

Анализ психофизиологических механизмов и подходов в коррекции звукопроизношения

А.Д. Морковина*¹, А.О. Шевченко², В.В. Строганова³, А.В. Варганов⁴

^{1,3} Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

¹ anastasiamorkovina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6990-365X>

^{2,4} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² andreyshevchenkomsu@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9118-2617>

³ Московский институт психоанализа, Москва, Россия, stroganovavv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-4572>

⁴ a_v_vartanov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8844-9643>

* Автор, ответственный за переписку: anastasiamorkovina@yandex.ru

Актуальность. В статье рассматриваются различные подходы в описании процессов звукопроизношения. Работы в области нейронауки и логопедии позволяют описывать характеристики звукопроизношения, однако редко они сопряжены в мультидисциплинарном подходе для решения вопросов постановки звука и коррекции.

Цель. Описание междисциплинарных подходов в проблематике звукопроизношения, а также представление примеров интегративных подходов в коррекции звукопроизношения.

Результаты. В работе проведен анализ отечественных и иностранных моделей звукопроизношения, рассмотрены понятия фонема и кинагема, процессы слогообразования, представлены примеры исследований и теории построения артикуляционной основы речевой деятельности, приведены примеры использования нейрокогнитивных технологий в коррекции звукопроизношения.

Выводы. В работе описана роль современных сетевых моделей в описании звукопроизношения. На основе проведенного анализа представлены психофизиологические и логопедические характеристики звукопроизношения. Показаны примеры современных нейрокогнитивных технологий для работы с речевыми нарушениями с целью коррекции звукопроизношения.

Ключевые слова: нейрофизиология речи, коррекция речи, логопедия, нейролингвистика.

Информация о финансировании. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-18-00067.

Для цитирования: Морковина А.Д., Шевченко А.О., Строганова В.В., Варганов А.В. Анализ психофизиологических механизмов и подходов в коррекции звукопроизношения // Национальный психологический журнал. 2023. № 1 (49). С. 77–87. doi: 10.11621/npj.2023.0107

Analysis of psychophysiological mechanisms and approaches to the correction of pronunciation

Anastasia D. Morkovina*¹, Andrey O. Shevchenko², Vera V. Stroganova³, Alexander V. Vartanov⁴

^{1,3} Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

¹ anastasiamorkovina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6990-365X>

^{2,4} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² andreyshevchenkomsu@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9118-2617>

³ Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia, stroganovav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-4572>

⁴ a_v_vartanov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8844-9643>

* Corresponding author: anastasiamorkovina@yandex.ru

Background. The article discusses various approaches to describing the processes of sound pronunciation. Works in the field of neuroscience and speech therapy provide comprehensive descriptions of sound pronunciation. However, they are rarely combined in a multidisciplinary approach to address issues of sound production and correction.

Objective. The article seeks to describe interdisciplinary approaches to the problem of sound pronunciation, as well as to present examples of integrative approaches to the correction of sound pronunciation.

Results. The paper analyzes various models of sound pronunciation, developed in Russia and abroad. The concepts of phoneme and kinakeme, the processes of syllable fusion are considered. The article presents examples of research and the theory of constructing the articulatory basis of speech activity, provides examples of neurocognitive technologies applied in correcting sound pronunciation.

Conclusion. The paper describes the role of modern network models in describing sound production. On the basis of the analysis, psychophysiological and logopedic characteristics of sound production were presented. Examples of modern neurocognitive technologies to correct pronunciation in the work with speech disorders are presented.

Keywords: neurophysiology of speech, speech correction, speech therapy, neurolinguistics.

Funding. The work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 20-18-00067.

For citation: Morkovina, A.D., Shevchenko, A.O., Stroganova, V.V., Vartanov, A.V. (2023). Analysis of psychophysiological mechanisms and approaches to the correction of pronunciation. *Natsional'nyy psikhologicheskiy zhurnal (National psychological journal)*, 1 (49), 77–87. doi: 10.11621/npj.2023.0107

Введение

Одной из центральных задач нейронаук в настоящее время является поиск функциональных связей различных мозговых структур при речевой деятельности (Варганов, Шевченко, 2022). Причина данного интереса лежит как в основе фундаментальных исследований, так и в области аппаратно-технического приложения нейронаук. Это проблема стоит крайне остро, ее изучение необходимо для разработки различных технологий коммуникации, диагностики и оценки эффективности последующей коррекции речевой деятельности.

Для анализа речевой деятельности нужно разграничить различные типы речи. Под внешней речью мы понимаем речь, облеченную в звуки, имеющую звуковое выражение (Розенталь, Теленкова, 1976). Внутренняя речь является универсальным механизмом, благодаря которому происходит не только логическая обработка чувственных данных, но и их осознание в индивидуальной системе суждений. Элементы беззвучных речевых процессов проявляются и в произвольных, и в сознательных действиях в виде самоинструкций, вербальной интерпретации восприятий или речевых установках (Соколов, 1984). Внутренняя речь может иметь две формы. Первая форма внутренней речи характеризуется свернутостью, образностью и не так сильно связана с процессом внутренней артикуляции. Вторая форма — речь, сопровождающаяся внутренним проговариванием (схожа с внешней речью). В процессе внутреннего проговаривания органы периферического речевого аппарата в скрытой форме воспроизводят процессы, характерные для внешней речи. Этот процесс связан с умственными задачами, происходящими в произвольной форме.

Интерфейс мозг-компьютер (ИМК) — актуальная технология, преобразующая мысль или намерение в сигнал, с помощью которого можно задавать компьютеру распознаваемые команды. Проведенный ранее метаанализ показал, что самым распространенным видом построения коммуникационных ИМК является тот, что основан на фонемах/буквах для распознавания внутренней речи (Гавриленко и др., 2019). Причина этого в том, что фонема является минимальной распознаваемой единицей, из которой можно составлять слоги и слова. Развитие данных технологий позволит, благодаря пониманию физиологических свойств, не только расширить представление о нормально функционирующих механизмах, но и предоставить «нулевую единицу», от которой возможно расширять представление о патологии. При этом задача интеграции методов исследования заключается не только в применении психофизиологических методов регистрации и анализа, но и в выделении свойств единиц речи с помощью традиционных методов логопедической и поведенческой

диагностики. Рассмотрение речевой деятельности невозможно без определения элементарных языковых единиц. Так, фонема обладает моторным компонентом, однако не является очевидной семантической единицей. Известно также, что разные языки могут иметь различные кодирующие механизмы (Воробей, 2020). Изучение фонем важно для понимания целостных языковых структур — слогов, морфем, слов. В логопедической практике фонема тоже понимается как минимальная единица звукового строя языка, служащая для построения и различения значимых единиц. Так, гласные фонемы являются слогаобразующими. При коррекции речевых нарушений часто страдает звукопроизношение, поэтому важна работа над этим блоком. В этот блок входит работа над правильным дыханием, над подготовкой речевого аппарата к последующей работе, этапы постановки звука, его автоматизации в слогах, словах, а также дифференциация звука от других звуков со схожими признаками. Слог как речедвигательную единицу часто называют «артикулемой» (Глухов, 2005). С точки зрения сенсорной теории речи для того, чтобы произнести слог или слово, необходим процесс отбора нужных речевых единиц. Н.И. Жинкин (Жинкин, 1958) говорил о том, что эти единицы — фонемы — хранятся в виде устойчивой решетки фонем (звуковых образов). Фонемная решетка — системное хранилище элементов, из которых может быть составлено слово с помощью операции отбора. Над решеткой фонем надстраивается морфемная решетка, которая ограничивает количество звуковых сочетаний в акте отбора и использует только те звуковые сочетания, которые будут нормативными для языка. Для произнесения полного слова необходим последовательный переход от кода речедвижений к решетке фонем и от нее к решетке морфем (Жинкин, 1958).

В отличие от исследователей, придерживающихся распространенного понимания фонемы как минимальной единицы звукового строя языка, представитель моторной теории речи В.Я. Плоткин говорит о том, что существует три квантовые фонологические единицы — кинакема, фонема и слог (Плоткин, 1991). При этом кинакема — единица субфонемного уровня, которая неразрывно связана со звуком, служит его реализации и опознанию, но это не звук, а квант деятельности. Три этих компонента создают механизм, который отвечает за рождение звуковых оболочек для системы знаковых единиц языка. Кинакема — языковая единица, придающая лингвистическую организацию нервно-мышечной деятельности говорящего и соответствующей мышечно-нервной деятельности слушающего. Фонема — блок кинакем, стандартный квант звука. Слог — единица языкового потока, синтагматически объединенные фонемы. В.Я. Плоткин отмечал, что сначала усваивается фонема, а уже потом происходит ее распад на кинакемы, которые формируются речевым аппаратом путём приобретения необходимых артикуляторных

навыков в соответствии с образцом (Плоткин, 1991). Так, результаты исследований по реконструкции речи показывают, что фонемы из разных групп дифференцируются лучше, чем фонемы из разных подгрупп внутри одной группы (за основу бралась классификация фонем В.Я. Плоткина) (Gavrilenko et al., 2021). В логопедической практике используется понятие кинема: в качестве (1) артикуляционного различительного признака, который интегрирует произносительную работу одного органа речи в произношение фонемы; (2) как структурная единица системы кинетического (двигательного, жестикуляторного) языка (Селиверстов, 1997).

Психофизиологические механизмы речевой артикуляции

Как известно, речевой аппарат состоит из трех отделов: артикуляционного, фонаторного и дыхательного. Вместе они образуют периферический отдел речедвигательного анализатора. Основными органами артикуляции служат язык, губы, мягкое нёбо и нижняя челюсть, которые являются подвижными, а также твёрдое нёбо и верхняя челюсть, которые неподвижны. Артикуляция заключается в том, что перечисленные органы образуют щели или смычки, возникающие при приближении или прикосновении языка к нёбу, альвеолам, зубам, а также при сжатии губ или прижатии их к зубам (Филичева и др., 1989). В процессе усвоения артикуляционной базы важны кинестезии — ощущения положения и перемещения частей периферического аппарата в пространстве через сигналы проприорецепторов. Речь происходит на выдохе, речевой выдох намного длиннее вдоха, число дыхательных движений меньше, объем выдыхаемого воздуха больше. При фонации голосовые складки сомкнуты. Струя выдыхаемого воздуха, прорываясь через сомкнутые голосовые складки, несколько раздвигает их в стороны. В силу упругости и под действием сужающих мышц гортани, голосовые складки возвращаются в срединное положение. Под давлением они стремятся вернуться в начальное положение — разомкнутое. Смыкания и размыкания продолжают до тех пор, пока не прекратится давление голосообразующей выдыхательной струи. Таким образом, при фонации происходят колебания голосовых складок (Филичева и др., 1989). Громкость и отчётливость речевых звуков создаются благодаря резонаторам. При производстве звонких и фрикативных звуков, в том числе глухих, задействуются голосовые складки (гортань), зубы, язык и губы. Сила выдыхаемого воздушного потока также влияет на тональность произносимого звука. При необходимости произнесения звука с низкой тональностью необходимо увеличение количества выдыхаемого воздуха. Для того, чтобы речь человека была членораздельной и понятной, движения речевых органов

должны быть физиологичными и точными. Вместе с тем эти движения должны быть автоматизированными, то есть такими, которые осуществлялись бы без специальных произвольных усилий. Так, например, в логопедии одним из механизмов нарушения темпо-ритмической организации речи, которое проявляется в запинках судорожного характера (заикание), является расстройство единого авторегулируемого темпа речевых движений (голос, дыхание, артикуляция).

В исследованиях К. Дегер и В. Циглер (Дегер, Циглер, 2002) было отмечено, что традиционное разделение на этап программирования и этап исполнения (реализации) не позволяет описать достаточно подробно, как лексические представления слов преобразуются в паттерны речевых движений. Высказывание проходит ряд этапов для того, чтобы быть озвученным. Сначала образуется синтаксическая схема высказывания, после чего происходит грамматическое построение и отбор лексических единиц, а уже затем происходит реализация послоговой моторной программы внешней речи и артикуляция (Горелов, Седов, 2001). Однако когнитивно-моторный процесс преобразования лингвистического кода в артикуляторные движения — сложный процесс, включающий планирование (инвариантных) речевых движений, а также их адаптацию к реальному речевому контексту и управление моторными командами (Laganago, 2019).

Артикуляционный план, основа моторных команд, создается фонематическими процессами с опорой на операции фонологического кодирования, после чего на этом фонологическом коде процессы фонетического кодирования составляют план артикуляции для моторных команд. Фонетические планы не строятся каждый раз в моменте говорения, а извлекаются из памяти. Предполагается, что фонемное кодирование включает кодирование слога. Фонематические планы кодируют инвариантные аспекты моторного исполнения, а остальные особенности артикуляторных программ и их регуляция определяются на следующем этапе кодирования (Laganago, 2012). Н.И. Жинкин (Жинкин, 1958) говорил о том, что каждый элемент фонемной решетки имеет динамический индекс квантования, которое происходит в момент произнесения слова. У каждой фонемы разный набор признаков, которые формируют шкалу квантования этой фонемы в разных словах. По правилам отбора звуков в фонему происходит формирование звуковых сигналов, а правила отбора фонем для составления морфем определяют комбинирование набора звуковых элементов для построения звукового алгоритма слова с конкретным семантическим значением (Жинкин, 1958). Артикуляционные действия взаимовлияют друг на друга, и происходит ассимиляция — уподобление звуков друг другу.

А.Н. Корнев (Корнев, 2006) предложил следующую систему психофизиологического формирования

артикуляционной базы у детей. Его схема согласуется с уровнями организации движений С, D, и E, описанные Н.А. Бернштейном (Бернштейн, 1990).

- Уровень I отвечает за возможности произвольной регуляции артикуляционных движений и оптимизации их пространственной организации для достижения нормативного звукового эффекта. На начальном этапе фонологического развития этот уровень обеспечивает поиск координации движений артикуляционных органов для достижения звукового эффекта приблизительно сходного с нормативным. А в последующем, совместно со слуховыми гностическими подсистемами, служат для уточнения артикуляционных характеристик наиболее сложных звуков позднего онтогенеза.
- Уровень II обеспечивает консолидацию всех артикуляционных операций, их динамическую организацию и формирование артикулем. Он включает два компонента: кинестетический и динамический. Это обеспечивает моторное программирование как на сегментарном, так и на супрасегментарном уровнях.
- Уровень III обеспечивает интеграцию языкового и моторного уровней в процессе порождения высказывания.

Для того чтобы сложилась артикуляция какой-либо фонемы, происходит процесс формирования динамических временных связей с последующей выработкой динамического стереотипа — условно-рефлекторной реакции, возникающей в процессе многократного повторения. Наличие динамического стереотипа помогает при программировании точных артикуляций, уводит артикуляции определенных фонем и слогов в автоматический режим. При расстройствах речи этот механизм формирования связей нарушен, и на всех этапах развития ребенка происходит дезавтоматизация речевого процесса, недоразвитие динамического стереотипа речевой деятельности. Это приводит к формированию особого патологического типа лингвистического поведения, основным дефектом которого является несформированность произвольной речевой деятельности. В.В. Строганова (Строганова, 2015) отмечает, что расстройства кинестетических и кинетических операций моторного звена порождения речи при тяжелой речевой патологии является частным случаем нарушения языковой системы: операций выбора и комбинирования морфем, предложений, лексем, фонем. Неполноценность орального праксиса возникает в связи с недостаточной подготовленностью речевого аппарата, причиной которой может быть в том числе и неврологическая симптоматика, и проявляется в трудностях воспроизведения последовательности движений языком, в многообразии и диффузности ошибок слоговой структуры, в диссоциации между реализацией изолированных звуков и звуков в потоке речи.

Конвенционально важную роль в процессе речи играют лобные отделы, отвечающие за образование речи (центр Брока); височные извилины (центр Вернике), теменная доля коры головного мозга — за восприятие и понимание чужой речи; подкорковые ядра — за ритм, темп и выразительность речи; затылочная доля — за восприятие письменной речи. Все перечисленные отделы образуют центральные отделы речедвигательного и речеслухового анализаторов, которые лежат в основе речи. Так, центральный отдел речедвигательного анализатора традиционно представлен задней частью нижней лобной извилины или зоной Брока. С точки зрения архитектуры, этот регион состоит из двух отдельных областей: области 44 и области 45 (Brodmann, 1909). Центральный отдел речеслухового анализатора — зона Вернике.

При восприятии речи звуковые сигналы поступают в первичную слуховую кору и подвергаются в ней обработке (Дружинин, 2003). В зоне Вернике происходит распознавание фонем. Кроме того, важным является развитие фонематического слуха и восприятия. Развитие фонематического восприятия происходит постепенно, параллельно с формированием произношения (Филичева и др., 1989).

Таким образом, фонематическое восприятие тесно связано со звукопроизношением — нарушение в структуре одного ведет к нарушению в работе другого. Одной из основных моделей описания речевой деятельности является модель двойного потока. Слуховая кора отделяет речевые звуки от неречевых, после чего речевая информация с помощью двух потоков — вентрального и дорсального — поступает в определенные отделы головного мозга. Вентральный (нижний) поток соединяет звуки со значениями и отвечает за понимание высказываний. Дорсальный (верхний) поток ведет к зонам, где слова превращаются в артикуляторные движения, а именно к нижней теменной и нижней лобной доле (Воробей, 2020). А.Д. Фридеричи и С.М. Гиерхан (Friederici, Gierhan, 2013) делят эти пути еще на два — два нижних (вентральных) и два верхних (дорсальных).

Таким образом, языковые центры и пути образуют четыре нейронные языковые сети. Две сети занимаются предложениями: одна — словосочетаниями и простыми предложениями, другая — сложными предложениями. Третья сеть обрабатывает значения, а четвертая важна для повторения услышанного (Friederici, Gierhan, 2013).

Модель В. Левелт (Levelt, 1989) представляет реализацию устной речи в несколько этапов. Фонетическое кодирование включает в себя постепенный процесс разворачивания из довольно абстрактного лексического представления в представление, которое достаточно детализировано, чтобы потом быть реализованным двигательными исполнительными органами. Происходит построение речевого плана. Существует буферный блок — место хранения до момента их попадания на артикуляторы. Из этого

буфера извлекаются конкретные фрагменты фонетического плана, а также осуществляется «распаковка» отдельных моторных команд, входящих в состав более сложной программы. Последний этап — реализация моторных команд речевыми мышцами (Deger, Ziegler, 2002). Модель В. Левелт (Levelt, 1989) включает процесс самоконтроля, исправляющий ошибки в процессе речи. Он выделяет две системы самоконтроля — внешнюю и внутреннюю (Воробей, 2020). Внешняя система — это система акустического контроля (услышал — понял — исправил), внутренняя — артикуляционная, когда в начале артикуляции внутренняя система, заметив ошибку, начинает проверять скрытые процессы. Данная модель представляет вертикальный уровень.

Горизонтальный уровень в системе языка представлен парадигматической и синтагматической категорией. Парадигматическая система — это система отношений однородных элементов языка одного уровня и порядка. Входящие элементы образуют набор однородных языковых единиц, противопоставленных по нескольким признакам. Важно отметить, что каждая из единиц входит в несколько таких наборов. Например, на уровне звуков — это парадигмы гласных и согласных звуков, внутри каждой из них есть подпарадигмы. Синтагматическая система — это система правил, норм сочетаемости элементов языка, благодаря которым происходят процессы формирования и формулирования речевых высказываний. Единицы синтагматической системы — синтагмы — словосочетание или группа слов в предложении, имеющие синтаксическую связь и действующие как единое целое. Синтагма — сложный языковой знак, состоящий из слов или морфем, находящихся по отношению друг к другу как определяемое к определяющему (Глухов, 2005).

Количественные методы анализа связей между областями стали широко использоваться для изучения мозга как сложной сети, что привело к появлению области науки о мозговых сетевых связях, или коннектомики мозга. Основой данного направления является положение, что в основе процессов лежат функциональные связи. Функциональная связь — это временная корреляция активности мозговых структур (Leisman, 2016). С. Фюртингер и др. (Фюртингер, 2015), применяя анализ графов к данным функциональной МРТ (фМРТ), получили результаты, свидетельствующие о том, что производство речи происходит в рамках сетевой функциональной организации. Ученые провели исследование на взрослых людях в состоянии покоя (контроль), при производстве слогов и при производстве предложений. Детальное исследование мозговой связанности производства речи по сравнению с сетью покоя и сетью производства слогов показало, что при наличии одинаковых сенсомоторных организаций, связи между участками мозга в сети будут различаться и зависеть от активности мозга (т.е. от состояния покоя,

производства слогов или грамматически правильных предложений). Основная сеть при производстве речи построила связи со слуховой корой, теменной корой, средней/задней поясной корой, инсулой, базальными ганглиями и мозжечком (Fuertinger et al., 2015). Так, в других исследованиях была представлена одна из моделей функциональных связей на основе энцефалографии (Вартанов, Шевченко, 2022; Kiroy et al., 2022; Gaudet et al., 2020). Были получены результаты, показывающие существование различных функциональных связей между корковыми структурами. Представлена сильная активация супрамаргинальной извилины — зоны, ассоциированной с процессами фонологического анализа.

В иных исследованиях, где использовалась моторная задача, была построена более эффективная модель ИМК с помощью метода классификации процессов мозговой связанности (Daly, Nasuto et al., 2012).

Таким образом, можно предположить, что артикуляционные компоненты речи, которые также имеют моторную составляющую, могут быть лучше декодированы с использованием данных, позволяющих построить траекторию локализации искомых процессов, так как эти результаты помогают объяснить траектории активации различных мозговых отделов при проговаривании (Вартанов, Шевченко, 2022). Интерес представляет также роль мозжечка в организации моторного акта речи. Так, у лиц с мозжечковой формой дизартрии отмечается замедленная, точкообразная речь с резким повышением тона к концу фразы — скандированная речь. Голос может быть ослабленным, тихим, колеблющимся по звонкости (Бабина и др., 2016). Так, разные исследования показывают, что речевая деятельность не статична, а связана со множеством корковых и подкорковых структур, динамично меняющихся в процессе речевого производства. Также сетевая структура является хорошей моделью описания нейропластичности и обратного влияния среды на организацию функциональных связей и ее перестройку. Таким образом, нарушение артикуляции должно естественным образом отразиться на форме сети, а коррекция привела бы к модификации связей.

Нейрокогнитивные технологии логопедической коррекции звукопроизношения

Коррекция звукопроизношения — блок коррекционной работы в логопедии, в котором осуществляется постановка нормативного артикуляционного уклада и акустического образа звука, а также выработка механизма правильного произношения звука.

Использование нейротехнологий и биологической обратной связи (БОС) в области коррекции речевых нарушений было предложено еще в 70–80 гг. О возможностях и перспективах использования БОС

писали С. Дэвис и К. Дрихта (Davis, Drichta, 1980). В своей статье они представили возможности использования БОС в коррекции заикания, нарушений голоса, нарушений артикуляции и при церебральном параличе (Davis, Drichta, 1980). Шустер и др. (Shuster et al., 1992) провели исследование на постановку звука [r] с использованием визуальной БОС у взрослого человека. Целью их работы было документирование успешной коррекции неправильной артикуляции [r] у взрослого человека с помощью визуальной обратной связи, полученной при спектрографии речи в реальном времени. Хотя биологическая обратная связь не часто использовалась как метод коррекции артикуляции, тем не менее, эти исследования показали, что этот метод зарекомендовал себя вполне успешно, хотя он и сочетался с другой методикой, которая была использована до применения БОС (Shuster et al., 1992). Д.М. Руселло (Ruscello, 1995) в дальнейших исследованиях также не раз подчеркивал эффективность использования визуальной биологической обратной связи при постановке правильного произношения фонем. Данный метод использовался при постановке нарушенных фонем после долгого использования традиционных форм коррекции, которые не показали значительного успеха (Ruscello, 1995).

В 2016 году Б. МакАлистер и др. провели исследование с использованием визуально-акустической биологической обратной связи для детей с артикуляционным нарушением [r]. Результаты показали, что данный метод весьма эффективен, особенно в случае, когда традиционные методы не дали результата. Анализ результатов позволил получить доказательства, подтверждающие эффективность вмешательства с биологической обратной связью, хоть и с вариабельностью по отдельным участникам (6/9 участников показали устойчивое улучшение по одной цели после 8 недель лечения). Кроме того, результаты исследования показали, что визуальной биологической обратной связи может быть достаточно для установления внешнего направления фокуса внимания, независимо от характера вербальных подсказок (McAllister et al., 2016). Многие исследователи отмечают, что в дальнейшем необходимо автоматизировать (актуализировать) поставленную фонему в словах и предложениях (Shuster et al., 1992; Hitchcock et al., 2014), что можно сделать с помощью программы лечения с биологической обратной связью, основанной на принципах точки вызова (Hitchcock et al., 2014). В российской практике БОС чаще всего используется при коррекции заикания. А.В. Трунцева (Трунцева, 2016) представляет опыт использования БОС в комплексной системе коррекции заикания. Использование БОС обеспечивает стабилизацию дыхания, правильную голосоподачу, координацию речевого дыхания и голосоподачи, улучшение темпо-ритмической стороны речи, увеличение энергетического речевого потенциала, что приводит к снижению количества запинок в речи.

Результаты воздействия сохраняются продолжительное время (Трунцева, 2016).

Кроме того, часто используется биоакустическая коррекция (БАК). БАК также основана на принципах обратной связи. Данный метод заключается в компьютерном преобразовании ЭЭГ человека в акустический сигнал с последующим предъявлением этого сигнала человеку в реальном времени. В основе БАК лежит принцип произвольной саморегуляции (Терешин, Кирьянова и др., 2019). В ходе исследования (Колчева, Константинов, Беникова, 2017) было отмечено положительное влияние метода БАК на речевую функцию мозга у детей дошкольного возраста. Первые изменения были выявлены на 45 день коррекции, и было показано восстановление процессов ауторегуляции, что способно улучшать функциональное состояние ребенка и приводить к ускорению формирования структур незрелого мозга.

Кроме того, в настоящее время появляется ряд исследований на распознавание речи при различных речевых расстройствах. Так, исследователи Г. Кришна и др. (Krishna et al., 2021) предложили алгоритм на основе глубокого обучения с целью улучшения производительности систем автоматического распознавания речи (ASR) при афазии, апраксии и дизартрии путем использования электроэнцефалограмм (ЭЭГ), записанных синхронно с речью при этих нарушениях. Результаты их работы показали улучшение производительности декодирования более чем на 50% во время тестирования для задачи распознавания изолированной речи и для распознавания непрерывной речи (результат был чуть больше базового). Основное ограничение в данном алгоритме — это задержка, наблюдаемая при развертывании алгоритма в режиме реального времени. Эта задержка возникает из-за предшествующего шага получения акустических представлений в ЭЭГ с помощью обученной регрессионной модели, прежде чем они будут объединены с акустическими характеристиками для декодирования текста. Г. Кришна и др. отмечают эффективность использования технологии неинвазивной регистрации нейронных сигналов для разработки речевого протеза для людей, имеющих афазии, апраксию и дизартрию (Krishna et al., 2021).

Выводы

В результате проведенного теоретического анализа были выделены определенные закономерности в междисциплинарных исследованиях речи. Так, при коррекции звукопроизношения логопеды формируют правильный артикуляционный уклад, используя разные подходы. Постановка звука проходит ряд этапов: на подготовительном этапе используется артикуляционная гимнастика, в сложных случаях применяют логопедический массаж, для выработки движений и определенных положений для произношения

звуков, для укрепления мышц речевого аппарата, чтобы в дальнейшем в изолированном виде поставить звук (звук вне слова или слога, когда он не подвержен ассимиляции). Постановка артикуляционного уклада производится по подражанию, от опорного звука, механически (с помощью логопедических зондов) или смешанным способом. Кроме того, происходит работа над фонематическим восприятием, важно закрепить правильный акустический образ поставленного звука для того, чтобы в дальнейшем происходил процесс внешнего контроля. Внешний контроль — акустический контроль, когда неправильно произнесённый звук, слог или слово воспринимается акустически и программа снова перестраивает этот фрагмент для правильного звучания. После того, как изолированно сформирован уклад нужного звука, происходит процесс автоматизации, во время которого поставленный звук будет находиться в разных положениях, а значит адаптироваться и встраиваться в решётку фонем. Решётка фонем формируется благодаря многократной встрече разных слов с разным звуковым составом, которые дифференцируются на фонемы, сохраняющиеся в решётке фонем благодаря звуковым фонемным правилам, по которым они могут дифференцироваться в дальнейшем в акте отбора. Так, фонемы являются базовой единицей звукового анализа, основой построения и формирования речевых конструкций более сложной организации. Основой фонематической организации являются кинакемые единицы речи, связанные напрямую с артикуляторной деятельностью. Артикуляторная активность очевидно должна кодироваться не только нейронными механизмами, а в соответствии с современными моделями мозговой связанности — с суммой функциональных единиц связи. К такой же базовой единице пришла иная методика изучения процессов речи — нейротехнологии

и ИМК. Современные технологии диагностики и реконструкции позволяют почти уверенно распознавать и дифференцировать речевые паттерны. Известны и описаны случаи высокой статистики реконструкции по ритмам ЭЭГ — фонем и слогов (Gavrilenko et al., 2021; Krishna et al., 2021; Yamaguchi et al., 2015; Brigham, Kumar, 2010). Фонема стала инструментом как набора текста, так и «соревнований» в дешифровке и декодировании. Исходя из этого, нарушение речевых паттернов становится основой для расширения представления о локализации мозговой активности и насыщения систем реконструкции дополнительными данными для выделения искомого паттерна.

Отдельно стоит отметить, что моторная активация является следствием мышечной активности, которая уже была описана в процессе внутренней речи (Соколов, 1984), а роль артикуляции во внешней речи безусловна. Причем эта артикуляторная активность является следствием активации ряда зон головного мозга, которые можно выделить в единую сетевую систему. Интересом для исследователей в области сетевой нейронауки речи может выступать поиск в речевых нарушениях, разнящихся от нормы моделей, схем локализации и коннектомики. Такой подход позволит описать расходящиеся траектории и может быть эффективным механизмом оперативного выявления речевых нарушений. Кроме того, необходимо отметить, что важным в логопедической практике является стимулирование механизма интеграции сенсорных систем (например, кинестетической, слуховой и т.д.), в связи с чем в практике современного логопеда широко представлены системы на основе БОС-технологии, которая показывает свою эффективность и при этом включает в себя интеграцию не только речевых, но и опосредованных практик, улучшающих и корректирующих речь.

Литература

- Бабина Г.В., Белякова Л.И., Идес Р.Е. Логопедия. Дизартрия: учебно-методическое пособие. М.: МПГУ, 2016.
- Бернштейн И.А. Физиология движений и активность. М.: Наука, 1990.
- Вартанов А.В., Шевченко А.О. Психофизиологические механизмы внутреннего проговаривания фонем // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2022. № 1. С. 201–220. doi: 10.11621/vsp.2022.01.09
- Воробей И. Язык и мозг. Нейробиология раскрывает главную тайну человека // 2020. [Электронный ресурс] // URL: http://inyaz-surgut.ru/f/yazyk_i_mozgvorobej.pdf (дата обращения: 10.09.2022).
- Гавриленко Ю.Ю., Саада Д.Ф., Шевченко А.О., Ильющин Е.А. Обзор методов распознавания внутреннего проговаривания на основе данных электроэнцефалограммы // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 1. С. 164–171. doi: 10.25559/SITITO.15.201901.164–171
- Глухов В.П. Основы психолингвистики: учеб. пособие для студентов педвузов. М.: АСТ; Астрель, 2005.
- Горелов И.Н., Седов К.Ф. Основы психолингвистики. Учебное пособие. 3-е изд. М.: Лабиринт, 2001.
- Жинкин Н.И. Механизмы речи. М.: Издательство академии педагогических наук, 1958.
- Колчева Ю.А., Константинов К.В., Беникова Е.В. Применение метода «Биоакустическая коррекция» при лечении задержки речевого развития у детей // Университетская клиника. 2017. № 12 (2). С. 49–51.
- Корнев А.Н. Основы логопатологии детского возраста: клинические и психологические аспекты СПб.: Речь, 2006.
- Плоткин В.Я. Фонологические кванты. Н.: Сибирская издательская фирма «Наука», 1993.
- Розенталь Д.Э., Теленкова М.А. Словарь-справочник лингвистических терминов. 2-е изд. М.: Просвещение, 1976.
- Селиверстов В.И. Понятийно-терминологический словарь логопеда. М.: ВЛАДОС, 1997.
- Соколов А.Н. Внутренняя речь и мышление М.: Рус. яз., 1984.

- Строганова В.В. Формирование фонологического уровня устной и письменной речевой деятельности при экспрессивной (моторной) алалии // Конференциум АСОУ: сборник научных трудов и материалов научно-практ. конференций. 2015. № 4. С. 538–543.
- Терешин А.Е., Кирьянова В.В., Константинов К.В., Решетник Д.А., Ефимова М.Ю., Карягина М.В., Савельева Е.К. Биоакустическая коррекция в когнитивной реабилитации пациентов с очаговыми поражениями головного мозга // Вестник восстановительной медицины. 2019. № 5 (93). С. 47–56.
- Трунцева А.В. Дифференциальная характеристика результатов применения метода биологической обратной связи в коррекционной логопедической работе // Педагогический журнал. 2016. № 2. С. 92–101.
- Филичева Т.Б. Основы логопедии: Учеб. пособие для студентов пед. ин. по спец. «Педагогика и психология (дошк.)». М.: Просвещение, 1989.
- Brigham, K., Kumar, B.V.K.V. (2010). Imagined Speech Classification with EEG Signals for Silent Communication: A Preliminary Investigation into Synthetic Telepathy. Proceedings of the 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (pp. 1–4). Chengdu: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICBBE.2010.5515807>
- Davis, S.M., & Drichta, C.E. (1980). Biofeedback theory and application in allied health. *Biofeedback and Self-Regulation*, 5 (2), 159–174. <https://doi.org/10.1007/BF00998593>
- Deger, K., & Ziegler, W. (2002). Speech motor programming in apraxia of speech. *Journal of Phonetics*, 30 (3), 321–335. <https://doi.org/10.1006/jpho.2001.0163>
- Friederici, A.D., & Gierhan, S.M. (2013). The language network. *Current Opinion in Neurobiology*, 23 (2), 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.10.002>
- Fuertinger, S., Horwitz, B, Simonyan, K. (2015). The Functional Connectome of Speech Control. *PLOS Biology*, 13 (7), e1002209. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002209>
- Gaudet, I., Hüsser, A., Vannasing, Ph., Gallagher, A. (2020). Functional Brain Connectivity of Language Functions in Children Revealed by EEG and MEG: A Systematic Review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 62. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00062>
- Gavrilenko, Y., Saada, D., Ilyushin, E., Vartanov, A.V., & Shevchenko, A. (2021). The Electroencephalogram Based Classification of Internally Pronounced Phonemes. In A.V. Samsonovich et al. (Eds.), *Brain-Inspired Cognitive Architectures for Artificial Intelligence: BICA*AI 2020*. BICA 2020. Intelligent Systems and Computing, 1310 (pp. 97–105). Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65596-9-13>
- Hitchcock, E.R., & Mcallister, B.T. (2014). Enhancing generalisation in biofeedback intervention using the challenge point framework: A case study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29 (1), 59–75. <https://doi.org/10.3109/02699206.2014.956232> (review date: 10.09.2021).
- Kiroy, V.N., Bakhtin, O.M., Krivko, E.M., Lazurenko, D.M., Aslanyan, E.V., Shaposhnikov, D.G., & Shcherban, I.V. (2022). Spoken and Inner Speech-related EEG Connectivity in Different Spatial Direction. *Biomedical Signal Processing and Control*, 71 (B), 103–224. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.103224>
- Krishna, G., Carnahan, M., Shamapant, S., Surendranath, Y. et al. (2021). Brain Signals to Rescue Aphasia, Apraxia and Dysarthria Speech Recognition. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), (pp. 6008–6014). <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629802>
- Laganaro, M. (2012). Patterns of Impairments in AOS and Mechanisms of Interaction *Between Phonological and Phonetic Encoding*. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 55 (5), 1535. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012\)11-0316](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012)11-0316)
- Laganaro, M. (2019). Phonetic encoding in utterance production: a review of open issues from 1989 to 2018. *Language, Cognition and Neuroscience*, 34 (9), 1193–1201. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1599128>
- Leisman, G., Moustafa, A.A., Shafir, T. (2016). Thinking, Walking, Talking: Integratory Motor and Cognitive Brain Function. *Front Public Health*, 25, 4–94. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00094>
- Levelt, W.J.M. (1989). *Speaking: from intention to articulation*. Cambridge: MIT Press.
- McAllister, B.T., Swartz, M.T., Halpin, P.F., Szeredi, D., & Maas, E. (2016). Direction of attentional focus in biofeedback treatment for /r/ misarticulation. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 51 (4), 384–401. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12215>
- Ruscello, D.M. (1995). Visual feedback in treatment of Residual Phonological disorders. *Journal of Communication Disorders*, 28 (4), 279–302. doi: 10.1016/0021-9924(95)00058-X
- Shuster, L.I., Ruscello, D.M., & Smith, K.D. (1992). Evoking [r] Using Visual Feedback. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 1 (3), 29. <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0103.29>
- Yamaguchi, H., Yamazaki, T., Yamamoto, K., Ueno, S. et al. (2015). Decoding Silent Speech in Japanese from Single Trial EEGs: Preliminary Results. *Journal of Computer Science & Systems Biology*, 8, 285–291. <https://doi.org/10.4172/jcsb.1000202>

References

- Babina, G.V., Belyakova, L.I., Ides, R.E. (2016). *Logopedia. Dysarthria: teaching aid*. М.: MPGU. (In Russ.).
- Bernshtein, I.A. (1990). *Physiology of movements and activity*. М.: Nauka. (In Russ.).
- Bondarko, L.V. et al. (2000). *Fundamentals of general phonetics*. SPb.: SPGU. (In Russ.).
- Brigham, K., Kumar, B.V.K.V. (2010). Imagined Speech Classification with EEG Signals for Silent Communication: A Preliminary Investigation into Synthetic Telepathy. Proceedings of the 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (pp. 1–4). Chengdu: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICBBE.2010.5515807>

- Davis, S.M., & Dricha, C.E. (1980). Biofeedback theory and application in allied health. *Biofeedback and Self-Regulation*, 5 (2), 159–174. <https://doi.org/10.1007/BF00998593>
- Deger, K., & Ziegler, W. (2002). Speech motor programming in apraxia of speech. *Journal of Phonetics*, 30 (3), 321–335. <https://doi.org/10.1006/jpho.2001.0163>
- Filicheva, T.B. Cheveleva, N.A., Chirkina, G.V. (1989). Fundamentals of speech therapy: Textbook for students of pedagogical institution “Pedagogy and psychology (preschool)”. M.: Prosveshchenie. (In Russ.).
- Friederici, A.D., & Gierhan, S.M. (2013). The language network. *Current Opinion in Neurobiology*, 23 (2), 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.10.002>
- Fuertinger, S., Horwitz, B, Simonyan, K. (2015). The Functional Connectome of Speech Control. *PLOS Biology*, 13 (7), e1002209. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002209>
- Gaudet, I., Hüsser, A., Vannasing, Ph., Gallagher, A. (2020). Functional Brain Connectivity of Language Functions in Children Revealed by EEG and MEG: A Systematic Review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 62. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00062>
- Gavrilenko, Y., Saada, D., Ilyushin, E., Vartanov, A.V., & Shevchenko, A. (2021). The Electroencephalogram Based Classification of Internally Pronounced Phonemes. In A.V. Samsonovich et al. (Eds.), *Brain-Inspired Cognitive Architectures for Artificial Intelligence: BICA*AI 2020. BICA 2020. Intelligent Systems and Computing*, 1310 (pp. 97–105). Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65596-9-13>
- Gavrilenko, Yu.Yu., Saada, D.F., Shevchenko, A.O., Il'yushin, E.A. (2019). Review of methods for recognition of internal utterance based on electroencephalogram data. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie (Modern Information Technology and IT Education)*, 15 (1), 164–171. doi: 10.25559/SITITO.15.201901.164–171 (In Russ.).
- Glukhov, V.P. (2005). Fundamentals of psycholinguistics: textbook for students of pedagogical universities. Moscow: AST; Astrel'. (In Russ.).
- Gorelov, I.N., Sedov, K.F. (2001). Fundamentals of psycholinguistics: A textbook (3rd ed.). M.: Labirint. (In Russ.).
- Hitchcock, E.R., & Mcallister, B.T. (2014). Enhancing generalisation in biofeedback intervention using the challenge point framework: A case study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 29 (1), 59–75. <https://doi.org/10.3109/02699206.2014.956232> (review date: 10.09.2021).
- Kiroy, V.N., Bakhtin, O.M., Krivko, E.M., Lazurenko, D.M., Aslanyan, E.V., Shaposhnikov, D.G., & Shcherban, I.V. (2022). Spoken and Inner Speech-related EEG Connectivity in Different Spatial Direction. *Biomedical Signal Processing and Control*, 71 (B), 103–224. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.103224>
- Kolcheva, Yu.A., Konstantinov, K.V., Benikova, E.V. (2017). Application of the method of “Bioacoustic correction” in the treatment of delayed speech development in children. *Universitetskaya klinika (University Hospital)*, 12 (2), 49–51. (In Russ.).
- Kornev, A.N. (2006). Fundamentals of pediatric logopathology: clinical and psychological aspects. SPb.: Rech'. (In Russ.).
- Krishna, G., Carnahan, M., Shamapant, S., Surendranath, Y. et al. (2021). Brain Signals to Rescue Aphasia, Apraxia and Dysarthria Speech Recognition. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), (pp. 6008–6014). <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629802>
- Laganaro, M. (2012). Patterns of Impairments in AOS and Mechanisms of Interaction Between Phonological and Phonetic Encoding. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 55 (5), 1535. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2012\)11-0316](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2012)11-0316)
- Laganaro, M. (2019). Phonetic encoding in utterance production: a review of open issues from 1989 to 2018. *Language, Cognition and Neuroscience*, 34 (9), 1193–1201. <https://doi.org/10.1080/23273798.2019.1599128>
- Leisman, G., Moustafa, A.A., Shafir, T. (2016). Thinking, Walking, Talking: Integratory Motor and Cognitive Brain Function. *Front Public Health*, 25, 4–94. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00094>
- Levelt, W.J.M. (1989). Speaking: from intention to articulation. Cambridge: MIT Press.
- McAllister, B.T., Swartz, M.T., Halpin, P.F., Szeredi, D., & Maas, E. (2016). Direction of attentional focus in biofeedback treatment for /r/ misarticulation. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 51 (4), 384–401. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12215>
- Plotkin, V.Ya. (1993). Phonological quanta. Novosibirsk: Sibirskaya izdatel'skaya firma Nauka. (In Russ.).
- Rozental', D.E., Telenkova, M.A. (1976). Dictionary of linguistic terms (2nd ed.). M.: Prosveshchenie. (In Russ.).
- Ruscello, D.M. (1995). Visual feedback in treatment of Residual Phonological disorders. *Journal of Communication Disorders*, 28 (4), 279–302. doi: 10.1016/0021-9924(95)00058-X
- Seliverstov, V.I. (1997). Conceptual and terminological dictionary of a speech therapist. M.: VLADOS. (In Russ.).
- Shuster, L.I., Ruscello, D.M., & Smith, K.D. (1992). Evoking [r] Using Visual Feedback. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 1 (3), 29. <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0103.29>
- Sokolov, A.N. (1984). Internal speech and thinking. M.: Rus. yaz. (In Russ.).
- Stroganova, V.V. (2015). Formation of the phonological level of oral and written speech activity in expressive (motor) alalia. *Konferentsium ASOU: sbornik nauchnykh trudov i materialov nauchno-prakt. Konferentsii (ASOU Conference: collection of scientific papers and materials of scientific and practical conferences)*, 4, 538–543. (In Russ.).
- Tereshin, A.E., Kir'yanova, V.V., Konstantinov, K.V., Reshetnik, D.A., Efimova, M.Yu., Karyagina, M.V., Saveleva, E.K. (2019). Bioacoustic correction in cognitive rehabilitation of patients with focal lesions of the brain. *Vestnik vosstanovitel'noi meditsiny (Bulletin of Regenerative Medicine)*, 5 (93), 47–56. (In Russ.).
- Truntseva, A.V. (2016). Differential characteristic of the results of the method of biofeedback in correctional logopedic work. *Pedagogicheskii zhurnal (Pedagogical Journal)*, 2, 92–101. (In Russ.).

Vartanov, A.V., Shevchenko, A.O. (2022). Psychophysiological mechanisms of internal pronunciation of phonemes. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya (Moscow University Psychology Bulletin)*, 1, 201–220. doi: 10.11621/vsp.2022.01.09. (In Russ.).

Vorobei, I. (2020). Language and brain. Neurobiology reveals the main human mystery. (Retrieved from http://inyaz-surgut.ru/f/yazyk_i_mozgvorobej.pdf) (review date: 10.09.2022).

Yamaguchi, H., Yamazaki, T., Yamamoto, K., Ueno, S. et al. (2015). Decoding Silent Speech in Japanese from Single Trial EEGs: Preliminary Results. *Journal of Computer Science & Systems Biology*, 8, 285–291. <https://doi.org/10.4172/jcsb.1000202>

Zhinkin, N.I. (1958). Mechanisms of speech. M.: Izdatel'stvo akademii pedagogicheskikh nauk. (In Russ.).

Статья получена 26.10.2022;
принята 06.12.2022;
отредактирована 16.02.2023.

Received 26.10.2022;
accepted 06.12.2022;
revised 16.02.2023.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT AUTHORS



Морковина Анастасия Денисовна — бакалавр кафедры логопедии дефектологического факультета Московского педагогического государственного университета, anastasiamorkovina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6990-365X>

Anastasia D. Morkovina — Student, the Department of Speech Therapy, Faculty of Defectology, Moscow Pedagogical State University, anastasiamorkovina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6990-365X>



Шевченко Андрей Олегович — аспирант кафедры психофизиологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, andreyshevchenkomsu@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9118-2617>

Andrey O. Shevchenko — Postgraduate Student, the Department of Psychophysiology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, andreyshevchenkomsu@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9118-2617>



Строганова Вера Васильевна — кандидат педагогических наук, доцент кафедры специального дефектологического образования факультета коррекционной педагогики и специальной психологии Московского института психоанализа; доцент кафедры логопедии дефектологического факультета Московского педагогического государственного университета, stroganovav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-4572>

Vera V. Stroganov — PhD in Pedagogy, Associate Professor, the Department of Special Defectology Education, Faculty of Corrective Pedagogy and Special Psychology, Moscow Institute of Psychoanalysis; Associate Professor, the Department of Speech Therapy, Faculty of Defectology, Moscow State Pedagogical University, stroganovav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2682-4572>



Варганов Александр Валентинович — кандидат психологических наук, доцент, старший научный сотрудник кафедры психофизиологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, a_v_vartanov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8844-9643>

Alexander V. Vartanov — PhD in Psychology, Associate Professor, Senior Researcher, the Department of Psychophysiology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, a_v_vartanov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8844-9643>