



## Software Engineering Conference Russia

14-15 ноября, 2019. Санкт-Петербург

Классификация фонем при  
внутреннем проговаривании на  
основе электроэнцефалограммы

**Даниель Саада**

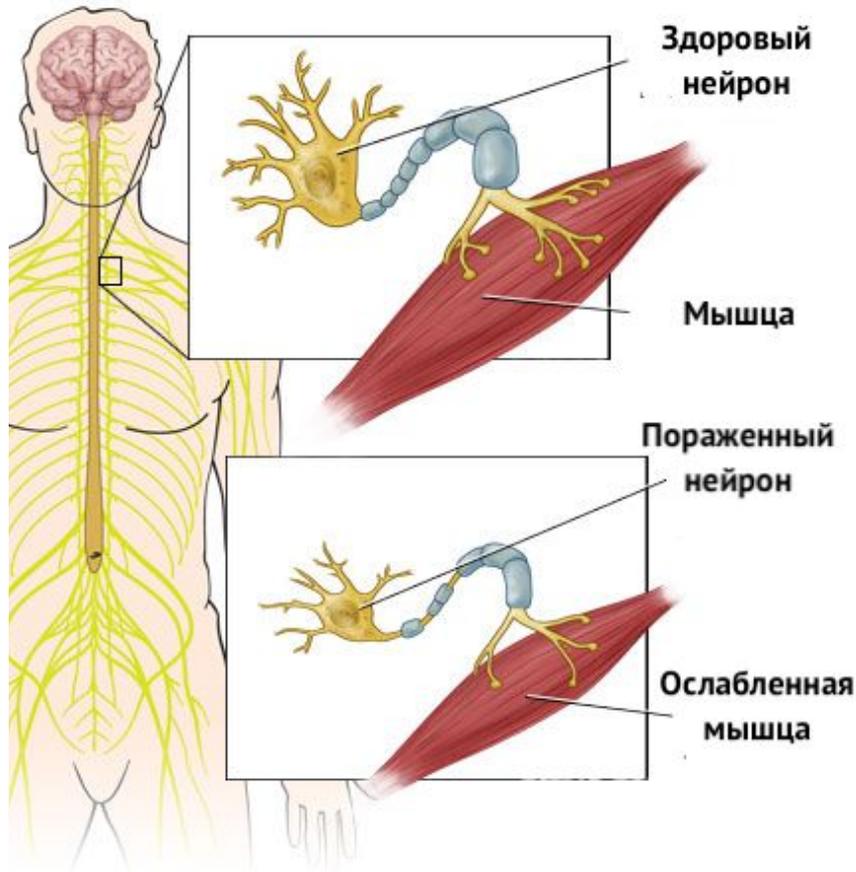
МГУ имени М.В.Ломоносова (студент-магистр)

# Интерфейс мозг-компьютер



технология, позволяющая человеку взаимодействовать с внешним миром на основе регистрации электрической активности мозга

# БАС



Неизлечимое заболевание центральной нервной системы, при котором происходит поражение двигательных нейронов, что приводит к параличам и последующей атрофии мышц

# Глазами кошки



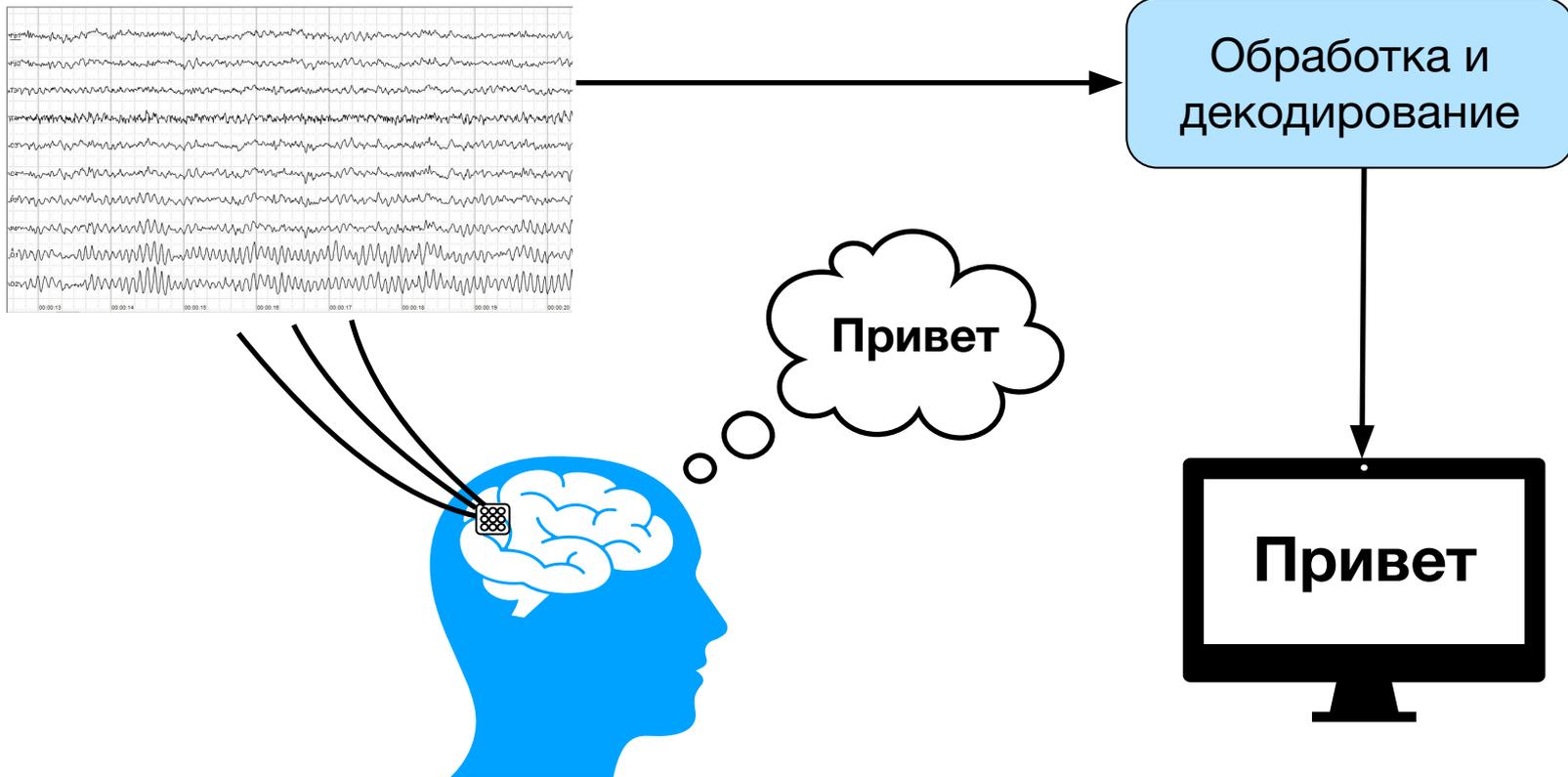
Оригинальное и декодированное изображение

# Бионические протезы



Человек держит куриное яйцо при помощи искусственной руки

# Внутреннее проговаривание

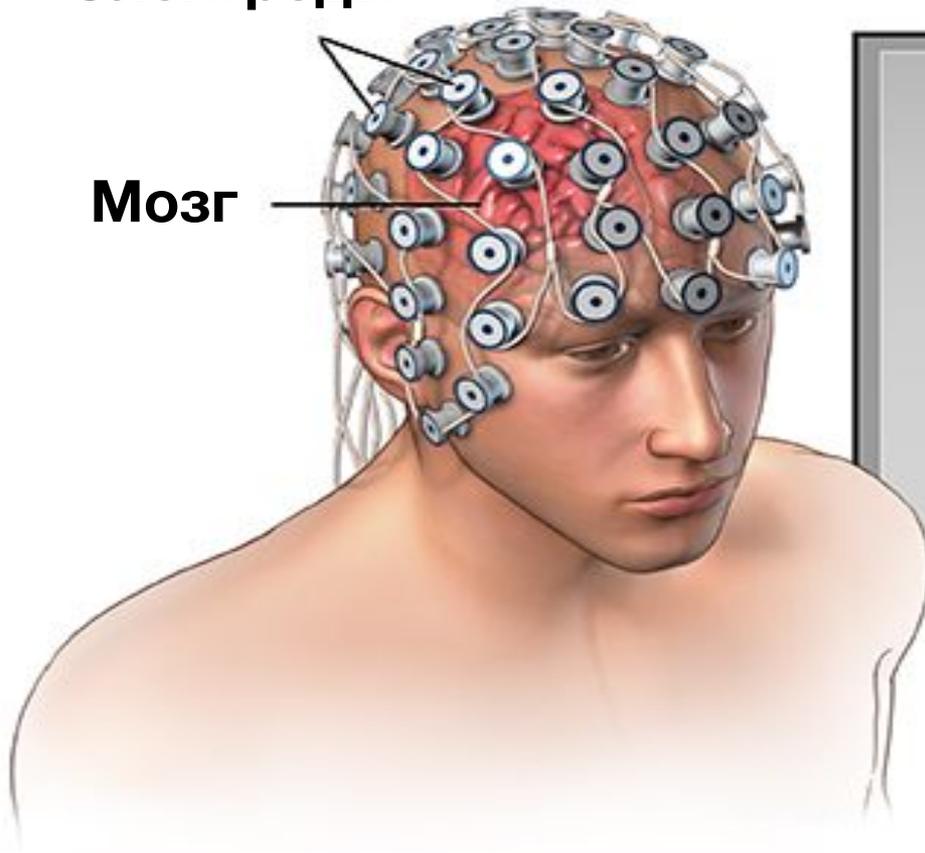


“речь про себя”, сохраняющая структуру обычной речи, но лишённая самого произнесения звуков

# Электроэнцефалография

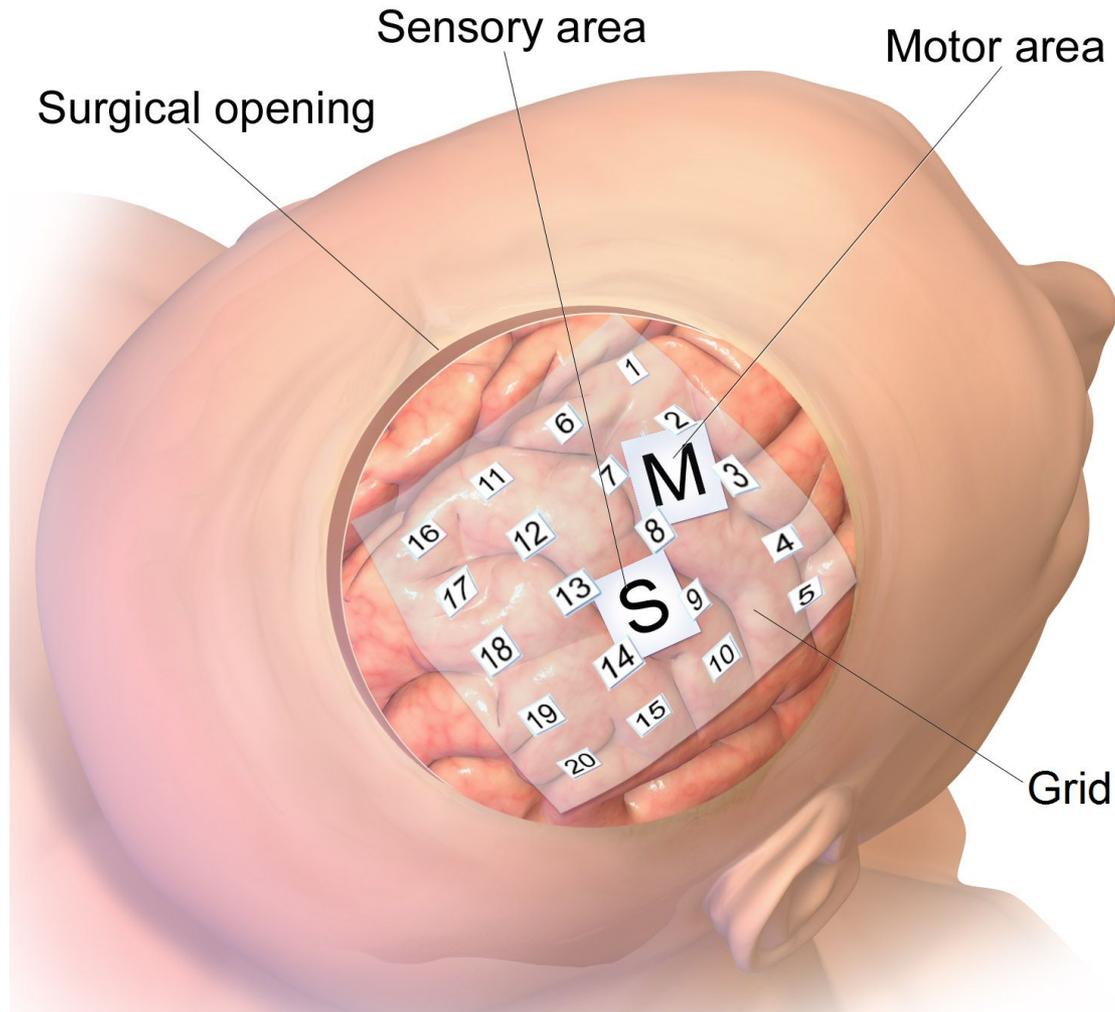
Электроды

Мозг



Регистрация ЭЭГ

# Электрорекортикография



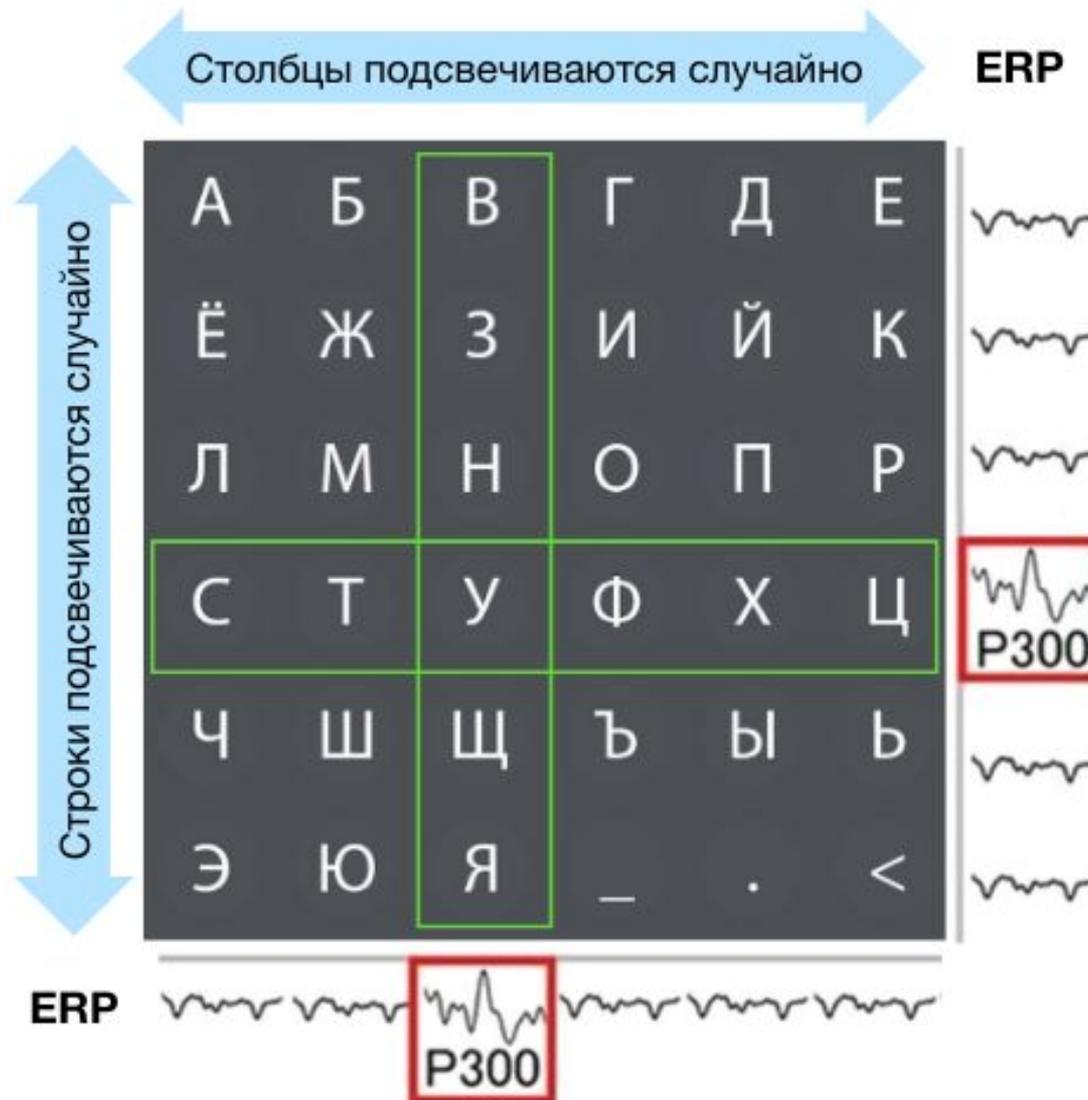
# φMPT



# Speller P300 (1)

- основан на регистрации вызванных потенциалов
- уже используется для набора текста “силой мысли”
- низкая скорость ввода (до 7 слов в минуту)

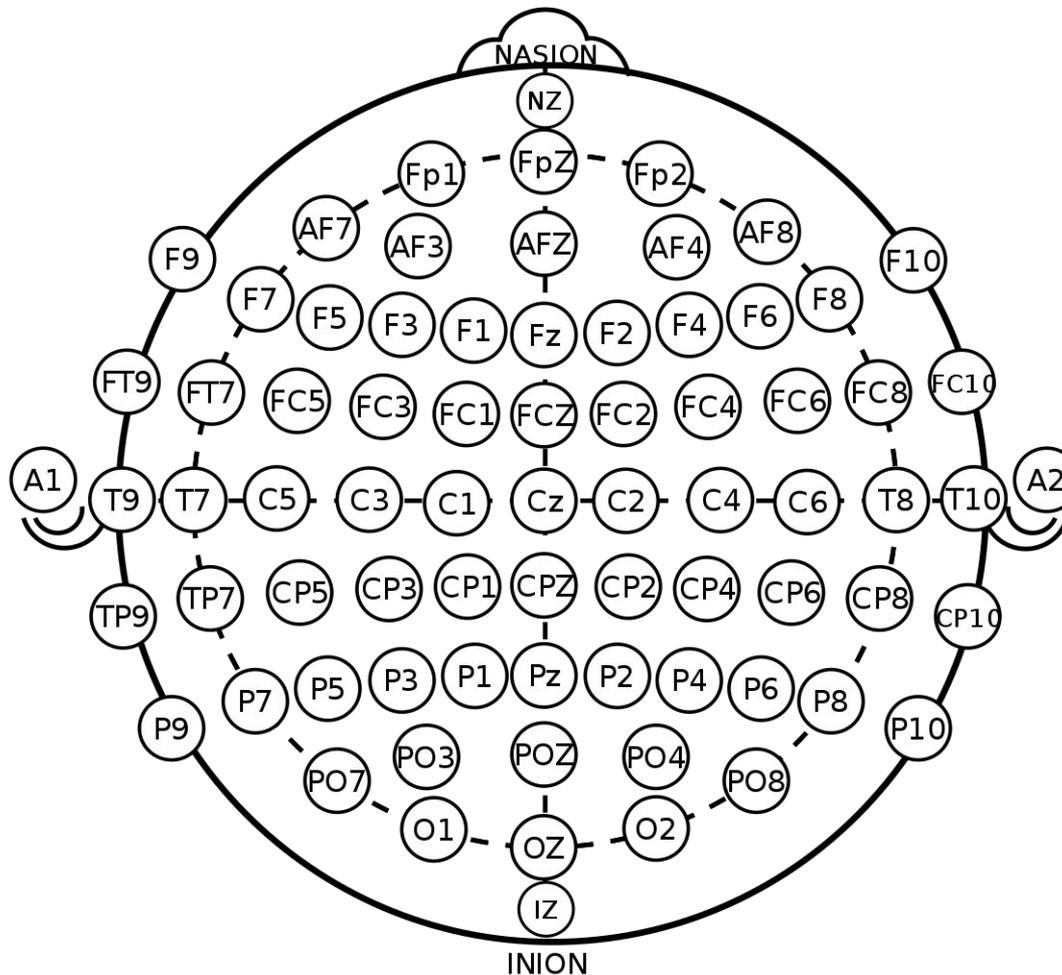
# Speller P300 (2)



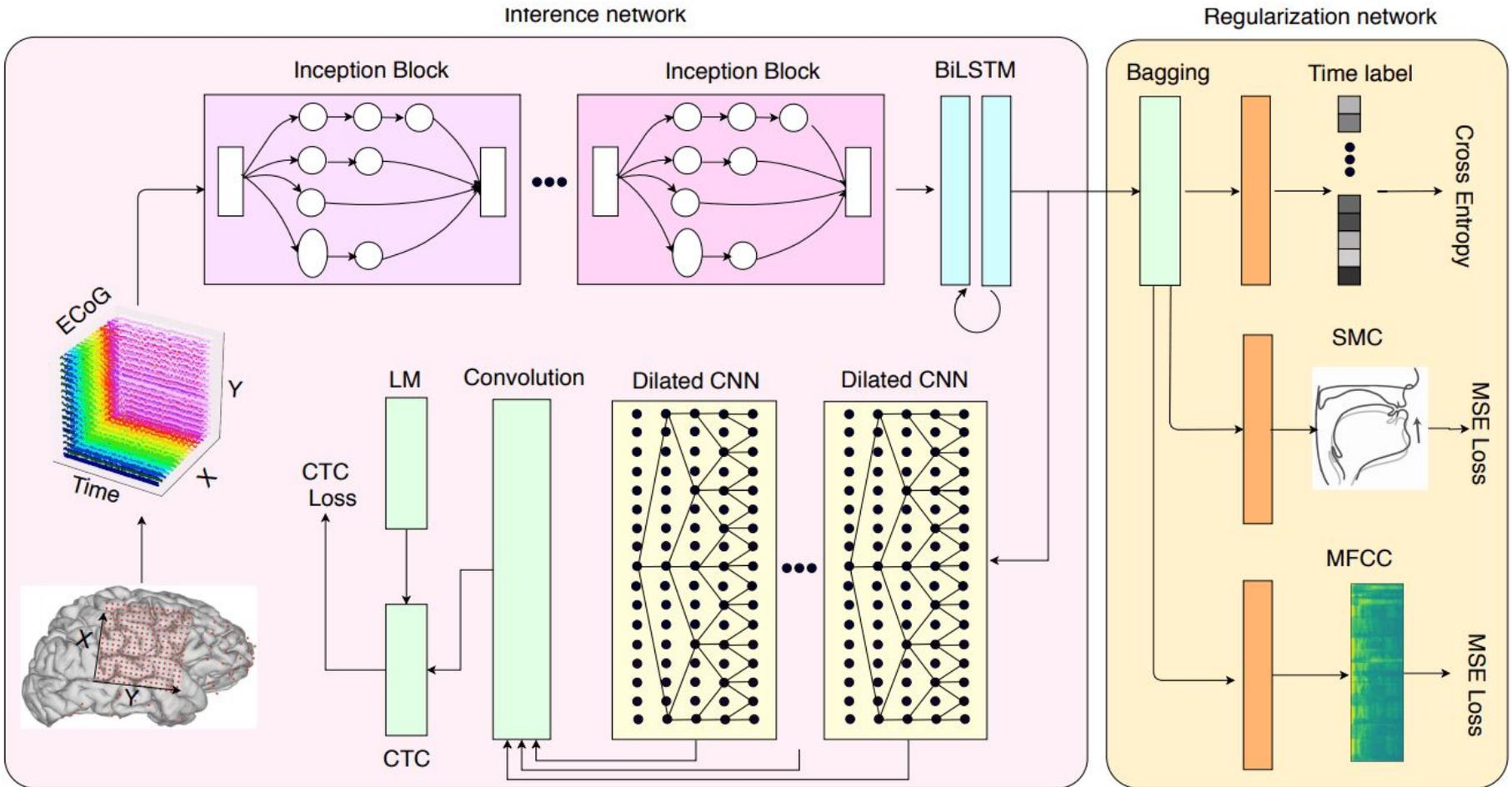
# Внутреннее проговаривание с воображаемой артикуляцией

- при произнесении слов человек также думает об артикуляции
- улучшает качество распознавания
- в основном полагается на распознавание механических движений человека

# Схема расположения 64 сенсоров по системе «10–20%»



# Brain2Char



# Внутреннее проговаривание без артикуляции

- более фундаментальная задача
- решение поможет лучше узнать механизмы внутренней речи
- имеет преимущество в построении протезов

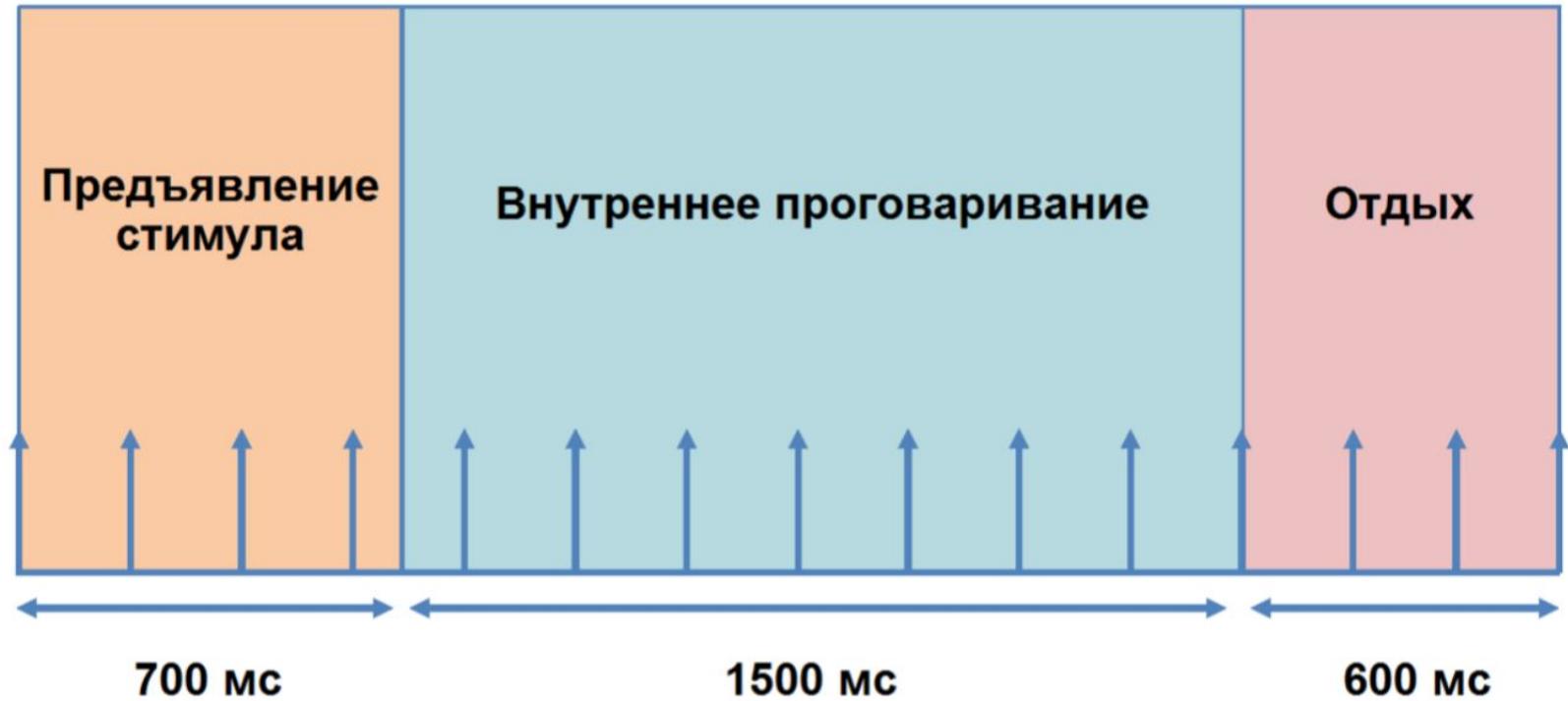
# Расположение электродов в эксперименте Sarmiento L.C.



# Постановка эксперимента

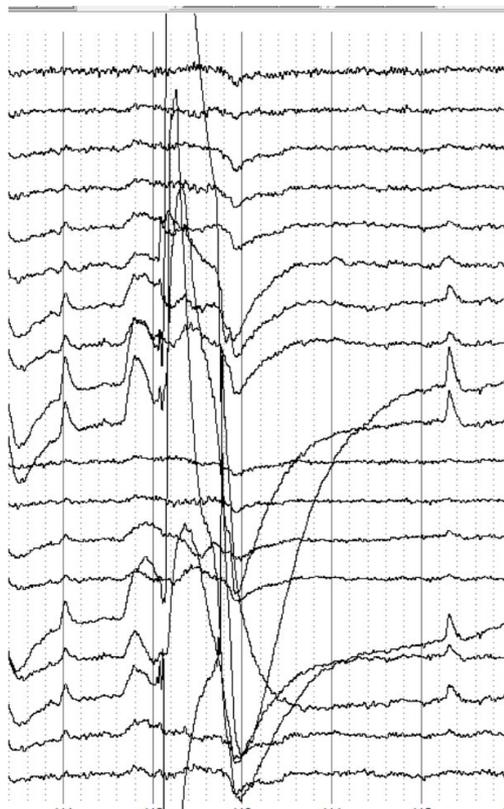
- Цель: различить внутреннее проговаривание 7 фонем: [а], [у], [м], [р], [ф], [б], [г]
- В исследовании принимали участие 12 испытуемых в возрасте от 20 до 25 лет. Все испытуемые не имели в анамнезе черепно-мозговых травм и психических заболеваний
- Регистрация электрической активности мозга проводилась с помощью 19-канального электроэнцефалографа «Нейро-КМ» (компания «Статокин», Россия)

# Схема эксперимента



# Артефакты записи

- Моргание
- Движение глаз
- Движение электрода
- Плохой контакт
- Патологическая активность

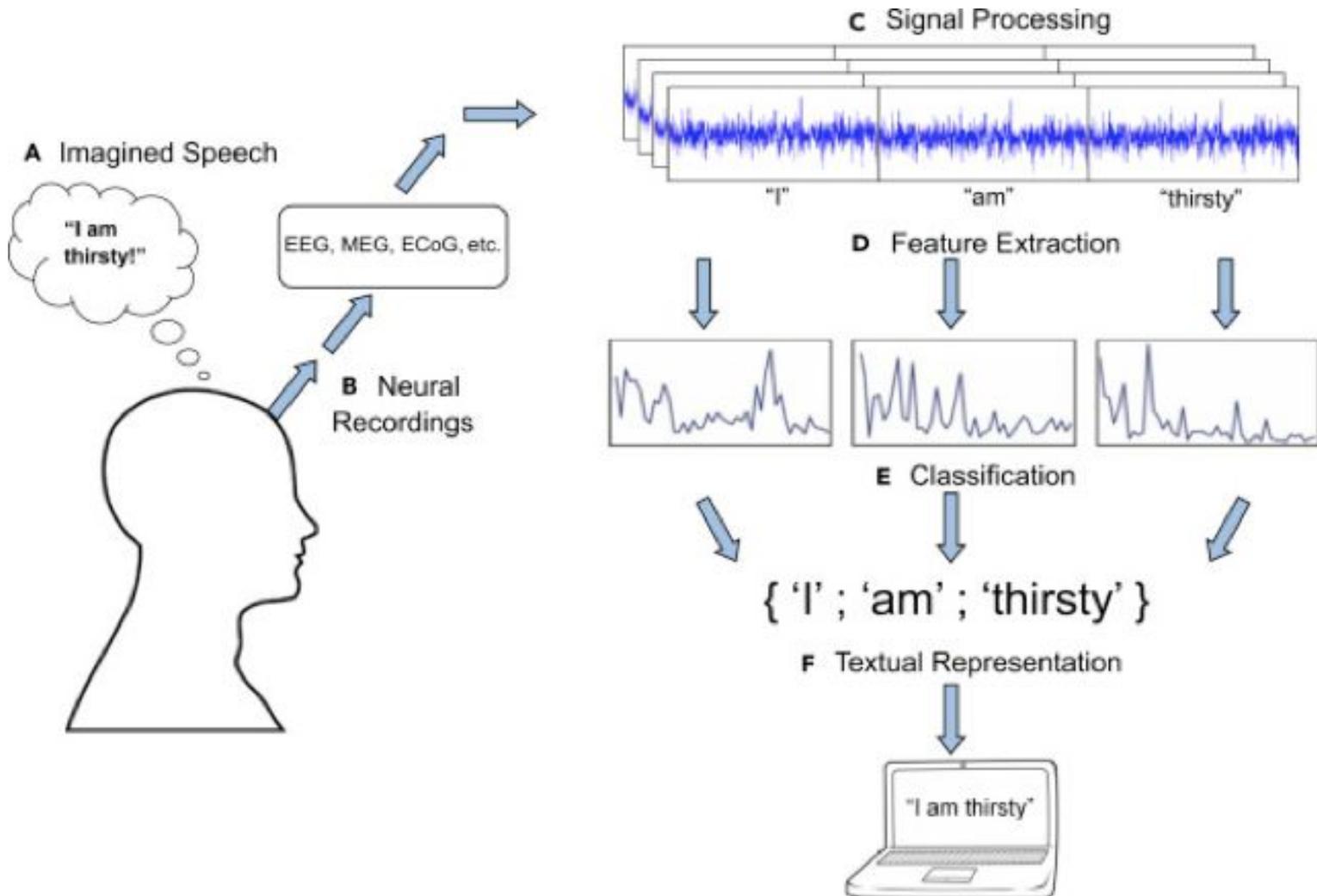


Артефакт от движения



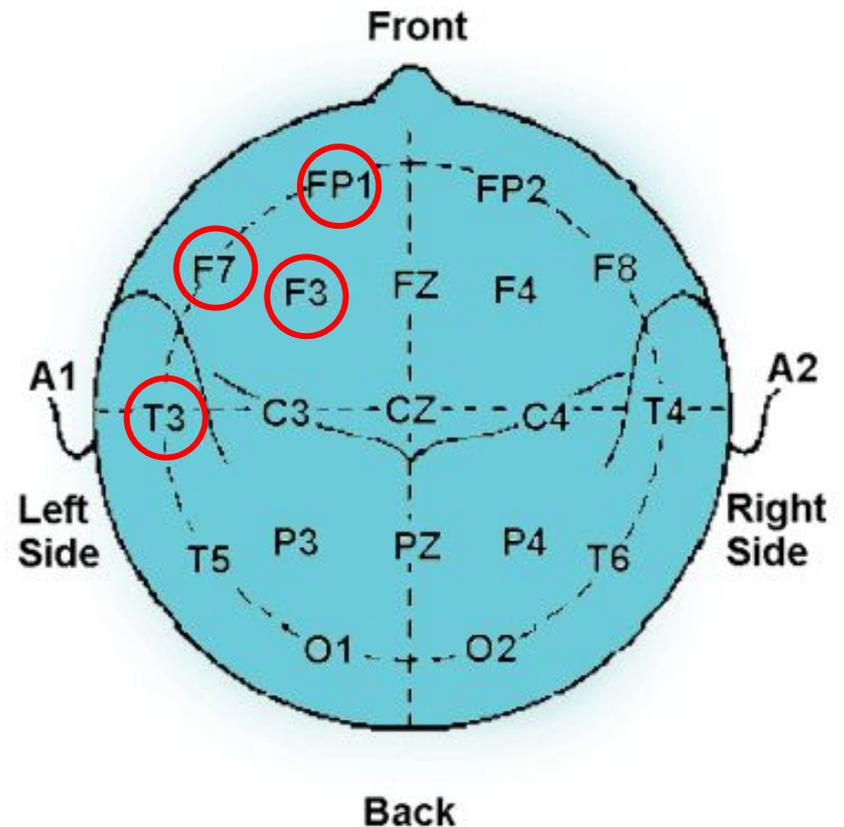
Артефакт от моргания

# Общая схема обработки



# Извлечение признаков

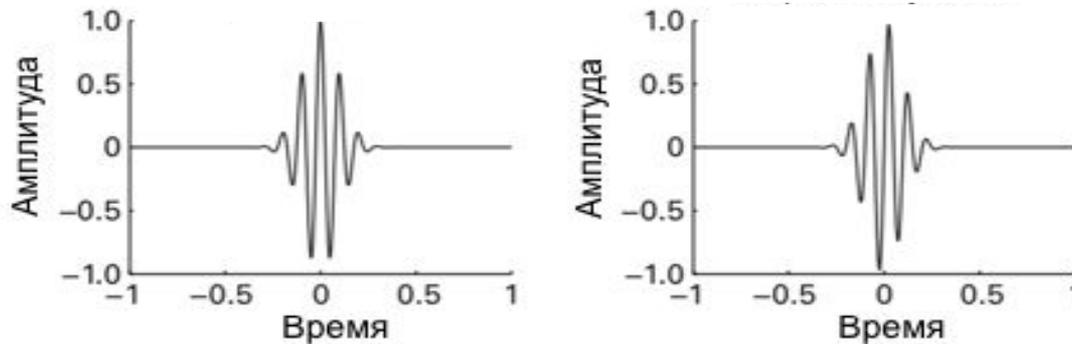
- Во время внутреннего проговаривания генерируется активность в зоне левого виска
- Используется 4 канала из 19
- Позволит избавиться от артефактов с других каналов



Расположение электродов

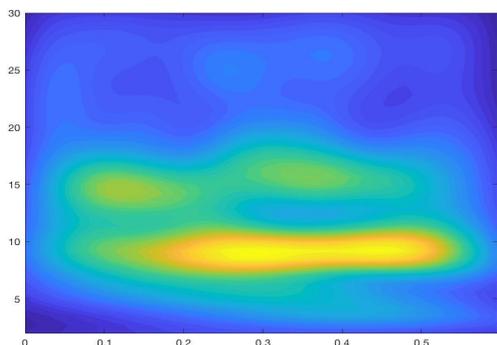
# Вейвлет-преобразование

- Позволит узнать характер изменения частотных характеристик с течением времени и извлечь значения мощности сигнала

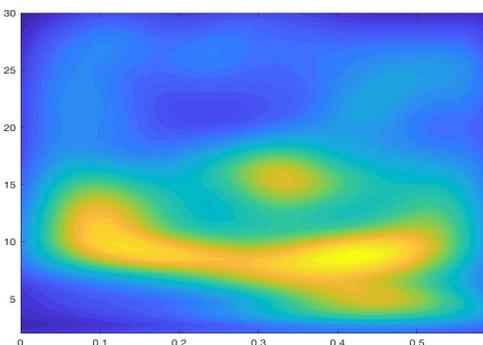


Проекция комплексного вейвлета Морле  
на действительную и мнимую оси

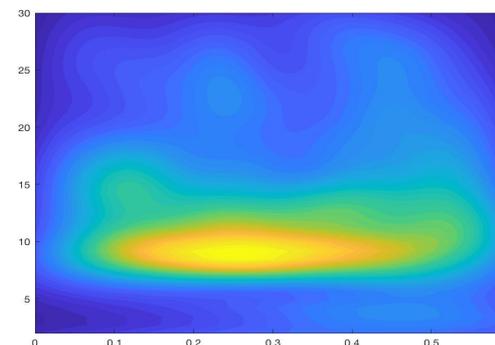
# Визуальное представление матрицы коэффициентов вейвлет-разложения



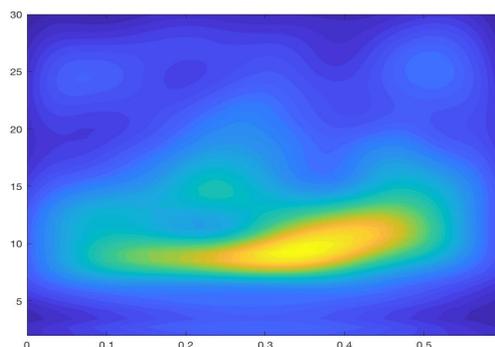
Буква "А"



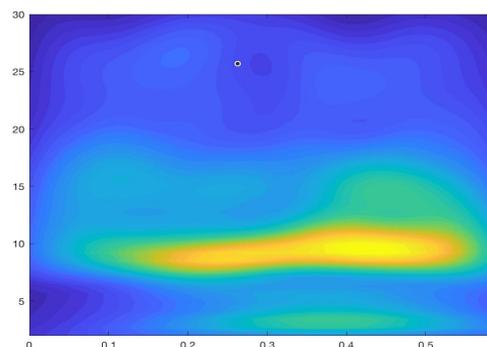
Буква "Б"



Буква "М"



Буква "Р"



Буква "З"

# Извлеченные признаки

- Среднеквадратическое отклонение, медиана, среднее, максимум, минимум и сумма мощности сигнала в каждом из четырёх ритмов головного мозга
- Размерность признакового пространства — 19200
- Большое время обучения классификатора
- Точность классификации на уровне случайной

# Классификация

- После отбора признаков, использовались только первые три
- В качестве классификатора был выбран SVM, подобранное ядро:  $K(x, x') = \text{th}(\gamma \langle x, x' \rangle + r)$
- Метод кросс-валидации: Leave-One-Out
- Средняя точность классификации фонем составила **67%**
- Лучше всего различимы фонемы с разным способом образования (например, носовая [м] и дрожащая [р])

# Проблемы для дальнейших исследований

- Низкая точность при малом числе электродов
- Оптимальное расположение электродов
- Быстрая онлайн-овая классификация
- Сложно говорить о положительных результатах для классификации большего набора языковых единиц
- Эксперименты схожи в методологии, но разные в нюансах

# Контакты

1. Даниель Фирасович Саада
2. МГУ имени М.В.Ломоносова (студент-магистр)
3. [daniel.saada@mail.ru](mailto:daniel.saada@mail.ru)

