

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

на правах рукописи

Алексеева Мария Алексеевна

**Нейрокогнитивные механизмы обработки морфосинтаксической
информации: мультимодальные исследования**

Резюме диссертации

на соискание учёной степени кандидата когнитивных наук

Научный руководитель:

Ph.D.

Штыров Юрий Юрьевич

Москва – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Информация об организации, в которой подготовлена диссертация	3
Информация о научном руководителе и консультанте	3
Публикации	3
Апробация результатов	4
Введение	6
Актуальность темы.....	6
Обоснованность научных положений и исследовательские вопросы	8
Автоматическая морфосинтаксическая обработка и методологические основы .	8
Исследовательский вопрос 1	11
Исследовательский вопрос 2	12
Значимость работы	16
Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации	18
Заключение	19
Благодарности	20
Список литературы.....	21

Информация об организации, в которой подготовлена диссертация

Диссертация подготовлена в Центре нейроэкономики и когнитивных исследований, Института когнитивных нейронаук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

Информация о научном руководителе и консультанте

Научный руководитель — Штыров Юрий Юрьевич, профессор, Ph.D. — ведущий научный сотрудник Института когнитивных нейронаук в Центре нейроэкономики и когнитивных исследований федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»», глава МЭГ/ЭЭГ/ТМС в Центре функционально-интегративной нейронауки (Centre of Functionally Integrative Neuroscience (CFIN) Департамента клинической медицины Орхусского университета.

Научный консультант — Мячиков Андрей Викторович, профессор, Ph.D. — ведущий научный сотрудник Института когнитивных нейронаук в Центре нейроэкономики и когнитивных исследований федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»», профессор Департамента Психологии Университета Нортумбрии.

Публикации

Для защиты были отобраны три опубликованные статьи:

1. **Алексеева М.**, Мячиков А., Бермудез-Маргаретто Б., Штыров Ю. (2022а). Нейрофизиологические корреляты автоматической интеграции голосовой и родовой информации во время грамматической обработки, *Scientific Reports*, 12(1), 3

1-10. DOI: 10.1038/s41598-022-14478-2 // **Alekseeva, M.**, Myachykov, A., Bermudez-Margaretto, B., & Shtyrov, Y. (2022a). Neurophysiological correlates of automatic integration of voice and gender information during grammatical processing. *Scientific Reports*, 12(1), 1-10. DOI: 10.1038/s41598-022-14478-2

2. **Алексеева М. А.**, Мячиков А. В., Штыров Ю. Ю. (2022b). Нейрофизиологические корреляты автоматической обработки нулевой морфемы: данные вызванных потенциалов, *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*, 72(5), 666-677. DOI: 10.31857/S0044467722050033

3. **Алексеева М.**, Мячиков А., Штыров Ю. (2022c). Словоизменительная нулевая морфология — лингвистический миф или нейрокогнитивная реальность? *Frontiers in Psychology*, 13: 1015435 DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1015435 // **Alekseeva, M.**, Myachykov, A., & Shtyrov, Y. (2022c). Inflectional zero morphology – Linguistic myth or neurocognitive reality? *Frontiers in Psychology*, 13: 1015435 DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1015435

Апробация результатов

Результаты исследований докладывались на следующих конференциях:

1. 5-я Конференция нейробиологии языка и речи (5th International Conference on Neurobiology of Speech and Language), 8–9 октября 2021, (Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия). Название доклада: Нейрокогнитивная обработка нулевой морфемы: данные ЭЭГ и МЭГ (*Neurocognitive processing of zero morpheme: EEG and MEG evidence*).
2. 4-я Международная конференция нейробиологии языка и речи (4th International Conference on Neurobiology of Speech and Language), 13–14 ноября 2020, (Санкт-Петербург, Россия). Название доклада: (Не)существование нулевой морфемы: данные вызванных потенциалов (*The (non)existent zero morpheme: an ERP investigation*).

3. 60-е заседание общества Psychonomic (60th Psychonomic Society Conference), 14–17 ноября 2019 (Монреаль, Канада). Название доклада: Морфосинтаксический прайминг как механизм ранней автоматической синтаксической обработки: данные вызванных потенциалов ((Morpho)Syntactic Priming as a Mechanism for Rapid Automatic Syntax Parsing: ERP Evidence).
4. 25-е заседание Архитектуры и механизмов языковой обработки (25th Architecture and Mechanisms of Language Processing), 6–8 сентября 2019, (Москва, Россия). Название доклада: Синтаксический прайминг и экстралингвистическая информация способствуют быстрому автоматическому разбору синтаксиса: данные вызванных потенциалов (Syntactic priming and extralinguistic information contribute to rapid automatic syntax parsing: ERP evidence).

Введение

Актуальность темы

Несмотря на значительные усилия исследователей, речевая коммуникация остается одной из наименее изученных психических функций. Ключевым в дискуссиях о природе обработки речи продолжает оставаться вопрос о взаимодействии языка и познания (Jackendoff, 2003). Эта довольно широкая область преобразуется в более конкретные исследовательские вопросы. Один из таких вопросов касается уровня взаимодействия речи с общими когнитивными процессами - такими как, например, память или контроль внимания, - на функциональном и нейроанатомическом уровнях. Еще одним важным аспектом, тесно связанным с обозначенным выше вопросом, является взаимодействие между обработкой лингвистической информации и различными экстралингвистическими характеристиками говорящего, такими как пол (Knösche et al., 2002).

Язык характеризуется обширной системой синтаксических и грамматических правил, которые регулируют взаимодействие различных составных элементов. Исследования показывают, что нейрокогнитивная система, ответственная за (морфо)синтаксическую обработку речи, относительно независима от других когнитивных систем и характеризуется высокой степенью автоматизма (Hahne & Friederici, 1999; S. A. Pinker, 2003; Pulvermüller et al., 2008). Так, исследования на материале английского (Pulvermüller et al., 2008), финского (Shtyrov et al., 2003) и французского (Hanna et al., 2014) языков показывают, что мозг способен успешно обрабатывать морфосинтаксическую информацию даже при отвлечении внимания от речевого входа. Проводимое в настоящее время исследование на русском языке (Alekseeva et al., 2024) также подтверждает универсальный характер этого явления.

Процесс морфосинтаксической обработки состоит из автоматического этапа, предшествующего неавтоматическим (подверженным нисходящему контролю) процессам обработки лексико-семантической информации, и последующего этапа, который включает в себя общий повторный синтаксический анализ предложения (Friederici, 2002). Если последний этап морфосинтаксической обработки требует

внимания, то первый осуществляется независимо от него, т.е. автоматически. Это можно экспериментально проверить с помощью т.н. пассивной парадигмы с подавлением внимания к речевой информации. Данная парадигма может быть построена с использованием специфически выверенных и сбалансированных стимулов, что может позволить получить информацию об обработке исследуемых морфологических компонентах на разных уровнях. Примером таких стимулов является модуляция голосовых параметров, которые могут взаимодействовать с грамматической системой языка, и таким образом, опосредованно модулироваться с помощью морфологии и синтаксиса.

В своем диссертационном исследовании я опираюсь на идею существования ранней морфосинтаксической обработки для изучения двух ключевых процессов в контексте восприятия речи: (1) экстралингвистический процесс восприятия голоса говорящего, в котором обработка морфосинтаксической информации, связанной со словоизменением по роду, зависит от голосовых характеристик; и (2) лингвистический процесс обработки специфических морфологических компонентов — словоизменительных аффиксов. На лингвистическом уровне мы рассмотрели проблему нулевой морфемы, нейрокогнитивные корреляты которой до сих пор не исследованы. Оба уровня анализа предоставляют ценные сведения об языковой обработке на морфосинтаксическом уровне.

Таким образом, мои исследовательские задачи включают: 1) изучение интеграции экстралингвистической информации в морфосинтаксическую обработку речи (Исследовательский вопрос 1), 2) изучение актуализации особого типа нулевого компонента, который вызывает споры как с лингвистической, так и с когнитивной точки зрения, - нулевой морфемы (Исследовательский вопрос 2).

Обоснованность научных положений и исследовательские вопросы

Автоматическая морфосинтаксическая обработка и методологические основы

Временная динамика восприятия письменной и устной речи обычно изучается с помощью таких методов, как электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ). Эти методы позволяют получать важную информацию о временных и пространственных характеристиках различных нейролингвистических процессов с высокой точностью. С помощью этих методов были выделены отдельные потенциалы, связанные с событиями, (вызванные потенциалы, ВП в ЭЭГ) или поля (вызванные магнитные поля, ВМП в МЭГ), которые связывают с различными этапами (морфо)синтаксической обработки. Среди них наиболее изученными компонентами являются ранняя левосторонняя передняя негативность (early left anterior negativity, ELAN; Neville et al., 1991), левосторонняя передняя негативность (left anterior negativity, LAN; Friederici et al., 1993) и P600, более поздний положительный сдвиг (Osterhout & Holcomb, 1992). Помимо временной информации, применение топографического анализа ЭЭГ/МЭГ данных и анализа источников дает возможность получить ценную информацию о структурах коры головного мозга, поддерживающих изучаемые процессы.

Известно, что первый этап морфосинтаксической обработки сопровождается компонентом ELAN с пиком 120-200 мс после критического события, такого как грамматическая, синтаксическая или морфосинтаксическая аномалия. Этот компонент получил свое название из-за своего относительно раннего появления и левофронтальной локализации (Friederici et al., 1993; Hahne & Friederici, 1999; Neville et al., 1991), хотя была обнаружена и билатеральная локализация (Hahne & Jescheniak, 2001; Knösche et al., 1999). Обычно его связывают с реакцией на синтаксические нарушения во время раннего автоматического анализа состава слов и предложений. Например, А. Фридеричи с соавторами показали, что ELAN тесно связан с ошибками фразовой структуры (Friederici, 1995; Friederici et al., 1993). Такие ошибки проявляются при несогласовании слов во фразе (например, **Der Freund wurde im besucht/Друг был в посещен*; Friederici et al., 1993). Подобные

аномалии делают невозможным построение правильной локальной структуры фразы.

Однако другие исследователи высказывают предположение о том, что эффект ELAN может быть в действительности артефактом (Steinhauer & Drury, 2012) в том числе в силу своего раннего появления, вероятно, не связанного с морфосинтаксической обработкой. Считается, что для реализации лексического доступа требуется не менее 200 мс (Alloppenna et al., 1998; Sereno & Rayner, 2003); поэтому определение природы морфосинтаксических процессов, предшествующих ему, является проблематичным. В то же время некоторые исследования указывают на то, что лексическая и семантическая обработка могут начинаться гораздо раньше и даже происходить без фокусирования внимания на речевой информации (Pulvermüller & Shtyrov, 2006), что свидетельствует о высокой степени автоматичности ранней лингвистической обработки. Более того, предполагается, что система восприятия речи, по сути, отчасти предсказывает последующую информацию (включая морфосинтаксическую) на ранних стадиях обработки, основываясь на характеристиках предложений, встречавшихся ранее (Fonteneau, 2013), что может объяснить раннее появление ELAN. Подобного рода предсказания могут быть связаны с базовыми морфосинтаксическими процессами, которые начинаются с предобработки синтаксической структуры и далее переходят к семантической информации (Friederici, 2002; Friederici & Weissenborn, 2007).

Более поздние морфосинтаксические компоненты не соотносятся с полностью автоматической обработкой и могут быть связаны с дополнительными поддерживающими процессами, такими как внимание, и рядом других процессов, потенциально протекающих параллельно/каскадно автоматическим. Поэтому я лишь кратко остановлюсь на них. Второй этап морфосинтаксической обработки характеризуется компонентом LAN, который появляется в диапазоне от 300 мс до 500 мс и имеет левостороннее переднее распределение, аналогичное ELAN. Обладая определенной степенью автоматичности (Gunter et al., 1997, 2000), он все же более связан с контролируемыми процессами. Например, LAN обычно ассоциируется с морфосинтаксическими затруднениями, возникающими в общей

структуре предложения (Friederici, 1995; Molinaro et al., 2015; Osterhout & Mobley, 1995), а также с обнаружением нарушений согласования внутри фразы (Barber & Carreiras, 2005; Bornkessel & Schlesewsky, 2006). Последний этап морфосинтаксической обработки характеризуется компонентом P600. Это наиболее поздний (после 500 мс) положительный сдвиг, максимальная амплитуда которого регистрируется в задних отделах мозга. P600 связывают с синтаксической интеграцией, повторным анализом и репарацией структуры на глобальном уровне (Friederici, 2002; Hagoort et al., 1993; Kaan & Swaab, 2003; Osterhout & Mobley, 1995).

Исходя из в значительной степени предиктивного характера синтаксических зависимостей, обработки фразовой структуры и морфологической декомпозиции, описанного выше, важно использовать парадигму, которая могла бы рассматривать автоматические аспекты морфосинтаксической обработки как внутри, так и вне лингвистической системы. В настоящем исследовании был использован протокол пассивного предъявления, обычно применяемый в лингвистических исследованиях, где аудиально предъявляемые экспериментальные стимулы сопровождаются параллельным визуальным заданием, в котором участников просят сосредоточиться на визуальных стимулах, игнорируя аудиальные (например, морфосинтаксическое исследование А. Хастинг и соавторов, Hasting et al., 2007).

В исследовании использовался сбалансированный дизайн, в котором глаголы с маркером рода появлялись в синтаксически или экстралингвистически правильных и неправильных условиях по типу «местоимение+глагол». Эксперименты проводились на материале русского языка, имеющего богатую словоизменительную систему. Дополнительно было включено условие без контекста, включающее аналогичные фразовым глаголы с маркером рода, но без предшествующего субъекта, способного предварительно активировать признак рода. Данный подход основан на теории морфосинтаксического прайминга (Oltra-Massuet et al., 2017), согласно которой прайм заранее активировывает (т.е. праймирует) обработку морфосинтаксических характеристик следующего слова. Было, например, обнаружено, что создание предварительно обработанного

грамматического шаблона, основанного на определенной характеристике местоимения (в данном случае — рода), усиливает активацию компонента ELAN (Hasting et al., 2007; Leminen et al., 2013; Pulvermüller et al., 2008; Pulvermüller & Shtyrov, 2003, 2006). Данный методологический подход позволяет на примере ранней морфосинтаксической обработки исследовать определённые процессы восприятия речи: (1) обработку морфосинтаксической информации о роде, извлекаемой из голосовых характеристик говорящего, и (2) актуализацию нулевой морфемы.

Исследовательский вопрос 1

В рамках исследовательского вопроса 1 (Alekseeva et al., 2022a), были изучены временные и нейрокогнитивные корреляты интеграции лингвистической и экстралингвистической информации о роде в процессе речевой обработки. Голос говорящего является одним из наиболее важных источников информации, способствующей восприятию информации (Knösche et al., 2002). Например, по голосовым характеристикам можно определить пол говорящего (Apicella & Feinberg, 2009; Hodges-Simeon et al., 2011; Junger et al., 2013; Li et al., 2014; Mullennix et al., 1995; van Dommelen & Moxness, 1995). Однако, наряду с полом говорящего многие языки также маркируют и грамматический род, что добавляет еще один источник родовой информации и еще больше усложняет взаимодействие между полом говорящего и грамматическим родом данного языкового компонента. Более того, при речевой обработке учитываются как пол говорящего, так и пол слушающего (Junger et al., 2013). Например, было показано, что существует специфический эффект «голос — пол», выражающийся в виде раннего (около 150-250 мс) повышения активации при восприятии голосов противоположного пола по сравнению с голосами того же пола (Casado & Brunellière, 2016).

Другие исследования показали модуляцию компонентов N400 и/или P600, связанную с несоответствиями между семантическим значением и репрезентацией говорящего (Bornkessel-Schlesewsky et al., 2013; Lattner & Friederici, 2003; Van

Berkum et al., 2008). Например, компонент P600, имеющий в большей степени синтаксическую природу, обычно сопровождает нарушения стереотипных ролей у существительных; а N400, обычно ассоциируемый с сематической обработкой, возникает при семантико-прагматических несоответствиях, когда слушатель сталкивается со словами/фразами, несоответствующими гендерной личности говорящего. Учитывая ограниченное количество исследований по этой теме и очевидные расхождения между уже полученными результатами, вопрос о том, как и когда информация о поле/роде говорящего интегрируется в лингвистическую систему слушателя в процессе речевой обработки, остается в значительной степени открытым.

Принимая во внимание хронометрические характеристики ранней морфосинтаксической обработки, о которой говорилось во введении, и взаимосвязанную обработку информации о поле/роде говорящего и слушающего на ранних этапах, полученные в приведенных выше исследованиях, я предположила, что эти процессы могут быть параллельны по своей природе и/или тесно интегрированы. Таким образом, целью данной части исследования является изучение временных и пространственных коррелятов интеграции информации о поле/роде говорящего в морфосинтаксическую обработку.

Исследовательский вопрос 2

Исследовательский вопрос 2 (Алексеева и др., 2022b; Alekseeva et al., 2022c) направлен на разрешение несоответствия между фундаментальными лингвистическими основами и их предполагаемыми нейробиологическими коррелятами. Лингвисты часто используют весьма обобщенные и производные модели, включающие абстрактные составляющие и теоретические конструкции, не опираясь на доказательства, подтверждающие их нейрокогнитивную природу. Одним из таких элементов является, так называемая, «нулевая составляющая», которая представляет собой компонент без очевидной графемной или фонологической репрезентации (Bally, 1932). Данная категория включает в себя

сентенциальные элементы с семантической или прагматической нагрузкой, такие как эллипсис, Wh- и NP-сдвиги, которые, как показано в исследованиях, отражаются на нейрокогнитивном уровне – по крайней мере отчасти (Carlson & Harris, 2018; Sekerina et al., 2019; Лауринавичюте et al., 2015). Однако, наиболее проблематичной составляющей является нулевая морфема, имеющая лишь абстрактную синтаксическую функцию без семантической нагрузки (например, согласование по числу у глаголов: *they give-Ø_{MH}, he give-SED*). Поскольку данное понятие лишено конкретного звукового или графического коррелята, возникают споры относительно природы нулевой морфемы и ее нейрокогнитивной реальности как в рамках отдельных языков, так и в универсалистских грамматических моделях.

Исследование нулевой морфемы сопряжено с рядом «подводных камней». В первую очередь, затруднения связаны с невозможностью отделить обработку нулевой морфемы от других морфологических единиц в слове, и, таким образом, найти прямые доказательства обработки синтаксической функции нулевой морфемы (в отличие от обработки *отсутствия* выраженного элемента; (Fodor, 2013). Кроме того, согласно основным лингвистическим теориям (Anderson, 1992; Beard, 1995; Chomsky, 2014; Halle et al., 1993; Oltra Massuet, 1999; Wunderlich & Fabri, 1995), нет единого мнения о включении «нуля» в грамматику в качестве морфемы, что существенно затрудняет ее операционализацию. Процессы хранения и извлечения нулевой морфемы также остаются неясными. Согласно теории хранения слов целиком (full-form storage) и двухсистемному подходу (dual-system approach) формы с нулевым *inker*-маркером (словоформа с нулевым аффиксом, обозначающим определенный признак, таким как число; например: «*cat-Ø_{SG}*») могут храниться как единое целое (см. подходы в Вубее, 1995 и Pinker, 2015). Это влечет за собой неспособность отделить нулевой маркер от остальных морфем, представленных в словоформе. С другой стороны, декомпозиционный подход (при котором мы храним морфемы отдельно и формируем словоформу только в процессе извлечения) подразумевает нейрокогнитивную репрезентацию нулевой морфемы как отдельной единицы (см. декомпозиционный подход в Taft, 2004).

В отличие от фундаментальной лингвистической базы, экспериментальные примеры исследования нулевой морфемы довольно ограничены и расходятся в полученных результатах и их толковании. Например, М. Васильева (Vasilyeva, 2016) обнаружила более быстрое время реакции на нулевые (невыраженные) формы по сравнению с выраженными в задаче лексического решения в визуальной модальности. В то же время К. Гор и коллеги (Gor et al., 2017), используя аналогичную задачу в слуховой модальности, не выявили значительных различий во времени реакции. На нейронном уровне исследование словоформ с нулевыми морфемами проводилось с применением функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) во время выполнения задачи лексического решения (Sahin et al., 2006). Авторы обнаружили значительную активацию области Брока в процессе обработки нулевой морфемы и сделали вывод о ее нейрокогнитивной реальности.

Сокращение времени реакции на словоформы с нулевым маркером предполагает их хранение целиком и отсутствие индивидуальной обработки нулевой морфемы. С другой стороны, сравнимое время реакции на нулевые и выраженные морфемы может быть обусловлено процессом декомпозиции обоих типов морфем, схожими способами их обработки или одинаковым временем, затрачиваемым на парсинг выраженных морфем и графемных/фонологических пустот. Более того, задача лексического решения и использование фМРТ не направлены на выявление нейронных процессов напрямую и не обладают достаточным временным разрешением для анализа автоматической ранней морфологической обработки. Следовательно, они могут быть недостаточно чувствительны, чтобы отделить обработку словоизменяемых нулевых морфем от соседних единиц (что наиболее важно, основы слова). Таким образом, представленные выше противоречивые и фрагментарные результаты не являются достаточной доказательной базой обработки нулевых морфем.

Для обеспечения достаточно высокого временного разрешения для исследования лингвистических процессов можно применить ЭЭГ. В совокупности с пассивным протоколом предъявления данная методика позволяет сконцентрироваться на компонентах обработки, не зависящих от внимания, что

даёт возможность оценить автоматические морфосинтаксические процессы. Более того, использование грамматической парадигмы, традиционно применяемой в нейролингвистических ВП-исследованиях и предполагающей сбалансированное предъявление грамматически/морфосинтаксически правильных и неправильных сочетаний слов/морфем, позволяет манипулировать не только нулевой морфемой как таковой, а прежде всего — ее синтаксической функцией, обеспечивая эффективный контроль других переменных.

В рамках данного подхода я исследовала нулевую морфему в парадигме согласования по роду, ранняя морфосинтаксическая обработка которого выражена таким компонентом как ELAN, чьи паттерны могут служить прямым доказательством нейрокогнитивной реальности нулевой морфемы. Согласно теории преактивации или предиктивного кодирования (Friston, 2005), предполагается снижение амплитуды ELAN во время предъявления словоизменяемой морфемы, когда выраженный маркер рода (например, женский род в русском языке) предварительно активируется предшествующим местоимением женского рода (Fonteneau, 2013; Pulvermüller & Shtyrov, 2003; Shtyrov et al., 2003), в то время как активация на несогласованную по роду фразу будет сравнительно больше.

Таким образом, целью данной части исследования является изучение нулевой морфемы и ее нейрокогнитивной реальности с ранее неизученной перспективы.

Значимость работы

Теоретическая значимость

Настоящее исследование направлено на более глубокое понимание процессов морфосинтаксической обработки языковых единиц. Более того, в данной работе я выхожу за пределы морфологии и языка, рассматривая такие категории, как экстралингвистическая информация, связанная с полом говорящего, основанная на голосе. Ответ на первый исследовательский вопрос помогает уточнить хронологию обработки лингвистической и экстралингвистической информации в нелинейном виде. Исследования второго вопроса помогают лучше понять природу нулевой морфемы, рассматривая ее с различных точек зрения и демонстрируя ее существование на нейрокогнитивном уровне. Это исследование также является основой для будущего изучения нулевых элементов, которые могут быть применены к другим языкам и типам нулевых морфем.

Методологическая и практическая значимость

- Предложенный в работе пассивный протокол с использованием сбалансированного аудиального предъявления правильных и ошибочных фраз вида «местоимение+глагол» в процессе записи электрической активности мозга позволяет исследовать ранние механизмы, участвующие в интеграции пола говорящего в морфосинтаксическую обработку, а также предоставить непосредственные доказательства реальности нулевой морфемы.
- Полученные данные об автоматичности и раннем этапе обработки информации о говорящем посредством анализа характеристик голоса не только представляют ценность для понимания экстралингвистических процессов восприятия речи на нейронном уровне, но также могут быть важны в образовательных целях в контексте изучения как родного, так и неродного языков.

- Результаты второго исследования могут быть использованы в рамках разработки учебных материалов по грамматике языка, предоставляя данные о принципах функционирования нулевой морфемы и ее роли в языке.
- Протокол пассивного аудиального предъявления с визуальным отвлечением и использованием ЭЭГ/МЭГ, а также протокол морфосинтаксического прайминга с отслеживанием глаз могут быть использованы для анализа автоматичности морфосинтаксической обработки у людей, изучающих русский язык как иностранный. Данные методы могут быть использованы в качестве оценочных языковых тестов для изучающих русский язык как иностранный, а также расширены для изучения морфосинтаксических процессов в других языках. Настоящее исследование, таким образом, служит примером объединения фундаментальных и прикладных наук с помощью интеграции объективных экспериментальных подходов из психологии и нейронауки в рамках изучения фундаментальных лингвистических проблем (также потенциально, исследовательских вопросов из других фундаментальных наук). Применение такого подхода даст возможность устранить аналогичные междисциплинарные пробелы в нейрокогнитивных и нейролингвистических знаниях.

Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Исследовательский вопрос 1: Постановка исследовательской проблемы, анализ литературы, разработка парадигмы, написание кода для презентации стимулов, сбор, обработка и анализ данных, интерпретация результатов, черновик и доработка рукописи.

Исследовательский вопрос 2: Постановка исследовательской проблемы, анализ литературы, разработка парадигмы, написание кода для презентации стимулов, сбор, обработка и анализ данных, интерпретация результатов, черновики и доработка рукописей.

Заключение

Настоящее кандидатское исследование представляет собой значимый этап в изучении нейрокогнитивных механизмов обработки речи. Его ключевой вклад заключается в выявлении новых аспектов анализа экстралингвистической информации и ее интеграции в рамках лингвистического уровня обработки, а также в исследовании природы нулевой морфемы — абстрактной конструкции, реальность нейрокогнитивной обработки которой до сих пор не была обнаружена. Во-первых, полученные результаты предоставляют ценные данные о временной динамике обработки речевой информации на различных этапах, в частности интеграции голосовых параметров в морфосинтаксическую обработку. Во-вторых, новый экспериментальный протокол позволяет рассмотреть проблему нулевой морфемы с ранее неисследованной перспективы и собрать прямые доказательства ее нейрокогнитивной природы, а также признаков автоматического морфосинтаксического этапа обработки. Применение разработанного протокола в последующих исследованиях предоставит возможность изучить нейробиологические и поведенческие особенности обработки нулевой морфемы, а также проверить уникальность или универсальность ее функционирования и репрезентации внутри различных языков и между ними.

Благодарности

Я хотел бы выразить мою искреннюю благодарность моему научному руководителю профессору Штырову Юрию Юрьевичу за предоставленную мне возможность провести и завершить данное исследование в рамках диссертационного исследования.

Я искренне благодарю профессора Мячикова Андрея Викторовича за генерацию научных идей и помощь в организации исследования.

Я хотел бы поблагодарить моего соавтора Беатриз Бермудез-Маргаретто за неоценимую помощь при обработке и анализе данных.

Список литературы

- Alekseeva, M., Myachykov, A., Bermudez-Margaretto, B., & Shtyrov, Y. (2022a). Neurophysiological correlates of automatic integration of voice and gender information during grammatical processing. *Scientific Reports*, *12*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14478-2>
- Alekseeva, M., Myachykov, A., & Shtyrov, Y. (2022c). Inflectional zero morphology – Linguistic myth or neurocognitive reality? *Frontiers in Psychology*, *13*: 1015435 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1015435>
- Alekseeva, M., Myachykov, A., Bermudez Margaretto, B., & Shtyrov, Y. (2024). Morphosyntactic prediction in automatic neural processing of spoken language: EEG evidence. *Brain Research*, 148949. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2024.148949>
- Allopenna, P. D., Magnuson, J. S., & Tanenhaus, M. K. (1998). Tracking the Time Course of Spoken Word Recognition Using Eye Movements: Evidence for Continuous Mapping Models. *Journal of Memory and Language*, *38*(4), 419–439. <https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2558>
- Anderson, S. R. (1992). *A-morphous morphology* (Issue 62). Cambridge University Press.
- Apicella, C. L., & Feinberg, D. R. (2009). Voice pitch alters mate-choice-relevant perception in hunter–gatherers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *276*(1659), 1077–1082. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1542>
- Bally, C. (1932). *Linguistique générale et Linguistique française, par Charles Bally*. Impr. des Presses universitaires le France.
- Barber, H., & Carreiras, M. (2005). Grammatical gender and number agreement in Spanish ERP. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(1), 137–153. <https://doi.org/10.1162/0898929052880101>
- Beard, R. (1995). *Lexeme-morpheme base morphology: a general theory of inflection and word formation*. Suny Press.

- Bornkessel, I., & Schlesewsky, M. (2006). The extended argument dependency model: A neurocognitive approach to sentence comprehension across languages. *Psychological Review*, *113*(4), 787–821. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.4.787>
- Bornkessel-Schlesewsky, I., Krauspenhaar, S., & Schlesewsky, M. (2013). Yes, You Can? A Speaker's Potency to Act upon His Words Orchestrates Early Neural Responses to Message-Level Meaning. *PLoS ONE*, *8*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069173>
- Bybee, J. (1995). Regular morphology and the lexicon. *Language and Cognitive Processes*, *10*(5), 425–455. <https://doi.org/10.1080/01690969508407111>
- Carlson, K., & Harris, J. A. (2018). Zero-Adjective contrast in much-less ellipsis: the advantage for parallel syntax. *Language, Cognition and Neuroscience*, *33*(1), 77–97. <https://doi.org/10.1080/23273798.2017.1366530>
- Casado, A., & Brunellière, A. (2016). The influence of sex information into spoken words: a mismatch negativity (MMN) study. *Brain Research*, *1650*, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.08.039>
- Chomsky, N. (2014). *Aspects of the Theory of Syntax* (Issue 11). MIT press.
- Fodor, J. D. (2013). Processing empty categories: A question of visibility. In *Cognitive models of speech processing* (pp. 351–400). Psychology Press.
- Fonteneau, E. (2013). Structural syntactic prediction measured with ELAN: Evidence from ERPs. *Neuroscience Letters*, *534*(1), 211–216. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.11.055>
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: A model based on neuropsychological and neurophysiological data. In *Brain and Language* (Vol. 50, Issue 3, pp. 259–281). <https://doi.org/10.1006/brln.1995.1048>
- Friederici, A. D. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(2), 78–84. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01839-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01839-8)

- Friederici, A. D., Pfeifer, E., & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, *1*(3), 183–192. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(93\)90026-2](https://doi.org/10.1016/0926-6410(93)90026-2)
- Friederici, A. D., & Weissenborn, J. (2007). Mapping sentence form onto meaning: The syntax-semantic interface. *Brain Research*, *1146*(1), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.08.038>
- Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *360*(1456), 815–836. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1622>
- Gor, K., Chrabaszcz, A., & Cook, S. (2017). Processing of native and nonnative inflected words: Beyond affix stripping. *Journal of Memory and Language*, *93*, 315–332.
- Gunter, T. C., Friederici, A. D., & Schriefers, H. (2000). Syntactic Gender and Semantic Expectancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(4). <https://doi.org/10.1162/089892900562336>
- Gunter, T. C., Stowe, L. A., & Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, *34*(6), 660–676. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02142.x>
- Hagoort, P., Brown, C., & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (sps) as an erp measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, *8*(4), 439–483. <https://doi.org/10.1080/01690969308407585>
- Hahne, A., & Friederici, A. D. (1999). Electrophysiological Evidence for Two Steps in Syntactic Analysis: Early Automatic and Late Controlled Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(2), 194–205. <https://doi.org/10.1162/089892999563328>
- Hahne, A., & Jescheniak, J. D. (2001). What's left if the Jabberwock gets the semantics? An ERP investigation into semantic and syntactic processes during auditory sentence comprehension. *Cognitive Brain Research*, *11*(2), 199–212. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(00\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(00)00071-9)

- Halle, M., Marantz, A., Hale, K., & Keyser, S. J. (1993). *Distributed morphology and the pieces of inflection*. 111–176.
- Hanna, J., Mejias, S., Schelstraete, M. A., Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., & van der Lely, H. K. J. (2014). Early activation of Broca’s area in grammar processing as revealed by the syntactic mismatch negativity and distributed source analysis. *Cognitive Neuroscience*, *5*(2), 66–76. <https://doi.org/10.1080/17588928.2013.860087>
- Hasting, A. S., Kotz, S. A., & Friederici, A. D. (2007). Setting the stage for automatic syntax processing: The mismatch negativity as an indicator of syntactic priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(3), 386–400. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.3.386>
- Hodges-Simeon, C. R., Gaulin, S. J. C., & Puts, D. A. (2011). Voice Correlates of Mating Success in Men: Examining “Contests” Versus “Mate Choice” Modes of Sexual Selection. *Archives of Sexual Behavior*, *40*(3), 551–557. <https://doi.org/10.1007/s10508-010-9625-0>
- Jackendoff, R. (2003). Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution. *Behavioral and Brain Sciences*, *26*(6), 651–665. <https://doi.org/10.1017/S0140525X03000153>
- Junger, J., Pauly, K., Bröhr, S., Birkholz, P., Neuschaefer-Rube, C., Kohler, C., Schneider, F., Derntl, B., & Habel, U. (2013). Sex matters: Neural correlates of voice gender perception. *NeuroImage*, *79*, 275–287. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.105>
- Kaan, E., & Swaab, T. Y. (2003). Repair, revision, and complexity in syntactic analysis: An electrophysiological differentiation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*(1), 98–110. <https://doi.org/10.1162/089892903321107855>
- Knösche, T. R., Lattner, S., Maess, B., Schauer, M., & Friederici, A. D. (2002). Early Parallel Processing of Auditory Word and Voice Information. *NeuroImage*, *17*(3), 1493–1503. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1262>

- Knösche, T. R., Maeß, B., & Friederici, A. D. (1999). Processing of syntactic information monitored by brain surface current density mapping based on MEG. *Brain Topography*, *12*(2), 75–87. <https://doi.org/10.1023/A:1023442426799>
- Lattner, S., & Friederici, A. D. (2003). Talker's voice and gender stereotype in human auditory sentence processing – evidence from event-related brain potentials. *Neuroscience Letters*, *339*(3), 191–194. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00027-2)
- Leminen, A., Leminen, M., Kujala, T., & Shtyrov, Y. (2013). Neural dynamics of inflectional and derivational morphology processing in the human brain. *Cortex*, *49*(10), 2758–2771. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.08.007>
- Li, Y., Gu, F., Zhang, X., Yang, L., Chen, L., Wei, Z., Zha, R., Wang, Y., Li, X., Zhou, Y., & Zhang, X. (2014). Cerebral Activity to Opposite-Sex Voices Reflected by Event-Related Potentials. *PLoS ONE*, *9*(4), e94976. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094976>
- Molinaro, N., Barber, H. A., Caffarra, S., & Carreiras, M. (2015). On the left anterior negativity (LAN): The case of morphosyntactic agreement: A Reply to Tanner et al. *Cortex*, *66*, 156–159. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.06.009>
- Mullennix, J. W., Johnson, K. A., Topcu-Durgun, M., & Farnsworth, L. M. (1995). The perceptual representation of voice gender. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *98*(6), 3080–3095. <https://doi.org/10.1121/1.413832>
- Neville, H., Nicol, J. L., Barss, A., Forster, K. I., & Garrett, M. F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*(2), 151–165. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.2.151>
- Oltra Massuet, M. I. (1999). *On the notion of theme vowel: A new approach to Catalan verbal morphology*. Massachusetts Institute of Technology.

- Oltra-Massuet, I., Sharpe, V., Neophytou, K., & Marantz, A. (2017). Syntactic Priming As a Test of Argument Structure: A Self-paced Reading Experiment. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01311>
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6), 785–806. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(92\)90039-Z](https://doi.org/10.1016/0749-596X(92)90039-Z)
- Osterhout, L., & Mobley, L. A. (1995). Event-Related Brain Potentials Elicited by Failure to Agree. In *Journal of Memory and Language* (Vol. 34, Issue 6, pp. 739–773). <https://doi.org/10.1006/jmla.1995.1033>
- Pinker, S. (2015). *Words and rules: The ingredients of language*. Basic Books.
- Pinker, S. (2003). *The language instinct. How the mind creates language*. Penguin uK.
- Pulvermüller, F., & Shtyrov, Y. (2003). Automatic processing of grammar in the human brain as revealed by the mismatch negativity. *NeuroImage*, 20(1), 159–172. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00261-1](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00261-1)
- Pulvermüller, F., & Shtyrov, Y. (2006). Language outside the focus of attention: The mismatch negativity as a tool for studying higher cognitive processes. *Progress in Neurobiology*, 79(1), 49–71. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2006.04.004>
- Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., Hasting, A. S., & Carlyon, R. P. (2008). Syntax as a reflex: Neurophysiological evidence for early automaticity of grammatical processing. *Brain and Language*, 104(3), 244–253. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2007.05.002>
- Sahin, N. T., Pinker, S., & Halgren, E. (2006). Abstract grammatical processing of nouns and verbs in Broca's area: evidence from fMRI. *Cortex*, 42(4), 540–562.
- Sekerina, I. A., Laurinavichyute, A. K., & Dragoy, O. (2019). *What Eye Movements Can and Cannot Tell Us About Wh-Movement and Scrambling* (pp. 147–165). https://doi.org/10.1007/978-3-030-01563-3_8
- Sereno, S. C., & Rayner, K. (2003). Measuring word recognition in reading: Eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 489–493. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.010>

- Shtyrov, Y., Pulvermüller, F., Näätänen, R., & Ilmoniemi, R. J. (2003). Grammar processing outside the focus of attention: an MEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1195–1206. <https://doi.org/10.1162/089892903322598148>
- Steinhauer, K., & Drury, J. E. (2012). On the early left-anterior negativity (ELAN) in syntax studies. *Brain and Language*, 120(2), 135–162. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2011.07.001>
- Taft, M. (2004). Morphological Decomposition and the Reverse Base Frequency Effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57(4), 745–765. <https://doi.org/10.1080/02724980343000477>
- Van Berkum, J. J. A., van den Brink, D., Tesink, C. M. J. Y., Kos, M., & Hagoort, P. (2008). The Neural Integration of Speaker and Message. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(4), 580–591. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20054>
- van Dommelen, W. A., & Moxness, B. H. (1995). Acoustic Parameters in Speaker Height and Weight Identification: Sex-Specific Behaviour. *Language and Speech*, 38(3), 267–287. <https://doi.org/10.1177/002383099503800304>
- Vasilyeva, M. (2016). Russian case inflection: Processing costs and benefits. *Advances in Formal Slavic Linguistics 2016*, 427.
- Wunderlich, D., & Fabri, R. (1995). Minimalist morphology: An approach to inflection. *Zeitschrift Für Sprachwissenschaft*, 14(2), 236–294.
- Алексеева М. А., Мячиков А. В., Штыров Ю. Ю. (2022b). Нейрофизиологические корреляты автоматической обработки нулевой морфемы: данные вызванных потенциалов. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*, 72(5), 666-677. <https://doi.org/10.31857/S0044467722050033>
- Лауринавичюте, А. К., Драгой, О. В., Иванова, М. В., Купцова, С. В., & Уличева, А. С. (2015). Психологическая нереальность синтаксических следов. *Вопросы Языкознания*, 1, 102–110.