

## Отзыв

**официального оппонента доктора биол. наук проф. Супина Александра Яковлевича на диссертационную работу Шестопаловой Лидии Борисовны «Негативность рассогласования и пространственный слух», представленную защите на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.03.01- физиология**

**Актуальность избранной темы.** Диссертационная работа Л.Б. Шестопаловой сочетает выбор интересной проблемы и выбор оригинального инструмента для решения этой проблемы.

Проблема вполне традиционна для того коллектива, в котором работает Лидия Борисовна – пространственный слух. Актуальность этой проблемы не нуждается в рекламе. Наша ориентировка в окружающей обстановке в значительной степени определяется тем, насколько успешно мы можем установить положение источников различных звуков, а это целиком и полностью функция пространственного слуха. Акустическая ориентация во многом определяется способностью различать изменения пространственных характеристик источников звука – их положение, смещение и т.п. Многие аспекты этого свойства слуха функции известны, но не меньше еще предстоит узнать. Диссертационная работа Л.Б. Шестопаловой – значимое дополнение к существующему комплексу знаний о пространственном слухе, поскольку для изучения характеристик пространственного слуха применен инструмент, хотя и хорошо известный, но для этой цели ранее не применявшийся – электроэнцефалографический феномен негативности рассогласования (НР) (mismatch negativity). Этот феномен интересен тем, что он отмечает моменты, когда в сенсорном поле субъекта происходит нечто новое: монотонная череда однотипных стимулов сменяется стимулом, непохожим на остальные. Применение этого показателя для исследования пространственного слуха имеет специфический интерес: ситуация, когда источник звука меняет свое положение или характер движения, может иметь специальную биологическую значимость.

**Цель диссертационной работы** состояла в исследовании процессов локализации человеком движущихся источников звука в ходе параллельных психофизических и электрофизиологических экспериментов с регистрацией НР.

**Степень обоснованности научных положений, выносимых на защиту.** Основная характеристика работа Л.Б. Шестопаловой – то, что зависимость негативности рассогласования от пространственных характеристик источников звука исследована буквально со всех сторон. Полученные данные открывают широкие возможности для применения этого инструмента для исследования разных характеристик пространственного слуха.

Из полученных результатов наиболее интересными представляются следующие.

Во-первых, оказалось, что НР – весьма чувствительный индикатор. НР более чувствительна к скорости смещения источника сигнала, чем осознанное различение. Таким образом, мы получаем возможность более точного определения того, какие изменения в звуковой сцене на самом деле могут обнаруживаться.

Далее, важно, что величина НР зависит от того, насколько далеко смещается источник звука. Этот результат, пожалуй, ожидаем, но надо было получить количественную зависимость, что и сделано. Но что особенно важно - для появления хорошо выраженной НР недостаточно, чтобы изменилось пространственное положение

источника звука (движение). Не все равно, откуда и куда источник движется. Хороший ответ получался, если источники звука двигались из одной точки (расходились), а не наоборот. В этом есть биологический смысл: если уже зафиксирован источник звука в некоторой точке пространства, то важно отследить, что с ним произойдет дальше. Биологическое значение подвижного и неподвижного источника звука, скорее всего, существенно различается.

Отдельная интрига обнаруживается во взаимоотношениях проблемы пространственного слуха и проблемы межполушарной асимметрии. То, что у человека ряд психофизиологических процессов привязан преимущественно к одному или другому полушарию мозга, общеизвестно. Это справедливо и для процессов, отражающихся в поздних (длиннолатентных) ЭЭГ-феноменах, в том числе для НР. С другой стороны, многие собственно сенсорные процессы достаточно жестко привязаны, в зависимости от уровня сенсорной обработки сигнала, либо к ипсилатеральной, либо к контралатеральной, относительно стороны предъявления, стороне мозга. В результате для ряда ЭЭГ-феноменов, в том числе для НР, складывается непростая ситуация, когда движущийся источник звука переходит из одного в другое полушарие звуковой сцены. ЛБ попыталась разобраться в этой довольно запутанной ситуации и безусловно преуспела в этом, внося значительную ясность. То, что происходит с НР, ЛБ обозначила как левостороннее игнорирование (у правшей): в правой полушарии возникают одинаковые реакции на движение влево и вправо, но в левой полушарии все иначе: имеет место контралатеральное преобладание для НР.

Именно эти основные положения, перечисленные выше, выносятся автором на защиту.

Есть и другие, менее впечатляющие находки. Перечислять их все в отзыве не имеет смысла: на то есть текст диссертации.

#### **Степень обоснованности научных положений, выносимых на защиту.**

Основные научные положения, перечисленные выше и выносимые автором на защиту, сформулированы на основе выполненных автором экспериментальных исследований. Они непосредственно вытекают из полученных экспериментальных данных и анализа этих данных.

#### **Достоверность и новизна научных положений, выносимых на защиту.**

Основные научные положения, выносимые автором на защиту, представляются обоснованными. Они сформулированы на основе экспериментальных данных, полученных с применением адекватных методических приемов. Экспериментальные схемы, примененные автором, вполне оригинальны, что является прямым следствием оригинальности поставленных задач и удачного сочетания выбранной проблемы (пространственный слух) и инструмента для исследования этой проблемы (НР). Отсюда – новизна полученных данных и сформулированных на их основе положений, выносимых на защиту. Представленные в диссертации результаты вызывают полное доверие, поскольку получены при высоком технологическом уровне эксперимента и обработаны с применением адекватных методов количественного, в том числе статистического, анализа. Последнее очень важно, поскольку длиннолатентные ЭЭГ-феномены, в том числе НР – довольно «капризные» показатели, склонные к значительному разбросу результатов измерений. Без корректного статистического анализа работать с этими показателями не имело бы смысла. Но в работе ЛБ все необходимые меры для получения обоснованных выводов соблюдены.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные автором результаты существенно расширяют существующие представления о том, что же происходит в мозге человека, находящегося в динамичной звуковой сцене.

Специальный интерес представляют данные о том, что НР – весьма чувствительный индикатор. Этот показатель может быть более чувствителен к скорости смещения источника сигнала, чем осознанное различение. Таким образом, мы имеем хороший диагностический показатель того, какие изменения в звуковой сцене на самом деле могут обнаруживаться пациентом, насколько сохранна его система пространственного слуха. Диагностическая ценность такого показателя значительна.

**Публикация результатов.** Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 37 материалах конференций и 33 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК (в том числе 8 статей в международных журналах).

**Вопросы по работе** в основном касаются методических деталей. В целом методическое обеспечение исследования очень хорошее и вполне соответствующее задачам. В частности, положительная методическая особенность выполненной работы – применение метода дихотической стимуляции для имитации изменений пространственного положения источника звука. Метод дихотической стимуляции дает возможность изолированного или комбинированного предъявления бинауральных локализационных признаков звука. Этот метод с успехом применен в работе, что позволило точно измерить зависимость регистрируемого показателя – НР – от интерауральной задержки, характерной для различных азимутальных положений источника звука.

Однако именно в связи с примененным методом дихотической стимуляции возникают некоторые вопросы, в том числе терминологического характера. Автор пишет: «под «движением стимула в пространстве» подразумевается данная модель» (имеется в виду моделирование изменением интерауральной задержки). Полагаю, что изменение интерауральной задержки не следует называть движением стимула, поскольку при дихотической стимуляции нет согласованного измерения комплекса звуковых параметров, в отличие от стимуляции в свободном поле. Если приведенная формула – лишь пример лабораторного жаргона, это полбеды, хотя и с лабораторным жаргоном следует обходиться аккуратнее, в диссертации или публикациях ему не место. Если же и впрямь имеется в виду идентичность изменения параметров при дихотической стимуляции и реального движения источника звука, то с этим согласиться нельзя. Наилучшая иллюстрация того, что дихотическая стимуляция не полностью воспроизводит эффекты движения источника звука в свободном поле, это хорошо известный факт: при дихотической стимуляции звуковой образ ощущается не во внешнем пространстве, а внутри головы.

Есть еще несколько вопросов по методике, на которые хотелось бы получить ответы. Один из них – разделение эффектов связанных параметров сигнала. Движение объекта может быть охарактеризовано, как минимум, тремя параметрами: скоростью, временем движения и длиной траектории. Невозможно варьировать один из этих трех параметров, сохраняя постоянными оба других. Если менять скорость без изменения времени движения, то изменится длина траектории: если изменить траекторию без изменения скорости, то изменится время, и т.д. Поэтому возникает неопределенность: изменения какого параметра привело к наблюдаемому изменению показателя (в данном

случае – НР). Автор пишет: «При варьировании скорости стимула за счет времени движения либо за счет длины траектории проблема множественности признаков остается нерешенной». Это не совсем так. Способ решения этой проблемы известен и при необходимости применяется в психофизических исследованиях: случайное варьирование одного из сопряженных параметров. Я не нашел указаний на применение этого метода в рецензируемой работе. А зря: метод вполне эффективен, хорошо себя зарекомендовал и мог бы помочь в решении проблемы.

При проведении любого психофизического измерения очень важна инструкция, которую получает испытуемый. Автор вполне правильно оценивает важность этого обстоятельства, в особенности в связи с проблемой внимания. Поэтому специально автор упоминает: «Испытуемые получали инструкцию не обращать внимания на звуковую стимуляцию». Но возникает резонный вопрос: каков эффект такой инструкции? Испытуемые читали книгу во время измерения – предполагалось, что это отвлекает внимание от звукового стимула. Так ли это на самом деле? Насколько направленность внимания зависела от данной инструкции и возможности читать книгу? Способствовала ли сама обстановка эксперимента тому, что звуковой сигнал привлекал внимание испытуемого? Хотелось бы прояснить эти важные особенности эксперимента.

Есть и несколько вопросов чисто технического характера. В частности:

Хотелось бы видеть более полные данные о форме и реальном спектре стимула-щелчка. В работе сказано: «Щелчок представлял собой прямоугольный импульс длительностью 100 мкс» – но это касается электрического импульса, активирующего головные телефоны, а не реального акустического импульса. Форма последнего, конечно же, не простая прямоугольная в результате сначала фильтрации в полосе 100-1300 Гц (это указано в работе), а потом преобразования передаточной характеристикой головных телефонов. Каков на самом деле был импульс, пришедший к барабанной перепонке, неясно, а хотелось бы знать.

Передаточная характеристика головных телефонов – важнейший параметр при дихотической стимуляции. Автор указывает, что в диапазоне от 50 до 8000 Гц неравномерность частотной характеристики составляла всего  $\pm 3$  дБ. Это фантастический показатель! Хотелось бы видеть точное указание, каким образом и какой аппаратурой проверялась частотная характеристика головных телефонов.

Вызывает вопросы сдвиг задержки путем вырезки или смещения отрезка сигнала. При такой «хирургической» процедуре неизбежно происходит разрыв сигнала с соответствующим изменением спектра. Понятно, что в значительной степени эффект расширения спектра устранялся последующей фильтрацией. Но полностью устранить этот эффект фильтрацией едва ли возможно. Как на самом деле выглядела спектрограмма сигнала на участках такой хирургической операции?

Перечисленные вопросы касались методики звуковой стимуляции, что понятно: адекватная акустическая стимуляция – крайне непростая задача. Что касается регистрации НР, вопросы такие:

В работе указано, что ЭЭГ-сигнал фильтровался в частотном диапазоне 1 - 3 Гц. Это довольно-таки узкая полоса, при которой форма регистрируемых колебаний в значительной определяется выбранной полосой пропускания, а не реальной формой колебаний на входе. Как выглядела реальная (не преобразованная фильтрацией) форма НР?

Что касается обработки полученных ЭЭГ-записей, в работе указано: «Анализ данных. После удаления артефактов...». Естественный вопрос: что считалось артефактами, подлежащими удалению? Что значит удаление – вырезание части записи

или какая-то корректировка кривой? Какая? Как выглядела ЭЭГ-кривая после такого вмешательства?

На этом список моих вопросов заканчивается. Их не так уж и много для работы, в которой автору пришлось внедриться в мало разработанную и технически сложную область исследований. Несмотря на то, что по упомянутым выше методическим вопросам хотелось бы получить более полную информацию, у меня нет оснований ставить под сомнение корректность полученных результатов и сделанных на их основании выводов.

Поэтому мое общее **заключение** по рассмотренной работе:

Диссертация Л.Б. Шестопаловой «Негативность рассогласования и пространственный слух» является законченной квалификационной работой, в которой на основании проведенных экспериментальных исследований и анализа полученных результатов сформулированы положения, имеющие значение для фундаментальной физиологии слуха и имеющие хорошие перспективы практического применения. По актуальности темы, методическому уровню и новизне полученных результатов, а также по количеству и качеству публикаций по теме диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в редакции от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а автор работы – Л.Б. Шестопалова – заслуживает присуждения искомой степени доктора биологических наук по специальности 03.03.01- физиология.

Главный научный сотрудник  
Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова  
Российской Академии Наук  
доктор биологических наук, профессор  
Супин Александр Яковлевич



Адрес:  
119071, Россия, Москва, Ленинский проспект 33.  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова  
Российской Академии Наук  
Email: [alex\\_supin@mail.ru](mailto:alex_supin@mail.ru)  
Тел. (495) 9523786



Подпись Супина А. Я.  
Зав. канц. ИПЭЭ РАН Глоба  
"30" 09 2020 г.