

## АДАПТЕР АНАЛИЗА $\gamma$ -ОСЦИЛЛЯЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЖИВОТНЫХ ДЛЯ СКРИНИНГА ЭФФЕКТОВ НЕЙРОТРОПНЫХ СРЕДСТВ И КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

С.Ю. Харитонов, Ю.В. Фокин\*, Н.Н. Каркищенко

ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»  
143442, Российская Федерация, Московская обл., Красногорский р-н, п. Светлые горы, 1

Высокочастотные составляющие активности головного мозга ( $\gamma$ -ритмы, свыше 30 Гц) являются ключевыми маркерами когнитивных процессов. Их изучение актуально для диагностики, лечения и профилактики нейродегенеративных заболеваний и обсессивно-компульсивных расстройств, включая шизофрению, эпилепсию, болезнь Альцгеймера и др., а также для разработки и скрининга эффектов лекарственных препаратов. Однако отсутствие серийного производства оборудования с необходимыми для исследования техническими параметрами, готовых инвазивных систем с возможностью анализа высокочастотного диапазона активности головного мозга, а также сложившаяся геополитическая ситуация подтолкнули нас к созданию собственного усилителя биопотенциалов.

**Ключевые слова:** электрограммы головного мозга, гамма-ритмы, нормализация, когнитивные функции, нейротропные средства, фармако-ЭЭГ-анализ

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН НЦБМТ ФМБА России по теме «Установление роли гамма-диапазона нормированных электрограмм головного мозга животных в интрацентральных механизмах ноотропных эффектов» (шифр: «Ноотроп-2024»).

**Благодарности:** авторы выражают благодарность Давберу Б.А. за инженерные решения при изготовлении оборудования.

**Для цитирования:** Харитонов С.Ю., Фокин Ю.В., Каркищенко Н.Н. Адаптер анализа  $\gamma$ -осцилляций головного мозга животных для скрининга эффектов нейротропных средств и когнитивных функций. *Биомедицина*. 2025;21(3):30–34. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-3-30-34>

Поступила 10.04.2025

Принята после доработки 24.07.2025

Опубликована 10.09.2025

## ADAPTER FOR ANALYSIS OF ANIMAL BRAIN $\gamma$ -OSCILLATION FOR SCREENING THE EFFECTS OF NEUROTROPIC DRUGS AND COGNITIVE FUNCTIONS

Sergey Yu. Kharitonov, Yuriy V. Fokin\*, Nikolay N. Karkischenko

Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia  
143442, Russian Federation, Moscow Region, Krasnogorsk District, Svetlye Gory Village, 1

High-frequency components of brain activity ( $\gamma$ -rhythms, over 30 Hz) are the key markers of cognitive processes. Their study is relevant for diagnostics, treatment, and prevention of neurodegenerative diseases and obsessive-compulsive disorders, including schizophrenia, epilepsy, Alzheimer's disease, etc., as well as for the development and screening of drug effects. The lack of serially-produced equipment with the technical parameters required for research and ready-made invasive systems with the capacity to analyze the high-frequency range of brain activity, as well as the current geopolitical situation, prompted us to create a domestic biopotential amplifier.

**Keywords:** brain electrograms, gamma rhythms, normalization, cognitive functions, neurotropic agents, pharmaco-EEG analysis

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Funding:** the work was carried out within the framework of the state assignment of the Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia on the topic “Establishing the role of the gamma range of normalized electrograms of the animal brain in the intracentral mechanisms of nootropic effects” (code: “Nootrop-2024”).

**Acknowledgments:** the authors express their gratitude to Davber B.A. for engineering solutions in the manufacture of equipment.

**For citation:** Kharitonov S.Yu., Fokin Yu.V., Karkischenko N.N. Adapter for Analysis of Animal Brain  $\gamma$ -Oscillation for Screening the Effects of Neurotropic Drugs and Cognitive Functions. *Journal Biomed.* 2025;21(3):30–34. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-3-30-34>

Submitted 10.04.2025

Revised 24.07.2025

Published 10.09.2025

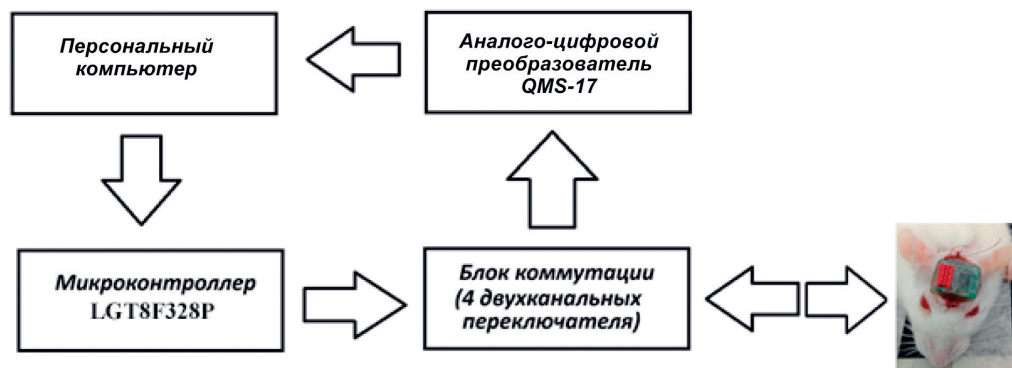
### Конструкторская идея и технические решения

Основными задачами при моделировании усилителя биопотенциалов является выбор микропроцессора, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и проектирование материнской платы устройства, соответствующих требованиям по размещению компонентов и электрическим соединениям.

В качестве основного вычислительного устройства для управления прибором был выбран легкодоступный и простой в программировании комплекс на основе отладочной платы с микропроцессором

LGT8F328P. Это решение позволило эффективно организовать управление АЦП, двухканальными переключателями, обеспечивающими отключение заданных областей (зон) головного мозга для регистрации электрограмм, а также минимизировать размер оборудования. Для деактивации каналов используются четыре двухканальных переключателя с импедансом  $\leq 50$  Ом и временем переключения  $\leq 10$  мкс.

Параметры электрограмм головного мозга регистрировались с помощью имплантированных никромовых электродов и устройства серии QMBox (комплекса



**Рис.** Схема усилителя биопотенциалов для исследования высокочастотных параметров активности головного мозга.

**Fig.** Scheme of the biopotential amplifier for studying high-frequency parameters of brain activity.

QMS17), содержащего 16-битный АЦП с частотой дискретизации до 1 МГц, что позволило достичь необходимой точности.

Печатная материнская плата была спроектирована в кросс-платформенной веб-ориентированной среде автоматизации проектирования электроники Easy EDA, с особым вниманием к минимизации длины соединений, что является критически важным требованием при работе с высокочастотными сигналами.

Схема разработанного устройства представлена на рисунке.

**Аппаратная архитектура**

Основные параметры устройства отражены в табл. 1, 2.

**Алгоритмы обработки и нормирования**

Для обеспечения точности результатов анализа выполнялась математическая обработка параметров высокочастотных сигналов электрической активности головного мозга, основанная на классических и нетривиальных принципах (преобразование Фурье, Гильберта — Хуанга и др.).

Нормирование электрограмм осуществлялось с использованием арктангенциальной функции:

$$V_{\text{нормированное}} = \text{atan}\left(\frac{V_{\text{воздействия}}}{V_{\text{фона}}}\right).$$

Для минимизации спектральных искажений при обработке сигналов использовались оконные функции Блэкмена — Харриса:

$$w(n) = a_0 - a_1 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{N-1}\right) + a_2 \cdot \cos\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot n}{N-1}\right) - a_3 \cdot \cos\left(\frac{6 \cdot \pi \cdot n}{N-1}\right).$$

**Этапы реализации и верификация**

После выполнения пайки и сборки оборудования проводились пусконаладочные работы: отладка программного обеспечения, тестирование коммутации, калибровка устройства. Верификация данных осуществляется в биомедицинских и доклинических исследованиях на мелких и средних лабораторных животных с имплантированными полумикроэлектро-

**Таблица 1.** Модуль управления усилителя биопотенциалов для исследования высокочастотных параметров активности головного мозга

**Table 1.** Control module of the biopotential amplifier for studying high-frequency parameters of brain activity

| Компонент                                        | Параметры                                             | Функция                                       |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Микропроцессор<br>LGT8F328P                      | Частота 16 МГц,<br>шиотно-импульсная модуляция 12 бит | Управление периферийными устройствами         |
| Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)<br>AD5667 | Частота 10 МГц,<br>шиотно-импульсная модуляция 16 бит | Преобразование цифрового сигнала в аналоговый |
| Усилитель                                        | LM358DR (G=100 дБ)                                    | Предусиление сигнала                          |
| Реле                                             | DSW1-DSW4 (<10 мкс)                                   | Выбор зоны регистрации                        |

**Таблица 2.** Модуль регистрации усилителя биопотенциалов для исследования высокочастотных параметров активности головного мозга

**Table 2.** Module for recording the biopotential amplifier for studying high-frequency parameters of brain activity

| Компонент | Параметры                                                | Функция                       |
|-----------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Электроды | Нихром (R>10 МОм)                                        | Снятие сигналов               |
| Усилитель | LM358DR (G=100 дБ)                                       | Предусиление сигнала          |
| АЦП QMS17 | Частота 1 МГц/канал, широтно-импульсная модуляция 24 бит | Оцифровка сигнала             |
| Изоляция  | Цапон-лак (USP Class VI)                                 | Защита от биоагрессивных сред |

дами в компетентные зоны головного мозга, управляющие когнитивными процессами и модулирующие интрацентральные отношения [1–5].

### Преимущества разработанного усилителя биопотенциалов

Разработанный нами усилитель биопотенциалов продемонстрировал следующие параметры, позволяющие выполнять анализ  $\gamma$ -ритмов головного мозга с высокой точностью:

- частота дискретизации — до 1 МГц;
- время переключения каналов  $\leq 10$  мкс;
- погрешность спектральной плотности — не более  $\pm 2\%$ .

### Заключение

Создание уникального инструмента для исследования мозга базируется на слаженном взаимодействии инженерной мысли и нейробиологических задач.

Разработанный усилитель биопотенциалов на базе доступных компонентов (LGT8F328P, QMS17) позволяет осуществить регистрацию и анализ высокочастотных  $\gamma$ -ритмов головного мозга (свыше 30 Гц) в условиях ограниченных ресурсов. Устройство демонстрирует высокую точность (дискретизация до 1 МГц, погрешность  $\leq \pm 2\%$ ), минимальное время переключения каналов ( $\leq 10$  мкс) и аппаратную модуляцию сигнала. Точность, модульность, мобильность, программируемость оборудования и доступность его составных элементов, а также успешная верификация в биомедицинских и доклинических исследованиях на лабораторных животных подтверждают эффективность аппаратно-программного комплекса для исследований когнитивных функций, нейродегенеративных заболеваний и разработки нейротерапевтических методов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Фокин Ю.В., Харитонов С.Ю. Нейровизуализация эффектов психоактивных средств посредством нормализации электрограмм головного мозга. *Биомедицина*. 2019; 15(1):12–34. [Karkischenko N.N., Karkischenko V.N., Fokin Yu.V., Kharitonov S.Yu. Neirovizualizaciya effektivov psihoaktivnyh sredstv posredstvom normalizacii elektrogramm golovnogogo mozga [Neuroimaging of the Effects of Psychoactive Substances by Means of Normalization of Brain Electrograms]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2019;15(1):12–34. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-15-1-12-34.
2. Каркищенко В.Н., Фокин Ю.В., Люблинский С.Л., Помыткин И.А., Алимкина О.В., Таболякова Л.А., Капцов А.В., Борисова М.М., Каркищенко Н.Н. Центральные механизмы липосомированных форм ацетилхолина и инсулина посредством анализа когнитивных, психоэмоциональных и поведенческих параметров крыс. *Биомедицина*. 2022;18(1):32–55. [Karkischenko V.N., Fokin Yu.V., Lyublinskiy S.L., Pomytkin I.A., Alimkina O.V., Taboyakova L.A., Kaptsov A.V., Borisova M.M., Karkischenko N.N. Centralnye mehanizmy liposomirovannyh form acetilholina i insulina posredstvom analiza kognitivnyh, psihoemocional'nyh i povedencheskikh parametrov krys [Central mechanisms of liposomal forms of acetylcholine and insulin through analysis of cognitive, psychoemotional and behavioural parameters in rats]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2022;18(1):32–55. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-18-1-32-55.
3. Каркищенко Н.Н., Фокин Ю.В., Харитонов С.Ю. Системные нормированные гамма-осцилляции структур головного мозга: фармакологический анализ нейрохимических и метаболических процессов. *Биомедицина*. 2024;20(2):66–94. [Karkischenko N.N., Fokin Yu.V., Kharitonov S.Yu. Sistemnye normirovannye gamma-oscillyacii struktur golovnogogo mozga: farmakologicheskij analiz nejrohimicheskikh i metabolicheskikh processov [System Normalized Gamma Oscillations of Brain Structures: Pharmacological Analysis of Neurochemical and Metabolic Processes]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2024;20(2):66–94. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-20-2-66-94.
4. Помыткин И.А., Каркищенко Н.Н. Метаболический контроль высокочастотных гамма-осцилляций в головном мозге. *Биомедицина*. 2019;15(2):43–53. [Pomytkin I.A., Karkischenko N.N. Metabolicheskij kontrol' vysokochastotnyh gamma-oscillyacij v golovnom mozge [Metabolic Control of High-Frequency Gamma Oscillations in the Brain]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2019;15(2):43–53. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2074-5982-15-2-43-53.
5. *Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских*

исследованиях. Под ред. Н.Н. Каркищенко и др.  
М.: Профиль-2С. 2010:358. [*Rukovodstvo po laborator-  
nomykh zhivotnykh i al'ternativnykh modelyam v bio-  
meditsinskih issledovaniyakh* [*Manual on laboratory an-*

*imals and alternative models in biomedical research*].  
Ed. by N.N. Karkischenko, et al. Moscow: Profil'-2S  
Publ., 2010:358. (In Russian)].

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

---

**Харитонов Сергей Юрьевич**, ФГБУН «Науч-  
ный центр биомедицинских технологий ФМБА  
России»;  
**e-mail:** [zetroks5@gmail.com](mailto:zetroks5@gmail.com)

**Sergey Yu. Kharitonov**, Scientific Center of Bio-  
medical Technologies of the Federal Medical  
and Biological Agency of Russia;  
**e-mail:** [zetroks5@gmail.com](mailto:zetroks5@gmail.com)

**Фокин Юрий Владимирович\***, к.б.н., ФГБУН  
«Научный центр биомедицинских технологий  
ФМБА России»;  
**e-mail:** [fokin@scbmt.ru](mailto:fokin@scbmt.ru)

**Yuriy V. Fokin\***, Cand. Sci. (Biol.), Scientific  
Center of Biomedical Technologies of the Federal  
Medical and Biological Agency of Russia;  
**e-mail:** [fokin@scbmt.ru](mailto:fokin@scbmt.ru)

**Каркищенко Николай Николаевич**, акад.  
РАРАН, чл.-корр. РАН, д.м.н., проф., ФГБУН  
«Научный центр биомедицинских технологий  
ФМБА России»;  
**e-mail:** [niknik2808@yandex.ru](mailto:niknik2808@yandex.ru)

**Nikolay N. Karkischenko**, Academician of the Rus-  
sian Academy of Rocket and Artillery Sciences,  
Corresponding Member of the Russian Academy  
of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Prof., Scientific Center  
of Biomedical Technologies of the Federal Medical  
and Biological Agency of Russia;  
**e-mail:** [niknik2808@yandex.ru](mailto:niknik2808@yandex.ru)

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author