2. С. 104–113.
14. Александров Ю.И., Самс М., Лавикайнен Ю., Рейникайнен К., Наатанен Р. Зависимость свойств, связанных с событиями потенциалов от возраста элементов субъективного опыта, актуализируемых при категоризации слов родного и иностранного языков // Психологический журнал. 1997. Т. 18. № 1. С. 133–145.
15. Александров Ю.И., Сварник О.Е. Принцип отбора в развитии индивида // Когнитивные исследования: проблема развития. Вып. 3. М.: Институт психологии РАН, 2009. С. 77–100.
16. 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. М., 2007. Т. 14. С. 150–166.
17. Александров Ю.И., Шевченко Д.Г. Научная школа “Системная психофизиология” // Психологический журнал. 2004. Т. 25. № 6. С. 105–112.
18. Анохин К.В. Обучение и память в молекулярно-генетической перспективе: Двенадцатые сеченовские чтения. М.: Диалог-МГУ, 1996. С. 23–47.
19. Анохин К.В. Необъясненные феномены в нейробиологии памяти // Тенденции развития современной психологической науки. Ч. 2. / Отв. ред.: А.Л. Журавлев, В.А. Кольцова. М.: Институт психологии РАН, 2007. С. 307–309.
20. Анохин К.В. Психофизиология и молекулярная генетика мозга // Психофизиология: учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2012. С. 385–400.
21. Анохин К.В., Судаков К.В. Системная организация поведения: новизна как ведущий фактор экспрессии ранних генов в мозге при обучении // Успехи физиологических наук. 1993. Т. 24. № 3. С. 53–70.
22. Анохин П.К. Проблема принятия решения в психологии и физиологии // Вопросы психологии. 1974. № 4. С. 21–29.
23. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975.
24. Безденежных Б.Н., Александров Ю.И. Влияние острого введения алкоголя на системную организацию мозгового обеспечения выполнения задачи выбора // Проблемы психологической безопасности / Отв. ред.: А.Л. Журавлев, Н.В. Тарабрина. М.: Институт психологии РАН, 2011. С. 182–204.
25. Безруких М.М., Мачинская Р.И., Фарбер Д.А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка // Физиология человека. 2009. Т. 35. № 6. С. 10–24.
26. Бодунов М.В., Безденежных Б.Н., Александров Ю.И. Характеристики ответов на тестовые задания психодиагностических методик и структура индивидуального опыта // Психологический журнал. 1996. Т. 7. № 4. С. 87–96.
27. Выготский Л.С. Предисловие к русскому переводу книги Э. Торндайка “Принципы обучения, основанные на психологии”. 2-е изд. М.: Работник просвещения, 1929. С. 5–24.
28. Выготский Л.С., Лурия А.Р. Этюды по истории поведения. М.–Л.: Госиздат РСФСР, 1930.
29. Гаврилов В.В., Арутюнова К.Р., Камышова О.Н., Кузина Е.А., Александров Ю.И. Особенности структуры индивидуального опыта при научении одному и тому же поведению разными способами: Материалы IV Всероссийского съезда Российской психологического общества. М., Ростов н/Дону: Кредо, 2007. Т. 1. С. 224.
30. Горкин А.Г. Специализация нейронов в обучении: Автореф. дисс. ... канд. психол. н. М., 1988.
31. Горкин А.Г., Шевченко Д.Г. Различия в активности нейронов лимбической коры при разных стратегиях обучения // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1995. Т. 45. № 1. С. 90–100.
32. Знаменская И.И. Обоснование выбора при решении моральных дилемм младшими школьниками // Психология – наука будущего: материалы IV Межд. конф. молодых ученых, 17–18 ноября 2011 г. / Под ред. А.Л. Журавлева, Е.А. Сергиенко. М.: Институт психологии РАН, 2011. С. 180–183.
33. Иванова А.А. Исследование долговременной памяти и анализ экспрессии транскрипционных факторов c-fos b zif/268 в мозге мышей в модели пренатального обучения: Дипл. работа. Рук. И.Ю. Зарайская. МГУ им. Ломоносова, биологический факультет. М., 2011.
34. Колбенева М.Г., Александров Ю.И. Органы чувств, эмоции и прилагательные русского языка. Лингвопсихологический словарь. М.: Языки славянских культур, 2010.

35. Коул М. Культурно-историческая психология. Наука будущего. М.: Когито-Центр, 1997.
36. Кузина Е.А., Горкин А.Г., Александров Ю.И. Динамика связи активности отдельных нейронов цингулярной коры с поведением на последовательных этапах консолидации памяти // Российский физиологический журнал. 2004. Т. 90. № 8. С. 113–114.
37. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1975.
38. Лебедева Н.М. Введение в этническую и кросс-культурную психологию. М.: Ключ-С, 1999.
39. Лекторский В.А. “Альтернативные миры” и проблема непрерывности опыта // Природа научного знания. Логико-методологический аспект. Минск: Изд-во БГУ, 1979. С. 57–105.
40. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. М.: Академический проект, 2000.
41. Максимова Н.Е., Александров И.О., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В., Фомичева Л.Ф. Структура и актуалгенез субъекта с позиций системно-эволюционного подхода // Психологический журнал. 2004. Т. 25. № 1. С. 17–40.
42. Максимова Н.Е., Александров И.О., Тихомирова И.В., Филиппова Е.В., Фомичева Л.Ф. Соотношение индивидуально-психологических характеристик с уровнем дифференцированности психологических структур // Четвёртая межд. конф. по когнитивной науке: тезисы докл.: В 2 т. Томск, 22–26 июня 2010 г. Томск: ТГУ, 2010. Т. 2. С. 394–395.
43. Мачинская Р.И., Соколова Л.С., Крупская Е.В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. Анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ // Физиология человека. 2007. Т. 33. № 2. С. 129–138.
44. Павлов И.П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. М.: Изд-во АМН СССР, 1952.
45. Пономарев Я.А. Психология творчества. Избранные психологические труды. М.–Воронеж: Московский социально-психологический институт, 1999.
46. Психофизиология: Учебник для вузов / Под ред. Ю.И. Александрова. СПб.: Питер, 2012.
47. Сварник О.Е. Модификации элементов существующего индивидуального опыта при формировании нового навыка // V Съезд Общероссийской общественной организации “Российское психологическое общество”. (М., 14–18 февраля 2012 г.: материалы участников.) М.: Российское психологическое общество, 2012. Т. I. С. 246.
48. Сварник О.Е., Булава А.И., Фадеева Т.А., Александров Ю.И. Закономерности реорганизации памяти о навыках, сформированных при одно- и многоэтапном обучении // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 2. С. 5–14.
49. Сварник О.Е., Соловьева О.А., Александров Ю.И. Возрастная динамика поведенческих, морфологических и нейрогенетических показателей при обучении // Тезисы межд. конф. “Физиология развития человека”, 22–24 июня 2009. М., 2009. С. 93–94.
50. Созинов А.А., Казымаев С.А., Гринченко Ю.В., Александров Ю.И. Реорганизация опыта на последовательных этапах научения обуславливает динамику мозгового обеспечения поведения // V Съезд общероссийской общественной организации “Российское психологическое общество”. (М., 14–18 февраля 2012 г.: материалы участников.) М.: Российское психологическое общество, 2012. Т. I. С. 247–248.
51. Созинова И.М. Решение моральной дилеммы “свой–чужой” детьми 5–11 лет // Психология – наука будущего: материалы IV Межд. конф. молодых ученых, 17–18 ноября 2011 г. / Под ред. А.Л. Журавлева, Е.А. Сергиенко. М.: Институт психологии РАН, 2011. С. 444–447.
52. Соловьева О.А. Нейрональное обеспечение новых поведенческих актов у индивидов разного возраста: предварительные итоги // Нейронаука для медицины и психологии: 6-й Межд. междисциплинарный конгресс и инновационные технологии в диагностике и лечении заболеваний нервной системы: школа-семинар. Судак, Крым, Украина, 5–15 июня 2010 г.: Труды конгресса и школы / Под ред. Е.В. Лосевой, Н.А. Логиновой, В.В. Синельниковой. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 276–277.
53. Соловьева О.А., Горкин А.Г. Особенности формирования и реализации инструментального поведения на разных этапах онтогенеза // Нейронаука для медицины и психологии: 7-й Межд. междисциплинарный конгресс и инновационные технологии в диагностике и лечении заболеваний нервной системы: школа-семинар. Судак, Крым, Украина, 3–13 июня 2011 г.: Труды конгресса и школы / Под ред. Е.В. Лосевой, Н.А. Логиновой. М.: МАКС Пресс, 2011. С. 397–398.
54. Судаков К.В. Системогенез поведенческого акта // Механизмы деятельности мозга. М.: Госнацтехиздат, 1979. С. 88–89.
55. Торндайк Э. Принципы обучения, основанные на психологии: 2-е изд. М.: Работник просвещения, 1929.
56. Фарбер Д.А. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект // Физиол. человека. 2000. Т. 26. № 5. С. 35–43.
57. Хомская Е.Д. Нейропсихология: 4-е изд. СПб.: Питер, 2005.
58. Швырков В.Б. Нейрональные механизмы обучения как формирование функциональной системы пове-

- денческого акта // Механизмы системной деятельности мозга. Горький, 1978. С. 147.
59. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики: Избр. труды / Под ред. Ю.И. Александрова. М.: Институт психологии РАН, 2006.
  60. Швыркова Н.А. Активность нейронов коры и гиппокампа в обучении // Нейроны в поведении: системные аспекты / Ред. В.Б. Швырков. М.: Наука, 1986. P. 253–269.
  61. Шерстнев В.В. Нейрохимическая характеристика “молчащих” нейронов коры мозга // Доклады АН СССР, 1972. Т. 202. № 6. С. 1473–1476.
  62. Эко У. Пять эссе на темы этики. СПб.: Симпозиум, 2005.
  63. Юнг К.Г. Архетип и символ. М.: Ренессанс, 1991.
  64. Alexandrov Yu.I. I. Psychophysiological regularities of the dynamics of individual experience and the “stream of consciousness” // Neuronal bases and psychological aspects of consciousness / Eds. C. Teddei-Ferretti, C. Musio. Singapore, N.Y., London, Hong-Kong: World Scientific, 1999. P. 201–219.
  65. Alexandrov Yu. I. Comparative description of consciousness and emotions in the framework of systemic understanding of behavioral continuum and individual development // Neuronal bases and psychological aspects of consciousness / Eds. C. Teddei-Ferretti, C. Musio. Singapore, N.Y., London, Hong-Kong: World Scientific, 1999. P. 220–235.
  66. Alexandrov Yu.I. How we fragment the world: the view from inside versus the view from outside // Social Science Information. 2008. V. 47. P. 419–457.
  67. Alexandrov Yu.I., Grechenko T.N., Gavrilov V.V. et al. Formation and realization of individual experience: a psychophysiological approach // Conceptual advances in brain research. V. 2. Conceptual advances in Russian neuroscience: Complex brain functions / Eds. R. Miller, A.M. Ivanitsky, P.V. Balaban. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 2000. P. 181–200.
  68. Alexandrov Yu.I., Grinchenko Yu.V., Shevchenko D.G., Averkina R.G., Matz V.N., Laukka S., Korpusova A.V. A subset of cingulate cortical neurons is specifically activated during alcohol-acquisition behavior // Acta Physiologica Scandinavica. 2001. V. 171. P. 87–97.
  69. Alexandrov Yu.I., Jarvilehto T. Activity versus reactivity in psychology and neurophysiology // Ecological psychology. 1993. V. 5. P. 5–103.
  70. Alexandrov Yu. I., Klucharev V., Sams M. Effect of emotional context in auditory-cortex processing // International Journal of Psychophysiology. 2007. V. 65. P. 61–271.
  71. Alexandrov Yu. I., Sams M. E. Emotion and consciousness: Ends of a continuum // Cognitive Brain Research. 2005. V. 25. P. 87–405.
  72. Anokhin K.V., Tiunova A.A., Rose S.P.R. Reminder effects-reconsolidation or retrieval deficit? Pharmacological dissection with protein synthesis inhibitors following reminder for a passive-avoidance task in young chicks // European Journal of Neuroscience. 2002. V. 15. P. 1759–1765.
  73. Arutyunova K.R., Alexandrov Y.I., Znakov V.V., Hauser M.D. Cross-cultural comparison of moral judgments: testing three principles of harm in Russian and American populations // Четвертая межд. конф. по когнитивной науке, 22–26 июня 2010 г. Томск, 2010. С. 22–23.
  74. Arutyunova K.R., Alexandrov Yu.I., Znakov V.V., Hauser M.D. Moral judgments in Russian culture: Universality and cultural specificity // Journal of Cognition and Culture. 2012.
  75. Baranski J.V., Petrusic W.M. Realism of confidence in sensory discrimination // Perception & Psychophysics. 1999. V. 61. P. 1369–1383.
  76. Barrett L.F., Lindquist K.A., Gendron M. Language as context for the perception of emotion // Trends in Cognitive Sciences. 2007. V. 11. P. 327–332.
  77. Brecht M., Schneider M., Manns J.D. Silent neurons in Sensorimotor Cortices: Implication for Cortical Plasticity // Neural plasticity in adult somatic sensory-motor systems / Ed. F.F. Ebner. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC, 2005. P. 1–19.
  78. Carleton A., Petreanu L.T., Lansford L., Lledo P.-M. Becoming a new neuron in the adult olfactory bulb // Nature Neuroscience. 2003. V. 6. P. 507–518.
  79. Clayton D.F. The genomic action potential // Neurobiology of Learning and Memory. 2000. V. 74. P. 185–216.
  80. Cohen L.C., Garcia J., Purdie-Vaughns V., Apfel N., Brzustoski P. Recursive processes in self-affirmation: intervening to close the minority achievement gap // Science. 2009. V. 324. P. 400–403.
  81. Della-Maggiorell V., Sekuler A.B., Grady L.G., Bennett P.J., Sekuler R., McIntosh R. Corticolimbic interactions associated with performance on a short-term memory task modified by age // Journal of Neuroscience. 2000. V. 20. P. 8410–8416.
  82. Doyon J., Penhune V., Ungerleider L.G. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning // Neuropsychologia. 2003. V. 41. P. 252–262.
  83. Edelman G.M. Neural Darwinism: The theory of neural group selection. N.Y.: Basic Books, 1987.
  84. Fadeeva T.A., Svarnik O.E. Reorganization of the pre-existing memory and neuronal gene expression changes during learning // Тезисы докладов Третьей межд. конф. по когнитивной науке. М., 20–25 июня 2008 г. М.: Художественно-издательский центр, 2008. С. 292.

85. *Floyer-Lea A., Matthews P. M.* Changing brain networks for visuomotor control with increased movement automaticity // *Journal of Neurophysiology*. 2004. V. 92. P. 2405–2412.
86. *Greenberg P.A., Wilson F.A.W.* Functional stability of dorsolateral prefrontal neurons // *Journal of Neurophysiology*. 2004. V. 92. P. 1042–1055.
87. *Grossmann I., Varnum M.* Social class, culture, and cognition // *Social Psychological and Personality Science*. 2011. V. 2. P. 81–89.
88. *Guiso L., Monte F., Sapienza P., Zingales L.* Culture, gender, and math // *Science*. 2008. V. 320. P. 1164–1165.
89. *Han J.H., Kushner S.A., Yiu A.P., Hsiang H.L., Buch T., Waisman A., Bontempi B., Neve R.L., Frankland P.W., Josselyn S.A.* Selective erasure of a fear memory // *Science*. 2009. V. 323. P. 1492–1496.
90. *Hari R., Kujala M.V.* Brain basis of human social interaction: from concepts to brain imaging // *Physiological Reviews*. 2009. V. 89. P. 453–479.
91. *Hasson U., Ghazanfar A.A., Galantucci B., Garrod S., Keysers C.* Brain-to-brain coupling: a mechanism for creating and sharing a social world // *Trends in Cognitive Sciences*. 2012. V. 16. P. 114–121.
92. *Haun D.B.M., Rapold C. J., Call J., Janzen G., Levinson S.* Cognitive cladistics and cultural override in Hominid spatial cognition // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006. V. 103. P. 17568–17573.
93. *Henrich J., Heine S. J., Norenzayan A.* The weirdest people in the world // *Behavioral and Brain Sciences*. 2010. V. 33. P. 61–135.
94. *Horn G.* Pathways of the past: The imprint of memory // *Nature Review of Neuroscience*. 2004. V. 5. P. 108–121.
95. *Hsee C.K., Weber E.U.* Cross-national differences in risk preference and lay predictions // *Journal of Behavioral Decision Making*. 1999. V. 12. P. 165–179.
96. *Karni A., Meyer G., Jezzard P., Adams M.M., Turner R., Ungerleider L.G.* Functional MRI evidences for adult motor cortex plasticity during motor skill learning // *Nature*. 1995. V. 377. P. 155–158.
97. *Kelly A.M.C., Garavan H.* Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice // *Cerebral Cortex*. 2005. V. 15. P. 1089–1102.
98. *Kempermann G., Kuhn G.H., Gage F.H.* Experience-induced neurogenesis in the senescent dentate gyrus // *Journal of Neuroscience*. 1998. V. 18. P. 3206–3212.
99. *Kitayama S., Tompson S.* Envisioning the future of cultural neuroscience // *Asian Journal of Social Psychology*. 2010. V. 13. P. 92–101.
100. *Meltzoff A.N., Kuhl P.K., Movellan J., Sejnowski T.J.* Foundations for a new science of learning // *Science*. 2009. V. 325. P. 284–288.
101. *Murty V.P., Labar K.S., Hamilton D.A., Adcock R.A.* Is all motivation good for learning? Dissociable influences of approach and avoidance motivation in declarative memory // *Learning and Memory*. 2011. V. 18. P. 712–717.
102. *Nader K., Schafe G.E., Le Doux J.E.* Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval // *Nature*. 2000. V. 406. P. 722–726.
103. *Nisbett R.E., Peng K., Choi I., Norenzayan A.* Culture and systems of thought. Holistic versus analytic cognition // *Psychological Review*. 2001. V. 108. P. 291–310.
104. *Owen A.M., Hampshire A., Grahn J.A., Stenton R., Dajani S., Burns A.S., Howard R.J., Ballard C.G.* Putting brain training to the test // *Nature*. 2010. V. 465. P. 775–778.
105. *Paton J.A., Nottebohm F.N.* Neurons generated in the adult brain are recruited into functional circuits // *Science*. 1984. V. 25. P. 1046–1048.
106. *Peng K., Ames D.A., Knowles E.D.* Culture and human inference: perspectives from three traditions // *Handbook of cross-cultural psychology* / Ed. D. Matsumoto. N.Y.: Oxford University Press, 2001. P. 243–263.
107. *Peng K., Knowles E.D.* Culture, education, and the attribution of physical causality // *Personality and Social Psychology Bulletin*. 2003. V. 29. P. 1272–1284.
108. *Pintrich P.* An achievement goal theory perspective on issues motivation terminology, theory and research // *Contemporary Educational Psychology*. 2000. V. 25. P. 92–104.
109. *Prickaerts J., Koopmans G., Blokland A., Scheepens A.* Learning and adult neurogenesis: Survival with or without proliferation? // *Neurobiology of Learning and Memory*. 2004. V. 81. P. 1–11.
110. *Рыс М.А., Rawson K.A.* Why testing improves memory: mediator effectiveness hypothesis. 2010. V. 330. P. 335.
111. *Sara S.J.* Retrieval and reconsolidation: toward a neurobiology of remembering // *Learning and Memory*. 2000. V. 7. P. 73–84.
112. *Schmidt E.M., Bak M.J., McIntosh J.S.* Long-term chronic recordings from cortical neurons // *Experimental Neurology*. 1976. V. 2. P. 496–506.
113. *Shors T.J., Miesegaes G., Beylin A., Zhao M., Rydel T., Gould E.* Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories // *Nature*. 2001. V. 410. P. 372–376.
114. *Shvyrkov V.B.* Behavioral specialization of neurons and the system-selection hypothesis of learning // *Human memory and cognitive capabilities* / Eds. F. Klix, H. Hagendorf. Amsterdam: Elsevier, 1986. P. 599–611.
115. *Sozinov A.A., Laukka S.J., Averkin R.G., Grinchenko Yu.V., Alexandrov Yu.I.* Neural bases and determinants of proactive interference: ideas for applied re-

- search in teaching // Третья межд. конф. по когнитивной науке. М., 2008. Т. 1. С. 153–154.
116. *Sozinov A.A., Laukka S.J., Zaccagnini J.L., Tuominen-Eilola T., Sipio A., Nopanen M., Alexandrov Yu.I.* Dynamics of learning and interference in approach and withdrawal conditions // Вторая межд. конф. по когнитивной науке. СПб., 2006. Т. 1. С. 155–156.
117. *Stone E.A., Zhang Y., John S., Filer D., Bing G.* Effect of locus coeruleus lesion on *c-fos* expression in the cerebral cortex caused by yohimbine injection or stress // *Brain Research*. 1993. V. 603. P. 181–185.
118. *Svarnik O.E., Alexandrov Yu.I., Gavrillov V.V., Grinchenko Yu.V., Anokhin K.V.* Fos expression and task-related neuronal activity in rat cerebral cortex after instrumental learning // *Neuroscience*. 2005. V. 136. P. 33–42.
119. *Svarnik O. E., Chistova Y. R., Tulinova E. V., Alexandrov Y. I.* Learning and memory of an operant skill in aged rats: assessment of *c-Fos* induction // *FENS Abstr.*, 2010. V. 5. 024.45.
120. *Swadlow H.A., Hicks T.P.* Subthreshold receptive fields and baseline excitability of “silent” S1 callosal neurons in awake rabbits: contributions of AMPA/kainate and NMDA receptors // *Experimental Brain Research*. 1997. V. 115. P. 403–409.
121. *Tan L.H., Chan A.H.D., Kay P., Khong P., Yip L.K.C., Luke K.-K.* Language affects patterns of brain activation associated with perceptual decision // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2008. V. 105. P. 4004–4009.
122. *Tanila H., Shapiro M., Gallagher M., Eichenbaum H.* Brain aging: changes in the nature of information coding by the hippocampus // *Journal of Neuroscience*. 1997. V. 17. P. 5155–5166.
123. *Thompson L.T., Best P.J.* Long-term stability of the place-field activity of single units recorded from the dorsal hippocampus of freely behaving rats // *Brain Research*. 1990. V. 509. P. 299–308.
124. *Tulinova E.V., Svarnik O.E., Alexandrov Yu.I.* Effects of aging on learning-induced *c-Fos* expression and neuron density in the rat brain // *International Journal of Psychophysiology*. 2008. V. 69. P. 255–256.
125. *Tulving E., Markowitsch H.J.* What do animal models of memory model? // *Behav. Brain. Sci.* 1994. V. 17. P. 498–499.
126. *Williams J.C., Rennaker R.L., Kipke D.R.* Stability of chronic multichannel eural recordings: implications for a long-term neural interface // *Neurocomputing*. 1999. V. 26. P. 1069–1076.
127. *Wilson M.A., McNaughton B.L.* Dynamics of the hippocampal ensemble code for space // *Science*. 1993. V. 261. P. 1055–1058.
128. *Winawer J., Witthoft N., Frank M.C., Wu L., Wade A.R., Boroditsky L.* Russian blues reveal effects of language on color discrimination // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007. V. 104. P. 7780–7785.
129. *Yates J.F., Lee J-W., Shinotsuka H.* Beliefs about overconfidence, including its cross-national variation // *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 1996. V. 65. P. 138–147.
130. *Yeo G.B., Sorbello T., Koy T., Smillie L.D.* Goal orientation profiles and task performance growth trajectories // *Motivation and Emotion*. 2008. V. 32. P. 96–309.
131. *Zhang L.-F.* Thinking styles: their relationships with modes of thinking and academic performance // *Educational Psychology*. 2002. V. 22. P. 331–348.

## PSYCHOPHYSIOLOGICAL REGULARITIES OF LEARNING AND METHODS OF TRAINING

**Yu. I. Alexandrov**

*Sc.D. (psychology), professor, head of laboratory of psychophysiology named after V.B. Shvyrykov, Federal State-Financed Institution, Institute of Psychology RAS, Moscow*

The analysis of datum obtained during the study of learning mechanisms in psychology, neurosciences, cross-cultural psychology, as well as of cultural and social neurosciences is done. These new data allows selecting the directions of research, including applied ones, the advancement of which can be useful for development of training methods. The following regularities have been selected as the most important for the development of training methods: dynamics of formation of systemic specialization of neurons; reconsolidation of earlier formed memory during training of a new behavior; dependence of mechanisms of transfer and an interference of skills on an emotions sign; change of brain basis of outwardly same action at different stages of a learning and memory consolidation; dependence of brain basis of outwardly identical behavior on history of training and on a stage of individual development at which training occurs; a role of social and culture-specific variables in learning mechanisms.

*Key words:* learning, teaching, brain, system, education, culture, development, individual experience, emotion, moral.