

Нейроконструктивизм — новая парадигма возрастной психофизиологии?

Т.М. Мариютина

доктор психологических наук, профессор, зав. кафедрой дифференциальной психологии и психофизиологии института психологии им. Л.С. Выготского, РГГУ, сотрудник ГБОУ ВПО МГППУ, Москва, Россия, t.m.mariutina@rambler.ru

В статье описывается новая теоретико-экспериментальная парадигма, характеризующая биологические условия и механизмы когнитивного развития, — нейроконструктивизм, перечисляются предпосылки её возникновения, кратко излагается содержание, дается анализ основных понятий. Подчеркивается её междисциплинарный характер, широкий охват современных подходов к развитию в диапазоне от эпигенеза до социальной детерминации. Рассматривается целесообразность её применения для оценки нарушений психического развития.

Ключевые слова: вероятностный эпигенез, пластичность, зависимость от опыта, телесность, нейроконструктивизм, ментальная репрезентация, траектория развития.

Введение

В настоящее время все большее значение приобретает междисциплинарный подход к проблеме психического развития, предполагающий интеграцию психологии развития, возрастной физиологии, генетики. На смену теориям конкуренции двух источников влияния на развитие (природы и воспитания), пришли новые теории, концепции и модели. Их смысл состоит в утверждении взаимодействия генетических и средовых факторов как обязательного условия полноценного созревания и психического развития человека. Эти идеи получили свое частичное воплощение в модели вероятностного эпигенеза и продолжают дальнейшее развитие в парадигме нейроконструктивизма (далее НК).

Цель статьи — кратко охарактеризовать научный контекст, на фоне которого возникла парадигма НК, проанализировать основные понятия и содержание НК, оценить целесообразность использования НК при изучении когнитивного развития в норме и патологии.

Эпигенез: эволюция представлений

Один из источников НК — представление о вероятностном эпигенезе [8]. Первоначально определение эпигенеза было непосредственно связано с идеями преформизма и генетической предопределенностью процесса развития. Взгляд на структурно-функциональное созревание как на процесс, имеющий лишь одно направление (от генов к функциям)

предполагает, что функциональная активность и опыт, приобретаемый в ходе развития, не оказывают обратного влияния на созревание структур и активность генов. Вектор влияний в предопределяемом эпигенезе выглядит таким образом:

генетическая активность ---> структурное созревание --> функция, активность, опыт (ДНК --->РНК --->белок)

Согласно идее вероятностного эпигенеза (probabilistic epigenesis), процессы созревания и развития находятся в прямой зависимости от условий внешней среды и приобретаемого опыта. Схематически вероятностный эпигенез отличается от предопределяемого возможностью двунаправленного взаимодействия:

генетическая активность <---> структурное созревание <---> функция, активность, опыт (ДНК <--->РНК <---> белок)

Согласно этому варианту интерпретации эпигенеза, реализация генотипа регулируется сигналами из внешней и внутренней среды. Вместо жесткого одностороннего влияния развитие подвержено разнонаправленному многостороннему взаимодействию между активностью генов, активностью нейронов, поведением и средой. Содержательно Г. Готлиб определяет вероятностный эпигенез как индивидуальное развитие, которое характеризуется увеличением сложности организации [8]. Последнее подразумевает появление новых структурных и функциональных свойств и возможностей на всех уровнях анализа (молекулярном, клеточном, организменном).

Новые представления о взаимодействии биологических и социокультурных влияний в развитии психических функций и в первую очередь интеллекта содержатся в концепции конструктивного эпигенеза [6].

В этом контексте развитие рассматривается как самоорганизация интегральных систем, включающих подсистемы разных уровней: генетического, нейрофизиологического, когнитивного и социокультурного. При этом акцент делается на взаимодействии перечисленных подсистем. Согласно концепции, последовательность эпигенетических перемен, наблюдаемых и в физическом, и психическом развитии нельзя объяснить линейными причинно-следственными связями, независимо от того, какие компоненты включены в образование этих связей (генетические факторы, средовые события или те и другие совместно). При этом ведущая роль в появлении качественно новых структур и функций в ходе развития принадлежит самоорганизующейся активности.

В таком изложении идея конструктивного эпигенеза носит преимущественно гипотетический характер, но она хорошо согласуется с концепцией вероятностного эпигенеза, дополняя последнюю фактором собственной активности развивающегося субъекта.

Нейропластичность и зависимость от опыта

Известно, что основная часть генома определяет так называемую «консервативную» наследственность — фонд неизменных видоспецифических признаков, благодаря которому все представители

одного вида похожи друг на друга. Наряду с этим существует генетический полиморфизм — небольшая часть генов представлена многообразием форм (аллелей), которое создает генетически предопределенную изменчивость в пределах вида. Эти составляющие генома по-разному реагируют на воздействия внешней среды.

В 80-е годы XX века были выделены два типа образований нервной системы, различающихся по своему отношению к внешним воздействиям [9]. Они были определены как образования «ожидающие опыта» (experience expectant) и «зависящие от опыта» (experience-dependent). Ожидание опыта в норме допускает очень ограниченные изменения, вызванные средой. Применительно к этим структурам и функциям опыт выступает в основном в роли своеобразного триггера, включающего их действие. Примером здесь может служить первый самостоятельный вздох новорожденного. Такое воздействие включено в реализацию нормативного видоспецифического развития и контролируется консервативной наследственностью. Нарушение этого условия приводит к патологии развития, а в некоторых случаях к гибели ребенка.

Напротив, структуры и функции, зависящие от опыта, в своём развитии нуждаются в продолжительных внешних воздействиях, например развитие и усвоение речи. Предположительно именно с этим направлением созревания и развития связана полиморфная часть генома. Способность накапливать индивидуальный опыт и изменяться под его воздействием — характерный признак и особенность развития структур и функций этого типа. Такой тип развития обеспечивает формирование приобрета-

емых в онтогенезе условных рефлексов, функциональных систем и других возможностей обучения.

Зависимость от опыта как вариант развития тесно связана с феноменом пластичности и/или нейропластичности. В широком плане пластичность рассматривается как изменения структурно-функциональной и метаболической организации нервной системы, обеспечивающие возможность продолжения эффекта после окончания действия стимула, либо сохранения эффекта в виде следа, а также модуляции эффекта при повторных воздействиях. Нейропластичность представляет собой совокупность различных процессов реорганизации синаптических связей, направленных на оптимизацию функционирования нейронных сетей [1; 7; 14; 20]. Нейропластичность играет решающую роль в раннем онтогенезе при установлении новых синаптических связей, возникающих при обучении, а также при поддержании функционирования уже сформированных нейронных сетей [7; 19]. Наряду с этим, клиницисты выделяют как автономный другой аспект исследования нейропластичности. Он связан с изучением возможностей восстановления утраченных функций после повреждения структур нервной системы [1; 14].

До недавнего времени предполагалось, что пластичность и зависимость от опыта нервной системы ограничиваются продолжительностью сензитивного периода, по завершении которого нейропластичность существенно снижается и вместе с ней снижается зависимость от опыта. Однако исследования последних лет показывают, что нервная системы сохраняет способность изменяться под влиянием опыта на протяжении всего

жизненного цикла, во-первых, и способна восстанавливать свои функции после повреждения (например, после инсульта), во-вторых [1; 7; 13; 14].

Телесность как фактор познания

По современным представлениям телесность как способность адекватно воспринимать свое тело и управлять его функциями вносит существенный вклад в познавательную деятельность человека. Это направление получило в английском оригинале название «embodiment» или «embodied cognition» [2; 4; 10]. В качестве русскоязычного эквивалента используется термин «воплощенное познание» или «укорененное познание» [2]. Помимо этого, употребляются и другие термины, описывающие функционирование познания с опорой на свойства тела, а также особенности окружающей его среды. Так при анализе парадигмы НК существенным является положение о так называемом «ситуативном или контекстно-обусловленном познании» (embedded cognition), которое предполагает, что эффективность функционирования психики зависит от ситуации или текущего контекста [2; 10].

Обозначенная область исследований к настоящему времени занимает видное место в когнитивной науке, но её полный обзор не входит в задачу статьи. Следует только обратить внимание на несколько позиций, важных для понимания источников парадигмы НК [4; 10; 22]. В первую очередь, это придание особой значимости сенсомоторному интеллекту.

Известно, что в основе большинства психических функций лежит сенсомоторный интеллект, который реализуется

и в определенной степени ограничивается на каждом возрастном этапе специфическими особенностями телесного строения. Во-вторых, познание, опирающееся на телесность, тесно связано с понятием среды. Среда представляет собой физическое и ментальное пространство, с одной стороны ограничивающее познание в силу особенностей телесной конституции, а с другой — в силу того же фактора создающее возможности для познания (в полном соответствии с широко признанным экологическим подходом Дж. Гибсона).

Наконец, исследование познания в контексте телесности возвращает в анализ фактор времени, который был практически элиминирован в традиционных моделях когнитивной психологии. Время выступает как важный фактор организации познания и поведения в реальной жизнедеятельности человека. Допускается, что эти свойства познания генетически и функционально укоренены в особенностях строения человеческого тела и в практических предметных действиях человека [4; 10].

Конструктивизм и нейроконструктивизм

Изложенные выше представления вплотную подвели исследователей к переоценке роли собственной активности человека в формировании субстрата когнитивного функционирования. В 2003 г. появилась статья С. Сегаловица [18], в которой была дана интерпретация понятия конструктивизм в контексте нейронауки. Согласно этому толкованию, ребенок сам направляет собственное развитие, конструируя свой ментальный

опыт и его нейрофизиологические основы. Сегаловиц выделил три положения, составляющих основу такого конструктивизма: (1) опыт, приобретаемый ребенком, влияет на выбор траектории созревания мозга; (2) период, в течение которого мозг зависит от приобретаемого опыта, охватывает весь онтогенез от рождения до смерти; (3) осознанный человеком выбор элементов опыта даёт возможность направлять развитие своей нервной системы.

Несмотря на значимость заявленного контекста, эта небольшая статья не получила отклика. Однако уже в 2007 г. появилась коллективная монография группы британских исследователей под названием «Нейроконструктивизм» [16]. НК — система представлений, ставящая своей целью интегрировать все имеющиеся в психологии и нейронауке представления о когнитивном развитии в единое целое, связав преобразования, происходящие на разных этапах онтогенеза, в непрерывную траекторию развития [15; 16; 17; 21].

По утверждению авторов НК базируется на интеграции разных подходов к изучению созревания мозга и когнитивного развития. К их числу относятся концепции: (1) вероятностного эпигенеза; (2) зависимости нейронного субстрата от опыта; (3) интерактивной специализации в развитии регионов мозга [11]; (4) познания, основывающегося на телесности; (5) классического конструктивизма Ж. Пиаже; (6) вычислительного моделирования, представляющего формализованные описания процесса обработки информации; (7) ведущей роли социального окружения в развитии ребенка.

Основное содержание теории фокусируется на факторах, которые влияют

на появление ментальных репрезентаций в постнатальном развитии. Репрезентации в этом контексте определяются как паттерны нейронной активации в мозге, которые вносят свой вклад в обеспечение адаптивного поведения в окружающей среде [15]. Сущность развития в контексте НК — прогрессивное увеличение сложности репрезентаций с последующим возникновением новых компетенций, развивающихся на базе старых, более простых.

Проникновение в суть когнитивного развития требует объяснения того, как формируется нейронный субстрат, обеспечивающий функционирование ментальных репрезентаций. Согласно положениям НК, развитие этих нейронных систем ограничивается рядом факторов внешнего и внутреннего происхождения. Таким образом, траектория когнитивного развития реализуется в результате действия и взаимодействия так называемых «ограничителей» (constraints), контролирующих динамику процессов созревания. Эти ограничители существуют и действуют на разных уровнях, начиная от генотипа и отдельных нейронов вплоть до физического и социального окружения растущего ребенка. Например, в младенчестве в качестве одного из ограничителей выступают такие телесные особенности, как незрелость перцептивных систем и опорно-двигательного аппарата. Эти факторы сужают круг возможностей ребенка в разных вариантах познавательной активности. Социальные влияния также сопряжены с различными видами ограничителей, начиная с младенчества. Известно, что новорожденные могут различать речевые сигналы почти всех существующих языков, но после шести месяцев пребывания в

определенной среде эта способность ослабевает.

Идея рассматривать ограничение как фактор, направляющий траекторию развития, не нова. Еще в середине XX века британским биологом К.Г. Уоддингтоном (Waddington, 1957) был введен прочно утвердившийся в науке принцип эпигенетического ландшафта. Последний представляется как местность, изрезанная долинами и оврагами, которые берут начало на вершине и расходятся от неё в разные стороны. В начале развития любой развивающийся организм находится на вершине. В ходе последовательных делений (стадий развития) организм, спускаясь, с вершины, попадает в то или иное углубление. В точках пересечения углублений организм делает выбор, куда двигаться дальше. После выбора дальнейшие потенции к развитию ограничиваются. Постепенное ограничение потенций организма к развитию получило название «канализации».

В рамках НК понимание природы ограничителей нейронного созревания является центральным положением в объяснении когнитивного развития. Согласно положениям НК можно идентифицировать общие принципы действия ограничителей на всех уровнях формирования репрезентаций (Рис. 1). Основной принцип — зависимость от контекста, т.е. окружения (context dependence). Репрезентации не возникают и не функционируют в изоляции. Они формируются в контексте, который определяется взаимодействием между событиями на молекулярном, нейронном, телесном и социальном уровнях. Ограничения, задаваемые контекстом, включают три механизма: *кооперацию, конкуренцию и пространственно-временную организацию*.

Эти три механизма могут по-разному воплощаться и принимать разные формы в зависимости от уровня анализа, но, взятые вместе, они обеспечивают два основных процесса и результата развития: *проактивность* и *возрастающую специализацию* репрезентаций. Проактивность — понятие, отражающее внутренне генерируемую активность в развитии функции, т.е. собственную активность формирующегося элемента (аналог конструктивизма). Возрастающая специализация означает прогрессирующее ограничение возможностей в результате приобретения большей специфичности и меньшей пластичности (аналог канализации). Итоговым результатом действия этих механизмов является парциальная (частичная) репрезентация. Нейронные репрезентации являются частичными, потому что они носят фрагментарный и динамический характер, отражая текущее состояние объекта по принципу «здесь и сейчас».

Важной составной частью парадигмы НК является выделение и описание пяти уровней формирования репрезентации, которые рассматриваются как «ступени развития», с присущими каждому уровню особенностями ограничителей. Варианты реализации зависимости от ограничений — конкуренция, кооперация, пространственно-временная организация действуют на каждом из пяти уровней. Особенностью взаимосвязи ограничителей, действующих на разных уровнях, является допущение их обязательной согласованности и преемственности влияний при переходе с одного уровня на другой.

Иными словами, эти уровни и действующие на этих уровнях ограничители объединяют общие моменты: включен-

ность в контекст и зависимость от него. Эту тенденцию можно проследить, начиная с первого генетического уровня. По современным представлениям определенный ген, детерминируя конкретный признак, постоянно сохраняет свою

зависимость от окружающей среды, т.е. других генов. Одним из примеров служит феномен доминирования, когда проявление отдельного аллеля (варианта гена) зависит от того, какой именно аллель составляет ему пару.

Основной принцип



Рис. 1. Принципы, механизмы и процессы, образующие структурную модель нейроконструктивизма. Механизмы и процессы могут рассматриваться применительно к разным уровням описания [17].

Термины, приведенные на рисунке: основной принцип (core principle); зависимость от контекста (context dependence); общие механизмы (general mechanisms); конкуренция (competition); кооперация (cooperation); пространственно-временная организация (chronotopy); процессы развития (developmental processes); проактивность (proactivity); возрастающая специализация (progressive specialization); результат (outcome); парциальная репрезентация (partial representation).

При введении четырех других уровней описываемой иерархической модели авторы используют ряд неологизмов, построенных по общему принципу. Такой приём, видимо, был использован, чтобы подчеркнуть единообразие в строении ограничений и их преемственность при переходе с одного уровня на другой.

Следующий после генетического уровень — *клеточный* (encellment). В качестве единицы анализа здесь выделяется нервная клетка. Функционируя в составе нервной сети и участвуя во многих параллельно протекающих процессах, нейрон по мере развития постоянно взаимодействует с другими клетками, реа-

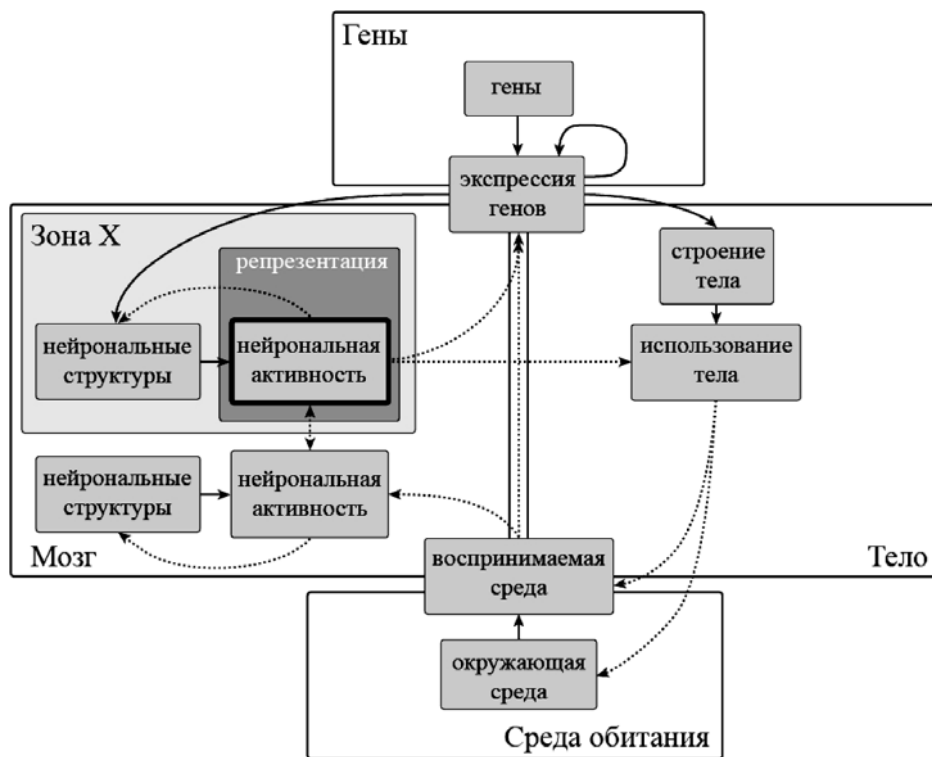


Рис. 2. Факторы, ограничивающие формирование репрезентаций (паттернов нейронной активации) в некоторой зоне коры X. Зона X не является проекционной, поэтому эффекты изменений, обусловленных средовым опытом, опосредуются влияниями из других зон коры. Формирующаяся репрезентация может определять собственное поступательное развитие через множественные замкнутые контуры связи с такими факторами как гены, другие образования мозга, телесность и среда. Сплошные линии указывают взаимосвязи с факторами, ограничивающими траекторию развития; пунктирные - направление влияний, вызывающих изменения [15].

Термины, приведенные на рисунке: гены (genes); экспрессия генов (gene expression); строение тела (body morphology); использование тела (body use); воспринимаемая среда (experienced environment); окружающая среда (environment); мозг (brain); нейронные структуры (neural structures); нейронная активность (neural activity); репрезентации (representations); зона X (region X).

лизуя каждый из перечисленных выше трех механизмов ограничения.

Объединяясь, нейроны формируют нервные центры и структуры, например, зоны коры. Эти объединения образуют следующий уровень — уровень нервных образований (embrainment). Свойства таких образований также являются контекст-зависимыми, причем как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной. Во втором случае эта зависимость реализуется в двух противоположных направлениях: от вышерасположенных центров к нижерасположенным и, напротив, от нижерасположенных к выше расположенным. Отношение к мозгу как к органу, встроенному в тело, определяет четвертый уровень (embodiment).

Известно, что все внешние и внутренние поверхности тела содержат разные типы рецепторов (экстра-, интеро-, проприо), которые выделяют зону доступных для восприятия значений. Границы этой зоны задаются сенсорными порогами: нижним и верхним. Моторика (среди множества других задач) обслуживает и задачи сенсорного различения, приближая или удаляя сенсорные поверхности от источников информации. По этой причине тело человека (на всех этапах онтогенеза) действует как материализованный информационный фильтр, с одной стороны, и как средство манипуляции окружением с другой.

Наконец последний пятый уровень отражает включенность развивающегося организма и психики в социальный контекст (ensocialment). Очевидно, что особенности социального окружения обладают мощным потенциалом ограничения, отрицая одни аспекты поведения и познания и настойчиво формируя другие.

Описанные ограничители взаимодействуют между собой, определяя фор-

мирование нейронной репрезентации (рис. 2). В этом взаимодействии большую роль играют обратные связи разного типа. Так, развитие нервных центров само зависит от вызываемой воспринимаемым опытом нейронной активности, которая в свою очередь может вызвать изменения экспрессии генов.

В генетике уже описана особая категория так называемых ранних генов (Immediate-Early Gene), которые активируются после экстренного изменения окружающей среды [3]. Их активация приводит к включению другой группы — поздних генов, осуществляющих фиксацию и сохранение элементов опыта. Усвоение новой информации, в том числе социальной, изменяет характер нейронной репрезентации. Подобный цикл многократно воспроизводится, создавая условия для поступательного развития [12; 20].

Описанная система представлений позволяет аккумулировать разрозненные знания об отдельных сторонах развития в единую логически непротиворечивую теоретико-экспериментальную парадигму. В её контексте разные аспекты психофизиологического созревания и развития в норме и патологии могут получить более полное описание.

Возникли новые возможности интерпретации нарушений нормативного развития благодаря расширению таких понятий, как: траектория развития, интерактивная специализация, ограничители развития и ряда других. Одним из главных факторов атипического развития служат изменения ограничителей, образно говоря, сталкивающихся растущий организм с его нормативной траекторией [5; 12]. Атипические ограничители также как и в норме определяют формирование репрезентаций, но они приводят к другим результатам. Атипическое развитие можно рассматривать как вариант

адаптации к множественным взаимодействиям ограничителям, имеющим другую, возможно, искаженную природу. Из этого вытекает новый подход к нарушениям психофизиологического созревания, согласно которому нарушения не следует рассматривать как результат избирательного селективного искажения отдельно взятого компонента в полноценно функционирующей когнитивной системе.

Авторы парадигмы НК настойчиво возражают против анализа типического развития на основе селекции отдельных признаков и их мозговых эквивалентов. По сути, они представляют системную модель развития, в соответствии с которой нарушения не могут иметь изолированного характера. Независимо от их конкретных проявлений и уровня действия, ограничители с искаженными свойствами изменяют всю траекторию когнитивного развития [5; 12; 21]. В качестве подтверждения приводятся конкретные варианты интерпретации с позиций НК таких заболеваний как синдром Уильямса, аутизм, дислексия.

Заключение

Новая теоретико-экспериментальная парадигма нейроконструктивизм в сущности представляет собой вариант синтеза — объединения составных частей познаваемого предмета в одно целое. Практически все существующие к настоящему времени представления нейронауки и возрастной психофизиологии так или иначе рассматриваются в этой парадигме с определенной расстановкой акцентов. Основной упор делается на объединение направлений, обеспечивающих идею связанности и преемственности уровней и этапов в последовательную и непрерывную траекторию развития.

Единицей анализа служит понятие когнитивной репрезентации, имеющее двойную интерпретацию — психологическую и нейрофизиологическую. Именно двойственная природа данного понятия обеспечивает возможность синтеза, выступая в роли своеобразного «моста» между естественнонаучными и собственно психологическими компонентами парадигмы.

Новизна подхода связана с дифференциацией понятия «среда». Выделяется пять уровней анализа и вариантов толкования среды в диапазоне от генетического до социального. Подобная операционализация позволяет рассматривать формирование репрезентаций с учетом тех ограничений, которые накладывает на этот процесс каждый из выделяемых компонентов среды. Благодаря этому, значительно расширяется пространство анализа и интеграции эмпирических данных. Выделены и описаны механизмы реализации зависимости от среды — конкуренция, кооперация, пространственно-временная организация. Эти механизмы действуют на пяти уровнях формирования репрезентаций. Особенностью взаимосвязи ограничителей, действующих на разных уровнях, является требование обязательной их согласованности и преемственности влияний при переходе с одного уровня на другой. В контексте парадигмы успешно апробируется новый подход к толкованию атипического развития.

Несмотря на наличие некоторых дискуссионных моментов, в целом появление такой масштабной парадигмы как нейроконструктивизм можно расценивать как научное достижение, потому что логически непротиворечивая интеграция знаний из разных дисциплин и научных направлений может оказаться продуктивнее их изолированного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Живолупов С.А., Самарцев И.Н. Нейропластичность: патофизиологические аспекты и возможности терапевтической модуляции // Журнал неврологии и психиатрии. 2009. Т. 109. № 4. С. 78—85.
2. Фаликман М.В. Когнитивная наука в XXI веке: организм, социум, культура // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2012. № 3. С. 31—37.
3. Amigdala regulation of Immediate-Gene expression in the Hippocampus induced by contextual fear conditioning / N.C. Huff, F. Matthew, K. Wright-Hardesty, D. Sprunger // The Journal of Neuroscience. 2006. Vol. 26, № 5. P. 1616—1623.
4. Anderson M.L. Embodied cognition [Electronic resource]: A field guide // Artificial Intelligence. 2003. Vol. 149, № 1. P. 91—103. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370203000547> (дата обращения: 15.12.2014).
5. Annaz D., Karmiloff-Smith A., Thomas M.S.C. The importance of tracing developmental trajectories for clinical child neuropsychology // Child neuropsychology: Concepts, theory and practice / J. Reed, J. Warner Rogers (Eds). Oxford: Wiley-Blackwell. 2008. P. 7—18.
6. Bidell T.R., Fisher K.W. Between nature and nurture: the role of human agency in the epigenesis of intelligence // Intelligence, Heredity, and Environment / R. Sternberg, E. Grigorenko (Eds). Cambridge: Cambridge University Press. 1996. P. 193—242.
7. Butz M., Worgotter F., van Ooyen A. Activity-dependent structural plasticity [Electronic resource] // Brain Research Reviews. 2009. Vol. 60, № 2. P. 287—305. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165017308001513> дата обращения: 15.12.2014).
8. Gottlieb G. Probabilistic epigenesis [Electronic resource] // Developmental Science. 2007. Vol. 10. № 1. P. 1—11. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7687.2007.00556.x/full> (дата обращения: 15.12.2014).
9. Greenough W.T., Black J.E., Wallace C. Experience and brain development [Electronic resource] // Child Development. 1987. Vol. 58. P. 539—559. URL: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1130197?sid=21106023417273&uid=3738936&uid=4&uid=2> (дата обращения: 15.12.2014).
10. Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems [Electronic resource] / L.W. Barsalou, W.K. Simmons, A.K. Barbey, C.D. Wilson // Trends in Cognitive Sciences. 2003. Vol. 7, № 2. P. 84—91. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661302000293> дата обращения: 15.12.2014).
11. Johnson M.H. Functional brain development in infants [Electronic resource]: Elements of an interactive specialization framework // Child Development. 2000. Vol. 71. P. 75—81. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-8624.00120/abstract> (дата обращения: 15.12.2014).
12. Karmiloff-Smith A. Nativism Versus Neuroconstructivism: Rethinking the Study of Developmental Disorders // Developmental Psychology 2009. Vol. 45, № 1. P. 56—63.
13. May A. Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain [Electronic resource] // Trends in Cognitive Sciences. 2011. Vol. 15, № 10. P. 475—482. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661311001707> (дата обращения: 15.12.2014).

14. *Min Fu, Zuo Yi*. Experience-dependent structural plasticity in the cortex [Electronic resource] // *Trends in Neurosciences*. 2011. Vol. 34. No. 4. P. 177–187. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166223611000178> (дата обращения: 15.12.2014).
15. Neuroconstructivism [Electronic resource] / G. Westermann, D. Mareschal, M.H. Johnson, S. Sirois, M.W. Spratling, M. S.C. Thomas // *Developmental Science*. 2007. Vol. 10, № 1. P. 75–83. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7687.2007.00567.x/full> (дата обращения: 15.12.2014).
16. Neuroconstructivism. Volumes I & II / D. Mareschal, M.H. Johnson, S. Sirois, M. Spratling, M. S.C. Thomas, G. Westermann. 2007. Oxford: Oxford University Press. 576 p.
17. *Precis of neuroconstructivism: how the brain constructs cognition* [Electronic resource] / S. Sirois, M. Spratling, M. S.C. Thomas, G. Westermann, D. Mareschal, M.H. Johnson // *Behavioral and Brain Sciences*. 2008. Vol. 31. № 3. P. 321–331. URL: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1915668&fileId=S0140525X0800407X> (дата обращения: 15.12.2014).
18. *Segalowitz S.* The concept of constructivism in developmental psychology and neuroscience // *International Society for the Study of Behavioral Development. Newsletter*. 2003, Number 1, Serial No. 43. P. 2–4.
19. Structural brain plasticity in adult learning and development [Electronic resource] / M. Lovden, E. Wenger, J. Martensson, U. Lindenberger // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2013. Vol. 37, № 9, Part B. P. 2296–2310. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014976341300050X> (дата обращения: 15.12.2014).
20. Structural plasticity underlies experience-dependent functional plasticity of cortical circuits [Electronic resource] / L. Wilbrecht, A. Holtmaat, N. Wright, K. Fox, K. Svoboda // *The Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30, № 14. P. 4927–4932. URL: <http://www.jneurosci.org/content/30/14/4927.short> (дата обращения: 15.12.2014).
21. *Westermann G., Thomas M. S.C., Karmiloff-Smith A.* Neuroconstructivism // *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* / Usha Goswami (Ed). UK, West Sussex: A John Wiley & Sons, Ltd. 2011. P. 749–774.
22. *Wilson M.* Six views of embodied cognition [Electronic resource] // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002. Vol. 9, № 4. P. 625–636. URL: <http://link.springer.com/article/10.3758/BF03196322> (дата обращения: 15.12.2014).

Is neuroconstructivism a new paradigm in the age-related psychophysiology?

T.M. Maryutina

doctor of psychological sciences, professor, head of the chair of differential psychology and psychophysiology in Psychology Institute named after L.S. Vygotsky, Russian State Humanitarian University; staff member of Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, Russia, t.m.mariutina@rambler.ru

The article describes a new theoretical-experimental paradigm, characterizing the biological conditions and mechanisms of cognitive development — neuro-cognitivism, lists the prerequisites of its emergence, summarizes and analyses its basic concepts. The article highlights the interdisciplinary nature of this concept, the broad scope of modern approaches to development in the range of epigenesis to social determination. The article also discusses the feasibility of its application for the evaluation of disorders in mental development .

Keywords: probability epigenesis; plasticity, experience dependent; physicality, neuroconstructivism, mental representation, developmental trajectories.

REFERENCES

1. Zhivolupov S.A., Samarcev I.N. Nejroplastichnost': patofiziologicheskie aspekty i vozmozhnosti terapevticheskoj moduljaciji [Neuroplasticity: pathophysiological patterns and perspectives of therapeutic modulation]. *Zhurnal nevrologii i psixiatrii [Neuroscience and Behavioral Physiology]*, 2009. Vol. 109, no. 4, pp. 78—85. (In Russ., Abstr. in Engl.).
2. Falikman M.V. Kognitivnaja nauka v XXI veke: organizm, socity, kul'tura [Cognitive science in the XXI century: the body, society, culture]. *Psichologicheskij zhurnal Mezhdunarodnogo universiteta prirody, obshhestva i cheloveka "Dubna"*. 2012, no. 3. pp. 31—37. (In Russ.).
3. Amigdala regulation of Immediate-Gene expression in the Hippocampus induced by contextual fear conditioning / N.C. Huff, F. Matthew, K. Wright-Hardesty, D. Sprunger. *The Journal of Neuroscience*, 2006. Vol. 26, no. 5, pp. 1616—1623.
4. Anderson M.L. Embodied cognition [Electronic resource]: A field guide. *Artificial Intelligence*, 2003. Vol. 149, no. 1, pp. 91—103. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370203000547> (Accessed: 15.12.2014).
5. Annaz D., Karmiloff-Smith A., Thomas M.S.C. The importance of tracing developmental trajectories for clinical child neuropsychology. *Child neuropsychology: Concepts, theory and practice*. J. Reed, J. Warner Rogers, eds. Oxford: Wiley-Blackwell. 2008, pp. 7—18.
6. Bidell T.R., Fisher K.W. Between nature and nurture: the role of human agency in the epigenesis of intelligence. *Intelligence, Heredity, and Environment* / R. Sternberg, E. Grigorenko, eds. Cambridge: Cambridge University Press. 1996, pp. 193—242.

7. Butz M., Worgotter F., van Ooyen A. Activity-dependent structural plasticity [Electronic resource]. *Brain Research Reviews*, 2009. Vol. 60, no. 2, pp. 287–305. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165017308001513> Accessed: 15.12.2014).
8. Gottlieb G. Probabilistic epigenesis [Electronic resource]. *Developmental Science*, 2007. Vol. 10, no. 1, pp. 1–11. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7687.2007.00556.x/full> (Accessed: 15.12.2014).
9. Greenough W.T., Black J.E., Wallace C. Experience and brain development [Electronic resource]. *Child Development*, 1987. Vol. 58, pp. 539–559. Available at: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1130197?sid=21106023417273&uid=3738936&uid=4&uid=2> (Accessed: 15.12.2014).
10. Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems [Electronic resource]. L.W. Barsalou, W.K. Simmons, A.K. Barbey, C.D. Wilson. *Trends in Cognitive Sciences*, 2003. Vol. 7, no. 2, pp. 84–91. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661302000293> Accessed: 15.12.2014).
11. Johnson M.H. Functional brain development in infants [Electronic resource]: elements of an interactive specialization framework. *Child Development*, 2000. Vol. 71, no. 1, pp. 75–81. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-8624.00120/abstract> (Accessed: 15.12.2014).
12. Karmiloff-Smith A. Nativism Versus Neuroconstructivism: Rethinking the Study of Developmental Disorders. *Developmental Psychology*, 2009. Vol. 45, no. 1, pp. 56–63.
13. May A. Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain [Electronic resource]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2011. Vol. 15, no. 10, pp. 475–482. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661311001707> (Accessed: 15.12.2014).
14. Min Fu, Zuo Yi Experience-dependent structural plasticity in the cortex [Electronic resource]. *Trends in Neurosciences*, 2011. Vol. 34, no. 4, pp. 177–187. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166223611000178> (Accessed: 15.12.2014).
15. Neuroconstructivism [Electronic resource]. G. Westermann, D. Mareschal, M.H. Johnson, S. Sirois, M.W. Spratling, M. S.C. Thomas. *Developmental Science*, 2007. Vol. 10, no. 1, pp. 75–83. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7687.2007.00567.x/full> (Accessed: 15.12.2014).
16. Neuroconstructivism. Volumes I & II. D. Mareschal, M.H. Johnson, S. Sirois, M. Spratling, M. S.C. Thomas, G. Westermann. 2007. Oxford: Oxford University Press. 576 p.
17. Precis of neuroconstructivism: how the brain constructs cognition [Electronic resource]. S. Sirois, M. Spratling, M. S.C. Thomas, G. Westermann, D. Mareschal, M.H. Johnson. *Behavioral and Brain Sciences*, 2008. Vol. 31, no. 3, pp. 321–331. Available at: <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1915668&fileId=S0140525X0800407X> (Accessed: 15.12.2014).
18. Segalowitz S. The concept of constructivism in developmental psychology and neuroscience. *International Society for the Study of Behavioral Development*. Newsletter, 2003, Number 1, Serial no. 43, pp. 2–4.
19. Structural brain plasticity in adult learning and development [Electronic resource]. M. Lovden, E. Wenger, J. Martensson, U. Lindenberger. *Neuroscience and Biobehavioral*

- Reviews*, 2013. Vol. 37, no. 9, Part B, pp. 2296—2310. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014976341300050X> (Accessed: 15.12.2014).
20. Structural plasticity underlies experience-dependent functional plasticity of cortical circuits [Electronic resource]. L. Wilbrecht, A. Holtmaat, N. Wright, K. Fox, K. Svoboda. *The Journal of Neuroscience*, 2010. Vol. 30, no. 14, pp. 4927—4932. Available at: <http://www.jneurosci.org/content/30/14/4927.short> (Accessed: 15.12.2014).
21. Westermann G., Thomas M. S.C., Karmiloff-Smith A. Neuroconstructivism. *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*. Usha Goswami, ed. UK, West Sussex: A John Wiley & Sons, Ltd. 2011, pp. 749—774.
22. Wilson M. Six views of embodied cognition [Electronic resource]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2002. Vol. 9, no. 4, pp. 625—636. Available at: <http://link.springer.com/article/10.3758/BF03196322> (Accessed: 15.12.2014).