

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Семеновой Варвары Викторовны  
«Окно интеграции пространственной слуховой информации у человека:  
электрофизиологические и психофизические аспекты восприятия», представленную  
в Диссертационный совет 24.1.137.01 по защите докторских и кандидатских  
диссертаций при ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН»  
на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности

### **1.5.5 – Физиология человека и животных**

**Актуальность исследования.** Диссертационная работа Семеновой Варвары Викторовны посвящена изучению особого фундаментального свойства слуховой системы человека, необходимого для эффективной ориентации в пространстве и связанного с оценкой динамических характеристик звуковых стимулов, а именно, инерционности слуховой системы при локализации движущихся источников звука. В рамках исследования проблемы инерционности основополагающим элементом является изучение «временного окна», в котором происходит интеграция параметров движущегося источника звука и которое необходимо для формирования ощущения движения.

Несмотря на наличие определенного количества работ, в этой области существует целый ряд нерешенных вопросов и очевиден недостаток научной информации о конкретных параметрах, характеризующих процесс анализа динамической пространственной информации. В этой связи комплексное изучение психофизических и электрофизиологических коррелятов «окна интеграции» пространственной слуховой информации является крайне актуальным как с точки зрения углубленного понимания механизмов пространственного слуха, так и исследования фундаментальных принципов обработки информации в слуховой сенсорной системе.

**Научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.** Новизна работы прежде всего определяется применением современного методического подхода, сочетающего классические психофизические измерения с методом вызванных потенциалов мозга и позволяющего проводить изучение электрофизиологических и психофизических параметров, характеризующих окно интеграции пространственной акустической информации. Следует подчеркнуть, что важным элементом, в т.ч. определяющим новизну исследования, стало использование специальных звуковых стимулов, т.н. стимулов с отсроченным началом движения. Такая парадигма, моделирующих отсроченное движение источника звука, позволила оценить реакцию на

движение как на отдельное слуховое событие, что было особенно важно в электрофизиологической части работы, для анализа компонентов вызванных потенциалов на начало движения звукового стимула. Данный подход был успешно реализован в работе и позволил автору получить целый ряд оригинальных эмпирических данных о различении динамических характеристик звуковых сигналов как на психофизическом, так и на электрофизиологическом уровне.

В ходе работы были исследованы психофизические характеристики восприятия сигналов с отсроченным началом движения, определено времени интеграции пространственной слуховой информации, величина которого оказалось в два раза меньше известной для сигналов без отсроченного движения. Был предложен способ оценки границ окна интеграции, характеризующего процесс анализа информации об изменении положения движущегося звука.

Впервые установлено, что латентность компонентов MOR-ответа, также как и время обнаружения движения звукового стимула, обратно пропорциональны скорости движения, что позволяет считать MOR нейрональным коррелятом перцептивной оценки времени интегрирования слуховой информации. Также определен временной интервал, характеризующий окно интеграции с точки зрения электрофизиологических реакций.

Результаты настоящего исследования представляют фундаментальный научный интерес и имеют высокую теоретическую значимость. В работе получена новая важная информация о пороговых величинах восприятия движущихся звуковых сигналов и выявлены психофизические и электрофизиологические корреляты анализа пространственной слуховой сцены. Полученные данные будут способствовать пониманию базовых принципов обработки пространственной информации в слуховой сенсорной системе человека.

**Практическая** значимость работы определяется возможностью использования полученных результатов для диагностики центральных нарушений слуховой функции, а также для создания систем акустической виртуальной реальности, ориентированной на индивидуальные особенности пользователей.

**Структура и оформление работы.** Диссертация построена по традиционному плану и содержит введение, обзор литературы, описание методов исследования, результаты исследования, обсуждение, заключение и выводы, а также список сокращений. Диссертация изложена на 118 страницах машинописного текста, проиллюстрирована 19 рисунками и 5 таблицами. Список литературы содержит 149 источников, в том числе 20 ссылок на русскоязычные и 129 ссылок на англоязычные публикации.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту; описывается новизна полученных экспериментальных данных, обосновывается их теоретическая и практическая значимость, приводятся сведения об апробации результатов.

В обзоре литературы (глава 1) автор последовательно анализирует весь спектр научных данных, имеющихся по изучаемой проблеме. В начале главы дается общая характеристика пространственного слуха и разрешающей способности слуховой системы при восприятии движения звука. Отдельная глава посвящена функциональной асимметрии в задачах локализации звуковых стимулов. Значительная часть обзора обобщает большое количество данных, характеризующих инерционность слуховой системы в различных экспериментальных условиях, и анализирует концепцию временного окна интеграции пространственной акустической информации. Отдельное внимание уделяется описанию нейрональных механизмов слуховой обработки движущихся стимулов. Подробно рассматриваются особая экспериментальная парадигма «отсроченного движения» (реализуемая в настоящей работе) и электрофизиологические корреляты ответа на начало движения звукового стимула, т.н. cN1 и cP2 компоненты.

В главе 2 (Методы исследования) представлен комплексный методический подход, использованный автором на психофизическом и нейрофизиологическом этапах эксперимента. Особенno следует выделить детальное описание параметров специально генерированных звуковых сигналов, моделирующих отсроченное движение источника звука, т.н. стимулов с отсроченным началом движения, в которых движение представляет собой отдельное перцептивное событие. Также даны необходимые сведения о деталях психофизических измерений и о регистрации электрической активности мозга в парадигме отсроченного движения, кроме того, представлен алгоритм статистического анализа данных.

Результаты собственных исследований (глава 3) даны в трех последующих подразделах (3.1; 3.2 и 3.3). Каждая из них имеет собственный подраздел Обсуждения и Заключения. Подраздел 3.1 посвящен изучению функциональной асимметрии при локализации движущихся звуковых стимулов. Автором была выявлена перцептивная правосторонняя асимметрия, проявляющаяся в том, что по мере усложнения локализационной задачи доля правильного распознавания правосторонних стимулов становилась выше, чем левосторонних. Интерпретация этой части данных оказалась весьма сложной и требует проведения дальнейших исследований.

В основной психофизической части работы (подраздел 3.2) были исследованы константы восприятия сигналов с отсроченным началом движения, характеризующие

бинауральные механизмы обработки движения звукового стимула как самостоятельного слухового события (пороговое время определения направления движения, минимально различимый угол движения (МАМА) и характер их зависимости от скорости); определено время интеграции пространственной слуховой информации, величина которого оказалось в два раза меньше известной для сигналов без отсроченного движения. Был предложен способ оценки границ окна интеграции, характеризующего процесс анализа информации о пространственном положении движущегося звука.

В электрофизиологической части работы (подраздел 3.3) был получен большой оригинальный эмпирический материал при детальном и многостороннем исследовании амплитудно-временных параметров MOR-компонентов вызванного ответа (cN1 и cP2) на начало движения стимула. Результаты подтвердили данные литературы, о том, что амплитуда MOR-компонентов увеличивается с ростом скорости движения стимула, демонстрируя линейную (для cN1) и экспоненциальную (для cP2) зависимость.

Впервые установлено, что латентность компонентов cN1 и cP2 линейно связана со временем сдвига на один градус азимута, так, что обратная зависимость между латентностью ответа и скоростью движения стимула может быть аппроксимирована гиперболической функцией. Аналогичное преобразование было получено и для порогового времени определения направления звукового стимула в психофизическом эксперименте. Асимптоты данных функций указывают нижний предел времени, необходимый для накопления пространственно-динамической информации и формирования ответа на движение стимула. По данным автора расчетное минимальное время интеграции в психофизической задаче составило 8 мс, а расчетное минимальное время интеграции в электрофизиологическом эксперименте было определено как нижний предел латентности компонента cN1, равный 137 мс. В целом, при соотнесении временных интервалов, характеризующих окно интеграции с точки зрения психофизических реакций и электрофизиологических ответов, был сделан вывод о том, что окно временной интеграции является динамической характеристикой, которая изменяется в зависимости от индивидуальных особенностей человека, пространственных характеристик звука и условий эксперимента.

**Оформление диссертации и автореферат.** Работа написана хорошим литературным языком, материал изложен последовательно и логично, диссертация оформлена в соответствии с существующими требованиями. Автореферат соответствует требованиям ВАК, изложен на 26 страницах, хорошо проиллюстрирован, полностью соответствует содержанию диссертационной работы и отражает ее основные результаты, положения и выводы.

### **Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов.**

Достоверность представленных результатов не вызывает сомнений, поскольку они были получены в методически корректных условиях с использованием современных подходов и реализованы на самом высоком профессиональном уровне. Статистическая обработка данных проведена корректно, ее результаты полностью представлены в тексте диссертации, таблицах и рисунках. Все результаты, представленные в диссертации, получены либо лично диссертантом, либо при ее непосредственном участии. Основные научные положения, вынесенные на защиту, основаны на результатах, полученных в ходе выполнения отдельных этапов работы и представляются обоснованными. Выводы соответствуют задачам исследования и обоснованно вытекают из экспериментальных данных.

### **Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.**

Результаты диссертационного исследования полностью опубликованы в открытой печати. Основные материалы исследования опубликованы в 7 рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК (в том числе 2 статьи в международных журналах). Результаты работы апробированы на 7 российских и международных научных конференциях.

**Замечания и вопросы.** По работе имеются отдельные замечания и вопросы. Отдельные замечания касаются погрешностей стилистического плана при описании методов и результатов, которые, в силу нечеткости формулировки, могут искажать смысл высказывания, например:

- стр. 69, подпись к рис. 9; стр. 73, подпись к рис. 10: «Зависимость МАМА от скорости движения стимула *в среднем* по группе испытуемых»; «Зависимость времени достижения МАМА от времени смещения на 1 градус *в среднем* по группе испытуемых». Очевидно, автор имеет в виду значения, усредненные по группе испытуемых?

- стр. 85: «пограничная значимость» - не понятно, что автор имеет в виду?

В качестве замечания также хочется отметить, что глава Результаты традиционно предполагает изложение эмпирических данных, полученных непосредственно автором исследования. Соотнесение и объединение собственных данных с результатами аналогичных исследований (п. 3.3.1, стр. 89 и 90, рис. 17 и рис. 18), в частности с работой Shestopalova et al., 2021, следовало бы проводить в главе Обсуждение. В противном случае создается впечатление, что это некие дополнительные данные, не описанные в настоящей работе, но на основе которых автор делает важное обобщение.

Также в порядке дискуссии хотелось бы получить ответы на следующие вопросы.

1. Автор пишет (п. 2.7, стр. 49), что «Для оценки реакции на начало движения звука измеряли индивидуальные величины пиковых латентностей и средних амплитуд MOR в окне шириной 50 мс, центрированном на пиках компонентов сN1 и сP2 гранд-усредненного потенциала». Хотелось бы уточнить, каким образом идентифицировали пики компонентов сN1 и сP2? Различался ли временной интервал анализа для стимулов с разной скоростью движения? Почему не использовали такое преобразование как gRSM (global root mean square) или GFP (global field power) вызванных ответов по всем отведениям, для всех стимулов и типов условий по всей группе испытуемых? Известно, что такой подход наиболее объективен для анализа данных и позволяет избежать предвзятости в отборе интервалов ВП при сравнении разных наборов данных.

2. Чем можно объяснить тот факт, что в психофизическом эксперименте доля правильных ответов оказалась более чувствительным показателем по сравнению со временем реакции?

3. Почему в настоящем исследовании психофизические (субъективные) показатели оказались более чувствительными по сравнению с электрофизиологическими (объективными)? Как автор может это прокомментировать с точки зрения эффективности и целесообразности использования объективных (обладающих большим временным разрешением) и субъективных коррелятов для оценки динамических пространственных характеристик акустических стимулов?

## **Заключение**

Диссертационная работа Семеновой Варвары Викторовны «Окно интеграции пространственной слуховой информации у человека: электрофизиологические и психофизические аспекты восприятия» является самостоятельно выполненным и завершенным научным исследованием, содержащим решение важной научной задачи, связанной с выявлением механизмов восприятия и обработки динамической пространственной информации в слуховой системе человека.

По актуальности исследования, методическому уровню, объему, степени достоверности и новизны полученных результатов, обоснованности научных положений и выводов, теоретической и практической значимости, диссертационная работа Семеновой В.В. соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным в п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (в редакции от 01.10.2018), а ее автор, Семенова Варвара Викторовна, заслуживает присуждения ученой

степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – физиология человека и животных.

Официальный оппонент

Кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
кафедры высшей нервной деятельности  
и психофизиологии  
биологического факультета  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный университет»  
Тел.: +7(812)3289754; email: m.vasilieva@spbu.ru



Васильева М.Ю.

«\_\_\_\_\_» 2022г.

Почтовый адрес: 199034, Россия, г. Санкт-Петербург,  
Университетская набережная, д.7/9,  
Биологический факультет ФГБОУ ВО СПбГУ,  
кафедра высшей нервной деятельности  
и психофизиологии  
Тел.: +7(812)3289754

личную подпись  
М. Ю. Васильева  
заверяю

