



ДИФФУЗИОННАЯ МОДЕЛЬ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ НА НЕДАВНИЕ НЕГАТИВНЫЕ ПРОБЫ

ВЕЛИЧКОВСКИЙ Б.Б.

ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова; Московский институт психоанализа,
г. Москва, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0605>,
e-mail: velitchk@mail.ru

СУЛТАНОВА Ф.Р.

ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5776-2992>,
e-mail: faniya2014@gmail.com

ТАТАРИНОВ Д.В.

ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-1102>,
e-mail: dmitry.tatarinov@gmail.com

КАЧИНА А.А.

ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2026-3145>,
e-mail: msu-psy@yandex.ru

Исследование посвящено вопросу о вытеснении информации из кратковременной памяти. В двух экспериментах, выполненных с применением метода недавней негативной пробы, анализировалось время реакции при выполнении так называемых недавних негативных проб, т. е. при распознавании стимулов, не входивших в состав актуального целевого набора, но входивших в состав предыдущего (неактуального) целевого набора, в задаче поиска в памяти (задача Стернберга). Параметры диффузионной модели времени реакции рассчитывались с помощью программы fast-dm. Обработка стимулов из недавних негативных проб характеризовалась снижением скорости накопления информации при принятии решения, что может свидетельствовать об остаточной активации репрезентаций, вытесненных из кратковременной памяти (эксперимент 1). Также было обнаружено (эксперимент 2) снижение скорости накопления информации при обработке стимулов из негативных проб, семантически связанных с репрезентациями в неактуальном целевом наборе (семантические недавние негативные пробы). Это говорит о распространении активации от репрезентаций, вытесненных из кратковременной памяти, по семантическим связям. Активированная долговременная память выступает при этом как локус вытеснения информации из кратковременной памяти. Дискутируются вопросы об определении дополнительных механизмов поиска информации в оперативной памяти (негативный прайминг и динамические пороги принятия решения).

Ключевые слова: кратковременная память, активированная долговременная память, вытеснение, поиск в памяти, недавняя негативная проба, диффузионная модель, скорость аккумуляции.

Финансирование: Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 19-013-00806.

Для цитаты: Величковский Б.Б., Султанова Ф.Р., Татарин Д.В., Качина А.А. Диффузионная модель времени реакции на недавние негативные пробы // Экспериментальная психология. 2020. Т. 13. № 1. С. 35—50. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2020130103>



THE DIFFUSION MODEL OF REACTION TIME FOR RECENT NEGATIVE PROBES

BORIS B. VELICHKOVSKY

Moscow State University; Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0605>,
e-mail: velitchk@mail.ru

FANIYA R. SULTANOVA

Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5776-2992>,
e-mail: faniya2014@gmail.com

DMITRY V. TATARINOV

Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-1102>,
e-mail: dmitry.tatarinov@gmail.com

ANASTASIA A. KACHINA

Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2026-3145>,
e-mail: msu-psy@yandex.ru

The study investigates the problem of information displacement from short-term memory. In two experiments, reaction times for recent negative probes were analyzed in the Sternberg's memory scanning task. The diffusion model of reaction times was used with parameters estimated with the fast-dm software. It was found (experiment 1) that recent negative probes are characterized by a reduction in the speed of information accumulation (drift rate). This suggests residual activation of irrelevant cognitive representation in memory after they have been displaced from short-term memory. It was also found (experiment 2) that negative probes semantically related to items in a preceding target set (semantic recent negative probes) are characterized by a similar decrease in the drift rate. This suggests activation spreading from irrelevant cognitive representations displaced from short-term memory along semantic connections and identifies activated long-term memory as the target of information displacement from short-term memory. Additional mechanisms of short-term memory scanning (negative priming and dynamic decision thresholds) are discussed.

Keywords: short-term memory, activated long-term memory, displacement, memory scanning, recent negative probe, diffusion model, drift rate.

Funding: The study was financed by RFBR, grant no. 19-013-00806.

For citation: Velichkovsky B.B., Sultanova F.R., Tatarinov D.V., Kachina A.A. The diffusion model of reaction time for recent negative probes. *Экспериментальная психология = Experimental psychology (Russia)*, 2020. Vol. 13, no. 1, p. 35–50. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130103>. (In Russ.)

Введение

Кратковременная память (КВП) является важным компонентом системы когнитивных процессов. Характерной особенностью КВП является временный характер хранения — оперативная информация часто быстро теряет актуальность и должна быть «забыта». Стандартный взгляд на судьбу «устаревшей» информации в кратковременной памяти заключается в том, что она «вытесняется» из кратковременного хранилища и безвозвратно



теряется [5]. Вытеснение (displacement) является одним из возможных механизмов забывания (наряду с угасанием и интерференцией [13]) в КВП [6; 8]. Представления о том, что элементы информации в КВП «вытесняются» другими элементами информации, тесно связаны с самыми ранними идеями о КВП как о хранилище информации с *ограниченной емкостью*. Казалось очевидным, что так как в КВП постоянно поступают новые элементы информации, то ограничение емкости неизбежно ведет к некоторой перезаписи/вытеснению старой информации. При этом вытеснение потерявшей актуальность информации направлено «в никуда» (как, например, в модели КВП [23]), в то время как «нужная» информация переносится в долговременную память путем повторения. Однако такой взгляд вступает в противоречие с существованием феномена *проактивной интерференции* — информация, содержащаяся в КВП ранее, может впоследствии влиять на решение мнестических задач [7]. В связи с этим встает вопрос о судьбе «устаревшей» оперативной информации. Правда ли, что она «вытесняется» из КВП? И если да, то «куда» она «вытесняется»?

Один из методов исследования проактивной интерференции — это метод *недавней негативной пробы* (recent negative probe [12]). Задача на недавнюю негативную пробу представляет собой модифицированную задачу Стернберга [18]. Испытуемому последовательно предъявляется набор элементов — целевой набор, за которым следует проба, соответствующая или не соответствующая целевому набору. Пробы могут быть позитивными (входящими в целевой набор) и негативными (не входящими в целевой набор). Пробы также могут быть недавними (члены *предыдущего* целевого набора) или какими-либо иными (т. е. не являющимися элементами предыдущего целевого набора). Основным эффектом является увеличение времени реакции и увеличение вероятности ошибок при распознавании стимулов из недавних негативных проб — элементов, которые не входили в целевой набор, но которые состояли в предыдущем целевом наборе (см. рис. 1).

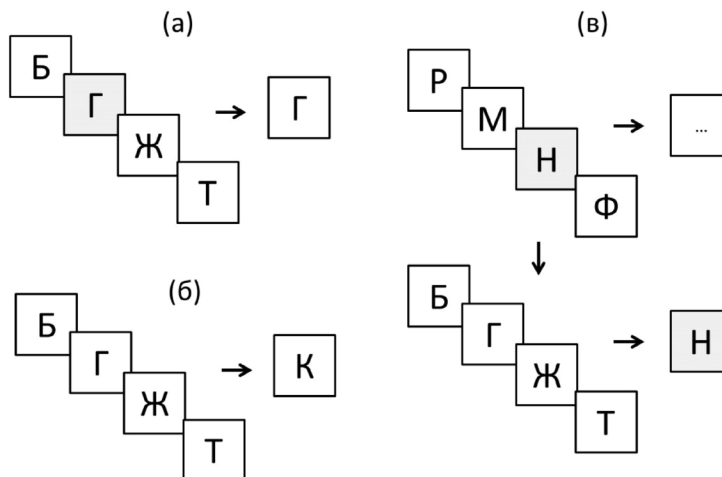


Рис. 1. Схематическое изображение позитивной (а), негативной (б) и недавней негативной (в) пробы в задаче Стернберга с четырехэлементным целевым набором.

Умозрительно можно представить три возможных «хранилища» вытесненной информации: 1) «в никуда», 2) в специализированный буфер, некоторое время удерживающий потерявшую актуальность информацию (аналог «мусорной корзины» на рабочем столе Windows) и 3) в долговременную память. Первый вариант вытеснения «в никуда» опро-



вергается существованием феномена проактивной интерференции. Наличие второго хранилища также вызывает сомнение, так как объем такого буфера должен быть неограниченным, а сам он должен являться копией собственно КВП. Что касается последнего варианта, то вероятность его существования следует оценивать с точки зрения современных представлений о рабочей памяти (РП), которая и замещает понятие КВ [1]. В рамках анализа функционирования РП допускается существование нескольких систем хранения информации с разным статусом удерживаемых репрезентаций (активационные модели РП [10]). Например, в активационных моделях в структуре РП различаются регион прямого доступа (система хранения, удерживающая 3–4 репрезентации в состоянии высокой доступности) и активированная часть долговременной памяти (а-ДВП, неограниченная по объему система хранения, репрезентации в которой активированы выше порогового значения). В активационных моделях РП предполагается, что оперативная информация вытесняется из региона прямого доступа в а-ДВП, где остается некоторое время активной и может интерферировать с переработкой. Предположение о вытеснении устаревшей информации в а-ДВП требует своего подтверждения. Для описания эффектов вытеснения информации из КВП наиболее целесообразным, с нашей точки зрения, является применение *диффузионной модели* времени реакции.

Диффузионная модель времени реакции

Диффузионная модель времени реакции [14; 15] описывает распределение времени реакции на основе анализа нескольких параметров и рассматривает время реакции как результат вероятностного накопления информации в пользу одной из альтернатив ответа (*принятие решения*). Процесс накопления информации является диффузионным, т. е. обобщенным вариантом случайного блуждания (random walk). Положение субъекта при принятии решения рассматривается как точка между двумя порогами. В каждый следующий момент времени t единица поступающей информации служит основанием для смещения положения в сторону той альтернативы, которой информация соответствует. Выбирается альтернатива, для которой диффузионный процесс раньше достигнет порогового значения (рис. 2). Процесс при этом подвержен нормально распределенному шуму, т. е. ситуациям извлечения из стимула не соответствующей действительности информации. Присутствие шума объясняет принятие неверных решений, а также различия во времени реакции, демонстрируемые для идентичных стимулов. Время реакции складывается из времени t_0 , не связанного с принятием решения (перцептивные и моторные процессы), и времени принятия решения. Время принятия решения зависит от трех параметров: начального значения процесса накопления информации — z , порогового значения — a и скорости накопления информации — v (и ряда других параметров, которые обычно фиксируются в исследованиях, осуществляемых в рамках диффузионной модели [20]). Всем параметрам диффузионной модели можно поставить в соответствие психологические аспекты процесса принятия решения. Так, параметр a интерпретируется как осторожность ответа, параметр v — как скорость или эффективность обработки информации. Показано, что именно этот параметр чувствителен к сложности задания. В различных исследовательских парадигмах и при использовании различных заданий параметр v также отражает особенности специфических условий принятия решения. Например, на скорость обработки информации при принятии решения, безусловно, должны влиять эффекты интерференции (негативно) и прайминга (позитивно). Далее мы рассмотрим интерпретацию параметров в контексте задачи Стернберга.



Подход, предполагающий использование диффузионной модели для анализа данных в задачах с быстрым принятием решений, обладает рядом преимуществ. Так, диффузионная модель предлагает единую метрику, аккумулирующую в себе данные о скорости принятия решения (время реакции) и о его точности. Такое преимущество данной модели представляется существенным, поскольку позволяет учитывать влияние феномена компромисса между скоростью и точностью. Различия на уровне средних значений этих переменных могут свидетельствовать не о дефиците обработки информации, а о стиле принятия решения — консервативном или либеральном. Существование этого феномена отражено в составе параметров диффузионной модели, а сами параметры являются более прямыми мерами соответствующих характеристик процесса решения (v — скорость обработки, a — осторожность ответа). Кроме того, диффузионная модель учитывает характер распределения времени реакции и точности ответов, в то время как традиционные способы обработки, основывающиеся на простом усреднении значений этих переменных в пробах, не отличаются полнотой использования данных. Среднее значение времени реакции как выражение эффективности обработки в сотнях проб не только не представляется исчерпывающей его характеристикой, но оно также не является репрезентативным показателем, в частности, в ситуациях бимодальных распределений.

В области моделирования простых решений диффузионная модель демонстрирует впечатляющие результаты. В частности, модель корректно предсказывает общую форму распределения времени реакции (асимметричное с длинным правым «хвостом») и систематические различия в скорости правильных и неправильных ответов [15]. Диффузионная модель успешно используется в области исследований восприятия, проспективной памяти, когнитивного контроля, когнитивного старения, прайминга и различных патологических состояний [3].

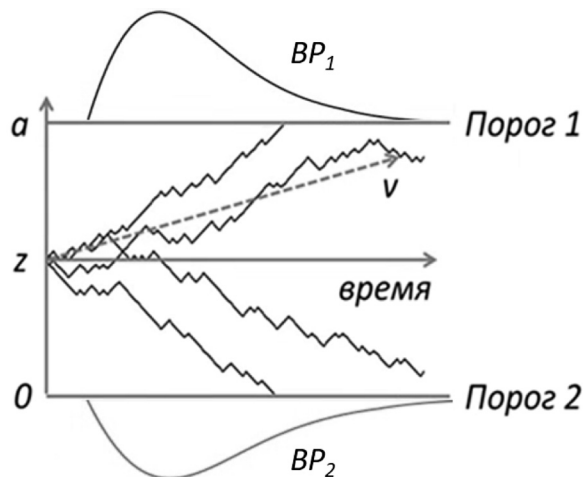


Рис. 2. Схематическое изображение процессов принятия решения при выполнении двухальтернативной задачи выбора в диффузионной модели: $BP_{1,2}$ — распределение времени реакции для ответов 1 и 2 соответственно; Порог 1 или 2 — граница накопления информации, при достижении которой выбирается ответ 1 или ответ 2.

Диффузионная модель также может быть использована для описания решения мнестических задач на узнавание (recognition memory). С помощью диффузионной модели по-



казано, например, что характерное для когнитивного старения замедление времени узнавания связано с использованием пожилыми испытуемыми более консервативных порогов принятия решения (параметр a), а не со снижением силы следов в памяти (параметр v) [16]. Также показано, что преклинические стадии болезни Альцгеймера специфически связаны с нарушением качества мнестического следа (v) в эпизодической памяти [4].

Интерес представляет психологическая интерпретация параметров диффузионной модели при узнавании. Параметр $t\theta$ связан с кодированием пробы и реализацией ответа, параметр z — с предпочтением одного из двух ответов, параметр a — с либеральностью/консервативностью критериев ответа. Стандартная интерпретация параметра v при анализе латентного времени узнавания отождествляет его со степенью сходства между пробой и некоторой репрезентацией в КВП [3; 14]. Предполагается, что при высоко активированной репрезентации из нее удастся извлекать больше признаков, а их качество, в свою очередь, облегчает выполнение операций сравнения. В целом, этот параметр является основным показателем эффективности процесса извлечения информации при узнавании («чистый показатель памяти» [3]).

Диффузионная модель применяется и для анализа времени реакции в задаче сканирования КВП С. Стернберга. Подобный анализ впервые был проведен Р. Ратклиффом [14]. Он предложил идею нескольких параллельных диффузионных процессов, сравнивающих отдельные элементы целевого набора с пробой. Время реакции определяется минимальным временем достижения порога одним из процессов (положительный ответ) или максимальным временем, за которое все процессы достигают альтернативного порога (негативный ответ). В работе [9] было проведено систематическое сравнение диффузионных моделей выполнения задачи Стернберга. Было обнаружено, что модель исчерпывающего последовательного поиска не может адекватно описать данные о времени реакции и что скорость аккумуляции систематически увеличивается с ростом порядкового номера стимула в наборе. Последний результат был связан с угасанием активации репрезентаций в КВП с течением времени. Использование диффузионной модели для анализа данных в задаче Стернберга является теоретически обоснованной практикой в современной когнитивной психологии. Сама задача в различных ее вариациях отвечает основным ограничениям диффузионной модели. Очевидно, что принятие решения ограничено двумя альтернативами (ответы «да» и «нет»). Предположение о континуальной, непрерывной и постепенной природе процесса решения, представляющей собой накопление сведений, в задачах на узнавание обосновано Р. Ратклиффом и коллегами. Решения в задаче Стернберга принимаются быстро и, как будет показано ниже, время реакции в основном массиве проб находится в пределах рекомендуемых 1–2 секунд. При этом анализ времени реакции на недавние негативные пробы в рамках диффузионной модели ранее не проводился.

Эксперимент 1

Метод

Участники. В эксперименте приняли участие 20 человек, студенты факультета психологии МГУ, 14 женщин, средний возраст 21,5 лет.

Стимулы. Испытуемым предъявлялись целевые наборы из четырех согласных, случайно выбранных из множества (Б, В, Г, Д, Ж, З, К, Н, М, П, Т, С, Р, Ф, Х, Ч). После предъявления каждого набора следовала проба на опознание принадлежности к набору. Проба могла быть одного из трех видов: не-недавняя позитивная (проба соответствует целевому



набору и не соответствует предыдущему целевому набору), не-недавняя негативная (проба не соответствует ни актуальному, ни предыдущему целевому набору) и недавняя негативная (проба не соответствует целевому набору, но соответствует предыдущему целевому набору). Всего предъявлялось 320 проб, из них 160 не-недавних позитивных, 80 — не-недавних негативных и 80 недавних негативных. Порядок предъявления проб был рандомизирован для каждого испытуемого.

Аппаратура. Экспериментальное задание предъявлялось с помощью конструктора психологических экспериментов E-Prime 2.0 на стандартном персональном компьютере.

Анализ диффузионной модели. Определение параметров диффузионной модели проводилось с помощью программы fast-dm [20]. Эта программа использует численные методы для оценки значений параметров и эффективно работает с небольшим количеством проб (от 40 проб). Подгонка модели осуществлялась на основе метода Колмогорова—Смирнова, устойчивого к выбросам. Для моделирования использовались исходные ответы испытуемых (да/нет). Отдельная модель строилась для каждого испытуемого в каждом из условий задачи. Количество проб (по 80) в не-недавнем негативном и недавнем негативном условиях находилось на границе возможности достоверной оценки параметров [21]. При рекомендуемых для метода Колмогорова—Смирнова 100 пробах показано, что адекватная оценка основных параметров диффузионной модели возможна уже с использованием 20 проб [20]. При 40 пробах возникает вероятность получения высоких коэффициентов корреляции между оцененными параметрами и значениями, задававшимися при симуляции [17]. Выбранное нами количество проб является следствием попыток найти компромисс между точностью оценки параметров, задаваемых в рамках диффузионной модели, и утомлением испытуемых. В целом, количество проб близко к рекомендуемому и хорошо согласуется с реальной практикой использования модели [16; 20]. Оценивалось значение параметров a , v и $t\theta$ (уникальное значение для каждого типа пробы). В соответствии с рекомендациями [20] остальные параметры приравнивались к нулю (параметр $z = 0,5$). Мы ожидали, что скорость накопления информации (v) будет значимо ниже в недавних негативных пробах по сравнению с пробами других типов. Данная гипотеза основывается на учете влияния интерференции, возникающей в результате активации соответствующей недавней негативной пробе репрезентации в а-ДВП. Параметры a и $t\theta$ были интерпретированы так же, как это принято в задачах на узнавание. Мы считали, что различия по параметру a отражали бы способность испытуемых гибко менять стиль принятия решения в зависимости от условия, а параметр $t\theta$ связывали с перцептивными и моторными стадиями обработки. Мы не выдвигали специфических гипотез в отношении этих параметров.

Результаты

Время реакции. Данные о времени реакции были очищены от выбросов (больше/меньше трех стандартных отклонений, заменялись индивидуальными средними). Описательная статистика для эксперимента 1 приведена в табл. 1. Данные анализировались с помощью однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями с коррекцией Гринхауза—Гайссера. Было обнаружено значимое влияние такого фактора, как тип пробы ($F(2,36)=7,89$; $p<0,01$), на время реакции распознавания стимула. Парные сравнение с помощью t -критерия для парных выборок показали, что значения времени реакции на недавние позитивные пробы были значимо меньшими значений времени реакции для проб остальных типов ($t(19)>3,0$; $ps<0,01$), а значения времени реакции для двух типов негативных проб не обнаруживали значимых различий ($t(19)=-0,58$; $p>0,1$).



Точность. Результаты анализа точности распознавания стимула указывают на значимое влияние на время реакции такого параметра, как тип пробы ($F(2,36)=16,2$; $p<0,001$). Анализ результатов методом попарных сравнений показал, что вероятность корректного ответа в случае недавней негативной пробы значимо ниже, чем в обоих других случаях ($t_s(19)>3,5$; $p_s<0,01$).

Таблица 1

**Средние и стандартные отклонения зависимых переменных
в эксперименте 1 для различных типов проб**

| Параметры | | Негативные | Недавние негативные | Позитивные |
|---------------|----|------------|---------------------|------------|
| Время реакции | M | 1009 | 1033 | 907 |
| | SD | 302 | 267 | 239 |
| Точность | M | 0,92 | 0,87 | 0,95 |
| | SD | 0,05 | 0,07 | 0,04 |
| A | M | 1,84 | 1,74 | 2,01 |
| | SD | 0,49 | 0,46 | 0,82 |
| V | M | 1,75 | 1,45 | -2,03 |
| | SD | 0,56 | 0,56 | 0,68 |
| t0 | M | 0,56 | 0,57 | 0,52 |
| | SD | 0,20 | 0,25 | 0,19 |

Показатели диффузионной модели. Перед подгонкой модели данные были очищены от выбросов (процедурно аналогично очистке данных для анализа ВР). Возможность построения диффузионной модели на основе полученных данных оценивалась на основании анализа распределения времени реакции. Поскольку среднее ВР попадает в диапазон оптимальных значений (до 1 секунды), было принято решение о возможности моделирования. Для величины порога (*a*) диффузионной модели не было обнаружено влияния фактора «тип пробы» ($F(2,36)=2,4$; $p=0,12$), хотя влияние этого фактора и приближалось к значимому на уровне тенденции. Анализ данных методом попарных сравнений показал, что на уровне тенденции ($t(19)=-1,98$; $p=0,062$) возможный эффект фактора «тип пробы» был связан со снижением значения *a* для недавних негативных проб по сравнению с позитивными пробами. Для величины дополнительного времени (*t0*) эффект фактора «тип пробы» не был обнаружен даже на уровне тенденции ($F(2,36)=1,34$; $p>0,2$).

Высокозначимый эффект фактора «тип пробы» был обнаружен для параметра *v* ($F(2,36)=189,7$; $p<0,001$). Во-первых, абсолютное значение *v* для позитивных проб значимо выше значения *v* для проб двух других типов ($t_s(19)>2,3$; $p_s<0,05$), что соответствует гипотезе. Во-вторых, скорость накопления информации в недавних негативных пробах значимо ниже, чем в негативных пробах ($t(19)=2,12$; $p<0,05$), что также соответствует гипотезе.

Обсуждение

Полученные результаты указывают на особый статус обработки стимулов в недавних негативных пробах: скорость их обработки такая же низкая, как и при обработке стимулов в негативных пробах, а точность ответов на них ниже, чем точность ответов при остальных типах проб. Ошибки в случае распознавания стимулов при недавних негативных пробах — это ошибки ложного распознавания, так что можно утверждать, что недавние негативные пробы не вытесняются полностью из КВП после того, как они потеряли актуальность.



Напротив, они остаются частично активными, что приводит к их ложной идентификации как элементов целевого набора.

С другой стороны, вероятность корректного отвержения недавних негативных проб остается достаточно высокой. Это говорит о том, что их статус отличается от статуса стимулов, входящих в состав актуального целевого набора. В рамках активационных моделей РП легко предположить, что недавние негативные пробы вытесняются из региона прямого доступа (используемого для хранения членов актуального целевого набора), но не пропадают бесследно, а остаются в а-ДВП. В а-ДВП репрезентации активированы выше порогового значения, что и может объяснить повышенное чувство узнавания недавних негативных проб, которое приводит к их ложному распознаванию.

Анализ параметров диффузионной модели подтверждает эти выводы. Недавние негативные пробы характеризуются меньшей скоростью накопления информации (параметр v), что приводит к увеличению среднего времени реакции и вероятности неправильного ответа. Снижение скорости накопления информации в случае недавних негативных проб может быть связано с тем, что, будучи активными в а-ДВП, они изменяют диффузионный процесс в сторону более частых отклонений в направлении альтернативного ответа. Следует отметить тенденцию к снижению порога принятия решения в случае недавних негативных проб, возникновение которой может быть связано с динамическим изменением порога принятия решения в случае появления однозначной информации в пользу определенного ответа (см. ниже).

В а-ДВП как в подсистеме долговременной памяти может происходить автоматическое распространение активации между семантически связанными репрезентациями [2]. В связи с этим основная задача эксперимента 2 состояла в репликации эффекта недавних негативных проб на материале слов русского языка и изучении специфики его распространения на негативные пробы, семантически связанные с недавними негативными пробами (семантические недавние негативные пробы). Предполагалось, что недавние негативные пробы будут характеризоваться снижением v , а семантические недавние негативные пробы — промежуточным значением v между недавними негативными и другими типами проб.

Эксперимент 2

Метод

Участники. В эксперименте приняли участие 20 человек, студенты факультета психологии МГУ, 17 женщин, средний возраст 21,6 лет.

Стимулы. Как и в эксперименте 1, использовалась модифицированная задача Стернберга со словами русского языка как стимулами (4 слова в целевом наборе). Помимо трех типов проб, использованных ранее, также предъявлялись семантические недавние негативные пробы — слова-стимулы, не входившие в состав актуального целевого набора, но ассоциативно связанные со словом-элементом предыдущего целевого набора. Для построения списка ассоциативно связанных слов был сначала построен список из ста частотных 5-буквенных слов русского языка, а затем к каждому слову подобрано 4–6-буквенное семантически связанное слово на основе тезауруса русского языка (<http://www.thesaurus.ru/>). Всего предъявлялось 160 проб, из них 80 не-недавних позитивных, 40 не-недавних негативных, 20 недавних негативных и 20 семантических недавних негативных.

Аппаратура. Схема предъявления и аппаратура соответствовали эксперименту 1.

Анализ диффузионной модели. Параметры диффузионной модели определялись как в эксперименте 1.



Результаты

Время реакции. Подготовка и анализ данных проводились по схеме, аналогичной схеме эксперимента 1. Описательная статистика для результатов эксперимента 2 приведена в табл. 2. Дисперсионный анализ показал значимое влияние фактора «тип пробы» ($F(3,57)=34,4$; $p<0,001$). Анализ данных методом попарных сравнений показал значимое увеличение времени реакции для недавних негативных проб по сравнению с пробами других типов ($t_s(19)>6,0$; $p_s<0,001$), повторяя результат эксперимента 1. Семантические недавние негативные пробы по среднему времени реакции не отличались от не-недавних позитивных и не-недавних негативных проб ($t_s(19)<1$; $p_s>0,05$).

Точность. Для точности был также обнаружен значимый эффект фактора «тип пробы» ($F(3,57)=8,5$; $p<0,001$), который заключался в сниженной вероятности правильных ответов на недавние негативные пробы по сравнению с пробами других типов ($t_s(19)>3,5$; $p_s<0,01$). В частности, точность ответов в случае семантических недавних негативных проб не отличались от точности ответов в случае не-недавних позитивных и негативных проб ($t_s(19)<1,5$; $p_s>0,05$).

Таблица 2

Средние и стандартные отклонения зависимых переменных
в эксперименте 2 для различных типов проб

| Параметры | | Негативные | Недавние негативные | Семантические недавние негативные | Позитивные |
|---------------|----|------------|---------------------|-----------------------------------|------------|
| Время реакции | М | 858 | 1042 | 860 | 850 |
| | SD | 232 | 290 | 268 | 228 |
| Точность | М | 0,98 | 0,93 | 0,98 | 0,97 |
| | SD | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 0,03 |
| a | М | 2,05 | 1,94 | 1,71 | 1,99 |
| | SD | 0,49 | 0,43 | 0,41 | 0,53 |
| v | М | 2,17 | 1,65 | 1,91 | -2,24 |
| | SD | 0,77 | 0,55 | 0,57 | 0,58 |
| $t0$ | М | 0,57 | 0,64 | 0,62 | 0,53 |
| | SD | 0,12 | 0,18 | 0,17 | 0,11 |

Показатели диффузионной модели. Анализ теоретически самого важного параметра – скорости накопления информации (v) – показал значимое влияние фактора «тип пробы» ($F(3,57)=4,78$; $p<0,01$). Как свидетельствует анализ данных методом попарных сравнений, этот эффект был обусловлен тремя частными закономерностями. Во-первых, как в случае негативных, так и в случае позитивных проб не было обнаружено значимых различий в значениях v ($t(19)=0,72$; $p>0,4$). Для недавних негативных проб значение v было значимо ниже значений для негативных и позитивных проб ($t_s(19)>2,6$; $p<0,5$). Точность распознавания семантических недавних негативных проб демонстрирует следующую специфику: с одной стороны, не обнаруживаются значимые различия в точности распознавания стимулов при недавних негативных пробах ($t(19)=1,87$; $p=0,08$) (хотя и имеется тенденция к увеличению значений v), а с другой стороны, точность их распознавания не имеет значимых отличий от точности распознавания стимулов в негативных ($t(19)=0,89$, $p>0,3$) и позитивных пробах (с тенденцией снижения, $t(19)=1,65$, $p=0,107$).



Влияние фактора «тип пробы» было обнаружено для параметра величины порога a ($F(3,57)=3,83$; $p<0,05$). Анализ данных методом попарных сравнений показал, что этот эффект был вызван снижением значения параметра a для семантических недавних негативных проб по сравнению с пробами других типов ($ts(19)>2,7$; $ps<0,05$). Таким образом, принятие решения в случае семантических недавних проб требовало значимо меньшего накопления информации (использовался более либеральный критерий принятия решения).

Для параметра $t0$ также было обнаружено влияние фактора «тип пробы» ($F(3,57)=6,78$; $p<0,001$). Значения $t0$ точности распознавания стимулов при недавних негативных и семантических недавних негативных пробах были значимо выше, чем при негативных пробах ($ts(19)>2,2$; $ps<0,5$), а значения данного параметра в случае распознавания стимулов при позитивных пробах были в среднем ниже, чем при негативных пробах ($t(19)=2,36$; $p<0,05$). Таким образом, обработка стимулов в недавних негативных пробах и семантических недавних негативных пробах требует большего времени и при этом не связана с принятием решения.

Обсуждение

Полученные результаты показывают особый статус обработки стимулов в недавних негативных пробах, что соответствует результатам эксперимента 1 и литературным данным. Обработка стимулов в недавних негативных пробах осуществляется медленнее и характеризуется повышенной вероятностью ложных тревог. В рамках активационных моделей РП полученные результаты могут объясняться «вытеснением» элементов предыдущего набора в а-ДВП из региона прямого доступа. Репрезентации в а-ДВП активированы сверх порогового значения, что приводит к повышению вероятности неправильных ответов (ложных тревог) в случае недавних негативных проб. Однако распознавание семантических недавних негативных проб не обнаруживает подобной закономерности, что затрудняет вывод об активации элементов неактуальных целевых наборов в а-ДВП.

Анализ параметров диффузионной модели позволяет сделать ряд более точных выводов. Во-первых, в подтверждение результатов эксперимента 1 было также обнаружено снижение скорости накопления информации (v) в случае обработки информации при недавних негативных пробах. Во-вторых, в случае обработки семантических недавних негативных проб также обнаруживается снижение параметра v , который занимает промежуточное положение между показателями точности обработки стимулов в недавних негативных пробах и в пробах других типов. Таким образом, можно говорить о замедлении процессов принятия решения в случае обработки стимулов из семантических недавних негативных проб, напоминая такое же замедление в распознавании стимулов из недавних негативных проб. Такая закономерность соответствует выдвинутым предположениям и говорит о распространении активации от потерявших актуальность репрезентаций, «вытесненных» в а-ДВП, к семантически связанным репрезентациям.

Также были получены результаты об увеличении дополнительного времени ($t0$) в случае обработки стимулов из недавних негативных и семантических недавних негативных проб. Этот эффект можно объяснить действием механизмов негативного прайминга [19]. Характерно, что этот эффект обнаружен для обработки стимулов из обеих недавних негативных проб, которые могут систематически подавляться в автоматическом режиме. Данные о влиянии прайминга на специфику моторного ответа (компонент $t0$) получены и в других исследованиях [22].

Отсутствие различий в среднем времени реакции между обработкой стимулов из семантических недавних негативных проб и обработкой стимулов из позитивных и негатив-



ных проб связано со снижением порога принятия решения (a). Такое снижение характерно только для распознавания стимулов из семантических недавних негативных проб (тенденция к подобному эффекту имела место и в эксперименте 1). Возможное объяснение состоит в предположении о динамическом характере порогов принятия решения в задаче распознавания, которые могут изменяться *в процессе* принятия решения. Динамические пороги позволяют быстрее приходиться к решению в случае получения дополнительной информации, делающей ответ очевидным.

Общее обсуждение

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что потерявшая актуальность информация из КВП остается активированной и может продолжать влиять на когнитивную переработку. Об этом свидетельствуют результаты анализа особенностей распознавания стимулов из недавних негативных проб — время реакции возрастает, а точность снижается, что в первую очередь связано со снижением скорости накопления информации при принятии решения (параметр v), т. е. с чисто мнестическим эффектом [3]. В контексте представлений о поиске в памяти как серии диффузионных процессов выбора между двумя альтернативами этот эффект получает естественную интерпретацию как повышение вероятности отклонения единичного диффузионного процесса в сторону неправильной альтернативы (ответ «да») за счет интерференции со стороны все еще активированной недавно обработанной информации.

При этом в эксперименте 2 был получен дополнительный результат, свидетельствующий о том, что интерференция возникает также и для репрезентаций, семантически связанных с «вытесненными». Такая тенденция говорит о том, что хранилище, в которое «вытесняются» потерявшие актуальность репрезентации из КВП, характеризуется автоматическим распространением активации по ассоциативным связям — что характерно, прежде всего, для работы долговременной памяти. Поэтому а-ДВП как система активированных репрезентаций долговременной памяти представляется возможным кандидатом для приема «вытесненных» из КВП репрезентаций.

При постановке проблемы было указано, что вероятно существуют три хранилища вытесненной информации — вытеснение происходит «в никуда», в специализированный буфер («мусорная корзина») или в долговременную память. Многочисленные данные говорят о невозможности первой альтернативы. С другой стороны, соображения теоретической экономии не позволяют без достаточных оснований постулировать существование новых систем памяти человека, что делает второй вариант малопривлекательным. При этом долговременная память могла бы выполнять ту же функцию, что и гипотетический специализированный буфер, но имеет преимущество условно неограниченного объема. Кроме того, долговременная память характеризуется автоматическим распространением активации по семантическим связям — эффект, который мы наблюдаем на примере обработки информации из семантических недавних негативных проб. Если предположить, что вытеснение осуществляется в специализированный буфер, то он должен обладать значительным объемом (оперативная информация быстро накапливается и быстро становится неактуальной) и свойством распространения активации, т. е. дублировать функциональность, приписываемую а-ДВП.

Следует отметить, что само понятие «вытеснения» является метафорой, возможно, крайне неудачно указывающей на перемещение когнитивных репрезентаций между подсистемами памяти. Скорее всего, никакого перемещения информации при «вытеснении» (рав-



но как и при «загрузке» информации из долговременной памяти в КВП/РП) не происходит, но происходит изменение активационного статуса этих элементов. Активационные теории РП как раз и приписывают а-ДВП роль подсистемы хранения для репрезентаций с промежуточным активационным статусом — выше порогового, но недостаточным для осознания.

Полученные результаты также свидетельствуют о том, что представления о когнитивных механизмах поиска в оперативной памяти, возможно, должны быть несколько расширены. Во-первых, мы получили результаты, говорящие о влиянии не только процессов интерференции на время реакции при поиске в памяти, но и автоматических процессов негативного прайминга. Их взаимодействие может по-разному влиять на распределения времени реакции, например, в зависимости от индивидуальных особенностей сознательного контроля [11]. Во-вторых, диффузионные модели поиска в оперативной памяти могут быть расширены за счет принятия во внимание таких факторов когнитивной обработки, как динамические пороги принятия решения, которые подвергаются существенным изменениям в ходе накопления информации. Вопрос о динамических порогах принятия решения в задачах распознавания требует отдельного исследования.

Заключение

В этой работе мы ставили вопрос о том, «вытесняется» ли потерявшая актуальность оперативная информация из КВП и если да, то куда она «вытесняется»? Было установлено, что неактуальная информация «вытесняется» лишь частично — потерявшие актуальность репрезентации сохраняют часть активации и остаются способными конкурировать за ответ с актуальными репрезентациями. Что касается вопроса о приемнике «вытесненной информации», то наиболее подходящим кандидатом является активированная часть долговременной памяти (а-ДВП). В а-ДВП действует автоматическое распространение активации между семантически связанными элементами, что проявляется в снижении скорости накопления информации при обработке стимулов из семантических недавних негативных проб. Мы также предложили несколько вариантов развития модели поиска в оперативной памяти (в сторону включения в анализ таких факторов, как негативный прайминг и динамические пороги принятия решений). В целом, анализ времени реакции на основе диффузионной модели является эффективным методом изучения когнитивных механизмов поиска в оперативной памяти.

Литература

1. Величковский Б.Б., Никонова Е.Ю., Румянцев М.А. Структура рабочей памяти: Эффекты увеличения количества информации, усложнения обработки и интерференции // Психологический журнал. 2015. Т. 36. № 3. С. 38–48.
2. Anderson J.R. A spreading activation theory of memory // Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1983. Vol. 22. P. 261–295. doi: 10.1016/S0022-5371(83)90201-3
3. Arnold N.R., Broder A., Bayen U.E. Empirical validation of the diffusion model for recognition memory and a comparison of parameter-estimation methods // Psychological Research. 2015. Vol. 79. P. 882–898. doi: 10.1007/s00426-014-0608-y
4. Aschenbrenner A., Balota D.A., Gordon B., Ratcliff R., Morris J.C. A diffusion model analysis of episodic recognition in preclinical individuals with a family history for Alzheimer's disease: The Adult Children study // Neuropsychology. 2015. Vol. 30. P. 225–238. doi: 10.1037/neu0000222
5. Atkinson R.C., Shiffrin R.M. Human memory: A proposed system and its control processes // The psychology of learning and motivation. Vol. 2 / K.W. Spence, J.T. Spence (eds.). New York: Academic Press. 1968. P. 89–195. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3



6. *Beaman, C.P., Jones, D.M.* The Item versus the Object in Memory: On the Implausibility of Overwriting As a Mechanism for Forgetting in Short-Term Memory // *Frontiers in Psychology*. 2016. Vol. 7. P. 341. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00341
7. *Bunting M.* Proactive interference and item similarity in working memory // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2006. Vol. 32. № 2. P. 183–196. doi: 10.1037/0278-7393.32.2.183
8. *Crowder, R. G., Morton, J.* Precategorical acoustic storage (PAS) // *Perception & Psychophysics*. 1969. Vol. 5. P. 365–373. doi: 10.3758/BF03210660
9. *Donkin C., Nosofsky R.M.* The structure of short-term memory scanning: an investigation using response time distribution models // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2012. Vol. 19. P. 363–394. doi: 10.3758/s13423-012-0236-8
10. *Engle R.* Working Memory Capacity as Executive Attention // *Current Directions in Psychological Science*. 2002. Vol. 11. P. 19–23. doi: 10.1111/1467-8721.00160
11. *Meier B., Morger V., Graf P.* Competition between automatic and controlled processes // *Consciousness and Cognition*. 2003. Vol. 12. № 2. P. 309–319. doi: 10.1016/S1053-8100(02)00069-7
12. *Monsell S.* Recency, immediate recognition, and reaction time // *Cognitive Psychology*. 1978. Vol. 10. P. 465–501. doi: 10.1016/0010-0285(78)90008-7
13. *Murdock B.B.* Recent developments in short-term memory // *British Journal of Psychology*. Vol. 58. Iss. 3–4. P. 421–433. doi: 10.1111/j.2044-8295.1967.tb01099.x
14. *Ratcliff R.* A theory of memory retrieval // *Psychological Review*. 1978. Vol. 85. P. 59–108. doi: 10.1037/0033-295X.85.2.59
15. *Ratcliff R., McKoon G.* The Diffusion Decision Model: Theory and Data for Two-Choice Decision Tasks // *Neural Computation*. 2008. Vol. 20. № 4. P. 873–922. doi: 10.1162/neco.2008.12-06-420
16. *Ratcliff R., Tharap A., McKoon G.* A diffusion model analysis of the effects of aging on recognition memory // *Journal of Memory and Language*. 2004. Vol. 50. P. 408–424. doi: 10.1037/0882-7974.19.2.278
17. *Ratcliff R., Childers R.* Individual Differences and Fitting Methods for the Two-Choice Diffusion Model of Decision Making // *Decision*. 2015. Vol. 2. P. 237–279. doi: 10.1037/dec0000030
18. *Sternberg S.* Memory scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments // *American Scientist*. 1969. Vol. 4. P. 421–457.
19. *Tipper S.P.* The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 1985. Vol. 37. P. 571–590. doi: 10.1080/14640748508400920
20. *Voss A., Voss J.* Fast-dm: A free program for efficient diffusion model analysis // *Behavioral Research Methods*. 2007. Vol. 39. № 4. P. 767–775. doi: 10.3758/BF0319296
21. *Voss, A., Nagler, M., Lerche, V.* Diffusion models in experimental psychology: a practical introduction // *Experimental Psychology*. 2013. Vol. 60. P. 385–402. doi: 10.1027/1618-3169/a000218
22. *Voss A., Rothermund K., Gast A., Wentura D.* Cognitive processes in associative and categorical priming: A diffusion model analysis // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2013. Vol. 142. № 2. P. 536–559. doi: 10.1037/a0029459
23. *Waugh, N. C., & Norman, D. A.* Primary memory // *Psychological Review*. 1965. Vol. 72. № 2. P. 89–104. doi: 10.1037/h0021797

References

1. *Velichkovskii B.B., Nikonova E.Yu., Rumyantsev M.A.* Структура рабоchei памyати: Эффекты uvelicheniya kolichestva informatsii, uslozhneniya obrabotki i interferentsii [The structure of working memory: The effects of information load, processing complexity, and interference] // *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological journal]. 2015. V. 36, N. 3. P. 38–48. (In Russian; abstract in English).
2. *Anderson J.R.* A spreading activation theory of memory // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1983. V. 22. P. 261–295. doi: 10.1016/S0022-5371(83)90201-3
3. *Arnold N.R., Broder A., Bayen U.E.* Empirical validation of the diffusion model for recognition memory and a comparison of parameter-estimation methods // *Psychological Research*. 2015. V. 79. P. 882–898. doi: 10.1007/s00426-014-0608-y
4. *Aschenbrenner A., Balota D.A., Gordon B., Ratcliff R., Morris J.C.* A diffusion model analysis of episodic recognition in preclinical individuals with a family history for Alzheimer's disease: The Adult Children study // *Neuropsychology*. 2015. V. 30. P. 225–238. doi: 10.1037/neu0000222



5. *Atkinson R.C., Shiffrin R.M.* Human memory: A proposed system and its control processes // The psychology of learning and motivation / K.W. Spence, J.T. Spence (eds.). New York: Academic Press. 1968. V. 2. P. 89–195. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3
6. *Beaman, C.P., Jones, D.M.* The Item versus the Object in Memory: On the Implausibility of Overwriting As a Mechanism for Forgetting in Short-Term Memory // *Frontiers in Psychology*. 2016. V. 7. P. 341. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00341
7. *Bunting M.* Proactive interference and item similarity in working memory // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2006. V. 32. N. 2. P. 183–196. doi: 10.1037/0278-7393.32.2.183
8. *Crowder, R. G., Morton, J.* Precategorical acoustic storage (PAS) // *Perception & Psychophysics*. 1969. V. 5. P. 365–373. doi: 10.3758/BF03210660
9. *Donkin C., Nosofsky R.M.* The structure of short-term memory scanning: an investigation using response time distribution models // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2012. V. 19. P. 363–394. doi: 10.3758/s13423-012-0236-8
10. *Engle R.* Working Memory Capacity as Executive Attention // *Current Directions in Psychological Science*. 2002. V. 11. P. 19–23. doi: 10.1111/1467-8721.00160
11. *Meier B., Morger V., Graf P.* Competition between automatic and controlled processes // *Consciousness and Cognition*. 2003. V. 12. N. 2. P. 309–319. doi: 10.1016/S1053-8100(02)00069-7
12. *Monsell S.* Recency, immediate recognition, and reaction time // *Cognitive Psychology*. 1978. V. 10. P. 465–501. doi: 10.1016/0010-0285(78)90008-7
13. *Murdock B.B.* Recent developments in short-term memory // *British Journal of Psychology*. V. 58. I. 3–4. P. 421–433. doi: 10.1111/j.2044-8295.1967.tb01099.x
14. *Ratcliff R.* A theory of memory retrieval // *Psychological Review*. 1978. V. 85. P. 59–108. doi: 10.1037/0033-295X.85.2.59
15. *Ratcliff R., McKoon G.* The Diffusion Decision Model: Theory and Data for Two-Choice Decision Tasks // *Neural Computation*. 2008. V. 20. N. 4. P. 873–922. doi: 10.1162/neco.2008.12-06-420
16. *Ratcliff R., Tharap A., McKoon G.* A diffusion model analysis of the effects of aging on recognition memory // *Journal of Memory and Language*. 2004. V. 50. P. 408–424. doi: 10.1037/0882-7974.19.2.278
17. *Ratcliff R., Childers R.* Individual Differences and Fitting Methods for the Two-Choice Diffusion Model of Decision Making // *Decision*. 2015. V. 2. P. 237–279. doi: 10.1037/dec0000030
18. *Sternberg S.* Memory scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments // *American Scientist*. 1969. V. 4. P. 421–457.
19. *Tipper S.P.* The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 1985. V. 37. P. 571–590. doi: 10.1080/14640748508400920
20. *Voss A., Voss J.* Fast-dm: A free program for efficient diffusion model analysis // *Behavioral Research Methods*. 2007. V. 39. N. 4. P. 767–775. doi: 10.3758/BF0319296
21. *Voss A., Nagler M., Lerche V.* Diffusion models in experimental psychology: a practical introduction // *Experimental Psychology*. 2013. V. 60. P. 385–402. doi: 10.1027/1618-3169/a000218
22. *Voss A., Rothermund K., Gast A., Wentura D.* Cognitive processes in associative and categorical priming: A diffusion model analysis // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2013. V. 142. N. 2. P. 536–559. doi: 10.1037/a0029459
23. *Waugh, N. C., & Norman, D. A.* Primary memory // *Psychological Review*. 1965. V. 72. N. 2. P. 89–104. doi: 10.1037/h0021797

Информация об авторах

Величковский Борис Борисович, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры методологии психологии, ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова; профессор кафедры общей психологии, Московский институт психоанализа, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0605>, e-mail: velitchk@mail.ru

Султанова Фания Ривалевна, старший преподаватель кафедры нейро- и патопсихологии, ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5776-2992>, e-mail: faniya2014@gmail.com



Татаринов Дмитрий Владимирович, Магистрант, ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-1102>, e-mail: dmitry.tatarinav@gmail.com

Качина Анастасия Александровна, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психологии труда, ФБГОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2026-3145>, e-mail: msu-psy@yandex.ru

Information about the authors

Boris B. Velichkovsky, Dr. Sc. (Psychology), Professor, Chair of Methodology of Psychology, Moscow State University; Professor, Chair of General Psychology, Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7823-0605>, e-mail: velitchk@mail.ru

Faniya R. Sultanova, Senior Lecturer, Chair of Neuro- and Pathological Psychology, Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5776-2992>, e-mail: faniya2014@gmail.com

Dmitry V. Tatarinov, Master student, Department of Psychology, Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8458-1102>, e-mail: dmitry.tatarinav@gmail.com

Anastasia A. Kachina, Cand. Sc. (Psychology), Senior Researcher, Laboratory of Work Psychology, Moscow State University, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2026-3145>, e-mail: msu-psy@yandex.ru

Получена 27.02.2018

Received 27.02.2018

Принята в печать 29.10.2019

Accepted 29.10.2019