

Феномен инкубации и активация семантической сети

Е.А. Валужева

Институт психологи Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН),
Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: 0000-0003-3637-287X, e-mail: ekval@list.ru

Н.М. Лаптева

Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН);
Московский государственный психолого- педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-6582>, e-mail: n.m.lapteva@mail.ru

Н.А. Поспелов

Институт перспективных исследований мозга МГУ (ИПИМ МГУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6637-2120>, e-mail: nik-pos@yandex.ru

Д.В. Ушаков

Институт психологи Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: 0000-0001-9716-1545, e-mail: dv.usakov@gmail.com

Проблема инкубации является одной из центральных и парадоксальных в психологии мышления и творчества. Парадоксальность проблемы связана с тем, что решение задачи продвигается в то время, когда решающий не думает о задаче, а отвлечен на совсем другие дела. Хотя инкубация довольно интенсивно исследуется в разных странах мира, до сих пор не существует единого объяснения этого явления. В статье изложен новый теоретический подход, который отличается двумя особенностями. Во-первых, предлагается исследовать общую проблему инкубации на материале задач, допускающих максимально точный анализ задействованных в их решении процессов — триад Медника. Во-вторых, для реализации точного анализа процессов решения задач используется подход из общей теории сетей. В итоге теоретическая модель, разрабатываемая для объяснения инкубации, включает два уровня процессов: распространение активации по семантической сети и управляющие процессы, исходящие из целеполагания при принятии задачи субъектом.

Ключевые слова: инкубация, сетевые модели, Тест отдаленных ассоциаций.

Финансирование. Статья подготовлена при поддержке РФФИ, грант № 22-18-00704.

Для цитаты: Валужева Е.А., Лаптева Н.М., Поспелов Н.А., Ушаков Д.В. Феномен инкубации и активация семантической сети // Культурно-историческая психология. 2024. Том 20. № 4. С. 40–51. DOI:<https://doi.org/10.17759/chp.2024200405>

Incubation and Activation of the Semantic Network

Ekaterina A. Valueva

Institute of psychology of the Russian academy of sciences,
Moscow State University of psychology and education, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0003-3637-287X, e-mail: ekval@list.ru

Nadezhda M. Lapteva

Institute of Psychology of RAS; Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-6582>, e-mail: n.m.lapteva@mail.ru

Nikita A. Pospelov

Institute for Advanced Brain Studies of Moscow State University, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6637-2120>, e-mail: nik-pos@yandex.ru

Dmitry V. Ushakov

Institute of psychology of the Russian academy of sciences,
Moscow State University of psychology and education, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0001-9716-1545, e-mail: dv.usakov@gmail.com

The issue of incubation is a central and paradoxical topic in the psychology of thinking and creativity. The paradox arises from the observation that problem-solving can advance during periods when the solver is not consciously focused on the problem but is instead engaged in unrelated activities. Despite extensive research on incubation, a unified explanation for this phenomenon remains elusive. This article introduces a new theoretical approach characterized by two distinctive features. First, it advocates for the examination of the general problem of incubation through tasks that facilitate a precise analysis of the underlying processes—specifically, Mednick's triads. Second, to enable a comprehensive analysis of problem-solving processes, this approach incorporates methods from general network theory. Consequently, the theoretical model developed to elucidate incubation encompasses two levels of processes: the propagation of activation across the semantic network and the control processes driven by goal-setting when the individual accepts the problem.

Keywords: Incubation, network models, Remote Associates Test.

Funding. The article was prepared with the support of the Russian Science Foundation, project number № 22-18-00704.

For citation: Valueva E.A., Lapteva N.M., Pospelov N.A., Ushakov D.V. Incubation and Activation of the Semantic Network. *Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya = Cultural-Historical Psychology*, 2024. Vol. 20, no. 4, pp. 40–51. DOI: <https://doi.org/10.17759/chp.2024200405>

Введение

В современной психологии нечасто удается совместить постановку крупной проблемы с конкретным, детализированным анализом протекающих процессов [8]. Эта ситуация не обошла стороной и психологию мышления. В этой области, с одной стороны, исследуются такие общие явления, как инкубация, озарение или инсайт, а с другой стороны, создаются точные, в пределе — вычислительные модели решения конкретных задач. При этом первые изучаются на разных задачах в абстракции от их специфики и конкретики протекающих при их решении процессов. Вторые порой доходят до большой точности и конкретности анализа процессов, задействованных в решении соответствующей задачи, упуская из виду общую проблематику.

В настоящей статье будут более подробно рассмотрены эти отношения и намечен план возможного подхода к устранению противоречия. Для этого необходимо рассмотреть один общий феномен и одну задачу, на которой этот феномен проявляется. Феномен должен быть подробно изучен и быть достаточно существенным для процессов творческого мышления. Этим критериям отвечает феномен инкубации, который и будет рассмотрен ниже.

Задача, вернее тип задач, применяемых для исследования мышления, должен быть таким, чтобы допускать точное описание (в пределе — компьютерное моделирование) процессов решения у человека. В последнее время такие подходы к точному описанию решения были найдены для заданий Теста отдаленных ассоциаций С. Медника, которые и станут

предметом рассмотрения ниже. Эти задания представляют собой тройки слов, к которым надо найти четвертое, образующее устойчивое сочетание с каждым из данной тройки. Например, если даны слова «красный, меч, мясо», то решением является слово «рыба» (устойчивые сочетания — красная рыба; рыба-меч; ни рыба, ни мясо).

Создание достаточно точных моделей ассоциативных связей языка в последнее десятилетие позволило описать пути решения испытуемыми задач «медниковского типа» как движения по связям семантической сети. В то же время эти задачи активно используются при исследовании феномена инкубации.

Здесь также следует отметить, что медниковские триады — не единственный вариант задач, который может быть рассмотрен в этом контексте. Например, анаграммы также успешно используются при исследованиях инкубации, а сегодня найдены подходы к достаточно точному описанию и управлению процессами их решения.

Ниже будет проведен фокусированный обзор исследований инкубации и сетевых механизмов решения триад Медника. Этот обзор покажет, что даже там, где в исследовании инкубации используются триады Медника, не проводится детальный анализ процессов решения триад, которые позволили бы пролить свет на то, какие компоненты этих процессов задействованы в феноменах инкубации. Обзор покажет то же отсутствие связи и в другую сторону: там, где детально исследуются процессы решения триад, не рассматриваются ни инкубация, ни какие-либо иные феномены, имеющие отношение к решению других типов задач. Далее будет намечена позитивная программа, направленная на исследование инкубации при детализации описания процессов решения медниковских триад. В заключение выдвигаются предположения о том, как может выглядеть общая архитектура когнитивной системы в результате совмещения общих и детализированных подходов к процессам решения задач.

Феномен инкубации

Первые упоминания о феномене инкубации можно найти в интроспективных работах выдающихся мыслителей XIX века. Например, немецкий математик К. Гаусс, сделав значимое открытие в области теории чисел, писал о нем следующее: «Наконец, два дня назад я добился успеха, но не благодаря моим величайшим усилиям, а благодаря Богу. Как при вспышке молнии, проблема внезапно оказалась решенной. Я не могу сказать сам, какова природа путеводной нити, которая соединила то, что я уже знал, с тем, что принесло мне успех» [1, с. 71].

В работах А. Пуанкаре феномен инкубации был не только описан, но и объяснен [6]. Ученый полагал, что в тот период, когда человек не решает задачу сознательно, происходит работа бессознательного. Ее можно представить как хаотичное движение сталкивающихся между собой молекул-понятий, подоб-

ных молекулам идеального газа. Некоторые из них образуют новые красивые упорядоченные сочетания и появляются в сознании в виде идей, что сопровождается чувством «озарения» [7].

Термин «инкубация» получил известность после публикации работы Г. Уоллеса [62], в которой было предложено разделять творческий процесс на четыре стадии: подготовка, инкубация, озарение и проверка. На первой стадии человек предпринимает сознательные попытки решить стоящую перед ним задачу. На второй стадии инкубации он прекращает попытки и переключает внимание на другую деятельность. Скрытая неосознанная работа приводит решателя к стадии озарения, которая представляет собой неожиданное осознание креативной идеи. В современной психологии этот феномен называют инсайтом [54]. На четвертой стадии, решатель проверяет правильность своих идей и оформляет их [41]. Несмотря на то, что некоторые исследователи высказывают сомнения в том, что данная четырехстадийная модель верна [20], ее широко используют до сих пор, создавая с ее помощью концептуальные рамки для анализа процесса творческого мышления.

Экспериментальные методы исследования и объяснения инкубации

Современные исследования инкубации основываются на двух экспериментальных парадигмах. Первая из них была названа «отсроченная инкубация». При проведении экспериментов в этой парадигме испытуемых делят на две группы: экспериментальную и контрольную. В экспериментальной группе участники решают все задачи, затем делают инкубационный перерыв, после которого пробуют решить повторно нерешенные задачи. В контрольной группе испытуемые также сначала пробуют решить все задания, а затем сразу же предпринимая повторную попытку решения нерешенных задач, работая без перерыва. Эффект инкубации вычисляется как различие между группами по успешности выполнения задач на второй попытке решения [3].

Вторая парадигма получила название «немедленная инкубация». Ее особенность состоит в том, что испытуемые делают инкубационный перерыв сразу же после прочтения инструкции к заданию [16]. Метааналитические работы показали, что как отсроченная инкубация, так и немедленная могут привести к увеличению успешности решения задач [46, 55].

Когнитивные механизмы, лежащие в основе феномена инкубации, вызывают множество споров среди исследователей. Было выдвинуто немало теорий и гипотез, претендующих на объяснение этого явления, некоторые из них были экспериментально проверены. Условно разделим их на два подхода: специфический и неспецифический. Специфический подход к объяснению инкубации предполагает, что во время перерыва в решении задачи протекают активные процессы, направленные на поиск решения. Неспецифический подход не предполагает наличия

подобных процессов, с этой точки зрения инкубация только лишь меняет условия в когнитивной системе на более благоприятные для нахождения решения.

Одно из самых простых объяснений в рамках специфического подхода — гипотеза сознательной работы, согласно которой решатель во время периода инкубации периодически возвращается к работе над проблемой, хотя впоследствии не отдает себе в этом отчет [64]. В экспериментальных исследованиях не было обнаружено фактов, говорящих в пользу этой точки зрения [23; 24; 10].

Некоторые экспериментальные работы показали, что отвлечение внимания испытуемого от решения задачи приводит к возникновению эффекта инкубации [16; 17; 24]. В метааналитической работе М. Стрик было доказано существование этого эффекта [55]. Эти результаты натолкнули авторов на объяснение, которое получило название «Теория бессознательной работы». Согласно этой теории, во время инкубации протекают неосознаваемые процессы поиска решения. Пока исследователи не дали четкого ответа на вопрос о том, в чем именно заключается эта работа. Одно из предположений заключается в том, что во время инкубационного перерыва происходит распределение активации по элементам ассоциативной сети памяти, что может приводить к вхождению ключевых элементов в рабочую память [25; 30]. Однако результаты проверки этого предположения были неоднозначными [47; 66]. Таким образом, несмотря на перспективность данной гипотезы, механизмы, лежащие в основе бессознательного поиска решения, еще не ясны.

Сторонники неспецифического подхода полагают, что во время инкубации не происходит поиск решения, перерыв только лишь создает более благоприятные условия для дальнейшего поиска ответа. Например, сторонники гипотезы рассеяния усталости полагали, что благодаря инкубационному перерыву человек отдыхает от неудачных попыток решения [45]. Но в этой идее заставляет усомниться тот факт, что решение сложных задач во время инкубации зачастую оказывает положительное влияние на решение основной задачи [44].

Теория забывания фиксации, которая является одной из самых влиятельных теорий инкубации, предполагает, что инкубационный перерыв облегчает нахождение правильного решения за счет забывания фиксации [49]. Во многих экспериментах было показано что эффект инкубации возникает только в тех случаях, когда испытуемым предварительно давались стимулы, отвлекающие от правильного ответа [29; 38; 50; 51; 61]. Тем не менее некоторые исследования содержат аргументы против утверждения о том, что механизмом снятия фиксации является забывание, например, было показано, что длительность инкубации не влияет на величину эффекта [46], инкубация часто оказывалась успешной, когда отсутствовала процедура предварительной фиксации [16] и не оказывала влияния на число ответов, соответствующих фиксациям, на второй попытке решения [58].

Другое объяснение феномена инкубации — гипотеза ухода внимания [44]. Гештальт-психологи вто-

рой половины XX века связывают инсайт с внезапной сменой целостного видения проблемной ситуации, переструктурированием имеющегося гештальта [65]. Когда человек приступает к решению задачи, то формируется первое организующее предположение, которое связывает между собой элементы задачи в целостную структуру. Но оно может оказаться неверным и приводить решателя в тупик [43]. В такой ситуации инкубация может помочь убрать внимание из неверного организующего предположения, благодаря чему появляется возможность сформировать верное предположение, объединяющее имеющиеся элементы в новую структуру. В экспериментах Е. Сигал на материале инсайтного паззла было показано, что эффект инкубации не зависит от длительности перерыва. Из этого автор сделала вывод о том, что не происходит забывания ложного предположения (или фиксации в терминах теории селективного забывания) и выход из него происходит мгновенно посредством переключения внимания. Также было выявлено, что сложная инкубационная задача приводит к большему эффекту инкубации, автор объяснил это тем, что такая задача требует большей концентрации и поэтому лучше выводит внимание из ложного предположения, чем простая [44].

С точки зрения теории спонтанной ассимиляции инкубация рассматривается как процесс ожидания подсказок из внешней среды [45]. Подсказки ассимилируются когнитивной системой посредством сопоставления их с «маркерами неудачи». Это элементы долговременной памяти, которые формируются в момент, когда решение зашло в тупик. Они представляют собой репрезентации отдельных признаков задачи, закодированные в виде характеристик стимулов внешней среды. При поступлении новой информации, релевантной правильной ответу, репрезентация проблемы переструктурируется и увеличивается вероятность инсайта. Эти предположения проверялись в нескольких экспериментах [31; 19], в них было показано, что ключи-подсказки помогают, но эффект инкубации при этом отсутствует. Таким образом, не было обнаружено фактов, которые бы доказывали правомерность гипотезы спонтанной ассимиляции.

Исследования инкубации проводятся в основном в зарубежной психологии, однако в отечественной науке существуют важные для осмысления этого феномена теоретические разработки. В работах выдающегося отечественного исследователя Я.А. Пономарева содержатся идеи, важные для понимания механизмов инкубации. Согласно разработанной им структурно-уровневой модели творческого процесса, появление и оформление креативной идеи осуществляется благодаря совместной поочередной работе логического и интуитивного полюсов мышления. Инкубационный период, говоря в терминах его теории, — это переключение в интуитивный режим работы, в котором человеку открывается доступ к бесчисленным знаниям и связям, сформированным в прошлой деятельности без участия сознания. Они были названы ученым «побочным продуктом действия» [5]. Эти идеи были развиты в современных

работах, например в исследовании Е.А. Валуевой и Н.М. Лаптевой. В нем была проведена серия экспериментов, направленных на проверку модели, согласно которой инкубация служит для устранения причин, мешающих осознанию преактивированных имплицитных решений [2; 4].

Инкубация при решении различных задач

Для того чтобы структурировать и обобщить данные, полученные в многочисленных исследованиях, было проведено несколько метааналитических [46, 55] и обзорных [18, 22] работ. В них было показано, что эффект инкубации существует, и были детально проанализированы факторы, влияющие на его величину.

В метаанализе У. Сно и Т. Ормерода вычислялась выраженность эффекта инкубации при решении различных типов творческих задач. Было выявлено, что длительность подготовительного этапа имеет значение для многих типов задач, а длительность инкубационного периода — только для дивергентных. Авторы полагают, что эти данные являются аргументами в пользу теории бессознательной работы, поскольку в случае дивергентных задач большую роль может играть процесс распространения активации по семантической сети, для которого требуется время. При решении «лингвистических задач», например теста отдаленных ассоциаций, наибольший эффект вызывал инкубационный перерыв, заполненный решением легких задач. Авторы приводят объяснение этого факта в рамках гипотезы забывания фиксации, полагая, что при решении подобного рода задач фиксации могут сильно затруднять процесс решения, а легкая задача, обеспечивая расфокусировку внимания, устраняет влияние фиксации [46].

Подведем итоги сказанному выше. В целом, феномен инкубации получает экспериментальное подтверждение. Он, по-видимому, немаловажен в реальном жизненном творчестве. Проявление этого феномена существенно для теоретического понимания процесса мышления.

Хотя инкубация исследуется на многих задачах, это делается без углубления в процессы решения этих задач. В качестве объяснительных применяются понятия общего характера — сознательная и бессознательная работа, фиксация и т. д., которые вроде бы применимы ко всем задачам. При этом, однако, если углубиться в анализ процессов решения задач на дивергентное или конвергентное мышление, принятие решений и т. д., то обнаруживается, что эти понятия не используются или не нужны для описания их решения. Например, происходит ли фиксация при решении анаграмм или триад Медника? Это непростой вопрос, который требует тщательного исследования. В чем заключается «работа» по решению этих задач? Ответить на этот вопрос вряд ли будет очень просто. По крайней мере, точные исследования процессов решения этих задач, как будет видно ниже, апеллируют к другой, более детализированной терминологии.

Сетевые модели решения триад Медника

Перспективным направлением для дальнейших исследований в этой области является использование новых методов, опирающихся на представления о когнитивных сетевых моделях [12; 30]. Триады Медника, будучи вербальными задачами, согласно современным представлениям когнитивной психологии, решаются путем распространения активации по семантической сети, связывающей между собой слова, которые обладают достаточной для этого степенью близости.

Идея сетевой интерпретации когнитивной деятельности при решении триад исходит от самого С. Медника, который предположил, что формирование новых связей через отдаленно ассоциированные элементы (т. е. креативность) более выражено у индивидов, имеющих много относительно слабых ассоциаций [32]. Напротив, испытуемые, чья внутренняя лексико-семантическая структура ассоциативной сети состоит из меньшего количества более сильных ассоциаций (которые, как правило, также являются общими и традиционными), менее способны к формированию творческих идей. Это предположение определило популярность сетевых методов, которые сегодня используются для моделирования механизмов решения тестов RAT и позволяют оценить творческий потенциал человека [27; 37].

Исходя из этого видения, можно более точно переформулировать гипотезы о природе инкубации, фактически перевести их на другой научный язык.

Бессознательная или сознательная работа могут быть поняты как продолжение процессов распространения активации в тот период, когда человек переключился на другую задачу. Разница между двумя видами работы не оказывается здесь очень резкой: процессы активации, согласно распространенным когнитивным моделям (ср. АСТ-R Дж. Андерсона), приводят к появлению элемента в сознании после преодоления некоторого активационного порога. Спонтанная ассимиляция подсказок тоже понятна в этом контексте. Подсказки вызывают активацию некоторых элементов сети, повышая их эффективность в качестве передаточных звеньев.

Интересна возможная интерпретация механизмов забывания фиксации и ухода внимания. С позиции семантической сети они могут быть сведены к одному процессу: застреванию активации на некоторых irrelevantных элементах, которые не позволяют ей достичь целевых узлов сети.

Однако необходимо учесть, что сам по себе процесс распространения активации по сети, безусловно, не может служить объяснением целенаправленной деятельности, каковой является решение задач. Самопроизвольное распространение активации релевантно свободному ассоциированию, или мечтанию. Этот процесс протекает в рамках, задаваемых целью, связанной с решением задачи. Следовательно, понимание когнитивных процессов при решении задачи возможно только с учетом работы управляющих структур, которая также потенциально может стать источником инкубации.

Управляющие структуры в случае творческой, неалгоритмической задачи, где неясны пути к итоговому решению, могут работать скорее по принципу оттормаживания, чем активации. Противоположность этому составляют задачи, где субъекту известен алгоритм достижения результата, как, например, задачи на перемножение чисел. В случае алгоритмических задач управляющие структуры должны обеспечить сосредоточение когнитивных процессов на выполнении заданного алгоритма. В то же время в неалгоритмических задачах, например в триадах Медника, известны только некоторые характеристики итогового решения (слово должно образовывать устойчивые связи с тремя данными), но не способ его достижения. Поэтому управление решением, конечно, должно присутствовать, иначе когнитивная система перейдет в режим свободного ассоциирования, но оно может состоять не в сосредоточении на определенных действиях, а в оттормаживании того, что не соответствует цели. Фокусировка на определенном содержании является ключевым моментом целенаправленного поведения, а ее осуществление предполагает как поддержку активации релевантного содержания, так и торможение интерферирующего. Чем более творческой является задача, тем меньше решающие владеют алгоритмами достижения цели и тем труднее сосредоточение на задаче, которое необходимо предполагает оттормаживание.

В сочетании с сетевыми представлениями управляющие структуры означают возможность оттормаживания тех узлов или участков семантической сети, которые не являются релевантными для решаемой задачи. Это предотвращает чрезмерное расползание активации, превращение когнитивной деятельности в свободное ассоциирование.

Здесь заключена другая возможность когнитивной интерпретации фиксации. Фиксация может иметь источник не в застревании активации на семантической сети, а в сохранении ограничений на уровне управляющих структур. В этом случае инкубация может заключаться в том, что с течением времени происходит ослабление управляющих ограничений, что открывает дорогу для нахождения решений.

Подходы к инкубации в контексте детализированного исследования процессов решения триад Медника

Сформулированные выше соображения представляют собой существенный шаг к экспериментальной проверке теоретических моделей.

Экспериментальный подход, который позволяет решать поставленную задачу, должен позволять точно влиять на протекание процессов решения триад Медника. Такой экспериментальный подход проще всего может быть построен на широко применяемом в психологии методе прайминга, причем как позитивного, так и негативного [9]. Прайминг позволяет управлять степенью активации элементов семантической сети.

Прайминг в контексте излагаемого подхода к инкубации при решении триад Медника может быть использован в двух планах. Первый связан с возможностью тестирования состояния семантической сети, возникающего в процессе решения триад Медника. В этом случае в качестве прайминга выступает сам процесс решения задачи, а функция экспериментатора состоит в том, чтобы выявить возникающую при этом активацию семантической сети. Наиболее очевидно в этом случае использование экспериментального приема лексического решения.

Второй план заключается в том, чтобы экспериментально манипулировать с активацией семантической сети и управляющих структур, регистрируя возникающие при этом изменения в скорости и точности решения задач в ситуациях с инкубацией и без нее. При этом позитивный прайминг трактуется как повышение активации узла семантической сети, а негативный — как включение управляющего оттормаживания.

При таком подходе рассмотренные выше модели инкубации приводят к различающимся экспериментальным гипотезам. Бессознательная или сознательная работа должна приводить к увеличению активации релевантных для решения узлов. Спонтанная ассимиляция должна иметь такой же эффект, но только при условии получения соответствующего внешнего сигнала. Уход внимания должен выражаться в снижении активации иррелевантных узлов. А модель осознания предсказывает ухудшение решения при негативном прайминге узлов, лежащих на пути решения.

В этом месте, однако, возникает вопрос: а как мы можем для каждой триады определить релевантные узлы, лежащие на пути решения, иррелевантные, заманивающие решающего на ложный путь, и нейтральные, не имеющие отношения к решению? Ответ на этот вопрос дают исследования, проводимые по структуре семантических сетей.

Семантические сети и анализ сложных сетей

В последние годы наука о сетях и связанные с ней подходы к сложным системам превратились в активную междисциплинарную область исследований. Известные примеры включают семантические сети (в которых понятия связаны через общие значения [40]), социальные сети (в которых люди связаны через знакомство [33]) и нейронные сети (в которых нейроны связаны через аксоны и дендриты [39]).

После определения узлов и связей и построения сети можно изучать ее топологию, используя описательные инструменты сетевой науки [34]. Например, можно описать глобальную топологию сети (такую, как сеть малого мира или случайный граф [63]) или положение и важность отдельных элементов (например оценивая центральность узлов и связей). Такой анализ часто проводится с целью связать структурные особенности сети с динамикой системы [35].

Сетевая наука — плодотворная теоретическая и методологическая основа, способствующая лучшему

пониманию когнитивных процессов. Когнитивная наука и сетевая наука имеют хорошо совместимые и взаимодополняющие цели: когнитивная наука направлена на понимание ментальных репрезентаций и процессов [57], а сетевая наука предоставляет средства для понимания структуры сложных систем и влияния этой структуры на процессы [56].

Сети, что важно при исследовании когнитивных процессов, не только учитывают многомерную архитектуру сложных систем [21], но и предлагают инструментарий для разработки формальных теорий динамических процессов, которые формируют и поддерживают их [13; 14]. Одним из успешных примеров такого подхода является модель взаимности интеллекта [59], которая предлагает объяснение положительных корреляций между тестами интеллекта на основе сетевых концепций. Это объяснение количественно определяет, как структура когнитивной сети влияет на динамические процессы, происходящие в ней. Модель была расширена для объяснения различных эмпирических явлений, о которых сообщается в литературе по исследованиям интеллекта [42; 60].

Важная и быстро развивающаяся область в области лингвистических сетей связана с так называемым «вложением слов» (word embedding). «Вложение слов» — это набор методов моделирования языка, основанных на отображении слов на векторы чисел, обычно в многомерном евклидовом пространстве. Семантическое сходство двух слов определяется в простейшем случае как скалярное произведение соответствующих векторов, а в последние годы — с помощью нейросетевых алгоритмов. В последнее время было предпринято несколько попыток рассматривать семантические сети как мультиплексы (т. е. многослойные сети). Такие подходы, по-видимому, дают более глубокое понимание формирования ментального лексикона [53] и раннего усвоения слов [52].

Тесно связанными с классом семантических сетей являются сети свободных ассоциаций [15]. Сети такого типа получают в ходе следующего эксперимента: участникам («испытуемым») дают слова («стимулы») и просят написать для каждого стимула первое слово (одно или несколько), пришедшее им в голову в ответ. Ответы многих испытуемых агрегируются, и строится направленная сеть взвешенных связей между словами (стимулами и ответами), отражающая частоту ответов.

Появление точных описаний семантических сетей позволило выйти на проблему вербальной креативности, оцениваемой с помощью триад Медника. Так, показано, что лексико-семантические и ассоциативные сети более творческих и менее творческих личностей существенно различаются: сети более творческих личностей более взаимосвязаны, гибки и надежны, что подтверждает предположение Медника о природе творчества [27]. В еще одной работе [48] авторы проанализировали последовательности догадок, которые приходили в голову испытуемым во время решения RAT. Они измерили сходство между догадками, стимулами и ответами с помощью латентно-семантического анализа (англ. latent semantic

analysis, LSA) и пришли к выводу, что существуют две систематические стратегии решения лингвистических задач с множественными ограничениями, к которым относится и тест RAT. В первой стратегии генерация догадок основывается в основном только на одном из трех стимулов, в то время как во второй стратегии подразумевается, что испытуемый делает новые догадки, частично основываясь на своих предыдущих попытках.

В другой работе использовалась модель поиска на графе Метрополиса—Гастингса, в которой вероятности перехода основывались на геодезических (кратчайших) расстояниях по сети от слов-стимулов до ответа [11]. Авторы подчеркивают критическое влияние силы ассоциации между ключевыми словами на результат решения теста RAT.

Проведены разработка, реализация и анализ вычислительной модели, который может отвечать на вопросы RAT [36]. Авторы разработали искусственную когнитивную систему, основанную на единой структуре организации и обработки знаний (так называемые «графы знаний»), в частности, они учитывали ассоциативные связи между понятиями в базе знаний и частоту их появления.

Показано, что сила ассоциации и количество возможных ассоциаций (путей на графе) оказывают важное и при этом раздельное влияние на успешность решения RAT [37]. Наконец, предложена модель спайковой нейронной сети, при этом решение RAT моделировалось как суперпозиция двух когнитивных процессов: первый генерировал потенциальные ответы, а второй их фильтровал [26].

Таким образом, на сегодня мы имеем значительное количество работ, детализирующих решение триад на материале анализа семантических сетей. Сама структура этих сетей описывается на основании ассоциативного эксперимента. Правда, необходимо отметить, что надежные и полные сетевые модели сегодня созданы для английского и ряда других языков, но не для русского. Однако это обстоятельство может рассматриваться как временная инструментальная недоработка, которую необходимо устранить.

Эмпирическая верификация осуществляется путем сравнения данных по времени и точности решения триад с предсказаниями модели. Предсказания выводятся из полученной в ассоциативном эксперименте структуры семантической сети и алгоритмов «навигации» по сети, имитирующих процесс распространения активации от условий к ответу при решении триад.

Исследования показали достаточно высокий уровень предсказания успешности решения триад Медника на основании модели, что позволяет считать обоснованными выводимые из модели предположения о путях распространения активации при решении триад. Тем самым можно достаточно надежно определять целевые точки для воздействия прайминга и тестирования активации, формирующейся в ходе решения задач.

Как можно охарактеризовать степень точности описания процессов решения триад Медника, получаемого

изложенным выше путем? Представляется, что в качестве максимального критерия точности следует принять возможность воспроизведения процесса в виде реализуемого на компьютере алгоритма. Изложенные способы моделирования с определенными ограничениями позволяют это делать в отношении процессов, разворачивающихся при решении триад на семантической сети. Ограничения состоят в том, что модель (по крайней мере на нынешнем этапе) не учитывает индивидуальные различия, а может достаточно точно предсказывать лишь поведение на выборке. В отношении управляющих структур точность значительно меньше, она достаточна только в отношении взаимодействия управляющих структур с семантической сетью, т. е. в той области, где они допускают участие тех или иных узлов семантической сети в решении.

Заключение

В целом, проведенный анализ показывает, что когнитивная психология сегодня в достаточной степени оснащена средствами, позволяющими проводить точный анализ даже в отношении таких сложных явлений, как решение задач и инкубация. Однако здесь вновь возникает вопрос о соотношении общих

явлений типа инкубации или озарения, с одной стороны, и механизмов решения конкретных задач — с другой. Проведенный анализ показал возможность анализировать сложные явления (в данном случае инкубацию) на материале точного описания процессов (в данном случае при решении триад Медника). Однако возникает вопрос: в какой мере одинаковы те когнитивные процессы, которые стоят за инкубацией при решении разных задач? Ответ на этот вопрос может быть дан только после проведения соответствующих исследований. Однако уже здесь можно наметить ряд возможностей для вариаций.

Весьма вероятно, что двойственные процессы сетевой активации и фокусирующего управления могут объяснить явления инкубации во многих случаях, для многих задач. При этом для различных задач могут разное значение иметь долговременное распространение активации на сети, устранение ее застревания или же снятие управляющих ограничений. Таким образом, инкубация в области различных задач в зависимости от структуры этих задач может происходить в разной степени и за счет разных источников.

Сказанное не отрицает, что для других классов задач могут существовать другие источники инкубации, такие, что не могут быть выявлены при анализе триад Медника.

Литература

1. Бюлер В. Гаусс. Биографическое исследование. М.: Наука, 1989.
2. Валуева Е.А. Роль инкубационного периода в решении задач // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2016. Том. 13. № 4. С. 789–800. DOI:10.17323/1813-8918-2016-4-789-800
3. Лаптева Н.М. Инкубация в решении творческих задач: гипотезы и перспективы // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2020. Том. 17. № 4. С. 630–644. DOI:10.17323/1813-8918-2020-4-630-644
4. Лаптева Н.М. Когнитивные механизмы инкубации при решении мыслительных задач: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.01. М., 2021. 122 с.
5. Пономарев Я.А. Психика и интуиция. М.: Политиздат, 1967.
6. Пуанкаре А. Математическое открытие // Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 356–365.
7. Ушаков Д.В. Творчество и «дарвиновский» способ его описания. Психологический журнал. 2000. Том. 20. № 3. С. 103–110.
8. Ушаков Д.В. На пути к целостному видению человека // Психология. Журнал ВШЭ. 2020. Том. 17. № 4. С. 617–629.
9. Фаликман М.В., Койфман А.Я. Виды прайминга в исследованиях восприятия и перцептивного внимания // Вестник Московского университета. 2005. Том 14. № 3. С. 86–97.
10. Baird B., Smallwood J., Mrazek M.D., Kam J.W.Y., Franklin M.S., Schooler J.W. Inspired by distraction: Mind wandering facilitates creative incubation // Psychol. Sci. 2012. Vol. 23. P. 1117–1122. DOI:10.1177/0956797612446024
11. Bourgin D.D., Abbot J.T., Griffiths T.L. Empirical Evidence for Markov Chain Monte Carlo in Memory Search //

References

1. Byuler V. Gauss. Biograficheskoe issledovanie [Gauss. A Biographical Study]. Moscow: Nauka, 1989. (In Russ.).
2. Valueva E.A. Rol inkubatsionnogo perioda v reshenii zadach [The Role of Incubation Period in Problem Solving]. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki* [Psychology. Journal of the Higher School of Economics], 2016. Vol. 13, no. 4, pp. 789–800. DOI:10.17323/1813-8918-2016-4-789-800. (In Russ.).
3. Lapteva N.M. Inkubatsiya v reshenii tvorcheskikh zadach: gipotezy i perspektivy [Incubation in Solving Creative Problems: Hypotheses and Prospects]. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki* [Psychology. Journal of the Higher School of Economics], 2020. Vol. 17, no. 4, pp. 630–644. DOI:10.17323/1813-8918-2020-4-630-644. (In Russ.).
4. Lapteva N.M. Kognitivnye mekhanizmy inkubatsii pri reshenii myslitelnykh zadach [Cognitive Mechanisms of Incubation in Solving Thinking Problems]. Candidate's thesis. Moscow, 2021. 122 p. (In Russ.).
5. Ponomarev Ya.A. Psikhika i intuitsiya [Psychics and Intuition]. Moscow: Politizdat, 1967. (In Russ.).
6. Puanckare A. Matematicheskoe otkrytie [Mathematical Discovery]. *Khrestomatiya po obshchei psikhologii. Psikhologiya myshleniya* [Reader on General Psychology. Psychology of Thinking]. Moscow: MGU Publishing House, 1981, pp. 356–365. (In Russ.).
7. Ushakov D.V. Tvorchestvo i «darwinovskii» sposob ego opisaniya [Creativity and the “Darwinian” Way of Its Description]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological Journal], 2000. Vol. 20, no. 3, pp. 103–110. (In Russ.).
8. Ushakov D.V. Na puti k tselochnomu videniyu cheloveka [Towards a Holistic Vision of a Human]. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki* [Psychology. Journal of the Higher School of Economics], 2020. Vol. 17, no. 4, pp. 617–629. (In Russ.).

Proceeding of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society. 2014. Vol. 36. P. 224.

12. Collins A.M., Loftus E.F. A spreading activation theory of semantic processing // *Psychological Review*. 1975. Vol. 82. P. 407–428. DOI:10.1037//0033-295X.82.6.407

13. Cramer A.O., Waldorp L.J., Van Der Maas H.L., Borsboom D. Comorbidity: a network perspective // *Behav. Brain Sci*. 2010. Vol. 33. P. 137–150. DOI:10.1017/S0140525X09991567

14. Dalege J. et al. Toward a formalized account of attitudes: the causal attitude network (CAN) model // *Psychol. Rev*. 2016. Vol. 123. P. 2–22. DOI:10.1037/a0039802

15. De Deyne S., Navarro D.J., Perfors A., Brysbaert M., Storms G. The “Small World of Words” English word association norms for over 12,000 cue words // *Behavior Research Methods*. 2019. Vol. 51. P. 987–1006. DOI:10.3758/s13428-018-1115-7

16. Dijksterhuis A., Meurs T. Where creativity resides: the generative power of unconscious thought // *Consciousness and Cognition*. 2006. Vol. 15. № 1. P. 135–146. DOI:10.1016/j.concog.2005.04.007

17. Dijksterhuis A., Nordgren L.F. A Theory of Unconscious Thought // *Perspectives on Psychological Science*. 2006. Vol. 1. № 2. P. 95–109. DOI:10.1111/j.1745-6916.2006.00007.x

18. Dodds R.A., Smith S.M., Ward T.B. The use of environmental clues during incubation // *Creativity Research Journal*. 2002. Vol. 14. № 3–4. P. 287–304. DOI:10.1207/S15326934CRJ1434_1

19. Dorfman J. Metacognition and incubation effects in insight problem solving. Unpublished doctoral dissertation. San Diego: University of California, 1990.

20. Dorfman J., Shames V.A., Kilhstrom J.F. Intuition, incubation, and insight: Implicit cognition in problem solving // *Implicit cognition* / Ed. G. Underwood. Oxford: Oxford University Press, 1996. P. 257–296. DOI:10.1093/acprof:oso/9780198523109.003.0007

21. Estrada E., Rodríguez-Velázquez J.A. Complex Networks as Hypergraphs. 2005.

22. Gilhooly K.J. Incubation and Intuition in Creative Problem Solving // *Front. Psychol*. 2016. Vol. 7. P. 1807. DOI:10.3389/fpsyg.2016.01076

23. Gilhooly K.J., Georgiou G.J., Garrison J., Reston J.D., Sirota M. Don't wait to incubate: Immediate versus delayed incubation in divergent thinking // *Memory and Cognition*. 2012. Vol. 40. P. 966–975. DOI:10.3758/s13421-012-0199-z

24. Gilhooly K.J., Georgiou G.J., Sirota M., Paphiti-Galeano A. Incubation and suppression processes in creative problem solving // *Thinking and Reasoning*. 2015. Vol. 21. P. 130–146. DOI:10.1080/13546783.2014.953581

25. Helie S., Sun R. Incubation, insight, and creative problem solving: a unified theory and a connectionist model // *Psychol. Rev*. 2010. Vol. 117. P. 994–1024. DOI:10.1037/a0019532

26. Kajic I., Gosmann J., Stewart T.C., Wennekers T., Eliasmith Ch. A Spiking Neuron Model of Word Associations for the Remote Associates Test // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 8. № 99. DOI:10.3389/fpsyg.2017.00099

27. Kenett Y.N., Anaki D., Faust M. Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. № 407. P. 1–16. DOI:10.3389/fnhum.2014.00407

28. Kenett Y.N. Flexibility of thought in high creative individuals represented by percolation analysis // *Proc. Natl. Acad. Sci*. 2018. Vol. 115. № 5. P. 867–872. DOI:10.1073/pnas.1717362115

29. Kohn N., Smith S.M. Partly versus completely out of your mind: Effects of incubation and distraction on resolving

9. Falikman M.V., Koifman A.Ya. Vidy praiminga v issledovaniyakh vospriyatiya i pertseptivnogo vnimaniya [Types of Priming in Studies of Perception and Perceptual Attention]. *Vestnik Moskovskogo universiteta [Moscow University Bulletin]*, 2005. Vol. 14, no. 3, pp. 86–97. (In Russ.).

10. Baird B., Smallwood J., Mrazek M.D., Kam J.W.Y., Franklin M.S., Schooler J.W. Inspired by distraction: Mind wandering facilitates creative incubation. *Psychol. Sci.*, 2012. Vol. 23, pp. 1117–1122. DOI:10.1177/0956797612446024

11. Bourgin D. D., Abbot J.T., Griffiths T.L. Empirical Evidence for Markov Chain Monte Carlo in Memory Search. *Proceeding of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2014. Vol. 36, pp. 224.

12. Collins A.M., Loftus E.F. A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 1975. Vol. 82, pp. 407–428. DOI:10.1037//0033-295X.82.6.407

13. Cramer A.O., Waldorp L.J., Van Der Maas H.L., Borsboom D. Comorbidity: a network perspective. *Behav. Brain Sci*, 2010. Vol. 33, pp. 137–150. DOI:10.1017/S0140525X09991567

14. Dalege J., Borsboom D., van Harreveld F., van den Berg H., Conner M., Maas H. Toward a formalized account of attitudes: the causal attitude network (CAN) model. *Psychol. Rev*, 2016. Vol. 123, pp. 2–22. DOI:10.1037/a0039802

15. De Deyne S., Navarro D.J., Perfors A., Brysbaert M., Storms G. The “Small World of Words” English word association norms for over 12,000 cue words. *Behavior Research Methods*, 2019. Vol. 51, pp. 987–1006. DOI:10.3758/s13428-018-1115-7

16. Dijksterhuis A., Meurs T. Where creativity resides: the generative power of unconscious thought. *Consciousness and Cognition*, 2006. Vol. 15, no. 1, pp. 135–146. DOI:10.1016/j.concog.2005.04.007

17. Dijksterhuis A., Nordgren L.F. A Theory of Unconscious Thought. *Perspectives on Psychological Science*, 2006. Vol. 1, no. 2, pp. 95–109. DOI:10.1111/j.1745-6916.2006.00007.x

18. Dodds R.A., Smith S.M., Ward T.B. The use of environmental clues during incubation // *Creativity Research Journal*, 2002. Vol. 14, no. 3–4, pp. 287–304. DOI:10.1207/S15326934CRJ1434_1

19. Dorfman J. Metacognition and incubation effects in insight problem solving. Unpublished doctoral dissertation. San Diego: University of California, 1990.

20. Dorfman J., Shames V.A., Kilhstrom J.F. Intuition, incubation, and insight: Implicit cognition in problem solving. In Underwood G. (eds.) *Implicit cognition*. Oxford: Oxford University Press, 1996, pp. 257–296. DOI:10.1093/acprof:oso/9780198523109.003.0007

21. Estrada E., Rodríguez-Velázquez J.A. Complex Networks as Hypergraphs, 2005.

22. Gilhooly K.J. Incubation and Intuition in Creative Problem Solving. *Front. Psychol*, 2016. Vol. 7, pp. 1807. DOI:10.3389/fpsyg.2016.01076

23. Gilhooly K.J., Georgiou G.J., Garrison J., Reston J.D., Sirota M. Don't wait to incubate: Immediate versus delayed incubation in divergent thinking. *Memory and Cognition*, 2012. Vol. 40, pp. 966–975. DOI:10.3758/s13421-012-0199-z

24. Gilhooly K.J., Georgiou G.J., Sirota M., Paphiti-Galeano A. Incubation and suppression processes in creative problem solving. *Thinking and Reasoning*, 2015. Vol. 21, pp. 130–146. DOI:10.1080/13546783.2014.953581

25. Helie S., Sun R. Incubation, insight, and creative problem solving: a unified theory and a connectionist model. *Psychol. Rev.*, 2010. Vol. 117, pp. 994–1024. DOI:10.1037/a0019532

26. Kajic I., Gosmann J., Stewart T. C., Wennekers T., Eliasmith Ch., A Spiking Neuron Model of Word Associations

- fixation // *The Journal of Creative Behavior*. 2009. Vol. 43. № 2. P. 102–118. DOI:10.1002/j.2162-6057.2009.tb01309.x
30. Martindale C. Creativity and connectionism // *The creative cognition approach* / Eds. S.M. Smith, T.B. Ward R.A. Finke. Cambridge, MA: Bradford. 1995. P. 249–268. DOI:10.7551/mitpress/2205.003.0015
31. Mednick M., Mednick S., Mednick E. Incubation of creative performance and specific associative priming // *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1964. Vol. 69. P. 84–88. DOI:10.1037/H0045994
32. Mednick S. The associative basis of the creative process // *Psychological Review*. 1962. Vol. 69. P. 220–232. DOI:10.1037/h0048850
33. Milgram S. The small world problem // *Psychol. Today*. 1967. Vol. 2. P. 60–67.
34. Newman M.E., Clauset A. Structure and inference in annotated networks // *Nat. Commun.* 2016. Vol. 7. P. 1–11. DOI:10.1038/ncomms11863
35. Newman M.E.J., Barabasi A.L.E., Watts D.J. *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton University Press, 2006.
36. Olteteanu A.M., Falomir Z. ComRAT-C: A Computational Compound Remote Associates Test Solver based on Language Data and its Comparison to Human Performance // *Pattern Recognition Letters*. 2015. Vol. 67. P. 81–90. DOI:10.1016/j.patrec.2015.05.015
37. Olteteanu A.M., Schultheis H. What determines creative association? Revealing two factors which separately influence the creative process when solving the remote associates test // *Journal of Creative Behavior*. 2017. Vol. 53. P. 389. DOI:10.1002/jocb.177
38. Penalzoza A.A., Calvillo D.P. Incubation provides relief from artificial fixation in problem solving // *Creativity Research Journal*. 2012. Vol. 24. № 4. P. 338–344. DOI:10.1080/10400419.2012.730329
39. Ramón y Cajal S. The Croonian Lecture: la fine structure des centres nerveux // *Proceedings of the Royal Society of London*. 1894. Vol. 55. P. 444–468. DOI:10.1098/rspl.1894.0063
40. Richens R.H. Preprogramming for mechanical translation // *Mech. Transl. Comput. Ling.* 1956. Vol. 3. P. 20–25.
41. Sadler-Smith E. Wallas' Four-Stage Model of the Creative Process: More Than Meets the Eye? // *Creativity Research Journal*. 2015. Vol. 27. № 4. P. 342–352. DOI:10.1080/10400419.2015.1087277
42. Savi A.O., Marsman M., van der Maas H.L., Maris G.K. The wiring of intelligence // *Perspect. Psychol. Sci.* 2019. Vol. 14. P. 1034–1061. DOI:10.1177/1745691619866447
43. Scheerer M. Problem solving // *Scientific American*. 1963. Vol. 208. № 4. P. 118–128. DOI:10.1038/2151119b0
44. Segal E. Incubation in insight problem solving // *Creativity Research Journal*. 2004. Vol. 16. P. 141–148. DOI:10.1207/s15326934crj1601_13
45. Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., Yaniv I. Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis // *The nature of insight* / Eds. R. J. Sternberg, J. E. Davidson. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995. P. 65–124.
46. Sio U.N., Ormerod T.C. Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review // *Psychological Bulletin*. 2009. Vol. 135. № 1. P. 94–120. DOI:10.1037/a0014212
47. Sio U.N., Rudowicz E. The role of an incubation period in creative problem solving // *Creativity Research Journal*. 2007. Vol. 19. № 2–3. P. 307–318. DOI:10.1080/10400410701397453
- for the Remote Associates Test. *Frontiers in Psychology*, 2017. Vol. 8, no. 99. DOI:10.3389/fpsyg.2017.00099
27. Kenett Y.N., Anaki D., Faust M. Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2014. Vol. 8, no. 407, pp. 1–16. DOI:10.3389/fnhum.2014.00407
28. Kenett Y.N. Flexibility of thought in high creative individuals represented by percolation analysis. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2018. Vol. 115, no. 5, pp. 867–872. DOI:10.1073/pnas.1717362115
29. Kohn N., Smith S. M. Partly versus completely out of your mind: Effects of incubation and distraction on resolving fixation. *The Journal of Creative Behavior*, 2009. Vol. 43, no. 2, pp. 102–118. DOI:10.1002/j.2162-6057.2009.tb01309.x
30. Martindale C. Creativity and connectionism. In Smith S.M., Ward T.B., Finke R.A. (eds.) *The creative cognition approach*. Cambridge, MA: Bradford, 1995, pp. 249–268. DOI:10.7551/mitpress/2205.003.0015
31. Mednick M., Mednick S., Mednick E. Incubation of creative performance and specific associative priming. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 1964. Vol. 69, pp. 84–88. DOI:10.1037/H0045994
32. Mednick S. The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 1962. Vol. 69, pp. 220–232. DOI:10.1037/h0048850
33. Milgram S. The small world problem. *Psychol. Today*, 1967. Vol. 2, pp. 60–67.
34. Newman M.E., Clauset A. Structure and inference in annotated networks. *Nat. Commun.*, 2016. Vol. 7, pp. 1–11. DOI:10.1038/ncomms11863
35. Newman M.E.J., Barabasi A.L.E., Watts D.J. *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton University Press, 2006.
36. Olteteanu A.M., Falomir Z. ComRAT-C: A Computational Compound Remote Associates Test Solver based on Language Data and its Comparison to Human Performance. *Pattern Recognition Letters*, 2015. Vol. 67, pp. 81–90. DOI:10.1016/j.patrec.2015.05.015
37. Olteteanu A.M., Schultheis H., What determines creative association? Revealing two factors which separately influence the creative process when solving the remote associates test. *Journal of Creative Behavior*, 2017. Vol. 53, pp. 389. DOI:10.1002/jocb.177
38. Penalzoza A.A., Calvillo D.P. Incubation provides relief from artificial fixation in problem solving. *Creativity Research Journal*, 2012. Vol. 24, no. 4, pp. 338–344. DOI:10.1080/10400419.2012.730329
39. Ramón y Cajal S. The Croonian Lecture: La Fine Structure des Centres Nerveux. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1894. Vol. 55, pp. 444–468. DOI:10.1098/rspl.1894.0063
40. Richens R.H. Preprogramming for mechanical translation. *Mech. Transl. Comput. Ling.*, 1956. Vol. 3, pp. 20–25.
41. Sadler-Smith E. Wallas' Four-Stage Model of the Creative Process: More Than Meets the Eye? *Creativity Research Journal*, 2015. Vol. 27, no. 4, pp. 342–352. DOI:10.1080/10400419.2015.1087277
42. Savi A.O., Marsman M., van der Maas H.L., Maris G. K. The wiring of intelligence. *Perspect. Psychol. Sci.*, 2019. Vol. 14, pp. 1034–1061. DOI:10.1177/1745691619866447
43. Scheerer M. Problem solving. *Scientific American*, 1963. Vol. 208, no. 4, pp. 118–128. DOI:10.1038/2151119b0
44. Segal E. Incubation in insight problem solving. *Creativity Research Journal*, 2004. Vol. 16, pp. 141–148. DOI:10.1207/s15326934crj1601_13
45. Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., Yaniv I. Demystification of cognitive insight: Opportunistic

48. Smith K.A., Huber D.E., Vul E. Multiply-constrained semantic search in the Remote Associates Test // *Cognition*. 2013. Vol. 128. № 64. DOI:10.1016/j.cognition.2013.03.001
49. Smith S.M. Incubation // *Encyclopedia of Creativity*, Second Edition. 2011. Vol. 1. P. 653–657. DOI:10.1787/9789264173781-en
50. Smith S.M., Blankenship S.E. Incubation and the persistence of fixation in problem solving // *American Journal of Psychology*. 1991. Vol. 104. № 1. P. 61–87. DOI:10.2307/1422851
51. Smith S.M., Blankenship S.E. Incubation effects // *Bulletin of the Psychonomic society*. 1989. Vol. 27. P. 311–314. DOI:10.3758/BF03334612
52. Stella M. Modelling Early Word Acquisition through Multiplex Lexical Networks and Machine Learning // *Big Data Cogn. Comput.* 2019. Vol. 3. № 10. DOI:10.3390/bdcc3010010
53. Stella M., Beckage N.M., Brede M., De Domenico M. Multiplex model of mental lexicon reveals explosive learning in humans // *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. № 1. Article ID 2259. DOI:10.1038/s41598-018-20730-5
54. Sternberg R.J., Davidson J.E. The nature of insight. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995. 617 p.
55. Strick M., Dijksterhuis A., Bos M.W., Sjoerdsma A., VanBaaren R.B., Nordgren L.F. A meta-analysis on unconscious thought effects // *Soc. Cogn.* 2011. Vol. 29. P. 738–762. DOI:10.1521/SOCO.2011.29.6.738
56. Strogatz S.H. Exploring complex networks // *Nature*. 2001. Vol. 410. P. 268–276. DOI:10.1038/35065725
57. Thagard P. *Mind: introduction to cognitive science*, 2nd edn. Cambridge, MA: MIT Press. 2005.
58. Valueeva E.A., Lapteva N.M. Do we need to forget fixations to incubate? Fixation forgetting theory paradox // *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2020. Vol. 17. № 4. P. 682–695. DOI:10.17323/1813-8918-2020-4-682-695
59. Van Der Maas H.L. et al. A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism // *Psychol. Rev.* 2006. Vol. 113. P. 842–861. DOI:10.1037/0033-295X.113.4.842
60. Van Der Maas H. L., Kan K.J., Marsman M., Stevenson C.E. Network models for cognitive development and intelligence // *J. Intell.* 2017. Vol. 5. № 2. DOI:10.3390/jintelligence5020016
61. Vul E., Pashler H. Incubation benefits only after people have been misdirected // *Memory & Cognition*. 2007. Vol. 35. № 4. P. 701–710. DOI:10.3758/BF03193308
62. Wallas G. *The art of thought*. New York, NY: Harcourt Brace Jovanovich, 1926. P. 31–39.
63. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks // *Nature*. 1998. Vol. 393. P. 440–442. DOI:10.1038/30918.
64. Weisberg R.W. *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and the Arts*. New York, NY: J. Wiley & Sons, 2006. P. 443–445.
65. Wertheimer M. *Productive thinking*. New York, NY: Harper & Row, 1959. 302 p.
66. Zhong C.B., Dijksterhuis A., Galinsky A.D. The merits of unconscious thought in creativity // *Psychological science*. 2008. Vol. 19. № 9. P. 912–918. DOI:10.1111/j.1467-9280.2008.02176.x
- assimilation and the prepared-mind hypothesis. In Sternberg R.J., Davidson J.E. (eds.) *The nature of insight*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995, pp. 65–124.
46. Sio U.N., Ormerod T.C. Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 2009. Vol. 135, no. 1, pp. 94–120. DOI:10.1037/a0014212
47. Sio U.N., Rudowicz E. The role of an incubation period in creative problem solving. *Creativity Research Journal*, 2007. Vol. 19, no. 2–3. pp. 307–318. DOI:10.1080/10400410701397453
48. Smith K.A., Huber D.E., Vul E., Multiply-constrained semantic search in the Remote Associates Test. *Cognition*, 2013, Vol. 128, no. 64. DOI:10.1016/j.cognition.2013.03.001
49. Smith S.M. Incubation. *Encyclopedia of Creativity. Second Edition*, 2011. Vol. 1, pp. 653–657. DOI:10.1787/9789264173781-en
50. Smith S.M., Blankenship S.E. Incubation and the persistence of fixation in problem solving. *American Journal of Psychology*, 1991. Vol. 104, no. 1. pp. 61–87. DOI:10.2307/1422851
51. Smith S.M., Blankenship S.E. Incubation effects. *Bulletin of the Psychonomic society*, 1989. Vol. 27, pp. 311–314. DOI:10.3758/BF03334612
52. Stella M. Modelling Early Word Acquisition through Multiplex Lexical Networks and Machine Learning. *Big Data Cogn. Comput.*, 2019. Vol. 3, no. 10. DOI:10.3390/bdcc3010010
53. Stella M., Beckage N.M., Brede M., De Domenico M. Multiplex model of mental lexicon reveals explosive learning in humans. *Scientific Reports*, 2018. Vol. 8, no. 1, Article ID 2259. DOI:10.1038/s41598-018-20730-5
54. Sternberg R.J., Davidson J.E. The nature of insight. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995. 617 p.
55. Strick M., Dijksterhuis A., Bos M.W., Sjoerdsma A., VanBaaren R.B., Nordgren L.F. A meta-analysis on unconscious thought effects. *Soc. Cogn.*, 2011. Vol. 29, pp. 738–762. DOI:10.1521/SOCO.2011.29.6.738
56. Strogatz S.H. Exploring complex networks. *Nature*, 2001. Vol. 410, pp. 268–276. DOI:10.1038/35065725
57. Thagard P. *Mind: introduction to cognitive science*, 2nd edn. Cambridge, MA: MIT Press. 2005.
58. Valueeva E.A., Lapteva N.M. Do we need to forget fixations to incubate? Fixation forgetting theory paradox. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, 2020. Vol. 17, no. 4, pp. 682–695. DOI:10.17323/1813-8918-2020-4-682-695
59. Van Der Maas H.L. et al. A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism. *Psychol. Rev.*, 2006. Vol. 113, pp. 842–861. DOI:10.1037/0033-295X.113.4.842
60. Van Der Maas H.L., Kan K.J., Marsman M., Stevenson C.E. Network models for cognitive development and intelligence. *J. Intell.*, 2017. Vol. 5, no. 2. DOI:10.3390/jintelligence5020016
61. Vul E., Pashler H. Incubation benefits only after people have been misdirected. *Memory & Cognition*, 2007. Vol. 35, no. 4. pp. 701–710. DOI:10.3758/BF03193308
62. Wallas G. *The art of thought*. New York, NY: Harcourt Brace Jovanovich, 1926. pp. 31–39.
63. Watts D. J., Strogatz S.H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 1998. Vol. 393, pp. 440–442. DOI:10.1038/30918
64. Weisberg R.W. *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and the Arts*. New York, NY: J. Wiley & Sons, 2006. pp. 443–445.
65. Wertheimer M. *Productive thinking*. New York, NY: Harper & Row, 1959. 302 p.

66. Zhong C.B., Dijksterhuis A., Galinsky A.D. The merits of unconscious thought in creativity. *Psychological science*, 2008. Vol. 19, no. 9, pp. 912–918. DOI:10.1111/j.1467-9280.2008.02176.x

Информация об авторах

Валуева Екатерина Александровна, кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории психологии и психофизиологии творчества, Институт психологии РАН (ФГБУН ИП РАН); старший научный сотрудник лаборатории исследования когнитивных и коммуникативных процессов подростков и юношей при решении игровых и учебных задач в цифровых средах, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-3637-287X, e-mail: ekval@list.ru

Лаптева Надежда Михайловна, кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории психологии и психофизиологии творчества, Институт психологии Российской Академии Наук (ФГБУН ИП РАН); научный сотрудник лаборатории исследования когнитивных и коммуникативных процессов у подростков и юношей при решении игровых и учебных задач в цифровых средах, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-6582>, e-mail: n.m.lapteva@mail.ru

Поспелов Никита Андреевич, инженер-исследователь, Институт перспективных исследований мозга МГУ (ИПИМ МГУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6637-2120>, e-mail: nik-pos@yandex.ru

Ушаков Дмитрий Викторович, академик РАН, директор, Институт психологии РАН (ФГБУН ИП РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-9716-1545, e-mail: dv.usakov@gmail.com

Information about the authors

Ekaterina A. Valueva, PhD in Psychology, research fellow of the Institute of psychology of the Russian academy of sciences; senior research fellow of the Laboratory of the Study of Cognitive and Communicative Processes in Adolescents and Young Adults while Solving Game and Educational Problems using Digital Environments, Moscow State University of psychology and education, Moscow, Russia, ORCID: 0000-0003-3637-287X, e-mail: ekval@list.ru

Nadezhda M. Lapteva, PhD in Psychology, Research Associate, laboratory psychology and psychophysiology of creativity, Institute of Psychology of RAS; Research Associate, Laboratory for the Study of Cognitive and Communicative Processes in Adolescents and Young Adults while Solving Game and Educational Problems using Digital Environments, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-6582>, e-mail: n.m.lapteva@mail.ru

Nikita A. Pospelov, research engineer, Institute for Advanced Brain Studies of Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6637-2120>, e-mail: nik-pos@yandex.ru

Dmitry V. Ushakov, Effective Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of psychology of the Russian academy of sciences, Moscow, Russia, ORCID: 0000-0001-9716-1545, e-mail: dv.usakov@gmail.com

Получена 03.12.2024

Принята в печать 10.12.2024

Received 03.12.2024

Accepted 10.12.2024