

DOI: 10.22363/2313-1683-2024-21-1-11-34

EDN: SMGWOV

УДК 159.9.072

Исследовательская статья

Применение метода языковой энтропии для измерения билингвального языкового опыта: исследование носителей адыгейского и русского, татарского и русского языков

Е.Ю. Семенова¹, К.В. Линд¹, Т.И. Логвиненко²,
Е.Л. Григоренко^{1, 3, 4, 5, 6}

¹ Научно-технологический университет «Сириус»,
Российская Федерация, 354340, Краснодарский край,
федеральная территория «Сириус», пгт. Сириус, Олимпийский пр., д. 1

² Мюнхенский университет имени Людвига и Максимилиана,
Германия, 80539, Мюнхен, Geschwister-Scholl-Platz 1

³ Московский государственный психолого-педагогический университет,
Российская Федерация, 127051, г. Москва, ул. Каретный Ряд, д. 2

⁴ Хьюстонский университет,
США, 77204, Техас, г. Хьюстон, 4300 Мартин Лютер Кинг Бульвар

⁵ Медицинский колледж Бейлора,
США, 77030, Техас, г. Хьюстон, 1 Бэйлор Плз

⁶ Йельский университет,
США, 06518, Коннектикут, г. Нью-Хейвен, 230 Саус Фронтэдж Роуд

 esem7enova@gmail.com

Аннотация. Считается, что опыт владения двумя языками способствует более эффективной работе исполнительных функций билингвов, поскольку им необходимо постоянно регулировать одновременную активацию двух или нескольких языков. Однако результаты десятилетий исследований привели к противоречивым выводам относительно существования подобного билингвального преимущества. Одним из многообещающих подходов к разрешению противоречий является более детальное рассмотрение природы билингвального языкового опыта. Цель данной работы состояла, во-первых, в эмпирической проверке метода языковой энтропии как способа измерения вариативности в использовании языков билингвами в различных контекстах взаимодействия; во-вторых, в изучении взаимосвязи между показателями языковой энтропии и компонентами исполнительных функций билингвов (когнитивная гибкость, актуализация цели, мониторинг конфликтов). В исследовании приняли участие 111 билингвов-студентов вузов (средний возраст 20,5 (2,97); 75,7% женщины), являющиеся носителями адыгейского и русского, татарского и русского языков и проживающие в Республике Адыгея и Республике Татарстан соответственно. Батарейка инструментов включала опросник о демографическом и языковом опыте, содержащий вопросы для расчета показателей языковой энтропии в четырех социальных контекстах (дом, университет, работа, свободное время), задача Color-shape switching task для измерения исполнительных функций,

© Семенова Е.Ю., Линд К.В., Логвиненко Т.И., Григоренко Е.Л., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

а также тест на оценку невербального интеллекта. Результаты исследования показали, что языковая энтропия билингвов из обоих регионов не превышала показателя 0,66 в четырех контекстах, что говорит об использовании преимущественно одного языка в повседневном общении. Однако в контексте «университет» билингвы, говорящие на татарском и русском языках, использовали языки более сбалансированно, чем билингвы, говорящие на адыгейском и русском языках. Результаты также указали на отсутствие взаимосвязи между языковой энтропией билингвов в данном исследовании и компонентами исполнительных функций, что соотносится с предположениями гипотезы адаптивного контроля (Adaptive Control Hypothesis).

Ключевые слова: билингвизм, исполнительные функции, языковая энтропия, когнитивная гибкость, билингвальное преимущество, татарский язык, адыгейский язык

Благодарности и финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-20419, <https://rscf.ru/project/24-28-20419/>

Авторы благодарят Xiaoqian Li и W. Quin Yow за предоставление доступа к экспериментальной парадигме и коду для обработки данных.

Введение

Большое число исследований билингвизма рассматривает этот феномен вместе с исполнительными функциями (executive functions). Исполнительные функции представляют собой систему высокоуровневых процессов, необходимых человеку для контроля и регуляции поведения в соответствии с заданной целью (Miyake & Friedman, 2012). В российской науке также используются термины «управляющие функции» в контексте управления изменением поведения (Николаева & Вергунов, 2017) и «регуляторные функции» для обозначения ситуативной адаптации поведения и достижения целей (Веракса и др., 2019; Хотинец & Сальнова, 2020).

Считается, что билингвальный языковой опыт способствует более эффективной работе исполнительных функций билингвов, поскольку им необходимо постоянно регулировать одновременную активацию двух или нескольких языков (Bialystok, 2001). Данное предположение получило название «билингвальное преимущество». За последние 20 лет было опубликовано большое число в основном зарубежных эмпирических работ, изучающих подобное билингвальное преимущество. Однако результаты накопленных эмпирических данных оказались противоречивыми (см. обзоры Giovannoli et al., 2020; Grundy et al., 2020; Gunnerud et al., 2020; Lehtonen et al., 2018; Lowe et al., 2021). С одной стороны, в ряде работ показано, что билингвы лучше монолингвов справляются с экспериментальными заданиями, оценивающими такие компоненты исполнительных функций, как ингибиторный контроль (Martin-Rhee & Bialystok, 2008; Poarch & van Hell, 2012), когнитивная гибкость (Seçer, 2016; Wiseheart et al., 2016), а также контроль внимания (Soveri et al., 2011; Zhou & Krott, 2018). С другой стороны, некоторым ученым не удалось последовательно воспроизвести различия между билингвами и монолингвами, особенно в исследованиях с большими выборками (см. Dick et al., 2019; von Bastian et al., 2016). Ввиду отсутствия консенсуса доминирующее предположение о положительном влиянии билингвизма на исполнительные функции подверглось серьезной критике (Paar, 2022; также см. раздел дискуссии

в Cortex, 2015, выпуск 73). Подобные дискуссии привели к пониманию, что, вероятнее всего, существуют специфичные условия, при которых проявляется эффект билингвизма на исполнительные функции. Для определения таких условий исследователи предлагают пересмотреть методологию проводимых исследований, и в первую очередь переосмыслить подходы к измерению билингвизма (de Bruin, 2019; Luk, 2023; Paap et al., 2015). В данной статье будут рассмотрены современные подходы, направленные на количественную оценку билингвизма. Мы представим эмпирическую проверку нового метода – языковой энтропии, которая позволяет количественно выразить вариативность в использовании двух или более языков в повседневном общении. Кроме того, будет проведена оценка взаимосвязи показателей языковой энтропии с исполнительными функциями.

Проблема измерения билингвального опыта

Долгое время гипотеза о билингвальном преимуществе проверялась путем сравнения двух дискретных групп билингвов и монолингвов. Недостаток такого категориального подхода в том, что он не учитывает разнообразие языкового опыта билингвов. Индивидуальный языковой опыт билингвов складывается из комбинации таких факторов, как возраст освоения второго языка, уровень владения каждым из языков, языковые комбинации, а также лингвистическая схожесть освоенных языков (языковое родство), частота использования языков в различных социальных контекстах, паттерны переключения между языками и других факторов (Grosjean, 2022; Kremin & Byers-Heinlein, 2021; Studenica et al., 2022).

Согласно систематическим обзорам (de Bruin, 2019; Surrain & Luk, 2019), чаще всего билингвизм операционализируется как возраст освоения второго языка, частота ежедневного использования языков и уровень владения языками. Однако исследования последних лет показывают, что важно также учитывать паттерны использования языков в повседневном общении (de Bruin, 2019; DeLuca et al., 2019; Green & Abutalebi, 2013; Gullifer et al., 2023; Gullifer & Titone, 2020; Hartanto & Yang, 2016, 2020; Kałamała et al., 2020, 2022; Pliatsikas et al., 2020).

В своей гипотезе адаптивного контроля (Adaptive Control Hypothesis) Грин и Абуталеби (Green & Abutalebi, 2013) предположили, что билингвальный языковой опыт главным образом проявляется в частоте и способах переключения между языками, отражающихся в конкретных типах контекстов взаимодействия. Под контекстом взаимодействия авторы понимают повторяющиеся паттерны использования языков. Грин и Абуталеби описывают три таких контекста: (1) контекст одного языка (single-language context), (2) контекст двух языков (dual-language context) и (3) контекст тесного переключения между языками (dense code-switching context). Тип контекстов в свою очередь тесно переплетен с социальными контекстами, где происходит коммуникация (например, школа, работа, дом).

Для первого типа контекстов взаимодействия характерно разграничение языков в зависимости от социальной среды. Иллюстрацией служит ситуация, когда в школе ребенок общается на русском языке, а дома использует

исключительно родной язык родителей, например татарский или адыгейский. Контекст двух языков объединяет оба языка билингва в рамках одной, например, рабочей среды, но разграничивает их в зависимости от языка собеседника. Так происходит при необходимости коммуницировать с одним коллегой на английском, а с другим на русском языке. Контекст тесного переключения между языками позволяет говорящему смешивать оба языка как в рамках одного диалога, так и в рамках одного высказывания вне зависимости от социальной среды. Гипотеза адаптивного контроля предполагает, что в зависимости от контекста взаимодействия происходит адаптация языкового контроля на нейронном уровне. Это, в свою очередь, приводит к адаптации когнитивного контроля и, соответственно, по-разному влияет на эффективность исполнительного функционирования билингвов.

Хотя исследователи сходятся во мнении о необходимости учитывать паттерны использования языков (Gullifer et al., 2023; Hartanto & Yang, 2016, 2020; Luk, 2023; Wagner et al., 2023), представления о способах измерения этих паттернов разнятся. Так, некоторые ученые (Alrwaita et al., 2024; Beatty-Martínez et al., 2020; Ooi et al., 2018; Xie & Antolovic, 2022) рассматривают контексты наиболее широко и группируют билингвов в контекстные когорты в зависимости от определенной общей характеристики. Например, в исследовании Фриман и коллег (Freeman et al., 2022) билингвы, проживающие в регионе Среднего Запада США, были отнесены к билингвам, находящимся преимущественно в контексте одного языка, а билингвы, населяющие Южную Калифорнию, – в контексте двух языков или контексте тесного переключения между языками. Наиболее распространенный подход к количественной оценке билингвального опыта посредством учета контекстов взаимодействия основан на расчете общего балла. Балл рассчитывается исходя из времени, которое билингв в среднем говорит на том или ином языке в определенной ситуации (например, дом, работа, университет и т. д.).

Развивая идею количественной оценки паттернов использования языков, Гуллифер и Титон (Gullifer & Titone 2020) предложили новый метод языковой энтропии. Их метод позволяет более точно учитывать особенности использования языков каждого конкретного билингва в разных ситуациях общения. Концепция энтропии берет истоки из теории информации (Shannon, 1948) и отражает то, насколько разнообразно явление в условии, когда известна только относительная пропорция возникновения «состояний» этого явления. В рассматриваемой области явление – это билингвизм, а состояния – это факт использования каждого языка в конкретном социальном контексте (дом, работа, университет и т. д.). В любом из контекстов языки могут использоваться как сбалансированно, так и несбалансированно, на что и указывает значение языковой энтропии. Значение энтропии варьируется от 0 до 1, где 0 говорит о том, что в заданном контексте билингвы используют только один язык. В терминологии авторов метода данный сценарий использования языков называется «разграниченным» (compartmentalized). Если рассматривать терминологию гипотезы адаптивного контроля, то такое использование языков соответствует контексту одного языка, то есть применяется правило «один контекст – один язык». Энтропия со значением, близким к 1,

говорит о том, что оба языка используются в равной пропорции, то есть относительно сбалансированно. Гуллифер и Титон (Gullifer & Titone 2020) называют такой тип контекста «интегрированным» (integrated), что соответствует правилу «один контекст – два языка». Соответственно, если билингв использует языки интегрированно, ему необходимо постоянно задействовать языковой контроль для ингибирования языковых репрезентаций на нерелевантном для коммуникативной ситуации языке. Языковой контроль в свою очередь способствует тренировке и более эффективной работе исполнительных функций (Abutalebi & Green, 2007; de Bruin et al., 2021). В случае разграниченного использования языков контроль необходим в меньшей степени. Как правило, для расчета языковой энтропии используются данные из опросников о языковом опыте. Например, часто используемыми опросниками являются The Language Experience and Proficiency Questionnaire (LEAP-Q; Marian et al., 2007), опросник The Language and Social Background Questionnaire (LSBQ; Anderson et al., 2018), опросник The Language History Questionnaire (LHQ; Li et al., 2014) и другие. Уравнение, используемое для оценки языковой энтропии:

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2(P_i).$$

В данном уравнении n – количество используемых языков в одном контексте, P_i – пропорция использования языка i в данном контексте. Предположим, что на работе билингв использует русский язык 80 % времени и оставшиеся 20 % – английский. В таком случае энтропия рассчитывается путем сложения $0,80 \cdot \log_2(0,80)$ и $0,20 \cdot \log_2(0,20)$ и умножения полученного значения на -1 для получения положительного значения. Языковая энтропия этого билингва в контексте работы составит 0,72, что говорит о несбалансированном использовании двух языков. Если бы билингв использовал оба языка в равной пропорции (50 % времени для каждого языка), то значение энтропии равнялось бы 1. В случае если человек сбалансированно использует три языка, то значение энтропии приближается к 1,58, и если четыре, то к 2.

Несмотря на относительную новизну метода языковой энтропии, метод нашел применение во многих работах последних лет (Gullifer et al., 2018; Gullifer & Titone, 2021; Hartanto & Yang, 2016, 2020; Kałamała et al., 2020; X. Li et al., 2021; van den Berg et al., 2022; Wagner et al., 2023 и другие). Например, в исследовании Гуллифер и Титон (Gullifer & Titone, 2021) с помощью энтропии удалось объяснить вариативность среди билингвов в выполнении задачи АХ-СРТ, оценивающей реактивный и проактивный когнитивный контроль. В исследованиях Ли и коллег (Li et al., 2021), а также ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022) энтропия использовалась в соотношении с показателями по задаче Color-shape switching task (задача на переключение «Цвет – форма»; Prior & MacWhinney, 2010), оценивающей когнитивную гибкость. Важным выводом перечисленных исследований является подтверждение валидности метода языковой энтропии как меры оценки билингвального языкового опыта в различных контекстах. Однако необходимо больше эмпирических данных для подтверждения или опровержения данного вывода.

К тому же существующие исследования проводились с билингвами из одного города (например, Монреаль и Торонто в Канаде, Краков в Польше). Билингвы, проживающие в разных географических точках мира, отличаются не только языковыми парами, но и другими особенностями, связанными с языковым и культурным опытом, что может влиять на особенности их коммуникационных навыков. Ввиду этого очевидна необходимость апробации метода языковой энтропии с билингвами – носителями разных языковых пар, проживающих в различных странах и городах.

Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы: 1) эмпирически проверить метод языковой энтропии как способ измерения билингвального языкового опыта в двух группах билингвов и 2) выявить наличие или отсутствие связи между показателями энтропии и компонентами исполнительных функций (когнитивная гибкость, актуализация цели, мониторинг конфликтов) билингвов. Для участия в исследовании были приглашены билингвы, проживающие в двух регионах Российской Федерации – Республика Адыгея и Республика Татарстан. Помимо русского официальными языками в каждом из регионов являются адыгейский и татарский соответственно. Для измерения обозначенных компонентов исполнительных функций, по примеру исследований ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022), Ли и коллег (Li et al., 2021), использовалась задача Color-shape switching task. Данная задача зарекомендовала себя как эффективная парадигма для оценки обозначенных компонентов исполнительных функций в работах Алрwaita и коллег (Alrwaita et al., 2021), Хартанто и Янг (Hartanto & Yang, 2020), Ли и коллег (Li et al., 2021), ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022). Были выдвинуты следующие **гипотезы**:

1. Показатели языковой энтропии будут ниже у участников, проживающих в Адыгее, по сравнению с участниками, проживающими в Татарстане. Согласно данным Всероссийской переписи населения в 2020 г. (Федеральная служба государственной статистики, 2020), 37,2 % населения Татарстана используют русский и татарский языки в повседневной жизни. В Адыгее для русского и адыгейского языков это соотношение составляет 15,7 %. Данные цифры могут говорить о том, что преобладающим контекстом взаимодействия и в Татарстане, и в Адыгее, вероятнее всего, будет контекст одного (русского) языка, что отразится на низких показателях энтропии. Однако в Татарстане данный показатель будет немного выше, так как в этом регионе больше вероятность, что человек использует два языка в целях речевой коммуникации.

2. Опираясь на результаты исследований Ли и коллег (Li et al., 2021), ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022), мы предположили, что вне зависимости от региона проживания:

а) участники с более высокими показателями языковой энтропии (интегрированный контекст) продемонстрируют более эффективные способности мониторинга конфликтов, что отразится в уменьшении глобального времени реакции (global RT) в задаче Color-shape switching task. Данное предположение связано с тем, что в интегрированном контексте взаимодействия билингвам

приходится непрерывно отслеживать изменения в своем окружении на предмет смены языка общения;

б) участники с более высокими показателями языковой энтропии (интегрированный контекст) продемонстрируют более эффективные способности когнитивной гибкости и актуализации цели, что отразится в уменьшении показателей параметров затраты времени на переключение (switching costs) и затраты времени на смешение (mixing costs) в задаче Color-shape switching task. Данное предположение основано на том, что в более интегрированном контексте билингвы затрачивают меньше усилий и времени на переключение между языками.

Процедура и методы

Выборка. В исследовании приняли участие 118 билингвов. Из-за технической ошибки во время выполнения задачи Color-shape switching task данные одного участника не были сохранены. Данные еще шести участников не были включены в анализ, так как участники предоставили невалидные данные о количестве времени использования языков в разных контекстах. Таким образом, выборка состояла из 111 участников (75,7 % – женщины) в возрасте от 18 до 33 лет ($M = 20,50$; $SD = 2,97$), владеющих адыгейским ($N = 48$) или татарским языком ($N = 63$) в дополнение к русскому. Знание третьего языка (чаще всего – английского) указали 89 участников. Демографические данные и данные о языковом опыте представлены в табл. 1.

Процедура. Протокол исследования был одобрен Комитетом по биоэтике при Научно-технологическом университете «Сириус» (выписка из протокола заседания комитета по биоэтике НТУ «Сириус» от 01.07.2022). Перед началом исследования все участники подписали добровольное письменное информированное согласие на участие. Батарея инструментов состояла из трех заданий на оценку разных компонентов исполнительных функций, опросника о социально-демографических данных и языковом опыте участников, а также теста для оценки невербального интеллекта. Однако для проверки гипотез, поставленных в данной статье, представлены результаты только одного из заданий на оценку исполнительных функций. Процедура всего исследования заняла 80 минут. Все задания выполнялись на 15-дюймовом ноутбуке. В благодарность за участие в исследовании участники получили сертификат об участии.

Методы и методики. Для сбора социально-демографических данных и данных о языковом опыте участников был использован онлайн-опросник, в который вошли вопросы из русскоязычной версии опросника LEAP-Q¹ (Marian et al., 2007), вопросы о практике переключения между языками из опросника LSBQ (Anderson et al., 2018), об опыте использования языков в разных контекстах по примеру исследования Каламала и коллег (Kałamala et al., 2020), вопросы о культурной интеграции из опросника Bicultural Identity Integration Scale. Version 2 (BIIS-2, Huynh et al., 2018). Опросник также содержал вопросы об опыте игры на музыкальных инструментах, регулярных

¹ LEAP-Questionnaire. URL: <https://bilingualism.northwestern.edu/leapq/> (accessed: 10.04.2023).

физических нагрузках и опыте видеоигр. Для измерения показателей языковой энтропии были извлечены данные об использовании языков в четырех социальных контекстах (дом, университет, работа и свободное время).

Таблица 1 / Table 1

**Демографические и языковые показатели участников /
Participants' demographic and linguistic background**

Демографические и языковые показатели / Demographic and linguistic variables	Билингвы, говорящие на адыгейском и русском языках / Adyghe-Russian bilinguals, N = 48 (43,24 %)	Билингвы, говорящие на татарском и русском языках / Tatar-Russian bilinguals, N = 63 (56,76 %)	Всего / Overall, N = 111 (100 %)
Возраст (лет) / Age (years)	19,80 (1,89)	20,90 (3,52)	20,50 (2,97)
Пол (М) / Sex (M)	18 (37,50)	9 (14,30)	27 (24,30)
Уровень образования ^a / Education level	3,40 (1,35)	4,29 (1,46)	3,90 (1,48)
Социально-экономический статус ^b / Socio-economic status	5,67 (1,79)	4,49 (1,79)	5,00 (1,88)
Возраст освоения русского языка (лет) / Russian language age of acquisition (years)	3,11 (2,60)	3,25 (2,68)	3,19 (2,63)
Возраст освоения адыгейского / татарского языка (лет) / Adyghe / Tatar language age of acquisition (years)	2,30 (3,35)	2,33 (2,78)	2,32 (3,02)
Уровень владения русским языком (1–10) / Russian language proficiency (1–10):			
Понимание / Understanding	9,71 (0,65)	9,97 (0,18)	9,86 (0,46)
Говорение / Speaking	9,33 (1,10)	9,60 (0,75)	9,49 (0,92)
Чтение / Reading	9,54 (0,85)	9,92 (0,33)	9,76 (0,64)
Уровень владения адыгейским/татарским языком (1–10) / Adyghe/Tatar language proficiency (1–10):			
Понимание / Understanding	8,81 (1,57)	9,25 (1,31)	9,06 (1,44)
Говорение / Speaking	8,00 (2,30)	8,63 (2,02)	8,36 (2,16)
Чтение / Reading	7,73 (2,48)	9,16 (1,60)	8,54 (2,14)
Коэффициент интеллекта / IQ score	105 (15,10)	106 (12,90)	105 (13,80)

Примечание:

Данные в таблице представлены в формате mean (SD) для континуальных переменных и суммы (%) для категориальных переменных.

^a Уровень образования измерялся на шкале от 1 (образование ниже, чем среднее общее) до 8 (кандидат наук / доктор наук).

^b Социально-экономический статус обозначался уровнем образования матери, измеренным на шкале от 1 (образование ниже, чем среднее общее) до 8 (кандидат наук / доктор наук).

Note:

Data in the table are presented in the following format: mean (SD) for continual variables and sum (%) for categorical variables.

^a The level of education was measured on a scale ranging from 1 (less than secondary general education) to 8 (Ph.D./Doctorate).

^b Socioeconomic status was determined by the mother's level of education, which was measured on a scale ranging from 1 (less than secondary general education) to 8 (Ph.D./Doctorate).

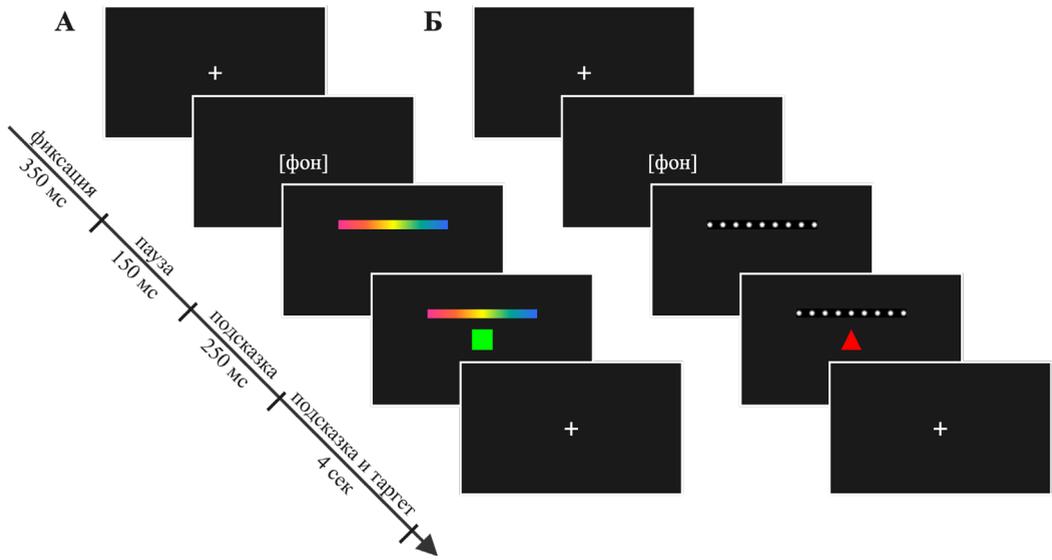


Рис. 1. Пример предъявления стимулов в задаче Color-shape switching task:
А – несмешанный блок с заданием на цвета; Б – несмешанный блок с заданиями на фигуры

Примечание. Задача состояла из 2 несмешанных и 4 смешанных блоков по 24 пробы в каждом блоке.

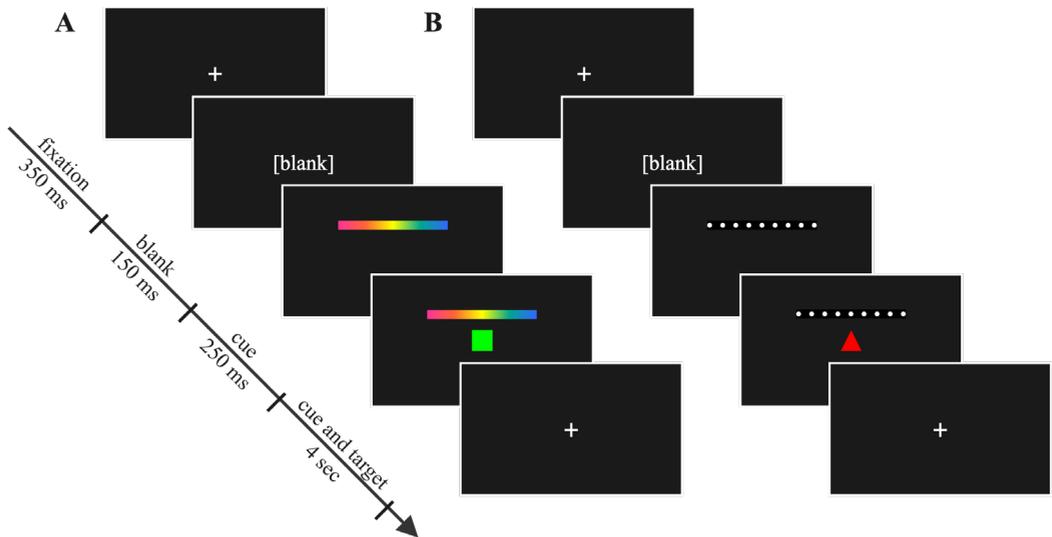


Figure 1. Example of stimuli in a Color-shape switching task:
A – a non-switch color block; B – a non-switch shape block

Note. The task consisted of 2 non-switch and 4 switch blocks with 24 trials in each block.

Для оценки исполнительных функций использовалась задача Color-shape switching task, позволяющая оценить такие компоненты исполнительных функций, как мониторинг конфликтов (conflict monitoring), актуализация цели (goal maintenance) и когнитивная гибкость (set shifting). Задача предъявлялась в программе PsychoPy v3.2.4 (Peirce, 2007). В задаче участник видел геометрические фигуры (квадрат или треугольник) двух цветов (красный или зеленый). Задача участника состояла в том, чтобы реагировать нажатием

клавиши на фигуру в соответствии с подсказкой, предшествующей стимулу. Если участник видел графическую подсказку в виде прямоугольника с градиентом цветов, ему необходимо было реагировать на цвет фигуры нажатием клавиши «З» (зеленый) или «Щ» (красный). Если участник видел подсказку в виде ряда маленьких кружков, ему необходимо было реагировать на форму фигуры также нажатием клавиши «З» (квадрат) или «Щ» (треугольник). Каждой пробе предшествовал фиксационный крест. Рисунок 1 отражает пример последовательности предъявления стимулов в несмешанных блоках. Перед выполнением задания участникам была объяснена инструкция, после чего было предложено выполнить N тренировочных проб.

Задача состояла из шести блоков: два несмешанных блока, т.е. с подсказками одного типа и четыре смешанных блока, т.е. с подсказками обоих типов. Каждый блок содержал 24 пробы. В смешанных блоках половина проб представляла собой пробы без переключения, в которых текущая подсказка была такая же, как и предыдущая (например, «цвет-цвет»). Во второй половине (пробы с переключением) текущая подсказка отличалась от предыдущей (например, «цвет-форма»). В несмешанных блоках стимулы предъявлялись в случайном порядке, при этом одинаковые стимулы предъявлялись не более двух раз подряд. В смешанных блоках вводилось ограничение, согласно которому тип проб (без переключения или с переключением) появлялся не более трех раз подряд и был одинаковым для всех участников. В начале каждого блока были добавлены по две филлер-пробы, которые впоследствии были исключены из анализа.

Культурно-независимый тест интеллекта (Cattell Culture Fair Intelligence Test, Scale 2, Form A; Cattell & Cattell, 1973) был применен для оценки невербального интеллекта участников. Показатели по данному тесту были использованы в качестве ковариаты в дальнейшем анализе данных.

Анализ данных. Расчет показателей языковой энтропии. Для количественной оценки опыта использования языков в разных контекстах показатели языковой энтропии были оценены для каждого участника в четырех социальных контекстах (дом, университет, работа, свободное время). Для этого были использованы ответы участников на вопросы из опросника о времени, которое они проводят дома, в университете, на работе и в качестве свободного времени. Пример вопроса: «Перечислите, пожалуйста, все языки, которые Вы используете дома, и оцените, сколько часов Вы используете каждый из них в течение типичного дня (исключая время сна)». Поскольку в качестве доминирующего языка, а также наиболее часто используемого языка участники указали либо русский, либо национальный, использование иностранных языков не учитывалось при расчете значений языковой энтропии. Данный подход был также применен в работе Ли и коллег (Li et al., 2021). Количество участников, для которых были рассчитаны показатели энтропии, различаются в зависимости от группы (адыго-русские или татаро-русские билингвы) и социального контекста. Были применены следующие правила исключения. В анализ не

вошли данные участников, которые: а) не указали языки и/или время использования языков; б) указали неправдоподобное время использования языков (например, 58 часов в сутки). Энтропия вычислялась с помощью пакета LanguageEntropy R (Gullifer & Titone, 2018) в среде программирования R версия 4.3.3 (RStudio Team, 2020). Данные о времени использования каждого языка были переведены в проценты, чтобы затем применить формулы расчета энтропии из обозначенного пакета. Для проверки гипотезы о том, что значения энтропии будут различаться между двумя группами билингвов в разных социальных контекстах, был применен t-критерий Стьюдента для независимых выборок.

Задача Color-shape switching task. Для оценки эффективности выполнения задания были рассчитаны показатели точности выполнения и времени реакции. В соответствии со схемой анализа, предложенной Ли и коллегами (Li et al., 2021), в моделях были вычислены следующие поведенческие параметры для времени реакции: глобальное время реакции (global RT) в качестве показателя эффективности мониторинга конфликтов; затраты времени на переключение (switching costs) в качестве показателя когнитивной гибкости; затраты времени на смешение (mixing costs) в качестве показателя эффективности актуализации цели.

Для изучения влияния языковой энтропии на успешность выполнения задания было проанализировано среднее время реакции. При подсчете времени реакции из анализа были исключены пробы с неверными ответами, пробы со временем реакции меньше 200 мс, а также пробы с отклонением более чем 2,5 SD от индивидуального среднего значения для каждого участника.

Статистический анализ проводился с использованием линейных моделей со смешанными эффектами и множественной линейной регрессионной модели. Для построения моделей применялись библиотека lme4 (Bates et al., 2015) и библиотека stats (R Core Team, 2013).

В множественной линейной регрессионной модели для компонента «мониторинг конфликтов» зависимой переменной выступало общее время реакции в смешанных блоках, а независимыми переменными были значения языковой энтропии в четырех контекстах, а также значения невербального интеллекта и социально-экономического статуса.

В модели для компонента «когнитивная гибкость» зависимой переменной выступало время реакции в смешанных блоках для типов проб с переключением и без переключения. В качестве фиксированных эффектов выступали языковая энтропия в четырех контекстах, тип пробы (с переключением и без переключения), взаимодействие энтропии с типом пробы, значения невербального интеллекта и социально-экономического статуса. Случайными эффектами являлись ID участников для учета межиндивидуальной изменчивости между субъектами.

В модели для компонента «актуализация цели» зависимой переменной было время реакции в пробах без переключения в смешанных и несмешанных

блоках. В качестве фиксированных эффектов выступали языковая энтропия в четырех контекстах, тип блока (смешанный и несмешанный), взаимодействие энтропии с типом блока, значения невербального интеллекта и социально-экономического статуса.

Подробное описание моделей приводится в примечании к табл. 4.

Результаты

Языковая энтропия в двух регионах. В табл. 2 представлены средние значения языковой энтропии в группах адыго-русских и татаро-русских билингвов в четырех контекстах (дом, университет, работа, контекст свободного времени). В контекстах дома, работы и свободного времени билингвы из обеих групп используют как русский, так и национальный языки. Однако показатели энтропии в данных контекстах между группами статистически не различаются: контекст дома ($t = 0,04$; $p = 0,97$); контекст работы ($t = 0,72$; $p = 0,48$); контекст свободного времени ($t = -0,70$; $p = 0,48$). Полученные значения энтропии для каждой из групп в данных контекстах говорят о более разграниченном использовании языков, то есть коммуникации происходят преимущественно на одном из языков. При этом в контексте университета татаро-русские билингвы используют оба языка более интегрировано, чем адыго-русские билингвы, что подтверждено статистически значимыми различиями между группами ($t = 2,38$; $p = 0,02$).

Таблица 2 / Table 2

Показатели языковой энтропии в группах адыго-русских и татаро-русских билингвов / Language entropy scores in the Adyghe-Russian and Tatar-Russian bilingual groups

Контексты / Contexts	Билингвы, говорящие на адыгейском и русском языках / Adyghe-Russian bilinguals		Билингвы, говорящие на татарском и русском языках / Tatar-Russian bilinguals		t
	N	$M (SD)$	N	$M (SD)$	
Дом / Home	47	0,65(0,35)	57	0,66(0,36)	0,04
Университет / University	47	0,43(0,38)	59	0,59(0,33)	2,38*
Работа / Work	26	0,42(0,37)	41	0,50(0,41)	0,72
Свободное время / Free time	44	0,65(0,41)	59	0,60(0,43)	-0,70

Примечание / Note: * $p < 0,05$.

Языковая энтропия и исполнительные функции. В табл. 3 представлены результаты точности выполнения задания, среднее время реакции для проб с переключением, проб без переключения в смешанных и несмешанных блоках. Поскольку точность выполнения задания была максимальная у подавляющего большинства участников, мы сосредоточились на анализе времени реакции.

В модели для компонента «мониторинг конфликтов» ни один из четырех типов энтропии (дом, университет, работа, свободное время) не оказал статистически значимого влияния на время реакции в смешанных блоках.

В модели для компонента «когнитивная гибкость» мы обнаружили статистически значимый эффект условия, то есть пробы с переключениями выполнялись дольше, чем пробы без переключений в смешанных блоках ($b = 132,10$; $p < 0,001$). Этот эффект является классическим в задаче Color-shape switching task. В то же время ни один из четырех типов языковой энтропии не был статистически значимо связан со временем реакции. Анализ взаимодействия между языковой энтропией и типом проб также не показал статистически значимого эффекта.

Далее в модели для компонента «актуализация цели» также был обнаружен классический эффект условия, т.е. пробы без переключений в смешанных блоках выполнялись медленнее, чем в несмешанных блоках ($b = 263,19$; $p < 0,001$). При этом, как и в предыдущей модели, мы не обнаружили статистически значимой связи между временем реакции и каким-либо типом энтропии. Модель также не показала статистически значимого эффекта во взаимодействия энтропии с типом блока.

Невербальный интеллект и социально-экономического статус также не показали влияния на зависимые переменные ни в одной модели. Подробное описание значений для каждой из моделей представлено в табл. 4.

Таблица 3 / Table 3

**Время реакции, точность выполнения, показатели в задаче Color-shape switching task, $N = 111$ /
Reaction time and accuracy scores in the Color-shape switching task, $N = 111$**

Параметры задачи Color-shape switching task и параметры исполнительных функций / Color-shape switching task and executive functions measures	Время реакции, мс / Reaction time, ms	Точность ответа / Accuracy
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Параметры задачи Color-shape switching task / Color-shape switching task measures		
Пробы без переключения (несмешанный блок) / Single-task trials (non-mixed block)	638,5 (141,2)	0,97 (0,05)
Пробы без переключения (смешанный блок) / Non-switch trials (mixed block)	908,4 (217,5)	0,97 (0,04)
Пробы с переключением (смешанный блок) / Switch trials (mixed block)	1060,4 (240,6)	0,92 (0,06)
Параметры исполнительных функций / Executive functions measures		
Общее время реакции в смешанных блоках / Global RT in mixed blocks	981,6 (223,7)	–
Разница во времени реакции между пробами с переключениями и без переключений в смешанных блоках / Switching cost RT	152,0 (106,4)	–
Разница во времени реакции между пробами без переключения в смешанных и несмешанных блоках / Mixing cost RT	269,9 (169,7)	–

Таблица 4 / Table 4

Результаты регрессионного анализа влияния языковой энтропии (дом, университет, свободное время, работа) на компоненты когнитивной гибкости, актуализация цели, мониторинг конфликтов / Model outputs for language entropy (home, university, free time, work) as a predictor of cognitive flexibility, goal maintenance, conflict monitoring domains

Переменные / Variables	Est	SE	95% CI	p
Компонент «мониторинг конфликтов» / Conflict monitoring domain				
(Intercept)	1221,62	258,82	699,65, 1743,58	< 0,001
Предикторы / Predictors				
Энтропия «дом» / Home entropy	-85,52	92,22	-271,51, 100,46	0,36
Энтропия «университет» / University entropy	12,64	101,34	-191,73, 217,01	0,90
Энтропия «работа» / Work entropy	48,74	84,71	-122,09, 219,57	0,57
Энтропия «свободное время» / Free time entropy	-11,07	80,98	-174,38, 152,23	0,89
Социально-экономический статус / Socio-economic status	11,36	0,74	-19,82, 42,54	0,47
Коэффициент интеллекта / IQ	-2,56	2,42	-7,43, 2,32	0,30
Компонент «когнитивная гибкость» / Cognitive flexibility domain				
(Intercept)	1155,98	257,73	678,45, 1633,64	< 0,001
Предикторы / Predictors				
Затраты времени на переключение / Switching cost	132,10	36,10	61,35, 202,80	<0,001
Энтропия «дом» / Home entropy	-89,75	93,52	-263,30, 83,77	0,34
Энтропия «университет» / University entropy	13,00	102,69	-177,53, 203,56	0,90
Энтропия «работа» / Work entropy	48,91	85,87	-110,42, 208,24	0,57
Энтропия «свободное время» / Free time entropy	-11,93	81,91	-163,90, 140,01	0,88
Энтропия «дом» в пробах с переключением / Switch*Home entropy	7,61	38,51	-67,80, 83,10	0,84
Энтропия «университет» в пробах с переключением / Switch*University entropy	-1,12	42,07	-83,48, 81,37	0,98
Энтропия «работа» в пробах с переключением / Switch*Work entropy	-2,66	35,56	-72,36, 66,99	0,94
Энтропия «свободное время» в пробах с переключением / Switch*Free time entropy	7,55	32,82	-56,75, 71,87	0,82
Социально-экономический статус / Socio-economic status	11,23	15,36	-17,24, 39,69	0,47
Коэффициент интеллекта / IQ	-2,53	2,40	-6,98, 1,92	0,30
Компонент «актуализация цели» / Goal maintenance domain				
(Intercept)	818,37	209,07	430,93, 1205,89	< 0,001
Предикторы / Predictors				
Затраты времени на смешение / Mixing cost	263,19	31,48	201,56, 324,91	< 0,001
Энтропия «дом» / Home entropy	-99,20	76,22	-240,67, 42,33	0,20
Энтропия «университет» / University entropy	-20,89	83,56	-175,96, 134,26	0,80
Энтропия «работа» / Work entropy	45,23	69,97	-84,70, 175,09	0,52
Энтропия «свободное время» / Free time entropy	6,00	66,66	-117,73, 129,72	0,93
Энтропия «дом» в смешанных блоках / Mixing*Home entropy	-0,30	33,75	-66,48, 65,76	0,99
Энтропия «университет» в смешанных блоках / Mixing cost*University entropy	29,58	36,61	-42,22, 101,26	0,42
Энтропия «работа» в смешанных блоках / Mixing cost*Work entropy	6,90	31,04	-53,86, 67,79	0,82
Энтропия «свободное время» в смешанных блоках / Mixing cost*Free time entropy	-17,85	28,58	-73,88, 38,13	0,53
Социально-экономический статус / Socio-economic status	12,31	12,45	-10,77, 35,38	0,33
Коэффициент интеллекта / IQ	-1,80	1,95	00-5,41, 1,80	0,36

Примечание: Все модели построены на языке R.

Модель для компонента «мониторинг конфликтов»: $lm(ts.mix.globalRT \sim Home_entropy + Uni_entropy + Free_entropy + Work_entropy + IQ + SES)$;

Модель для компонента «когнитивная гибкость»: $lmer(resp.rt \sim switch + resp.rt \sim switch + switch*Home_entropy + Home_entropy + switch*Uni_entropy + Uni_entropy + switch*Free_entropy + Free_entropy + switch*Work_entropy + Work_entropy + SES + IQ + (1|subject))$;

Модель для компонента «актуализация цели»: $lmer(resp.rt \sim mixing*Home_entropy + mixing*Uni_entropy + mixing*Free_entropy + mixing*Work_entropy + SES + IQ + (1|subject))$.

Notes: All models are built in R language.

Model for the conflict monitoring domain: $\text{lm}(\text{ts.mix.globalRT} \sim \text{Home_entropy} + \text{Uni_entropy} + \text{Free_entropy} + \text{Work_entropy} + \text{IQ} + \text{SES})$;

Model for the cognitive flexibility domain: $\text{lmer}(\text{resp.rt} \sim \text{switch} + \text{resp.rt} \sim \text{switch} + \text{switch} * \text{Home_entropy} + \text{Home_entropy} + \text{switch} * \text{Uni_entropy} + \text{Uni_entropy} + \text{switch} * \text{Free_entropy} + \text{Free_entropy} + \text{switch} * \text{Work_entropy} + \text{Work_entropy} + \text{SES} + \text{IQ} + (1 | \text{subject}))$;

Model for the cognitive flexibility domain: $\text{lmer}(\text{resp.rt} \sim \text{mixing} * \text{Home_entropy} + \text{mixing} * \text{Uni_entropy} + \text{mixing} * \text{Free_entropy} + \text{mixing} * \text{Work_entropy} + \text{SES} + \text{IQ} + (1 | \text{subject}))$.

Обсуждение результатов

Для учета вариативности в билингвальном языковом опыте в ряде исследований применялся метод языковой энтропии, показавший свою эффективность. Однако такие исследования немногочисленны и проводились с билингвами преимущественно из тех стран, где оба языка используются достаточно интегрированно (Gullifer et al., 2018; Gullifer & Titone, 2021; Li et al., 2021). Для апробации рассматриваемого метода необходимо больше исследований с билингвами, проживающими в разных географических регионах, в том числе в тех, где использование языков менее сбалансированно.

В данном исследовании мы применили метод языковой энтропии для количественной оценки языкового опыта билингвов в двух городах национальных регионов Российской Федерации, а именно Майкопе в Республике Адыгея и Казани в Республике Татарстан. Мы предположили, что показатели языковой энтропии в обоих городах окажутся низкими, так как, согласно данным Всероссийской переписи населения в 2020 г.², доминирующим языком в обоих регионах является русский. В то же время мы ожидали увидеть статистически различные показатели энтропии в двух городах, так как в Татарстане национальный язык в повседневном общении используется в два раза чаще, то есть более интегрированно, чем в Адыгее (Федеральная служба государственной статистики, 2020). Действительно, во всех контекстах (дом, университет, работа, свободное время) показатели языковой энтропии участников из обоих городов не превышали в среднем значения 0.66. Это говорит о более сепарированном использовании языков, когда в процессе коммуникации предпочтение отдается доминирующему языку. Согласно гипотезе адаптивного контроля (Green & Abutalebi, 2013) такая ситуация соответствует контексту одного языка. При этом статистически значимые различия между двумя группами билингвов были обнаружены только для контекста «университет». Участники из Казани чаще своих сверстников в Майкопе использовали как русский, так и национальный языки в целях коммуникации в университете. Однако данные результаты можно объяснить спецификой выборки, так как на момент участия в исследовании билингвы из Казани в большинстве своем обучались по программе татарской филологии и, соответственно, регулярно пользовались национальным языком в контексте университета. Данные результаты позволяют сделать вывод, что метод языковой энтропии применим

² Всероссийская перепись населения 2020 / Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom5_Nacionalnyj_sostav_i_vladienie_yazykami (дата обращения: 05.08.2023).

для дифференциации паттернов использования языков билингвами в разных социальных контекстах. Вместе с тем, в силу ограниченной мощности исследования и специфики выборки мы не можем генерализировать полученные результаты на популяцию билингвов в Казани и Майкопе. В дальнейшем с целью характеристики отдельных национальных регионов и городов РФ с точки зрения паттернов использования языков в разных контекстах в будущих исследованиях необходима более объемная и более гетерогенная в плане социального статуса выборка.

В ходе анализа данных мы также идентифицировали два методологических аспекта, на которые необходимо обратить внимание в будущих исследованиях. Первый связан с форматом собираемых данных относительно частотности использования языков в различных контекстах. В работе Гуллифер и Титон (Gullifer & Titone, 2021) участники обозначали вероятность использования каждого из языков в определенном контексте на шкале от 1 до 7. В исследовании ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022) помимо оценки по шкале участников просили обозначить процент использования языков в разных контекстах. В отличие от данных работ, в нашем исследовании для более детальной фиксации опыта общения на разных языках мы модифицировали формат сбора данных по примеру работы Ли и соавторов (Li et al., 2021) и просили участников обозначить время (в часах и минутах) использования языков в различных контекстах. Однако при таком подходе есть вероятность ввода недостоверных данных (> 24 часов в сутки). Поэтому в будущих исследованиях необходимо разрабатывать опросные материалы таким образом, чтобы исключить возможность возникновения случайных ошибок. Второй аспект касается операционализации самих контекстов взаимодействия. Согласно Гуллифер и Титон (Gullifer & Titone, 2021) и Грин и Абуталеби (Green & Abutalebi, 2013), контекст определяется социальной средой (например, работа, университет). Однако такой подход не учитывает качество коммуникаций в различных контекстах. Например, в контексте работы билингв может половину времени вести устную коммуникацию на одном языке, а в оставшееся время – письменную коммуникацию на втором языке. В таком случае показатель языковой энтропии будет равен 1. В то же время для билингва, использующего сбалансированно оба языка исключительно для устного общения на работе, энтропия также будет равна 1. Однако необходимость задействовать когнитивный контроль для ингибирования языковых репрезентаций на нерелевантном языке во время устной коммуникации может быть выше, чем в письменной коммуникации. В связи с этим в будущих исследованиях важно учитывать характер действий, вовлекающих использование нескольких языков в одном контексте.

Поскольку метод языковой энтропии был разработан как методологическое решение, призванное помочь разрешить споры вокруг предположения о существовании билингвального преимущества, мы выдвинули гипотезу, что участники с более высокими значениями языковой энтропии продемонстрируют

более высокие показатели в задаче Color-shape switching task. Однако наша гипотеза не нашла подтверждения: влияния энтропии на когнитивную гибкость, актуализацию целей, мониторинг конфликтов обнаружено не было. Такие результаты могут быть объяснены тем, что участники данного исследования преимущественно находятся в контексте одного языка. Об этом говорят полученные средние баллы языковой энтропии в разных социальных контекстах (не более 0,66). Согласно предположениям гипотезы адаптивного контроля (Green & Abutalebi, 2013), контекст одного языка по сравнению с контекстом двух языков в меньшей степени способствует более эффективному использованию исполнительных функций. К такому же выводу пришли Вагнер и коллеги (Wagner et al., 2023), которые не обнаружили эффекта языковой энтропии у билингвов на выполнение задачи АХ-СРТ, направленной на измерение реактивного и проактивного контроля (Paxton et al., 2008). В их исследовании принимали участие билингвы Торонто (Канада), которых также можно охарактеризовать как билингвы, находящиеся преимущественно в контексте одного языка. Отсутствие эффекта энтропии было также отражено в работе ван ден Берг и коллег (van den Berg et al., 2022) для компонента мониторинг конфликтов, но не для компонента актуализация цели. При этом в работе Ли и коллег (Li et al., 2021) отсутствие эффекта языковой энтропии было показано для компонента актуализации цели, но не для компонента когнитивной гибкости. Подобная неоднородность может быть следствием разных подходов к документированию языкового опыта билингвов, использования различных заданий на измерение исполнительных функций, особенностей выборки, включая место проживания и языковые пары билингвов.

Заключение

Цель данной работы состояла в эмпирической проверке метода языковой энтропии как меры количественной оценки использования языков в разных социальных контекстах билингвами, проживающими в двух регионах Российской Федерации. Полученные результаты могут говорить об эффективности метода языковой энтропии для отражения билингвального языкового опыта. Однако в будущих исследованиях важно учитывать не только количество, но и характер использования языков в повседневной деятельности, и как минимум разделять домены устной и письменной речи. Мы также изучили взаимосвязь показателей языковой энтропии (в контекстах дом, университет, работа, свободное время) с исполнительными функциями (когнитивная гибкость, актуализация цели, мониторинг конфликтов). Результаты указали на отсутствие такой взаимосвязи, что соотносится с предположениями гипотезы адаптивного контроля (Adaptive Control Hypothesis) и с результатами существующих исследований. Немаловажно, что в данном исследовании приняли участие билингвы, проживающие в Российской Федерации, ранее крайне мало изученные в рассматриваемом научном поле. Исследования

носителей двух и более языков, проживающих в билингвальных регионах Российской Федерации, принесут ценный вклад в научную дискуссию о влиянии билингвизма на когнитивное развитие.

Список литературы

Ссылки на источники см. в разделе References после англоязычного блока

История статьи:

Поступила в редакцию 30 ноября 2023 г.

Принята к печати 28 декабря 2023 г.

Для цитирования:

Семенова Е.Ю., Линд К.В., Логвиненко Т.И., Григоренко Е.Л. Применение метода языковой энтропии для измерения билингвального языкового опыта: исследование носителей адыгейского и русского, татарского и русского языков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. 2024. Т. 21. № 1. С. 11–34. <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2024-21-1-11-34>

Вклад авторов:

Е.Ю. Семенова – концептуализация, дизайн исследования, сбор и обработка данных, анализ полученных данных, написание и редактирование текста, администрирование. К.В. Линд – анализ полученных данных, написание и редактирование текста. Т.И. Логвиненко – концептуализация, дизайн исследования, анализ полученных данных, написание и редактирование текста. Е.Л. Григоренко – научное руководство, концептуализация, редактирование текста.

Заявление о конфликте интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Семенова Елена Юрьевна, младший научный сотрудник, Научный центр когнитивных исследований, Научно-технологический университет «Сириус» (Краснодарский край, пгт. Сириус, Россия). ORCID: 0000-0003-0252-6295; SPIN-код: 4283-0755. E-mail: esem7enova@gmail.com

Линд Катерина Валерьевна, PhD, научный сотрудник, Научный центр когнитивных исследований, Научно-технологический университет «Сириус» (Краснодарский край, пгт. Сириус, Россия). ORCID: 0009-0004-8447-0452. E-mail: lind.kv@talantiuspeh.ru

Логвиненко Татьяна Игоревна, научный сотрудник, Отделение детской и подростковой психиатрии, психосоматики и психотерапии, Университетская клиника, Мюнхенский университет имени Людвига и Максимилиана (Мюнхен, Германия). ORCID: 0000-0001-7430-1963; SPIN-код: 8068-9856. E-mail: logvinenkota.spb@gmail.com

Григоренко Елена Леонидовна, доктор психологических наук, профессор, научный руководитель, Научный центр когнитивных исследований, Научно-технологический университет «Сириус» (Краснодарский край, пгт. Сириус, Россия); ведущий научный сотрудник, Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия); заслуженный профессор психологии Хью Рой и Лилли Кранц Каллен, Хьюстонский университет (Хьюстон, США); профессор, Медицинский колледж Бейлора (Хьюстон, США); профессор, Йельский университет (Нью-Хейвен, США). ORCID: 0000-0001-9646-4181; SPIN-код: 4453-4618. E-mail: Elena.Grigorenko@times.uh.edu

DOI: 10.22363/2313-1683-2024-21-1-11-34

EDN: SMGWOV

UDC 159.9.072

Research article

Using Language Entropy to Characterize Bilingual Language Experience: a Study of Adyghe-Russian and Tatar-Russian Bilinguals

Elena Yu. Semenova¹  , Katerina V. Lind¹ ,
Tatiana I. Logvinenko² , Elena L. Grigorenko^{1, 3, 4, 5, 6} 

¹ Sirius University of Science and Technology,
1 Olympiysky Ave., Sirius, Federal Territory “Sirius”, Krasnodar Territory,
354340, Russian Federation

² Ludwig-Maximilians-Universitat Munich,
Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 Munich, Germany

³ Moscow State University of Psychology and Education,
2 Karetny Ryad, Moscow, 127051, Russian Federation

⁴ University of Houston,
4300 Martin Luther King Blvd, Houston, TX, 77204, USA

⁵ Baylor College of Medicine,
1 Baylor Plz, Houston, TX, 77030, USA

⁶ Yale University,
230 South Frontage Road, New Haven, CT, 06518, USA

 esem7enova@gmail.com

Abstract. It is believed that bilingualism contributes to the enhancement of executive functions in bilingual individuals as they need to constantly control the simultaneous activation of two or more languages in their brains. However, decades of research have led to contradictory conclusions regarding the existence of bilingual advantage. One of the promising approaches to resolving these contradictions is a more detailed examination of bilingual language experience. The aim of this study was twofold. First is to empirically test the language entropy method as a way of measuring variability in bilingual language use in different interaction contexts. Second is to examine the relationship between bilinguals’ language entropy and executive functions (cognitive flexibility, goal maintenance, conflict monitoring). The study involved 111 bilinguals (mean age = 20.5 (2.97); 75.7% female), who are speakers of Adyghe-Russian and Tatar-Russian languages. The battery of instruments included a questionnaire on demographic and language experience, containing questions to calculate language entropy in four contexts (home, university, work, free time), a *Color-shape switching task* to measure executive functions (domains of cognitive flexibility, goal updating, conflict monitoring), and *Cattell Culture Fair Intelligence Test* to assess nonverbal intelligence. The results demonstrated that language entropy of the bilinguals from both regions did not exceed a score of 0.66 in all the contexts which indicates the use of predominantly one language in everyday communications. However, in the “university” context, bilinguals speaking Tatar and Russian used languages in a more balanced way than bilinguals speaking Adyghe and Russian languages. The results suggest that the language entropy method can be highly effective for characterizing bilingual language experience. The results also showed that there was no relationship between language entropy of the bilinguals in this study and their executive functions (domains of cognitive flexibility, goal updating, conflict monitoring). This is consistent with the predictions of the Adaptive Control Hypothesis.

Key words: bilingualism, executive functions, language entropy, cognitive flexibility, bilingual advantage, Tatar language, Adyghe language

Acknowledgements and Funding. The research is supported by grant no. 24-28-20419 from Russian Science Foundation, <https://rscf.ru/project/24-28-20419/>

The authors are grateful to Xiaoqian Li and W. Quin Yow for sharing the experimental paradigm and data analysis code.

References

- Alrwaita, N., Houston-Price, C., Meteyard, L., Voits, T., & Pliatsikas, C. (2024). Executive functions are modulated by the context of dual language use: Diglossic, bilingual and monolingual older adults. *Bilingualism: Language and Cognition*, 27(1), 178–203. <https://doi.org/10.1017/S1366728923000056>
- Anderson, J. A. E., Mak, L., Keyvani Chahi, A., & Bialystok, E. (2018). The language and social background questionnaire: Assessing degree of bilingualism in a diverse population. *Behavior Research Methods*, 50(1), 250–263. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0867-9>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., Christensen, R. H. B., Singmann, H., ... & Bolker, M. B. (2015). Package ‘lme4’. *Convergence*, 12(1), 2.
- Beatty-Martínez, A.L., Navarro-Torres, C.A., Dussias, P.E., Bajo, M.T., Guzzardo Tamargo, R.E., & Kroll, J.F. (2020). Interactional context mediates the consequences of bilingualism for language and cognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(6), 1022–1047. <https://doi.org/10.1037/xlm0000770>
- Bialystok, E. (2001). *Bilingualism in development: Language, literacy, and cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cattell, R. B., & Cattell, A. K. (1973). *Measuring intelligence with the culture fair tests*. Champaign, IL: Institute for Personality and Ability Testing.
- de Bruin, A. (2019). Not all bilinguals are the same: A call for more detailed assessments and descriptions of bilingual experiences. *Behavioral Sciences*, 9(3), 33. <https://doi.org/10.3390/bs9030033>
- DeLuca, V., Rothman, J., Bialystok, E., & Pliatsikas, C. (2019). Redefining bilingualism as a spectrum of experiences that differentially affects brain structure and function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(15), 7565–7574. <https://doi.org/10.1073/pnas.1811513116>
- Dick, A. S., Garcia, N. L., Pruden, S. M., Thompson, W. K., Hawes, S. W., Sutherland, M. T., Riedel, M. C., Laird, A. R., & Gonzalez, R. (2019). No evidence for a bilingual executive function advantage in the ABCD study. *Nature Human Behaviour*, 3(7), 692–701. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0609-3>
- Freeman, M., Anthony, J., Marian, V., & Blumenfeld, H. (2022). Individual and sociolinguistic differences in language background predict stroop performance. *Frontiers in Communication*, 7, 865965. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2022.865965>
- Giovannoli, J., Martella, D., Federico, F., Pirchio, S., & Casagrande, M. (2020). The impact of bilingualism on executive functions in children and adolescents: A systematic review based on the PRISMA method. *Frontiers in Psychology*, 11, 574789. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.574789>
- Green, D. W., & Abutalebi, J. (2013). Language control in bilinguals: The adaptive control hypothesis. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(5), 515–530. <https://doi.org/10.1080/20445911.2013.796377>
- Grosjean, F. (2022). *The Mysteries of Bilingualism: Unresolved Issues*. Wiley.
- Grundy, J. G., Pavlenko, E., & Bialystok, E. (2020). Bilingualism modifies disengagement of attention networks across the scalp: A multivariate ERP investigation of the IOR paradigm. *Journal of Neurolinguistics*, 56, 100933. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2020.100933>
- Gullifer, J. W., Chai, X. J., Whitford, V., Pivneva, I., Baum, S., Klein, D., & Titone, D. (2018). Bilingual experience and resting-state brain connectivity: Impacts of L2 age of

- acquisition and social diversity of language use on control networks. *Neuropsychologia*, 117, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.037>
- Gullifer, J. W., Pivneva, I., Whitford, V., Sheikh, N. A., & Titone, D. (2023). Bilingual language experience and its effect on conflict adaptation in reactive inhibitory control tasks. *Psychological Science*, 34(2), 238–251. <https://doi.org/10.1177/09567976221113764>
- Gullifer, J. W., & Titone, D. (2020). Characterizing the social diversity of bilingualism using language entropy. *Bilingualism: Language and Cognition*, 23(2), 283–294. <https://doi.org/10.1017/S1366728919000026>
- Gullifer, J. W., & Titone, D. (2021). Engaging proactive control: Influences of diverse language experiences using insights from machine learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150(3), 414–430. <https://doi.org/10.1037/xge0000933>
- Gunnerud, H. L., Ten Braak, D., Reikerås, E. K. L., Donolato, E., & Melby-Lervåg, M. (2020). Is bilingualism related to a cognitive advantage in children? A systematic review and meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(12), 1059–1083. <https://doi.org/10.1037/bul0000301>
- Hartanto, A., & Yang, H. (2016). Disparate bilingual experiences modulate task-switching advantages: A diffusion-model analysis of the effects of interactional context on switch costs. *Cognition*, 150, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.01.016>
- Hartanto, A., & Yang, H. (2020). The role of bilingual interactional contexts in predicting interindividual variability in executive functions: A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 149(4), 609–633. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/xge0000672>
- Huynh, Q.-L., Benet-Martínez, V., & Nguyen, A.-M. D. (2018). Measuring variations in bicultural identity across U.S. ethnic and generational groups: Development and validation of the Bicultural Identity Integration Scale—Version 2 (BIIS-2). *Psychological Assessment*, 30(12), 1581–1596. <https://doi.org/10.1037/pas0000606>
- Kałamała, P., Szewczyk, J., Chuderski, A., Senderecka, M., & Wodniecka, Z. (2020). Patterns of bilingual language use and response inhibition: A test of the adaptive control hypothesis. *Cognition*, 204, 104373. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104373>
- Kałamała, P., Walther, J., Zhang, H., Diaz, M., Senderecka, M., & Wodniecka, Z. (2022). The use of a second language enhances the neural efficiency of inhibitory control: An ERP study. *Bilingualism*, 25(1), 163–180. Scopus. <https://doi.org/10.1017/S1366728921000389>
- Khotinets, V. Yu., & Salnova, S. A. (2020). Executive functions and their relationship with the development of Russian speech in bilingual and monolingual children. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 17(3), 412–425. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2020-17-3-412-425>
- Хотинец В.Ю., Сальнова С.А. Executive Functions и их связь с развитием речи на русском языке у детей-билингвов и монолингвов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. 2020. Т. 17. № 3. С. 412–425. <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2020-17-3-412-425>
- Kremin, L. V., & Byers-Heinlein, K. (2021). Why not both? Rethinking categorical and continuous approaches to bilingualism. *International Journal of Bilingualism*, 25(6), 1560–1575. <https://doi.org/10.1177/13670069211031986>
- Lehtonen, M., Soveri, A., Laine, A., Järvenpää, J., De Bruin, A., & Antfolk, J. (2018). Is bilingualism associated with enhanced executive functioning in adults? A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 144(4), 394–425. <https://doi.org/10.1037/bul0000142>
- Li, P., Zhang, F., Tsai, E., & Puls, B. (2014). Language history questionnaire (LHQ 2.0): A new dynamic web-based research tool. *Bilingualism: Language and Cognition*, 17(3), 673–680. <https://doi.org/10.1017/S1366728913000606>
- Li, X., Ng, K. K., Wong, J. J. Y., Lee, J. W., Zhou, J. H., & Yow, W. Q. (2021). Bilingual language entropy influences executive functions through functional connectivity and signal variability. *Brain and Language*, 222, 105026. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2021.105026>
- Lowe, C. J., Cho, I., Goldsmith, S. F., & Morton, J. B. (2021). The bilingual advantage in children's executive functioning is not related to language status: A meta-analytic review. *Psychological Science*, 32(7), 1115–1146. <https://doi.org/10.1177/0956797621993108>

- Luk, G. (2023). Justice and equity for whom? Reframing research on the “bilingual (dis)advantage.” *Applied Psycholinguistics*, 44(3), 301–315. <https://doi.org/10.1017/S0142716422000339>
- Marian, V., Blumenfeld, H. K., & Kaushanskaya, M. (2007). The Language Experience and Proficiency Questionnaire (LEAP-Q): Assessing Language Profiles in Bilinguals and Multilinguals. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(4), 940–967. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/067\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/067))
- Martin-Rhee, M. M., & Bialystok, E. (2008). The development of two types of inhibitory control in monolingual and bilingual children. *Bilingualism: Language and Cognition*, 11(1), 81–93. <https://doi.org/10.1017/S1366728907003227>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Nikolaeva, E.I., & Vergunov, E.G. (2017). What are “executive functions” and their development in ontogenesis. *Theoretical and Experimental Psychology*, 10(2), 62–81. (In Russ.) Николаева Е.И., Вергунов Е.Г. Что такое «executive functions» и их развитие в онтогенезе // Теоретическая и экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 62–81.
- Ooi, S. H., Goh, W. D., Sorace, A., & Bak, T. H. (2018). From Bilingualism to Bilingualisms: Bilingual experience in Edinburgh and Singapore affects attentional control differently. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(4), 867–879. <https://doi.org/10.1017/S1366728918000020>
- Paap, K. (2022). *The Bilingual Advantage in Executive Functioning Hypothesis: How the debate provides insight into psychology’s replication crisis* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003308027>
- Paap, K. R., Johnson, H. A., & Sawi, O. (2015). Bilingual advantages in executive functioning either do not exist or are restricted to very specific and undetermined circumstances. *Cortex*, 69, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.04.014>
- Paxton, J. L., Barch, D. M., Racine, C. A., & Braver, T. S. (2008). Cognitive control, goal maintenance, and prefrontal function in healthy aging. *Cerebral Cortex*, 18(5), 1010–1028. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm135>
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy – Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1–2), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- Pliatsikas, C., DeLuca, V., & Voits, T. (2020). The Many Shades of Bilingualism: Language Experiences Modulate Adaptations in Brain Structure. *Language Learning*, 70(S2), 133–149. <https://doi.org/10.1111/lang.12386>
- Poarch, G. J., & van Hell, J. G. (2012). Executive functions and inhibitory control in multilingual children: Evidence from second-language learners, bilinguals, and trilinguals. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(4), 535–551. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.06.013>
- Prior, A., & MacWhinney, B. (2010). A bilingual advantage in task switching. *Bilingualism: Language and Cognition*, 13(2), 253–262. <https://doi.org/10.1017/S1366728909990526>
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>
- RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development for R. Boston: RStudio, PBC. Retrieved from <http://www.rstudio.com/>
- Seçer, I. (2016). Skills of cognitive flexibility in monolingual and bilingual younger adults. *The Journal of General Psychology*, 143(3), 172–184. <https://doi.org/10.1080/00221309.2016.1200530>
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Soveri, A., Rodriguez-Fornells, A., & Laine, M. (2011). Is there a relationship between language switching and executive functions in bilingualism? Introducing a within-group analysis approach. *Frontiers in Psychology*, 2, 183. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00183>
- Studenica, A., Laketa, A., Chrysochoou, E., Blakey, E., & Vivas, A. B. (2022). The influence of bilingualism on adolescent cognition: The roles of biculturalism, the bilingual profile, and linguistic similarity. *Cognitive Development*, 63, 101203. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2022.101203>

- Surrain, S., & Luk, G. (2019). Describing bilinguals: A systematic review of labels and descriptions used in the literature between 2005–2015. *Bilingualism: Language and Cognition*, 22(2), 401–415. <https://doi.org/10.1017/S1366728917000682>
- Van Den Berg, F., Brouwer, J., Tienkamp, T. B., Verhagen, J., & Keijzer, M. (2022). language entropy relates to behavioral and pupil indices of executive control in young adult bilinguals. *Frontiers in Psychology*, 13, 864763. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.864763>
- Veraksa, A.N., Gavrilova, M.N., & Bukhalenkova, D.A. (2019). Relationship between indicators of speech development and executive functions in preschool children: Analysis of research. *Psichologicheskii Zhurnal*, 40(3), 64–76. (In Russ.) <http://doi.org/10.31857/S020595920004599-4>
Веракса А.Н., Гаврилова М.Н., Бухаленкова Д.А. Связь показателей развития речи и регуляторных функций у детей дошкольного возраста: анализ исследований // Психологический журнал. 2019. Т. 40. № 3. С. 64–76. <http://doi.org/10.31857/S020595920004599-4>
- Von Bastian, C. C., Souza, A. S., & Gade, M. (2016). No evidence for bilingual cognitive advantages: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(2), 246–258. <https://doi.org/10.1037/xge0000120>
- Wagner, D., Bekas, K., & Bialystok, E. (2023). Does language entropy shape cognitive performance? A Tale of Two Cities. *Bilingualism: Language and Cognition*, 26(5), 998–1008. <https://doi.org/10.1017/S1366728923000202>
- Wiseheart, M., Viswanathan, M., & Bialystok, E. (2016). Flexibility in task switching by monolinguals and bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, 19(1), 141–146. <https://doi.org/10.1017/S1366728914000273>
- Xie, Z., & Antolovic, K. (2022). Differential impacts of natural L2 immersion and intensive classroom L2 training on cognitive control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75(3), 550–562. <https://doi.org/10.1177/174702182111040813>
- Zhou, B., & Krott, A. (2018). Bilingualism enhances attentional control in non-verbal conflict tasks – evidence from ex-Gaussian analyses. *Bilingualism: Language and Cognition*, 21(1), 162–180. <https://doi.org/10.1017/S1366728916000869>

Article history:

Received 30 November 2023

Revised 27 December 2023

Accepted 28 December 2023

For citation:

Semenova, E.Y., A.R., Lind K.V., Logvinenko, T.I. & Grigorenko, E.L. (2024). Using language entropy to characterize bilingual language experience: A study of Adyghe-Russian and Tatar-Russian bilinguals. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 21(1), 11–34. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2024-21-1-11-34>

Author's contribution:

Elena Yu. Semenova – conceptualization, research design, data collection and processing, data analysis, writing and editing, project administration. *Katerina V. Lind* – data analysis, writing and editing. *Tatiana I. Logvinenko* – conceptualization, research design, data analysis, writing and editing. *Elena L. Grigorenko* – scientific supervision, conceptualization, editing.

Conflicts of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.

Bio notes:

Elena Yu. Semenova, Junior Researcher, Center for Cognitive Sciences, Sirius University of Science and Technology (Sirius, Krasnodar Region, Russia). ORCID: 0000-0003-0252-6295; SPIN-code: 4283-0755. E-mail: esem7enova@gmail.com

Katerina V. Lind, PhD in Population Health, Research Fellow, Center for Cognitive Sciences, Sirius University of Science and Technology (Sirius, Krasnodar region, Russia). ORCID: 0009-0004-8447-0452. E-mail: lind.kv@talantiuspeh.ru

Tatiana I. Logvinenko, Research Fellow, Department of Child and Adolescent Psychiatry, Psychosomatics and Psychotherapy, University Hospital, Ludwig-Maximilians-Universitat Munich (Munich, Germany). ORCID: 0000-0001-7430-1963; SPIN-code: 8068-9856. E-mail: logvinenkota.spb@gmail.com

Elena L. Grigorenko, PhD in General and Educational Psychology, PhD in Developmental Psychology and Genetics, Scientific Supervisor, Sirius Center for Cognitive Sciences, Sirius University of Science and Technology (Sirius, Krasnodar Region, Russia); Leading Scientist, Moscow State University of Psychology and Education (Moscow, Russia); Hugh Roy and Lillie Cranz Cullen Distinguished Professor of Psychology, University of Houston (Houston, TX, USA); Professor, Baylor College of Medicine (Houston, TX, USA); Professor, Yale University (New Haven, CT, USA). Honorary Editor of *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*. ORCID: 0000-0001-9646-4181; SPIN-code: 4453-4618. E-mail: Elena.Grigorenko@times.uh.edu