

## **ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ EBRAINS ДЛЯ МУЛЬТИДОМЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ МОЗГА**

**Щербина Д. Н.**

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,*

*НИТЦ Нейротехнологий,*

*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,*

*факультет биоинженерии и ветеринарной медицины,*

*г. Ростов-на-Дону*

E-mail: dnsherbina@sfedu.ru

Преподавание дисциплины “Структурно-функциональные основы функционирования нервных структур” в рамках магистерской программы «Биофизика, биоинформатика и нейротехнологии» предполагает детальное знакомство студентов со структурной организацией мозга, в первую очередь человека. Удобные онлайн инструменты для наглядной манипуляции трехмерными моделями мозга были разработаны в рамках европейского проекта Human Brain Project. Проект "Человеческий мозг" (<https://www.humanbrainproject.eu/>) начат в 2013 году и направлен на создание передовой исследовательской инфраструктуры EBRAINS, которая позволит научным и промышленным специалистам расширять знания в области неврологии, вычислительной техники и медицины, связанной с мозгом.

Инфраструктура EBRAINS включает широкий набор онлайн-сервисов для исследователей. Жемчужиной сервисов является интерактивный Многоуровневый Атлас человеческого мозга, в котором можно перемещаться по срезам и, буквально кликом мыши получать массу сведений о выбранной структуре. Атлас является отображением сведений из обширной базы знаний. Сервис «Data and Knowledge» охватывает онлайн-решения для облегчения обмена данными исследований, вычислительными моделями и программным обеспечением и доступа к ним. Разработан API запросов к графу знаний. Для работы с API предлагается открытый пакет `siibra-python`, унифицирующий работу с трехмерными парцелляциями мозга, в документации к которому приведены образцы кода для сегментирования срезов с целью цитоархитектонического картирования, извлечения данных об экспрессии генов и т.д.

В 2021 году производились работы по улучшению программного доступа. Ожидаемые усовершенствования в 2022 году включают создание новой удобной и надежной службы загрузки данных для исследователей, обменивающихся данными через EBRAINS. Для психофизиологов особенно актуален раздел Human Intracerebral EEG Platform (HIP), посвященный

внутри мозговой ЭЭГ человека (iEEG). Съём данных с подкорковых структур по этическим причинам ограничен нейрохирургическими больными, у каждого из которых локализация записей уникальна. Перспективная задача – дать возможность по клику на структуру в атласе получать список доступных записей, интегрированный из множества открытых баз данных. Источники данных, собранные за разные годы, интегрируются в рамках семантической базы знаний KnowledgeSpace. В последующих версиях KnowledgeSpace будет расширена функциональность поиска, с включением учебных материалов и инструментов. Также планируется предоставить возможность программного доступа через семантический поиск по графу знаний к датасетам KnowledgeSpace. Таким образом, к окончанию проекта в 2023 году сообщество европейских ученых планирует предоставить мощный инструментарий для информационных исследований по системной биологии.

В качестве учебных заданий студентам были предложены задачи по определению представленности рецепторов к разным нейромедиаторам в данной области мозга, плотности связей данной области мозга с остальными, а также дифференциальной экспрессии генов на основе транскриптомных данных из Института Аллена (компонент JuGEx). Студенты выполняли проектные задания в среде Jupyter Notebook, получая на выходе отчет, проиллюстрированный окрашенными снимками срезов мозга, сгенерированными программно на Python и с помощью онлайн-инструментов.