

Динамика мозговой активности при распознавании предложений на русском и английском языках у двуязычных испытуемых

Татьяна Н. Астахова, Михаил С. Власов

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г.
Новосибирск

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, г. Бийск.

Научный руководитель:

д.ф.н., к.б.н., проф. Савостьянов А.Н.,

в.н.с. НИИФФМ, зав.лаб. Гуманитарного факультета НГУ.

Источник финансирования исследований: грант 14-36-50844 мол_нр Российского фонда фундаментальных исследований за 2014 г.

Томск,
2015

- **Цель исследования:** изучение динамики мозговой активности, регистрируемой при помощи ЭЭГ, в условиях распознавания предложений с синтаксическими ошибками и с синтаксической однозначностью или многозначностью в русском и английском языках у двуязычных испытуемых.
- **Базовая гипотеза:** Распознавание грамматических ошибок, а также многозначных предложений у русскоговорящих и англоговорящих испытуемых происходит в значительной степени по-разному. Это отражается на поведенческих особенностях испытуемых и на паттернах мозговой активности, регистрируемых при помощи ЭЭГ.
- **Задачи проекта:**
 - Разработать экспериментальную модель, позволяющую исследовать динамику активности осцилляторных систем головного мозга в условиях поиска ошибок и разрешения семантической многозначности на русском и английском языках.
 - Провести регистрацию поведенческих реакций и электрической активности мозга у двуязычных (русскоговорящих и англоговорящих) испытуемых при выполнении лингвистических заданий на разных языках.
 - Сопоставить поведенческие показатели, связанные с выполнением заданий у двуязычных испытуемых.
 - Сопоставить паттерны мозговой активности (ЭЭГ-реакции), связанные с выполнением заданий у двуязычных испытуемых.

- **Испытуемые:** Для участия в эксперименте приглашались три группы испытуемых:
- 1) исследовались реакции англоязычных испытуемых на русскоязычные предложения (4 испытуемых в возрасте 25 – 60 лет, праворукие, 1 женщина и 3 мужчины, все граждане США, два филолога и два религиозных проповедника).
- 2) реакции русскоязычных испытуемых на англоязычные предложения (6 испытуемых, все женщины, праворукие, граждане РФ, студенты отделения прикладной лингвистики гуманитарного факультета НГУ или студенты факультета иностранных языков НГУ с высоким уровнем знания английского языка)
- 3) реакции русскоязычных испытуемых на русскоязычные предложения (7 испытуемых в возрасте от 20 до 35 лет, праворукие 4 женщины и 3 мужчин, все граждане РФ, студенты факультета информационных технологий, либо имеющие законченное высшее образование, со средним уровнем владения английским языком).
- Перед проведением обследования все испытуемые давали письменное информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с этическими требованиями Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

- Всем испытуемым давалось три задания:
- 1. Прочитать предложение и определить, содержит ли оно синтаксическую ошибку.
- 2. Прочитать предложение сначала про себя, а потом повторить его вслух.
- 3. Прочитать предложение про себя, понять его смысл и ответить на вопросы о содержании предложения. Во втором и третьем задании часть предложений были однозначны, а часть содержали синтаксическую многозначность.

Лингвистические задания:

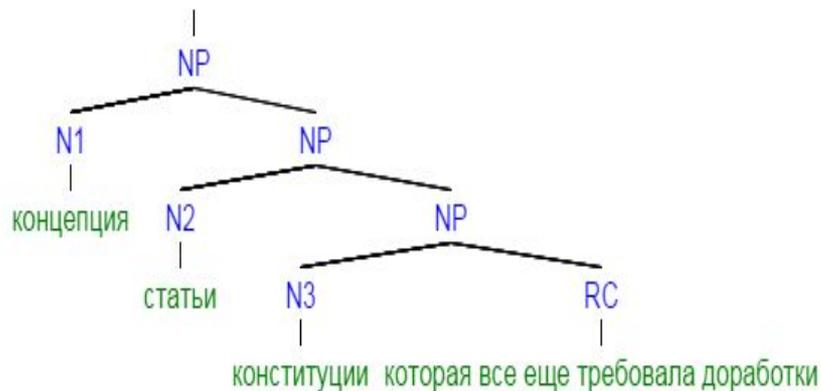
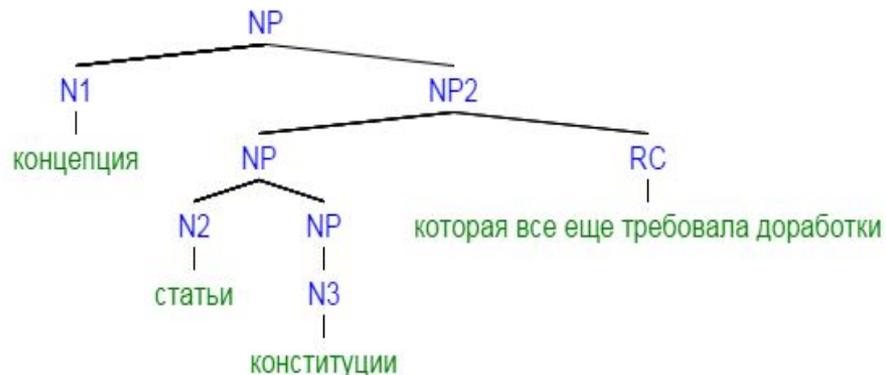
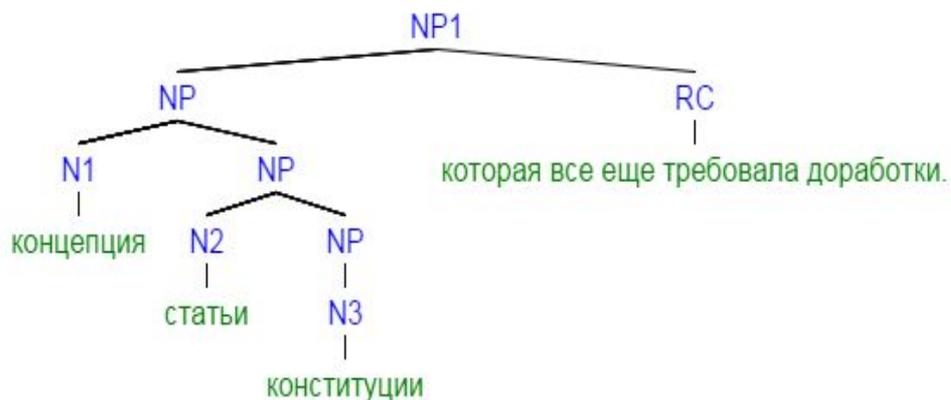
- В первой задаче испытуемому были предъявлены предложения на русском или английском языке (русские выполняли оба задания, а американцы только русское задание), которые содержали или не содержали ошибки.

Примеры: I am a student (верное). I is a student (ошибочное). Дерево высокое и зеленое (верное). Дерево высокое и зеленеть (ошибочное).

- Во второй и третьей задачах нами использован дизайн эксперимента, предложенный О. В. Федоровой. Экспериментальный блок включал 3 тренировочных, 15 многозначных тестовых и 30 однозначных предложений на русском языке и такое же количество в переводе на английский язык. Каждому испытуемому предъявлялись предложения только на одном языке. В качестве тестовых многозначных предложений использовались 15 сложноподчиненных предложений с придаточным определительным с тремя возможными вершинами (далее: И1, И2, И3).
- В отличие от однозначных предложений (филлеров), каждому тестовому предложению могли соответствовать три варианта синтаксической структуры, то есть определительное придаточное могло быть отнесено к любому из трех существительных сложной именной группы (ИГ), порождая три возможные интерпретации предложения, например:
• *Газета напечатала обзоры [И1] проектов [И2] школ [И3], которые стали известны всему городу.*

Например:

На заседании была представлена концепция [N1] статьи [N2] конституции [N3], которая все еще требовала доработки.



Регистрация ЭЭГ: ЭЭГ регистрировалось при помощи 128 электродов, расположенных по международной системе 10-10% с референтным электродом Cz и заземляющим электродом AFz. Для регистрации использовался усилитель потенциалов фирмы Neuroscan, USA, с полосой пропускания 0.1-100 Гц и частотой дискретизации сигнала в 1000 Гц.

Обработка ЭЭГ: Мозговые сигналы обрабатывались в программе EEGLab Toolbox (<http://sccn.ucsd.edu/eeglab/>).

Для оценки динамики мозговой активности вычислялись показатели связанной с событиями спектральной пертурбации (ERSP, Makeig, 1996). ERSP отражает изменение спектральной мощности после события, по отношению к фону. В нашем случае, в качестве предстимульного интервала (baseline) для каждого отдельного испытания был выбран ЭЭГ фрагмент от -1,5 до -0,5 секунды перед появлением предложения. Спектральные пертурбации вычислялись на участке от -1,5 до 2,0 секунды после предъявления предложения. Изначально, ERSP вычислялся для каждого испытуемого отдельно для каждого канала ЭЭГ. Непараметрический метод bootstrap с уровнем значимости в $p < 0.05$ использовался для определения статистической достоверности межгрупповых и меж-условных различий. ANOVA с факторами языка (три уровня), условия (однозначные или многозначные), сагитальности и латеральности использовалась для сравнения реакций во второй и третьей задачах.

Кроме того, метод sLORETA был использован для локализации и сравнения источников мозговой активности при распознавании однозначных и многозначных предложений.

Таблица 1. Сравнении скорости реакции у разных групп испытуемых при чтении многозначных и однозначных предложений про себя.

группа испытуемых	однозначные предложения	многозначные предложения
русские с заданием на русском языке	4379±913	5578±1371
русские с заданием на английском языке	6818±2228	7592±2520
американцы с заданием на русском языке	11567±4398	12986±5027

Таблица 2. Сравнении скорости реакции у разных групп испытуемых при чтении многозначных и однозначных предложений вслух.

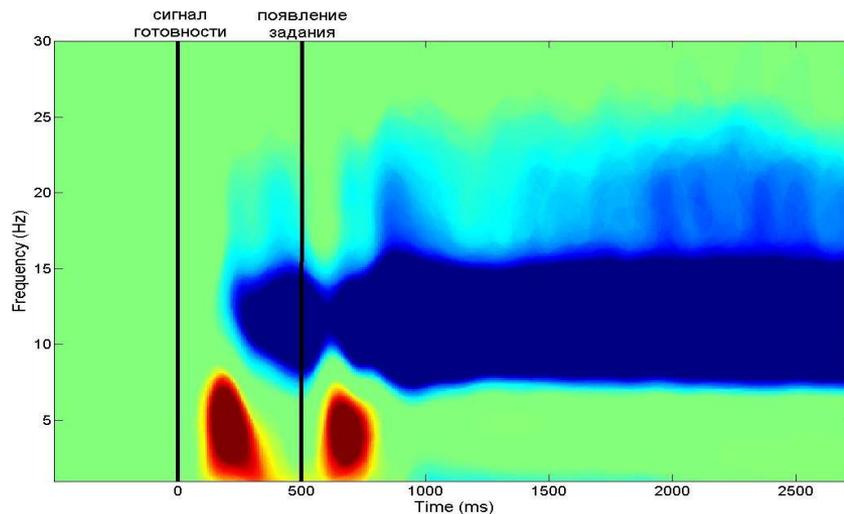
группа испытуемых	однозначные предложения	многозначные предложения
русские с заданием на русском языке	5897±940	6207±791
русские с заданием на английском языке	7094±1319	7966±1522
американцы с заданием на русском языке	9454±2281	10680±2565

Таблица 3. Сравнении скорости реакции у разных групп испытуемых при ответах на вопросы по поводу смысла предложения.

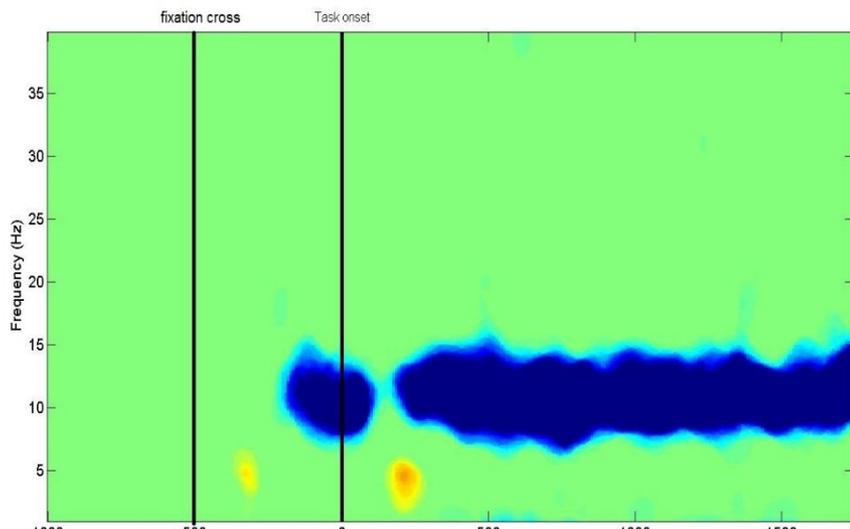
группа испытуемых	однозначные предложения	многозначные предложения
русские с заданием на русском языке	2996±336	4978±2690
русские с заданием на английском языке	3781±692	4181±1185
американцы с заданием на русском языке	5960±1217	10720±2028

Общий паттерн ERSP для разных типов заданий

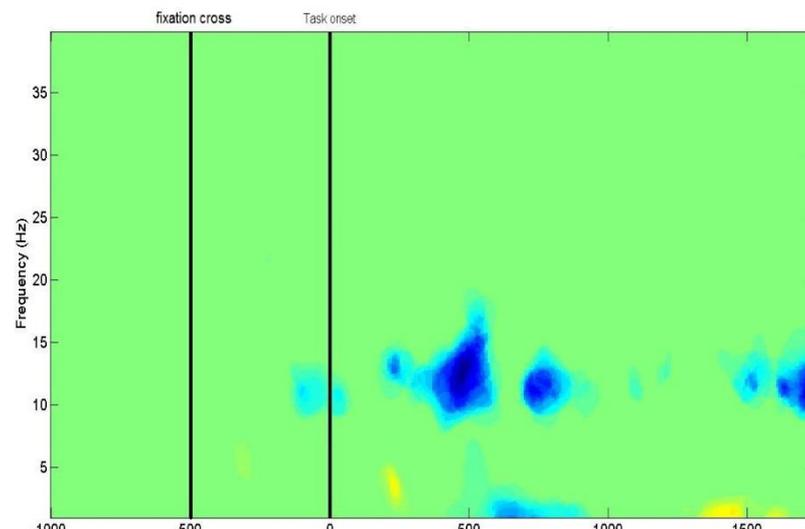
Распознавание синтаксических ошибок



Чтение однозначных предложений



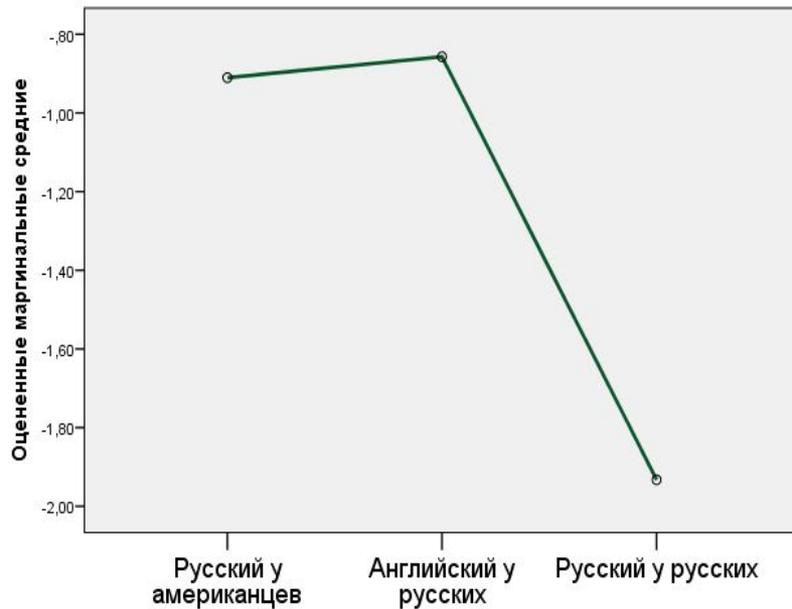
Чтение многозначных предложений



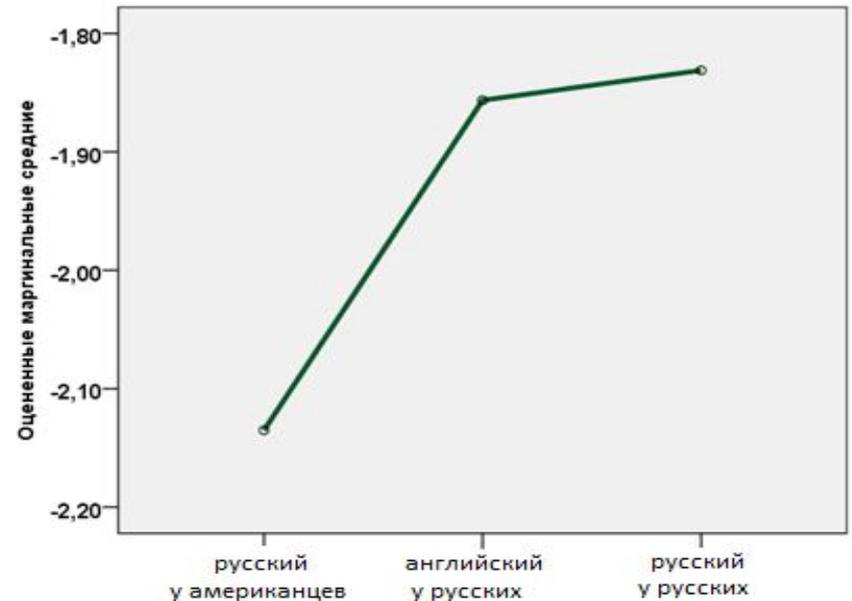
Межязыковые различия в альфа десинхронизации при распознавании смысла предложения (слева) и при поиске грамматических ошибок (справа)

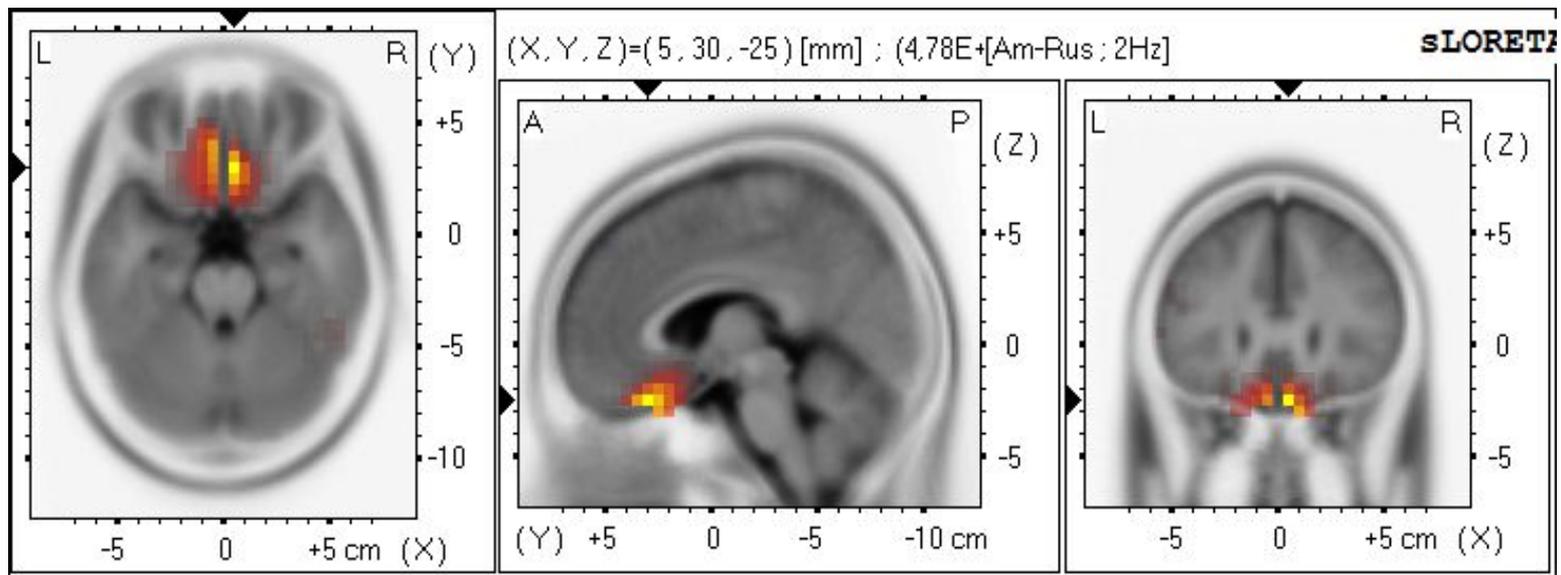
Для обоих условий достоверность межъязыковых различий $p < 0.050$

Показатели ERSP в диапазоне альфа ритма при понимании смысла предложения



Показатели ERSP в диапазоне альфа ритма при поиске грамматических ошибок





Локализация источника активности методом sLORETA, связанного с разрешением многозначности. Показано, что реакции на многозначные предложения вызывают усиленную бета2 активацию в лобных и теменных областях коры по сравнению с реакциями на однозначные предложения.

1. Решение лингвистических заданий вызывает изменение мозговой активности в диапазонах альфа и бета ритмов.
2. При поиске синтаксических ошибок десинхронизация в альфа диапазоне сильнее выражена на иностранный, чем на родной язык, тогда как при понимании смысла предложения, наоборот, альфа-десинхронизация имеет большую амплитуду в ответ на задания на родном языке.
3. Альфа и бета десинхронизация имеют большую амплитуду в ответ на однозначные, чем на многозначные предложения.
4. Распознавание синтаксически многозначных предложений вызывает большую по сравнению с распознаванием однозначных предложений активацию в бета2 диапазоне в областях средней лобной и средней теменной коры как для английского, так и для русского языков.
5. Различий в поведенческих реакциях и мозговой активности, связанных с разрешением синтаксической многозначности на русском и английском языках у носителей разных языков выявлено не было.

Спасибо за внимание!

Thank you for attention!!