



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

# Предикторы индивидуальных различий в категориальном обучении у детей 6–10 лет

**Ляшенко А.К.<sup>1,2</sup>, Бачурина В.А.<sup>2</sup>, Тужилина Ю.В.<sup>2</sup>, Котова Т.Н.<sup>3</sup>,  
Котов А.А.<sup>2</sup>, Арсалиду М.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Сеченовский Университет, Москва, Россия

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

<sup>3</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>4</sup> Йоркский университет, Торонто, Канада

В исследовании изучается, как связаны индивидуальные различия в категориальном обучении с объемом ментального внимания и вербальной гибкостью у младших школьников (1–3 классы, N = 60). Результаты демонстрируют возрастные различия во всех показателях: с возрастом увеличивается успешность категориального обучения, объем внимания и вербальная гибкость. Однако при контроле фактора возраста обнаруживается положительная связь только между успешностью категориального обучения и объемом ментального внимания. Также данные об успешности категориального обучения дополнялись информацией о различиях в стратегиях распределения внимания между детьми и взрослыми (N = 30) на основе окулографического анализа. Оказалось, что в процессе категориального обучения дети используют стратегию распределенного внимания, тогда как для взрослых характерна стратегия селективного внимания. Полученные результаты могут быть использованы для построения моделей предсказания успешности обучения по устойчивым индивидуальным характеристикам когнитивных функций.

**Ключевые слова:** понятие, категориальное обучение, ментальное внимание, вербальная гибкость, окулография



## Введение

Развитие понятий и категорий лежит в основе как школьных достижений, так и профессионального развития. Категориальное обучение – фундаментальная когнитивная функция, поддерживающая решение задач, запоминание семантической информации, совершение индуктивных выводов и принятие решений. Эта функция развивается в онтогенезе с раннего детства. В настоящее время известно, что успешность формирования новых категорий варьируется в зависимости от уровня загрузки зрительной и вербальной рабочей памяти [Zeithamova, Maddox, 2006; Котов, Котова, 2018], типа задачи [Hoffman, Rehder, 2010] и использования в обучении внутренней речи [Zettersten et al., 2024].

Категориальное обучение зависит и от индивидуальных различий в уровне развития других базовых когнитивных функций. В частности, некоторые ученики значительно превосходят своих сверстников по таким когнитивным функциям, как рабочая память, селективное внимание, функция контроля и др. В настоящее время практически не изучены особенности категориального обучения в зависимости от подобных индивидуальных различий. Данные о таких связях могут иметь большое теоретическое и прикладное значение, поскольку они позволяют уточнить механизмы обучения новым категориям и возможности компенсации трудностей в обучении при тех или иных индивидуальных особенностях. В данном исследовании мы проверили, какие из индивидуальных различий в когнитивных функциях (а именно, объем ментального внимания и вербальной гибкости) важны в развитии категориального обучения.

### *Модели онтогенеза категориального обучения*

В нашем исследовании мы рассматривали категориальное обучение в рамках подхода множественных систем категоризации [Ashby, Maddox, 2005; Minda, Miles, 2010; Sloutsky, 2010]. В этом подходе различают две указанные ниже независимые системы обучения.

Вербальная система – эволюционно более новая, зависимая от получения обратной связи и формирующая правила, которые в результате обучения можно осознать и передать другим. Она основывается на семантической долговременной памяти и рабочей памяти. Наиболее явно ее можно обнаружить при достижении ребенком возраста 9–10 лет и в начале обучения в школе. С помощью этой системы человек может находить и выделять не-

большое количество важной для категорий информации. Эту информацию можно переводить в вербальный план, что позволяет осознавать и передавать ее другим людям в специальном педагогическом и коммуникативном контекстах.

Имплицитная система – эволюционно более ранняя, относительно независимая от обратной связи и формирующая комплексные правила, недоступные для осознания. Данная система обучения основывается на процедурной долговременной памяти, ассоциативном обучении и мысленных образах. Ее функционирование можно зафиксировать в дошкольном и даже раннем возрасте. Она позволяет накапливать множество информации в формате зрительных прототипов, что обеспечивает очень быстрое применение данной информации в решении задач. Работа данной системы сопровождается распределением внимания на большое количество параметров [Deng, Sloutsky, 2016].

Успешная работа обеих систем лежит в основе нормального функционирования долговременной памяти, решения задач и принятия решений. Исследования показывают, что в задачах обучения новым категориям дети и взрослые используют разные стратегии. При наличии определяющего признака, который позволяет отнести объект к категории со 100% вероятностью, взрослые предпочитают вербальную стратегию, то есть формулируют четкое правило [Minda, Miles, 2010]. Если все признаки объектов вероятностные, то есть позволяют отнести объект к категории с вероятностью меньше 100%, то взрослые чаще применяют прототипическую стратегию (т.е. создают «прототип» категории без четкого правила). При этом дети, как правило, используют прототипическую стратегию в обоих случаях. Таким образом, тип системы обучения и тип стратегии обучения не всегда совпадают. В нашем исследовании тип системы обучения будет определяться задачей, а тип стратегии – показателями внимания к разным признакам.

Мы предполагаем, что различия в выборе стратегий у детей и взрослых во многом связаны с ресурсами внимания и способностью управлять ими: взрослые используют селективное внимание и фокусируются на определяющем признаке при его наличии, а детям доступно только распределенное внимание. Большинство исследований (например, [Brashears, Minda, 2008]) в данной области исторически использовали косвенные поведенческие показатели для определения фокуса внимания, такие как успешность категоризации после подмены всех вероятностных признаков у объектов (без ведома участника). При этом стратегия



научения фактически приравнивается к стратегии внимания. В данном исследовании мы предприняли попытку разделить оценку стратегии и измерение внимания с помощью метода окулографии и анализа углового коэффициента функции времени фиксации взора на определяющем признаке.

## **Индивидуальные различия в категориальном обучении**

Многие теории сходятся в идее того, что базовой функцией для обучения, решения интеллектуальных задач и задач из повседневной жизни является рабочая память [Ericsson, Kintsch, 1995; Baddeley, 2000; Cowan et al., 2005]. Однако теории рабочей памяти не до конца описывают развитие ее основного аспекта – объема, который ограничивает способности людей и зависит от возраста. Теория конструктивных операторов (ТКО) предлагает концептуализировать феноменологию, связываемую с понятием рабочей памяти, через конструкт «ментальное внимание» и дает поэтапное описание развития этой функции [Pascual-Leone, 1970]. Ментальное внимание отвечает за хранение и манипулирование информацией для решения поставленной задачи. Отличительной чертой парадигмы ТКО является использование параметрических задач, способных отразить изменение в объеме ментального внимания, которое отражает созревание функции. Предполагается, что с возраста трех лет ментальное внимание начинает созревание, увеличиваясь в объеме на один пункт (объект) каждые два года, достигая максимума (7 объектов) в возрасте 15 лет [Pascual-Leone, 1970; Arsalidou, Im-Bolter, 2010]. На основании многочисленных измерений в России и Канаде была определена кривая роста уровня ментального внимания относительно возраста детей и определены уровни внимания для обнаружения детей с высокими показателями. Поскольку развитие данной функции подробно описано на основе эмпирических исследований, анализ связи объема ментального внимания с успешностью формирования искусственных категорий позволяет оценить вклад развития ментального внимания в обучение.

Другим важным аспектом взросления в плане решения сложных задач является способность к саморегуляции поведения. Дети часто руководствуются лишь актуальными, ситуативными желаниями на момент принятия решения, но со временем учатся произвольно удерживать внимание на выполнении определенной задачи. Например, ребенок играет в компьютерную игру, но в какой-то момент сам заканчивает играть и переключается

на другую задачу (как вариант, на выполнение домашнего задания). Саморегуляция, умение переключаться на другие задачи считается неотъемлемым проявлением когнитивного контроля.

Когнитивный контроль можно оценить с помощью задачи на вербальную гибкость (verbal fluency task). В задаче участника просят за одну минуту назвать как можно больше слов, начинаяющихся на определенную букву (фонологический вариант задачи), либо относящихся к определенной категории, например, к категории животных (семантический вариант задачи). Методика оценивает способность переключаться между категориями при воспроизведении слов. Как правило, участник воспроизводит ряд ассоциативно близких слов, например, последовательно перечисляет птиц, потом земноводных и т.д. В задаче, таким образом, происходит переключение под действием внутреннего контроля – после исчерпания слов из категории птиц участник, чтобы продолжить называть слова, должен сам переключиться на другую категорию [Snyder, Munakata, 2010].

Известно, что выполнение задачи на вербальную гибкость улучшается с возрастом: у детей вербальная гибкость увеличивается в возрасте от 6 до 11 лет, достигая в 11–12 лет взрослого уровня [Koren et al., 2005]. Также известна связь успешности выполнения задания с повседневной активностью: дети, у которых в опыте есть деятельность, протекающая без формальных правил или указаний со стороны взрослых и не направленная напрямую на развитие навыков, имеют более высокий уровень вербальной гибкости [Barker et al., 2014].

Таким образом, для оценки индивидуальных различий в категориальном обучении нами были использованы задания для измерения объема ментального внимания [Arsalidou et al., 2010] и когнитивного контроля на материале задания на вербальную гибкость [Snyder, Munakata, 2010]. Наше исследование позволит оценить связь уровня успешности в категориальном обучении с объемом ментального внимания и вербальной гибкостью у детей 6–11 лет, а также связь стратегий категориального обучения и паттернов внимания у детей и взрослых с помощью метода окулографии.

## **Метод**

### **Участники**

В исследовании приняли участие 60 детей в возрасте от 6 до 11 лет ( $M = 8,61$ ;  $SD = 1,97$ ), учащиеся 1–3 классов общеобразовательных школ (10



детей первого класса, 22 – второго, 28 – третьего). Все дети выполняли задачу на категориальное обучение, объем ментального внимания и вербальную гибкость. В окулографической части исследования приняли участие взрослые ( $N = 30$ ; средний возраст = 20,55 лет;  $SD = 5,06$ ) и часть детей из основной выборки ( $N = 23$ ; средний возраст = 7,73;  $SD = 1,62$ ). Исследование было одобрено этической комиссией НИУ ВШЭ, родители дали информированное согласие на участие ребенка в исследовании.

## Материалы

В исследовании были использованы три задачи.

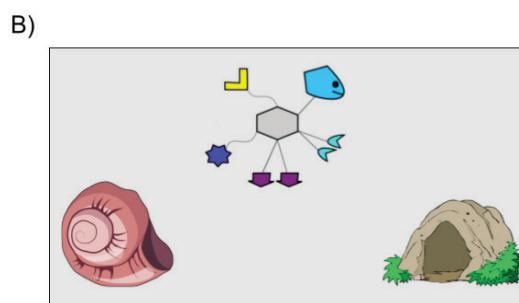
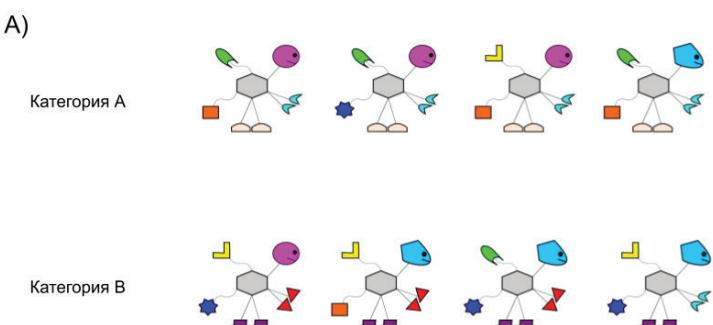
### 1) Задача на категориальное обучение

В данной задаче участнику демонстрировали по одному примеры искусственных категорий в случайном порядке, и его задачей было определить, к какой категории относится каждый пример. Структура категорий была следующей: один признак из пяти был детерминистический (см. пример на рис. 1A – форма и цвет ног), а другие – вероятностными. Детерминистический признак определял принадлежность к категории в 100% случаев, а вероятностный – в 75% случаев. Для разных участников детерминистический признак варьировался (если тип ног был детерминистическим признаком, то тип хвоста – вероятностным, и наоборот). Задача предъявлялась в форме игры – нужно было решить, в каком домике живет каждое из существ (рис. 1B). Инструкция для детей была следующей: «Привет! В этой игре ты встретишь новых друзей. Это животные с другой планеты. Эти животные различаются внешним видом и живут в разных домиках. Одни из них живут в раковинах, а другие в пещерах. В первой части игры тебе нужно науч-

иться различать, в каком из двух домиков живет животное. Они будут появляться на экране, а ты нажимай на его домик. Похожие животные живут в одинаковых домиках».

После ответа участники получали обратную связь – был ли ответ верным или нет – в невербальной форме (смайлики). Всего было сформировано 8 примеров двух категорий. Весь набор примеров предъявлялся в случайном порядке пять раз. Предъявление заданий и регистрация ответов испытуемых обеспечивались программой PsychoPy 3.2. В результате обучения оценивались общая успешность обучения и среднее количество правильных ответов во всех пробах.

Дополнительно для части участников в детской группе и для всех участников во взрослом в ходе обучения категориям производился анализ глазодвигательной активности с помощью айтрекера, что позволило непосредственно зафиксировать используемую участником стратегию внимания. Невозможность включения всей выборки детей в тестирование с айтрекером связано с временными ограничениями исследования, поэтому детям было предложено пройти эту часть в случайном порядке. Обе возрастные группы выполняли задачу на категориальное обучение с одинаковым материалом и процедурой. Выполнение задачи сопровождалось одновременной записью движений глаз испытуемого с помощью айтрекера Eye-Link Portable Duo (SR Research) в режиме свободного движения головы с частотой 1000 Гц. Для идентификации сakkад и фиксаций и предобработки сырьевых данных использовались алгоритмы анализа программы Data Viewer (SR Research). В качестве метрики распределения внимания испытуемых в ходе пробы мы использовали процент време-



**Рис. 1. Примеры категорий и пробы в задаче на обучение.**

**Примечания.** (A) примеры категорий: в представленном варианте детерминистическим признаком являются ноги (определяет отнесенность примера к категории в 100% случаев), а вероятностными – голова, крылья, хвост, руки (определяют отнесенность примера к категории в 75% случаев); (B) пример пробы в задаче на обучение.



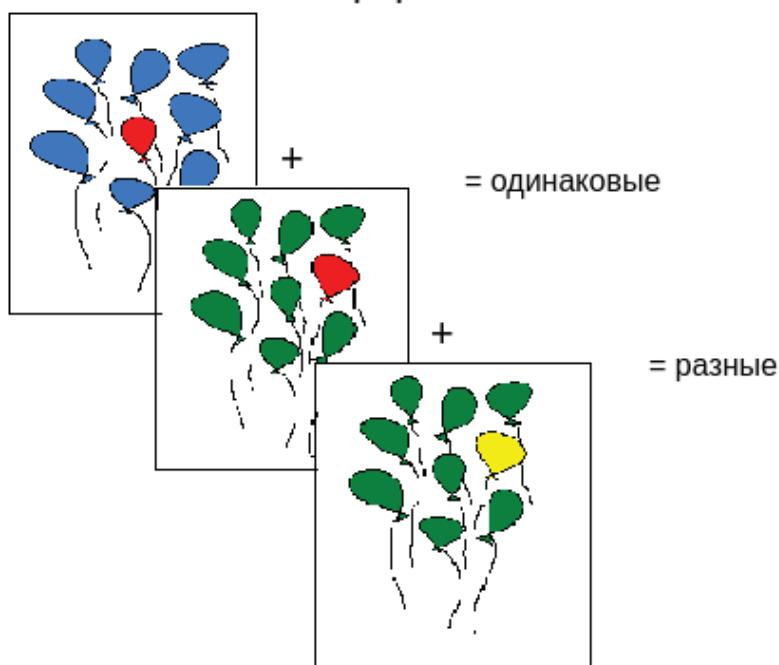
ни пребывания (dwell time) на зонах интереса от общего времени пробы. При этом в дальнейшем анализе подсчитывался угловой коэффициент функции времени пребывания на определяющем признаке, предложенный Бланко и коллегами [Blanco et al., 2023] как показатель оптимизации внимания на определенном зрительном объекте на протяжении эксперимента. Угловой коэффициент для каждого участника вычислялся как коэффициент наклона прямой линейной регрессии методом наименьших квадратов, где переменная  $x$  соответствовала порядковому номеру пробы, а переменная  $y$  – доле времени фиксации на детерминирующем признаке от общего времени пробы. Для расчета регрессионной прямой и ее углового коэффициента использовалась функция `scipy.stats.linregress` из библиотеки SciPy. Чтобы точнее определить тип стратегии, которую использовали участники при обучении – вербальную или прототипическую – мы добавили тест после этапа научения. В тесте у примеров мы поменяли местами вероятностные и детерминистический признаки. Например, детерминистический признак имел значение категории А, а вероятностные – В. Если в большинстве тестовых проб участник выбирал ориентацию на детерминистический признак, то

мы считали, что он придерживался вербальной стратегии, если на вероятностные – прототипической стратегии.

## 2) Измерение объема ментального внимания

Задача на сравнение цветов является устоявшейся парадигмой для экспериментальной оценки объема ментального внимания в разных возрастных группах [Arsalidou et al., 2010]. Детям предлагают последовательно сравнивать цвета на появляющихся картинках. Необходимо отслеживать изменение всех цветов, кроме синего и зеленого – изменение этих цветов нужно игнорировать. Если остальные цвета в текущей и предыдущей пробе совпадают, то участники должны отвечать нажатием кнопки «1» на клавиатуре; если цвета отличаются, необходимо нажать кнопку «2». Задача состояла из шести уровней сложности, соответствующих количеству релевантных цветов (т.е. других использованных на картинках цветов, кроме синего и зеленого), и включала в себя 24 блока с восемью стимулами одинаковой сложности в каждом. После каждой пробы в центре экрана появлялся фиксационный крест. Блоки разного уровня сложности были расположены в псевдослучайном порядке. Перед началом прохождения испытуемые получали устную инструкцию и выполняли

## ЗСЦ Уровень 1



**Рис. 2.** Пример первого уровня Задачи на сравнение цветов (ЗСЦ).

*Примечания. Первый уровень соответствует изменению в одном релевантном цвете. Стимулы предъявляются один за другим, на каждое изображение ожидается ответ – те же релевантные цвета относительно прошлого изображения или другие.*



тренировочное задание. В ходе прохождения задачи регистрируется точность на основе процента правильных ответов внутри каждого уровня сложности.

### 3) Измерение вербальной гибкости

Экспериментатор описывал участнику задание: «Мы сейчас с тобой поиграем в одну игру, в которой будет много разных слов. Я буду тебе говорить, какие именно слова тебе нужно вспомнить и сказать. Назови мне слова, которые относятся к группе «еда». Называй так много слов, сколько можешь вспомнить». На выполнение задания давалась одна минута, время регистрировалось с помощью таймера. Ответы записывались с помощью диктофона. Если участник затруднялся вспомнить слова в течение 10 секунд, экспериментатор его поддерживал: «У тебя отлично получается! Какую еще еду ты знаешь?».

Анализ данных проводился в соответствии с инструкцией [Koren et al., 2005]. Аудиозаписи транскрибировались, затем сегментировались на отдельные слова в соотнесении со временем. Исследователи выявляли в последовательности слов семантические кластеры – объединения 2 и более слов, относящиеся по смыслу к одной группе. Например, выделение кластеров выполнялось двумя исследователями независимо друг от друга, после чего их оценки сопоставлялись и в случае расхождений обсуждались, чтобы прийти к итоговому перечню кластеров. Далее каждому кластеру присваивался балл по формуле  $n-1$ , где  $n$  – количество слов в кластере. Итоговый балл по вербальной гибкости рассчитывался как сумма баллов за кластеры, за исключением балла за последний кла-

стер, так как после него уже нет переключения на новую категорию.

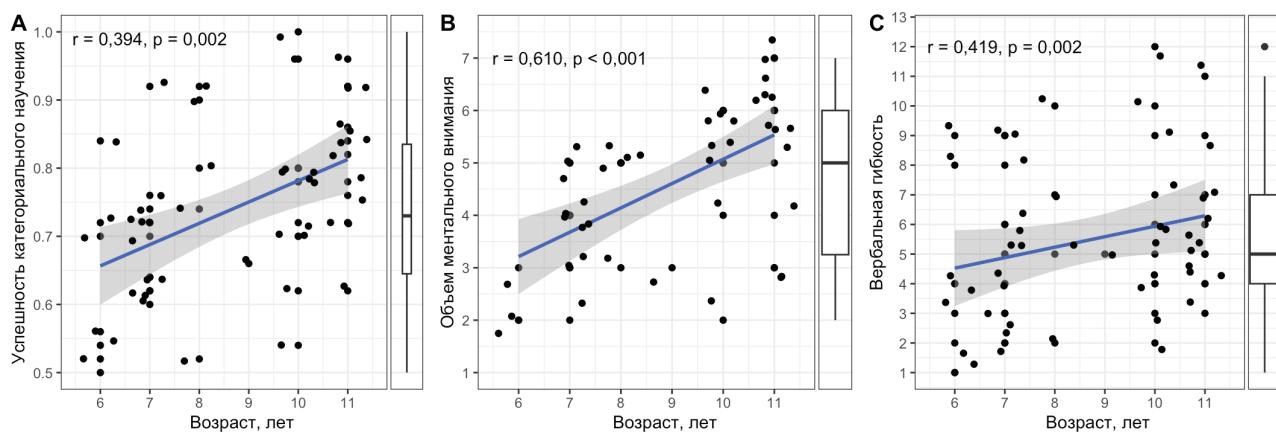
### Процедура

Тестирование проходило за одну сессию на территории школы. Дети всегда выполняли первым задание на категориальное обучение, а вторым – или задание на измерение объема ментального внимания, или задание на вербальную гибкость. Соответственно, третьим заданием было задание на вербальную гибкость или на измерение объема ментального внимания. В среднем выполнение всех заданий занимало 60 минут.

## Результаты

### Успешность категориального обучения и его связь с возрастом

У каждого участника мы оценили общую успешность категоризации как среднее количество правильных ответов во всех пробах. Средняя успешность обучения составила  $M = 0,703$ ;  $SD = 0,16$ . Коэффициент корреляции Спирмена успешности обучения с возрастом составил  $r = 0,394$ ;  $p = 0,002$ . Как видно на графике (рис. 3), связь успешности с возрастом является положительной. К самому низкому уровню успешности (0,5) в основном близки дети 6–7 лет, а дети старше 9 лет имеют уровень успешности в среднем выше 0,7. Мы сравнили разницу в возрастных группах между собой, сгруппировав участников по классам (6–7 лет – первый класс, 8–9 лет – второй, 10–11 лет – третий). Критерий Краскела-Уоллиса показал, что успешность обучения статистиче-



**Рис. 3. Связь возраста с успешностью категориального обучения (A), объемом ментального внимания (B) и вербальной гибкостью (C).**

**Примечания.** Справа от каждого графика – описательные статистики для измерения по оси ординат (медиана, квартили, минимальное и максимальное значения, выбросы).



## Таблица 1

### Коэффициенты корреляции

	Успешность научения	Объем ментального внимания	Вербальная гибкость
Успешность научения	-		
Объем ментального внимания	0,379 (0,015)	-	
Вербальная гибкость	0,107 (0,445)	0,259 (0,127)	-

Примечания. В скобках указан уровень значимости.

ски значимо различается между классами ( $H(2) = 6,648; p = 0,036$ ): самая низкая успешность в первом классе ( $M = 0,61; SD = 0,13$ ), а во втором ( $M = 0,68; SD = 0,15$ ) и третьем ( $M = 0,75; SD = 0,16$ ) она выше. Тем не менее во всех возрастах успешность была выше уровня случайных ответов. Так, сравнение с уровнем случайных ответов (0,5) по критерию Уилкоксона показало значимые отличия (выше уровня) в каждом классе (в первом  $p = 0,042$ ; во втором и третьем  $p < 0,001$ ). Помимо этого, видно, что в каждом возрасте есть сильное разнообразие в уровне успешности научения. Также ожидаемо оказались положительно связанны с возрастом уровень ментального внимания ( $r = 0,610; p < 0,001$ ) и уровень вербальной гибкости ( $r = 0,419; p = 0,002$ ).

### Связь успешности категориального научения и индивидуальных различий во внимании и вербальной гибкости

Для анализа связи успешности научения с объемом ментального внимания и уровнем вербальной гибкости мы использовали коэффициенты корреляции с учетом переменной «возраст» (частная корреляция). В таблице 1 отображены данные о взаимосвязях между успешностью научения, объемом ментального внимания и вербальной гибкостью. Была обнаружена связь между объемом ментального внимания и успешностью категориального научения: чем выше объем внимания, тем успешнее научение. Связи успешности научения и вербальной гибкости, как и связи вербальной гибкости и объема ментального внимания, обнаружено не было.

### Результаты окулографического исследования

#### 1) Выбор стратегии (на основании категоризации примеров на этапе переноса)

Большинство детей использовало прототипическую стратегию (73%), а большинство взрослых использовало селективную стратегию (57%).

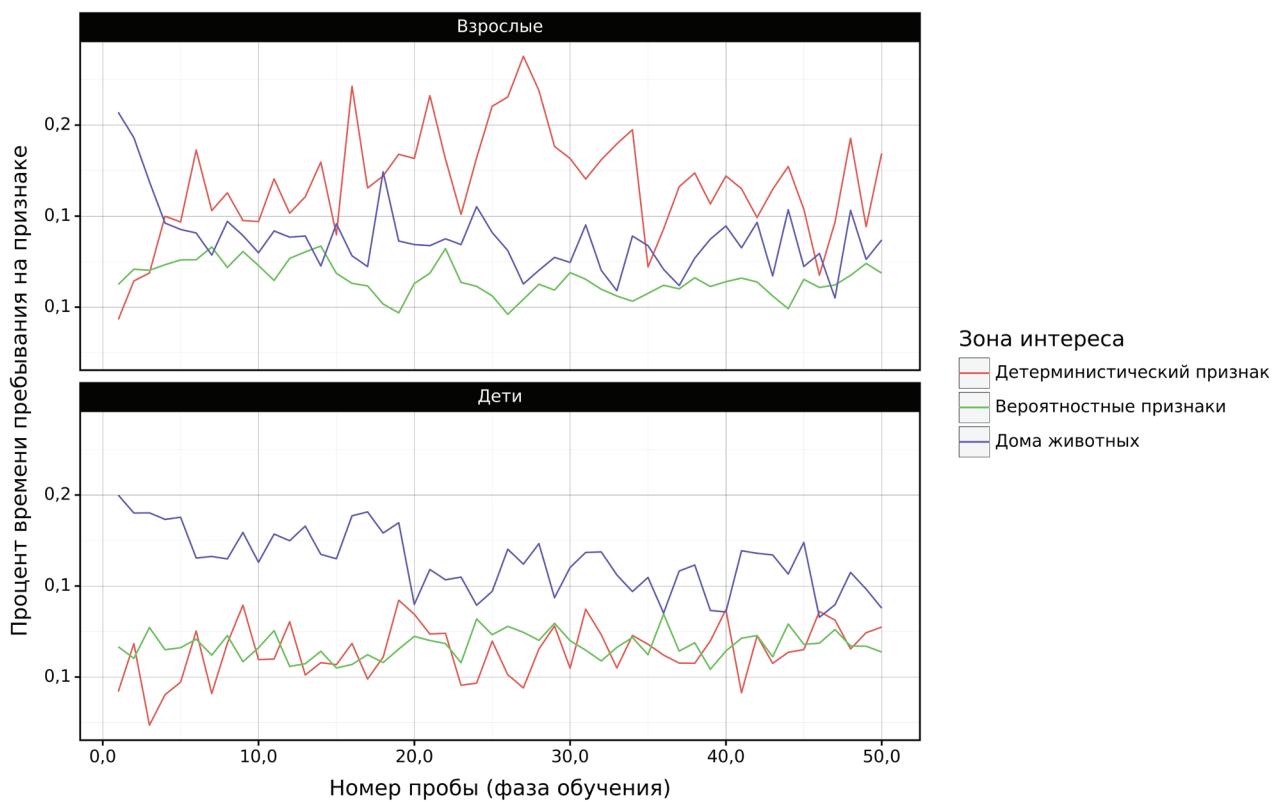
### 2) Оптимизация внимания

Сравнение индивидуальных угловых коэффициентов (номер пробы – время фиксации взора на детерминистическом признаке) между возрастными группами не показало значимой разницы ( $p = 0,96$ ). Однако двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с факторами «возрастная группа» и «стратегия» показал значимый эффект стратегии:  $F(1, 49) = 8,418; p = 0,006$ . Чтобы убедиться в валидности дисперсионного анализа, мы провели тест Шапиро-Уилка на нормальность остаточных значений модели. Согласно результатам теста ( $W$ -статистика = 0,963;  $p = 0,095$ ), распределение остаточных значений близко к нормальному, что позволяет утверждать о валидности анализа. Проведенный пост-хок  $t$ -test показал значимый эффект стратегии на угловой коэффициент для взрослых ( $statistic = 2,52; p = 0,017$ ; Cohen's  $d = 0,92$ ), но не для детей (Cohen's  $d = 0,54$ ). Таким образом, наши результаты показывают, что у взрослых существует реальная связь между косвенной оценкой стратегии по успешности на этапе переноса и газодвигательными показателями оптимизации внимания к детерминистическому признаку. Отсутствие данного эффекта у детей может указывать на то, что даже при выборе вербальной стратегии дети продолжают опираться на распределенное внимание.

На первом графике (без учета выбранной стратегии) мы видим, что взрослые в среднем оптимизируют внимание на детерминистическом признаке в пределах первых десяти проб и затем продолжают преимущественно обращать взгляд на детерминистический признак по сравнению с вероятностными признаками и изображениями домов. При этом дети в среднем не оптимизируют внимание ни на одном из признаков и отдают приоритет изображениям домов. Однако на втором графике (с учетом стратегии) мы видим несколько иные тренды. Для детей, использовавших прототипическую стратегию, и для взрослых, использовавших стратегию поиска правила, закономерности сохраняются, но



#### Распределение внимания в ходе фазы обучения без учета стратегии



**Рис. 4. Распределение внимания в ходе фазы обучения, различия между детьми и взрослыми без учета стратегии категориального научения.**

при этом взрослые, использовавшие прототипическую стратегию, распределяют внимание практически поровну между всеми признаками и изображениями домов, а дети, использовавшие стратегию поиска правила, обращают значительно больше внимания на детерминистический признак.

категории. В дополнительном измерении стратегий категориального научения на основе окулографических показателей мы обнаружили, что дети, в отличие от взрослых, в ходе категориального научения в большей степени полагаются на распределенное внимание, а не на селективное.

В предыдущих моделях категориального научения [Minda, Miles, 2010] предполагалось, что объем внимания или рабочей памяти (аналог объема ментального внимания) скорее связаны с работой вербальной, а не имплицитной системы научения. Как мы видим из наших окулографических данных, у детей, у которых по возрасту категориальное научение еще опирается на имплицитную систему научения, само научение тем успешнее, чем больше объем ментального внимания. По-видимому, больший объем позволяет выделять больше связей между признаками и их значениями в примерах категории. С другой стороны, возможно, больший объем рабочей памяти может поддерживать любой тип научения, независимо от типа внимания, поскольку он также полезен для смены разных стратегий научения или перебора гипотез [Sewell, Lewandowsky, 2012; Lloyd et al., 2019]. Не

## Обсуждение

Целью исследования было измерение у детей 6–11 лет успешности категориального научения, а также оценка связи успешности с объемом ментального внимания и вербальной гибкостью. Результаты показали, что каждая из этих когнитивных функций развивается в данном возрастном диапазоне: с возрастом увеличивается успешность формирования новых категорий, объем ментального внимания и вербальная гибкость. Однако контролируя фактор возраста, мы выяснили, что только индивидуальные различия в объеме ментального внимания связаны с успешностью категориального научения, а уровень вербальной гибкости – нет. Иными словами, чем больше объем ментального внимания, тем успешнее дети формируют новые



### Распределение внимания в ходе фазы обучения с учетом стратегии

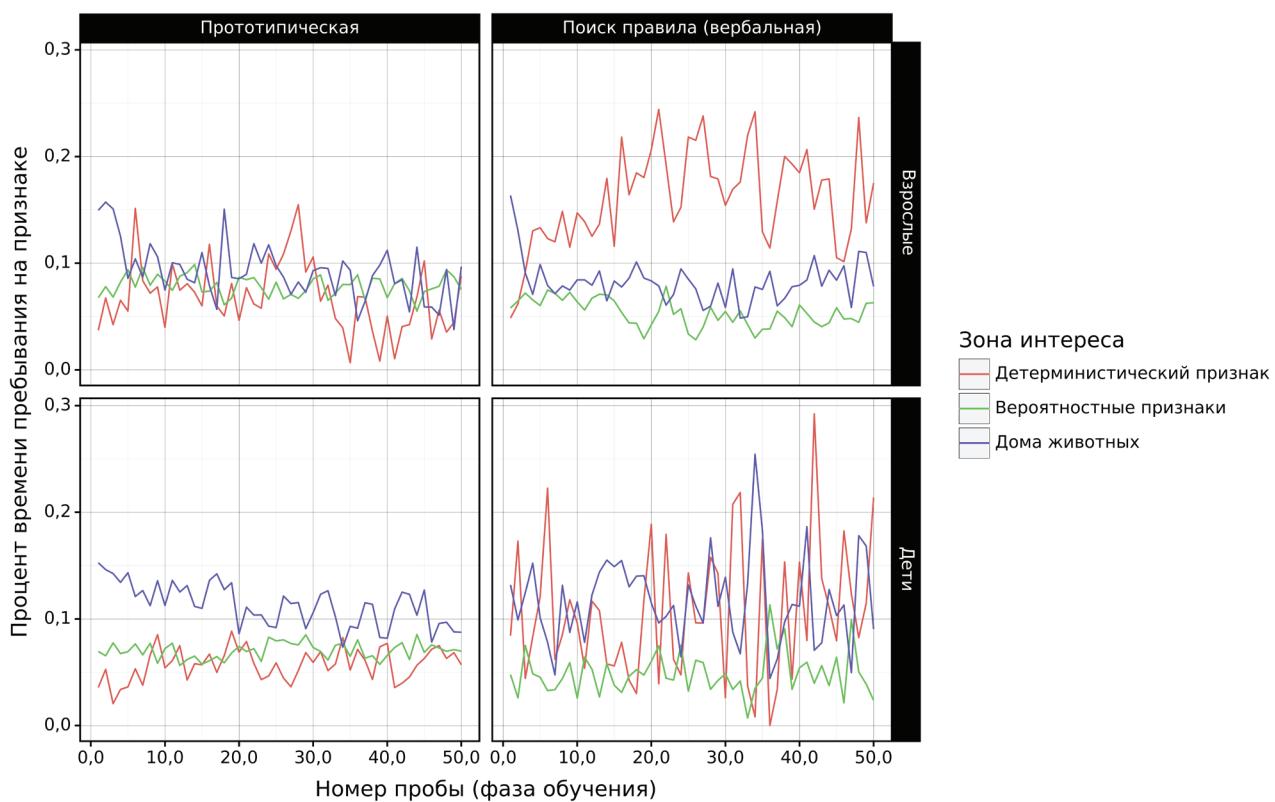


График иллюстрирует распределение внимания на этапе обучения для взрослых и детей в зависимости от выбранной стратегии.

**Рис. 5. Распределение внимания в ходе фазы обучения, различия между детьми и взрослыми, разделенными по группам в зависимости от выбранной стратегии категориального научения.**

исключено, что в более старшем возрасте больший объем внимания будет поддерживать вербальную систему научения. Также возможно, что большая вербальная гибкость будет поддерживать категориальное научение в старшем возрасте.

Результаты исследования могут быть расширены в будущих работах не только в плане изучения категоризации и внимания у детей старшего возраста. Для анализа связи индивидуальных различий в категориальном научении и когнитивных функций оптimalен лонгитюдный формат исследования, при этом возрастные изменения можно было бы проанализировать на протяжении нескольких лет. Такой формат позволяет проследить критические изменения в категориальном научении, связанном с переходом от одной ведущей системы научения (имплицитной) к другой (вербальной).

Существенным ограничением нашего исследования является небольшой объем детской выборки и ее неравномерность. В итоговый вариант выборки попали лишь двое детей в возрасте 9 лет. Однако мы видим, что именно после 9 лет, у детей более старшего возраста, показатели успешности категориального научения и объема ментального вни-

мания становятся более вариативными в каждой возрастной группе. Добавление в анализ большего количества участников позволит определить индивидуальные различия уже внутри каждого возраста.

Помимо этого, в будущих исследованиях необходимо расширить результаты за счет включения в анализ возрастных изменений школьной успеваемости. Такие данные позволяют сформировать вычислительную модель для построения прогнозов по базовым когнитивным параметрам (категориальное научение и объем внимания) разных характеристик школьной успешности в разных предметных областях. В настоящее время изучение стратегий и механизмов категориального научения ограничено искусственными категориями с небольшим количеством признаков (как правило, от двух до пяти). В последние годы появляются работы, в которых механизмы категориального научения переносятся с искусственных на научные категории [Nosofsky et al., 2022]. Мы считаем, что в этом же направлении должны проводиться и будущие исследования индивидуальных различий в категориальном научении.



## Финансирование

Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

## Литература

Котов А.А., Котова Т.Н. Эффект интерферирующей задачи на отдельных этапах категориального обучения. Психологический журнал, 2018, 39(1), 57–69. DOI:10.7868/S0205959218010063

Arsalidou M., Im-Bolter N. Why parametric measures are critical for understanding typical and atypical cognitive development. Brain Imaging and Behavior, 2017, 11(4), 1214–1224. DOI:10.1007/s11682-016-9592-8

Arsalidou M., Pascual-Leone J., Johnson J. Misleading cues improve developmental assessment of working memory capacity: The color matching tasks. Cognitive Development, 2010, 25(3), 262–277. DOI:10.1016/j.cogdev.2010.07.001

Ashby F.G., Maddox W.T. Human category learning. Annual Review of Psychology, 2005, 56(1), 149–178. DOI:10.1146/annurev.psych.56.091103.070217

Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory?. Trends in cognitive sciences, 2000, 4(11), 417–423. DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2

Barker J.E., Semenov A.D., Michaelson L., Provan L.S., Snyder H.R., Munakata Y. Less-structured time in children's daily lives predicts self-directed executive functioning. Frontiers in psychology, 2014, No. 5, 85789. DOI:10.3389/fpsyg.2014.00593

Blanco N.J., Turner B.M., Sloutsky V.M. The benefits of immature cognitive control: How distributed attention guards against learning traps. Journal of Experimental Child Psychology, 2023, No. 226, 105548. DOI:10.1016/j.jecp.2022.105548

Brashears B.N., Minda J.P. The effects of feature verbalizability on category learning. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 2020, No. 42, 655–660.

Cowan N., Elliott E.M., Saults J.S., Morey C.C., Mattox S., Hismajatullina A., Conway A.R.A. On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. Cognitive psychology, 2005, 51(1), 42–100. DOI:10.1016/j.cogpsych.2004.12.001

Deng W.S., Sloutsky V.M. Selective attention, diffused attention, and the development of categorization. Cognitive psychology, 2016, No. 91, 24–62. DOI:10.1016/j.cogpsych.2016.09.002

Ericsson K.A., Kintsch W. Long-term working memory. Psychological review, 1995, 102(2), 211–245. DOI:10.1037/0033-295X.102.2.211

Hoffman A.B., Rehder B. The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility. Journal of Experimental Psychology: General,

2010, 139(2), 319–340. DOI:10.1037/a0019042

Koren R., Kofman O., Berger A. Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. Archives of Clinical Neuropsychology, 2005, 20(8), 1087–1104. DOI:10.1016/j.acn.2005.06.012

Lloyd K., Sanborn A., Leslie D., Lewandowsky S. Why higher working memory capacity may help you learn: Sampling, search, and degrees of approximation. Cognitive Science, 2019, 43(12), e12805. DOI:10.1111/cogs.12805

Minda J.P., Miles S.J. The influence of verbal and nonverbal processing on category learning. Psychology of learning and motivation, 2010, No. 52, 117–162. DOI:10.1016/S0079-7421(10)52003-6

Nosofsky R.M., Meagher B.J., Kumar P. Contrasting exemplar and prototype models in a natural-science category domain. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 2022, 48(12), 1970–1994. DOI:10.1037/xlm0001069

Pascual-Leone J. A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. Acta psychologica, 1970, No. 32, 301–345. DOI:10.1016/0001-6918(70)90108-3

Sewell D.K., Lewandowsky S. Attention and working memory capacity: insights from blocking, highlighting, and knowledge restructuring. Journal of Experimental Psychology: General, 2012, 141(3), 444–469. DOI:10.1037/a0026560

Sloutsky V.M. From perceptual categories to concepts: What develops?. Cognitive science, 2010, 34(7), 1244–1286. DOI:10.1111/j.1551-6709.2010.01129.x

Snyder H.R., Munakata Y. Becoming self-directed: Abstract representations support endogenous flexibility in children. Cognition, 2010, 116(2), 155–167. DOI:10.1016/j.cognition.2010.04.007

Zeithamova D., Maddox W.T. Dual-task interference in perceptual category learning. Memory & cognition, 2006, 34(2), 387–398. DOI:10.3758/BF03193416

Zettersten M., Bredemann C., Kaul M., Ellis K., Vlach H.A., Kirkorian H., Lupyan G. Nameability supports rule-based category learning in children and adults. Child Development, 2024, 95(2), 497–514. DOI:10.1111/cdev.14008

Поступила в редакцию: 20 февраля 2025 г.

Дата публикации: 27 июля 2025 г.

## Сведения об авторах

Ляшенко Анастасия Константиновна.

Магистр психологии, кафедра педагогики и медицинской психологии, Институт психолого-социальной работы, Сеченовский Универ-



ситет, ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 4, 119435 Москва, Россия.

Аспирант Школы по когнитивным наукам НИУ ВШЭ, Армянский пер., д. 4, корп. 2, 101000 Москва, Россия.

E-mail: [akliashenko@gmail.com](mailto:akliashenko@gmail.com)

Предикторы индивидуальных различий в категориальном обучении у детей 6-10 лет. Психологические исследования. 2025. Т. 18, № 101. С. 5.

URL: <https://psystudy.ru>

*Бачурина Валентина Алексеевна.* Магистр психологии, аспирант Школы психологии НИУ ВШЭ, Армянский пер., д. 4, корп. 2, 101000 Москва, Россия.

E-mail: [vabachurina@gmail.com](mailto:vabachurina@gmail.com)

Адрес статьи:

<https://doi.org/10.54359/nens3357>

*Тужилина Юлия Владимировна.* Магистр психологии, аспирант Школы психологии НИУ ВШЭ, младший научный сотрудник Научно-учебной лаборатории когнитивных исследований НИУ ВШЭ, Армянский пер., д. 4, корп. 2, 101000 Москва, Россия.

E-mail: [yuvsudorgina@gmail.com](mailto:yuvsudorgina@gmail.com)

*Котова Татьяна Николаевна.* Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории когнитивных исследований, Российской академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, проспект Вернадского, д. 84, корп. 3, 119571 Москва, Россия.

E-mail: [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com)

*Котов Алексей Александрович.* Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Научно-учебной лаборатории когнитивных исследований НИУ ВШЭ, Армянский пер., д. 4, корп. 2, 101000 Москва, Россия.

E-mail: [al.kotov@gmail.com](mailto:al.kotov@gmail.com)

*Арсалиду Мари, PhD, Adjunct Professor,* Департамент психологии, Йоркский Университет, 4700 Keele St., Toronto, ON, M3J 1P3 Торонто, Канада.

E-mail: [marie.arsalidou@gmail.com](mailto:marie.arsalidou@gmail.com)

#### Ссылка для цитирования

Ляшенко А.К., Бачурина В.А., Тужилина Ю.В., Котова Т.Н., Котов А.А., Арсалиду М.



## Predictors of individual differences in category learning in 6–10-year-old children

**Liashenko A.K<sup>1,2</sup>, Bachurina V.A.<sup>2</sup>, Tuzhilina Y.V.<sup>2</sup>, Kotova T.N.<sup>3</sup>,  
Kotov A.A.<sup>2</sup>, Arsalidou M.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Sechenov University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> HSE University, Moscow, Russia

<sup>3</sup> RANEPA, Moscow, Russia

<sup>4</sup> York University, Toronto, Canada

This study examines the relationship between individual differences in categorical learning and two cognitive factors – mental attention capacity and verbal flexibility – in primary school students (grades 1–3, N = 60). Age-related differences were observed across all measures: older children demonstrated higher categorical learning performance, greater attention capacity, and increased verbal flexibility. However, when controlling for age, only the positive association between categorical learning performance and mental attention capacity remained statistically significant. To further investigate the mechanisms underlying categorical learning, an eye-tracking analysis was conducted to compare attention allocation strategies between children and adults (N = 30). The findings indicated that children tended to employ a distributed attention strategy, whereas adults predominantly used a selective attention strategy during the learning task. The findings have implications for the development of predictive models of learning based on stable individual characteristics of cognitive functioning.

**Keywords:** concepts, categorical learning, mental attention, verbal flexibility, eye-tracking



## Funding

The research leading to these results has received funding from the Basic Research Program at the National Research University Higher School of Economics.

## References

- Arsalidou M., Im-Bolter N. Why parametric measures are critical for understanding typical and atypical cognitive development. *Brain Imaging and Behavior*, 2017, 11(4), 1214–1224. DOI:10.1007/s11682-016-9592-8
- Arsalidou M., Pascual-Leone J., Johnson J. Misleading cues improve developmental assessment of working memory capacity: The color matching tasks. *Cognitive Development*, 2010, 25(3), 262–277. DOI:10.1016/j.cogdev.2010.07.001
- Ashby F.G., Maddox W.T. Human category learning. *Annual Review of Psychology*, 2005, 56(1), 149–178. DOI:10.1146/annurev.psych.56.091103.070217
- Baddeley A. The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 2000, 4(11), 417–423. DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Barker J.E., Semenov A.D., Michaelson L., Provan L.S., Snyder H.R., Munakata Y. Less-structured time in children's daily lives predicts self-directed executive functioning. *Frontiers in psychology*, 2014, No. 5, 85789. DOI:10.3389/fpsyg.2014.00593
- Blanco N.J., Turner B.M., Sloutsky V.M. The benefits of immature cognitive control: How distributed attention guards against learning traps. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2023, No. 226, 105548. DOI:10.1016/j.jecp.2022.105548
- Brashears B.N., Minda J.P. The effects of feature verbalizability on category learning. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2020, No. 42, 655–660.
- Cowan N., Elliott E.M., Saults J.S., Morey C.C., Mattox S., Hisimatullina A., Conway A.R.A. On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive psychology*, 2005, 51(1), 42–100. DOI:10.1016/j.cogpsych.2004.12.001
- Deng W.S., Sloutsky V.M. Selective attention, diffused attention, and the development of categorization. *Cognitive psychology*, 2016, No. 91, 24–62. DOI:10.1016/j.cogpsych.2016.09.002
- Ericsson K.A., Kintsch W. Long-term working memory. *Psychological review*, 1995, 102(2), 211–245. DOI:10.1037/0033-295X.102.2.211
- Hoffman A.B., Rehder B. The costs of supervised classification: The effect of learning task on conceptual flexibility. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2010, 139(2), 319–340. DOI:10.1037/a0019042
- Koren R., Kofman O., Berger A. Analysis of word clustering in verbal fluency of school-aged children. Archives of Clinical Neuropsychology, 2005, 20(8), 1087–1104. DOI:10.1016/j.acn.2005.06.012
- Kotov A.A., Kotova T.N. Ehffekt interferiruyushchei zadachi na otdel'nykh ehtapakh kategorii-al'nogo naucheniya. *Psikhologicheskii zhurnal*, 2018, 39(1), 57–69. (in Russian) DOI:10.7868/S0205959218010063
- Lloyd K., Sanborn A., Leslie D., Lewandowsky S. Why higher working memory capacity may help you learn: Sampling, search, and degrees of approximation. *Cognitive Science*, 2019, 43(12), e12805. DOI:10.1111/cogs.12805
- Minda J.P., Miles S.J. The influence of verbal and nonverbal processing on category learning. *Psychology of learning and motivation*, 2010, No. 52, 117–162. DOI:10.1016/S0079-7421(10)52003-6
- Nosofsky R.M., Meagher B.J., Kumar P. Contrasting exemplar and prototype models in a natural-science category domain. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2022, 48(12), 1970–1994. DOI:10.1037/xlm0001069
- Pascual-Leone J. A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta psychologica*, 1970, No. 32, 301–345. DOI:10.1016/0001-6918(70)90108-3
- Sewell D.K., Lewandowsky S. Attention and working memory capacity: insights from blocking, highlighting, and knowledge restructuring. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2012, 141(3), 444–469. DOI:10.1037/a0026560
- Sloutsky V.M. From perceptual categories to concepts: What develops?. *Cognitive science*, 2010, 34(7), 1244–1286. DOI:10.1111/j.1551-6709.2010.01129.x
- Snyder H.R., Munakata Y. Becoming self-directed: Abstract representations support endogenous flexibility in children. *Cognition*, 2010, 116(2), 155–167. DOI:10.1016/j.cognition.2010.04.007
- Zeithamova D., Maddox W.T. Dual-task interference in perceptual category learning. *Memory & cognition*, 2006, 34(2), 387–398. DOI:10.3758/BF03193416
- Zettersten M., Bredemann C., Kaul M., Ellis K., Vlach H.A., Kirkorian H., Lupyan G. Nameability supports rule-based category learning in children and adults. *Child Development*, 2024, 95(2), 497–514. DOI:10.1111/cdev.14008

## Information about authors

*Liashenko Anastasia Konstantinovna*. Master in Psychology, Pedagogy and Medical Psychology Department, Institute of Psychology and Social Work, Sechenov University, ul. Bolshaya Pirogovskaya, 2, c4, 119435 Moscow, Russia. PhD student at Doctoral School of Cognitive Science, HSE University, Armyanskij per., 4, c2, 101000 Moscow, Russia.  
E-mail: [akliashenko@gmail.com](mailto:akliashenko@gmail.com)



*Bachurina Valentina Alekseevna.* Master in Psychology, PhD student at Doctoral School of Psychology, HSE University, Armyanskij per., 4, c2, 101000 Moscow, Russia.  
E-mail: [vabachurina@gmail.com](mailto:vabachurina@gmail.com)

*Tuzhilina Yulia Vladimirovna.* Master in Psychology, PhD student at Doctoral School of Psychology, HSE University, Junior Research Associate at Laboratory for Cognitive Research, HSE University, Armyanskij per., 4, c2, 101000 Moscow, Russia.  
E-mail: [yuvsudorgina@gmail.com](mailto:yuvsudorgina@gmail.com)

*Kotova Tatyana Nikolaevna.* PhD in Psychology, Senior Researcher, Laboratory for the Cognitive Research, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, pr. Vernadskogo, 84, c3, 119571 Moscow, Russia.  
E-mail: [tkotova@gmail.com](mailto:tkotova@gmail.com)

*Kotov Alexey Aleksandrovich.* PhD in Psychology, Senior Researcher, at Laboratory for Cognitive Research, HSE University, Armyanskij per., 4, c2, 101000 Moscow, Russia.  
E-mail: [al.kotov@gmail.com](mailto:al.kotov@gmail.com)

*Arsalidou Marie,* PhD, Adjunct Professor, Department of Psychology, York University, 4700 Keele St., Toronto, ON, M3J 1P3 Toronto, Canada.  
E-mail: [marie.arsalidou@gmail.com](mailto:marie.arsalidou@gmail.com)

For citation:

Liashenko A.K., Bachurina V.A., Tuzhilina Y.V., Kotova T.N., Kotov A.A., Arsalidou M. Predictors of individual differences in category learning in 6–10-year-old children. Psichologicheskie Issledovaniya, 2025, Vol. 18, No. 101, p. 5.  
<https://psystudy.ru>