

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

**Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт эволюционной физиологии  
и биохимии им. И.М. Сеченова  
Российской академии наук  
(ИЭФБ РАН)**

пр. Тореза, д. 44, г. Санкт-Петербург, 194223  
тел.: 552-79-01, факс: 552-30-12  
e-mail: office@iephb.ru, http://www.iephb.ru  
ОКПО 02698559, ОГРН 1027801535728  
ИНН/КПП 7802038273/780201001

15.05.2025 № 1 / 294a

На №

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ИЭФБ РАН  
Член-корр. РАН, д.б.н. Фирсов М.Л.  
« 15 » мая 2025 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической ценности диссертации Малаховой Екатерины Юрьевны на тему: «Исследование и интерпретация при помощи искусственных нейронных сетей механизмов описания зрительных образов в нижневисочной коре головного мозга приматов», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям: 1.5.5. – Физиология человека и животных

#### Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Малаховой Е.Ю. посвящена актуальной и комплексной проблеме изучения механизмов восприятия и распознавания зрительных образов в высших отделах зрительной системы приматов с использованием инструментов современного машинного обучения. Тематика работы находится на пересечении нейрофизиологии и прикладного искусственного интеллекта, и отражает усилившийся в последние годы интерес научного сообщества к интеграции биологических данных с вычислительными моделями. Подобный междисциплинарный подход позволяет не только интерпретировать полученные экспериментальные данные, но и формировать новые представления о функциональной организации коры, в частности, о роли нейронных ансамблей нижневисочной области в инвариантном распознавании объектов.

В работе обоснована целесообразность использования сверточных нейронных сетей как моделей визуального распознавания, приближенных по принципам работы к биологическим системам. Особое внимание уделено сравнению нейросетевых и нейрофизиологических данных, а также разработке методов направленного подбора стимулов, вызывающих специфическую активацию отдельных колонок нижневисочной коры. В этом контексте представляет интерес предложенный автором метод активного управления стимуляцией в ходе эксперимента, что может рассматриваться как шаг в сторону интерактивных нейрофизиологических протоколов нового поколения.

В работе изучаются механизмы кодирования зрительных образов посредством проведения модельных исследований, что имеет фундаментальное значение для понимания принципов распознавания объектов. Предложенный комплексный подход, сочетающий нейрофизиологические данные с методами искусственного интеллекта, позволяет выявить особенности обработки информации на разных уровнях обработки зрительного сигнала и предложить новые модели для интерпретации нейронной активности.

### **Степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Достоверность полученных результатов обеспечена достаточным объемом экспериментального материала, корректным применением методов статистического анализа, а также их сопоставлением с результатами, ранее представленными в отечественной и зарубежной литературе. Приведенные в работе интерпретации данных логичны, обоснованы и соответствуют современным представлениям о работе сенсорных систем. Существенным достоинством работы является тщательная проработка методологической части исследований.

Выводы диссертации логично вытекают из представленных экспериментальных и модельных данных, хорошо аргументированы и не вызывают сомнений. Положения, выносимые на защиту, отражают наиболее важные результаты работы и соответствуют поставленным целям и задачам.

### **Научная новизна полученных результатов и сделанных выводов**

Диссертационная работа Малаховой Е.Ю. характеризуется несомненной научной новизной. Впервые предложен и реализован подход к исследованию функций нейронов высших отделов зрительной системы с использованием генеративных нейронных сетей. Разработан программный комплекс, позволяющий создавать оптимизированные стимулы непосредственно во время нейрофизиологических экспериментов на основе регистрируемой нейрональной активности.

Новыми являются данные о возможности контролируемой активации нейрональных колонок нижневисочной коры при помощи создания абстрактных экспериментальных стимулов, что позволяет более детально изучать функциональную специализацию нейронов без ограничения фиксированными наборами стимулов.

Показаны оппонентные отношения между пространством описания сигнала и пространством постановки задачи, определяющие структуру и динамику преобразования информации на разных этапах обработки зрительных стимулов в сверточных нейронных сетях, как моделях зрительной системы. Установлен фазовый характер преобразования зрительной информации, что углубляет понимание механизмов формирования сложных репрезентаций объектов.

Новым является также подход к исследованию процесса распознавания образов в условиях неопределенности с применением современных диффузионных моделей, что позволяет моделировать пороговые эффекты в восприятии, наблюдаемые в психофизических исследованиях.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

В теоретическом отношении работа вносит вклад в понимание принципов обработки зрительной информации и представления образов в высших отделах коры, а также уместности и ограничений применения искусственных нейронных сетей в качестве модели зрительной системы.

Практическая значимость заключается в разработке программных инструментов, пригодных для применения в нейрофизиологических экспериментах, а также в возможности использования предложенного подхода в задачах нейроинтерфейсов и биомедицинской визуализации.

### **Замечания по диссертационной работе**



1. В работе недостаточно подробно описан процесс обучения генеративных моделей, использованных для создания стимулов.
2. При обсуждении результатов можно было бы провести более детальное сравнение полученных данных с результатами других исследователей в области нейрофизиологии зрительной системы.
3. В тексте диссертации имеются отдельные фрагменты, насыщенные технической терминологией, заимствованной из области машинного обучения. Возможно, для специалистов в области физиологии полезным было бы чуть подробнее раскрыть эти понятия в примечаниях или приложении.

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы.

#### **Вопросы к диссертанту:**

1. Возможно ли применение аналогичных методов оптимизации стимулов во время экспериментальной сессии для задач изучения других сенсорных модальностей?
2. Автор подчеркивает возможность применения разработанных методов в клинической диагностике и нейроинтерфейсах. Следовало бы уточнить, какие конкретные элементы подхода в текущей реализации могут быть адаптированы под задачи прикладной медицины, и какие шаги необходимы для трансляции этих результатов за пределы лабораторных условий.

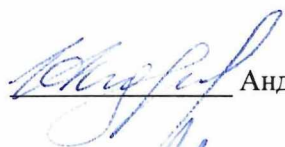
#### **Заключение**

Диссертационная работа Малаховой Екатерины Юрьевны «Исследование и интерпретация при помощи искусственных нейронных сетей механизмов описания зрительных образов в нижневисочной коре головного мозга приматов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей значение для развития физиологии зрительной системы и нейронаук.

Представленная диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5 – Физиология человека и животных.

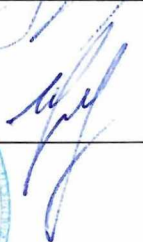
Отзыв обсужден и одобрен на межлабораторном заседании ИЭФБ РАН, протокол № 3 от « 13 » мая 2025 г.

г.н.с., д.б.н.

 Андреева И.Г.

ученый секретарь ИЭФБ РАН, к.б.н.



 Гальперина Е.И.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук (ИЭФБ РАН) пр. Тореза, д. 44, г. Санкт-Петербург, 194223, тел.: 552-79-01, факс: 552-30-12 e-mail: [office@iephb.ru](mailto:office@iephb.ru), <http://www.iephb.ru>