



УДК: 616.89-008.454

DOI: <https://doi.org/10.17816/nb77773>

Количественные характеристики альфа-ритма электроэнцефалограммы при депрессивных расстройствах

С.А. Галкин¹, С.Н. Васильева¹, Г.Г. Симуткин¹, Н.А. Бохан^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт психического здоровья, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

²Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Станислав Алексеевич Галкин, s01091994@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Цель исследования — изучить количественные характеристики альфа-ритма у пациентов с депрессивными расстройствами.

Материал и методы. Выборку исследования составили пациенты, проходивших лечение в клинике Научно-исследовательского института психического здоровья (отделение аффективных состояний) Томского национального исследовательского медицинского центра. Всего были обследованы 84 пациента (67 женщин и 17 мужчин) в возрасте от 20 до 60 лет с расстройствами настроения в рамках депрессивного эпизода, рекуррентного депрессивного расстройства и дистимии. Проводили запись электроэнцефалограммы в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами. Анализировали значения абсолютной спектральной мощности альфа-ритма, параметры микроструктуры альфа-веретена и рассчитывали индекс реактивности (эффект Бергера).

Результаты. При открытых глазах показатели спектральной мощности альфа-ритма были статистически значимо выше у пациентов с депрессивными расстройствами в отведениях Fp1 ($p=0,041$), F4 ($p=0,042$), F7 ($p=0,046$) и T4 ($p=0,047$) по сравнению с контролем. Также у пациентов с депрессивными расстройствами регистрировался преимущественно низкоамплитудный альфа-ритм (53,6% против 26,7%, $p=0,006$). Степень депрессии альфа-ритма в задневисочных отведениях T5 ($p=0,012$) и T6 ($p=0,006$) оказалась статистически значимо менее выражена у пациентов с депрессивными расстройствами по сравнению с контрольной группой здоровых людей.

Вывод. Обнаруженные изменения косвенно указывают на снижение осцилляторной активности мозговых процессов при депрессивных расстройствах.

Ключевые слова: депрессия, электроэнцефалография, альфа-ритм, спектральная мощность, альфа-веретено, эффект Бергера.

Для цитирования:

Галкин С.А., Васильева С.Н., Симуткин Г.Г., Бохан Н.А. Количественные характеристики альфа-ритма электроэнцефалограммы при депрессивных расстройствах // Неврологический вестник. Т. LIII. Вып. 3. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.17816/nb77773>.

DOI: <https://doi.org/10.17816/nb77773>

Quantitative characteristics of the alpha-rhythm of the electroencephalogram in depressive disorders

Stanislav A. Galkin¹, Svetlana N. Vasilyeva¹, German G. Simutkin¹,
Nikolaj A. Bokhan^{1,2}

¹Mental Health Research Institute, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

²Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Corresponding author: Stanislav A. Galkin, s01091994@yandex.ru

ABSTRACT

THE AIM OF RESEARCH was to study the quantitative characteristics of the alpha rhythm in patients with depressive disorders.

MATERIAL AND METHODS. The study sample consisted of patients who were treated at the clinic of the Research Institute of Mental Health (department of affective states) Tomsk NIMC. A total of 84 patients (67 women, 17 men) aged 20 to 60 years with mood disorders in the framework of a depressive episode, recurrent depressive disorder and dysthymia were examined. An electroencephalogram was recorded at rest with closed and open eyes. The values of the absolute spectral power of the alpha rhythm, the parameters of the microstructure of the alpha spindle were analyzed and the reactivity index (the Berger effect) was calculated.

RESULTS. With open eyes, the spectral power of the alpha rhythm was statistically significantly higher in patients with depressive disorders in the Fp1 ($p=0.041$), F4 ($p=0.042$), F7 ($p=0.046$) and T4 ($p=0.047$) leads compared to the control. Also, in patients with depressive disorders, a predominantly low-amplitude alpha rhythm was recorded (53.6% vs. 26.7%, $p=0.006$). The degree of alpha-rhythm depression in the posterior temporal leads T5 ($p=0.012$) and T6 ($p=0.006$) was statistically significantly less pronounced in patients with depressive disorders compared to the control group of healthy individuals.

CONCLUSION. The detected changes indirectly indicate a decrease in the oscillatory activity of brain processes in depressive disorders.

Keywords: *depression, electroencephalography, alpha rhythm, spectral power, alpha spindle, Berger effect.*

For citation:

Galkin S.A., Vasilyeva S.N., Simutkin G.G., Bokhan N.A. Quantitative characteristics of the alpha-rhythm of the electroencephalogram in depressive disorders. *Neurology Bulletin*. 2021; LIII (3): 19–25. DOI: <https://doi.org/10.17816/nb77773>.

Депрессивные расстройства относятся к наиболее распространённым психическим нарушениям [1]. В настоящее время депрессия занимает второе место в мире среди всех медицинских причин инвалидности и смертности [2]. Такая высокая распространённость депрессии среди людей во всём мире во многом обусловлена недостатком знаний о природе (механизмах) развития и течения данного расстройства.

Депрессия — одно из психопатологических состояний, тесно связанных с изменением церебрального электрогенеза. Как показало множество исследований, при депрессивных расстройствах нарушается мозговая ритмика во всех частотных диапазонах [3–5]. Количественная электроэнцефалография (ЭЭГ) — доступный и неинвазивный метод, который позволяет изучать электрическую активность мозга как в состоянии покоя, так и связанную с когнитивными процессами [5]. Увеличение абсолютной мощности бета-ритма — основной коррелят количественной ЭЭГ в состоянии покоя, обнаруживаемый у пациентов с депрессивными расстройствами [6, 7]. В некоторых исследованиях описано снижение альфа-активности у пациентов с депрессией [4, 5].

Увеличение бета- и снижение альфа-активности связаны с нарушением корковой возбудимости, поэтому существует предположение, что у субъектов с расстройствами настроения развивается гомеостатический дисбаланс, ведущий к растормаживанию/гипервозбудимости в центральной нервной системе.

Как было упомянуто ранее, депрессивные расстройства могут быть связаны с поведенческой гипервозбудимостью. Поскольку снижение альфа-активности указывает на повышение возбудимости коры головного мозга, важно определить, является ли снижение альфа-ритма нейрофизиологическим признаком, уникальным для пациентов с депрессивными расстройствами и не характерным для здоровых людей.

В ряде работ подчёркнуто, что полное понимание количественных характеристик альфа-ритма требует учёта, как минимум, трёх параметров: спектральной мощности, микроструктуры альфа-сегментов (веретён), выраженности реакции активации (подавления альфа-ритма при открывании глаз) [8].

Сегодня существуют обширные данные по вопросам изменения мощности альфа-ритма при депрессии [9–11]. Исследования характеристик альфа-веретён ЭЭГ у пациентов с депрессивными

расстройствами нам обнаружить не удалось. Работы по исследованию реакции активации (эффект Бергера) у пациентов с депрессивными расстройствами в литературе исчисляются единицами [12].

Таким образом, **целью** нашего исследования было изучение количественных характеристик альфа-ритма у пациентов с депрессивными расстройствами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Выборку исследования составили пациенты, проходившие лечение в клинике Научно-исследовательского института психического здоровья (отделение аффективных состояний) Томского национального исследовательского медицинского центра. Всего были обследованы 84 пациента (67 женщин и 17 мужчин) в возрасте от 20 до 60 лет с расстройствами настроения в рамках депрессивного эпизода (F32.0-2 — 52 пациента), рекуррентного депрессивного расстройства (F33.0-2 — 19 пациентов), дистимии (F34.1 — 13 пациентов). Все испытуемые дали письменное информированное согласие.

Формирование выборки и клиническую оценку состояния пациентов осуществляли квалифицированные врачи-психиатры с применением стандартизированной карты описания пациентов, которая включала идентифицирующие больного данные, анамнез жизни, психиатрический анамнез, неврологический и соматический статус, а также данные психометрических шкал (табл. 1).

Критерии включения: установленный диагноз депрессивного расстройства по Международной классификации болезней 10-го пересмотра, добровольное согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения: наличие хронических соматических расстройств в стадии обострения, эпилепсии, выраженных органических поражений головного мозга (таких, как киста, энцефалопатия и др.), черепно-мозговых травм любой степени тяжести в анамнезе, коморбидных психических расстройств (например, аддиктивные расстройства, умственная отсталость, шизофрения и др.), отказ от участия в исследовании.

В качестве группы контроля были обследованы 45 психически и соматически здоровых человек, сопоставимых по полу и возрасту основной группе, с аналогичными критериями исключения.

Регистрацию и анализ биоэлектрической активности головного мозга осуществляли при помощи 16-канального энцефалографа

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Показатель	Me [Q ₁ ; Q ₃]
Возраст, годы	45 [33; 55]
Давность заболевания, годы	5 [2; 10]
HDRS-17 (Hamilton Rating Scale for Depression 17)	20 [14; 25]
HARS (Hamilton Anxiety Rating Scale)	16 [11; 23]
CGI-S (Clinical Global Impression Scale — Severity)	4 [4; 5]

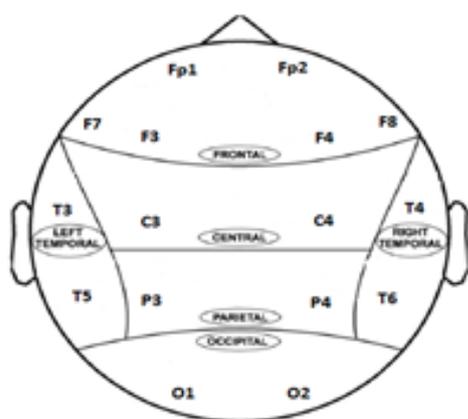


Рис. 1. Система «10–20»

«Неврополиграф» по международной системе «10–20», монополярно от фронтальных (frontal), центральных (central), теменных (parietal), затылочных (occipital) и височных слева (left temporal) и справа (right temporal) отведений (рис. 1). В качестве референта использовали объединённые электроды, расположенные на мочках ушей (A_1 , A_2), заземляющий электрод — в отведении Fpz. Сопротивление электродов не превышало 10 кОм. Частоты среза фильтров верхних и нижних частот составляли 1,5 и 50 Гц, частота квантования — 250 Гц. Проводили 2-минутную пробу в покое с закрытыми глазами и 30-секундную пробу с открытыми глазами.

На полученных ЭЭГ-записях удаляли артефактные фрагменты путём обнуления независимых компонент ЭЭГ (ICA-анализ — от англ. Independent Component Analysis). Дополнительно с помощью автоматической процедуры из дальнейшего анализа исключали эпохи, в которых присутствовали чрезмерно большие потенциалы (более 150 мкВ). Длительность анализируемых участков равнялась продолжительности всей пробы.

Анализировали значения абсолютной спектральной мощности (мкВ²) для альфа-ритма (8–13 Гц) по всем отведениям ЭЭГ. Оценку микроструктуры альфа-веретён проводили по параметрам внутрисегментарной вариабельности

амплитуды и средней частоте. Силу реакции активации (эффекта Бергера) определяли по формуле:

$$Ra = (P_{зг} - P_{ог}) / P_{зг} \times 100\%,$$

где Ra — сила реакции активации; P_{зг} и P_{ог} — спектральная мощность альфа-ритма при закрытых и открытых глазах, мкВ².

Исходя из того, что альфа-ритм наиболее выражен в теменно-затылочных отделах коры головного мозга, для каждой записи данных ЭЭГ сила реакции активации была рассчитана в отведениях: P3, P4, O1, O2, T5 и T6.

Статистическая обработка данных была выполнена в программе Statistica 12. Данные представлены в виде Me [Q₁; Q₃]. Проверка согласия с законом нормального распределения проведена с помощью критерия Шапиро–Уилка. Полученные данные не подчинялись закону нормального распределения. В связи с этим применяли непараметрический U-критерий Манна–Уитни для оценки различий между двумя независимыми выборками (контроль — пациенты). Для выявления различий качественных показателей в сравниваемых группах был использован критерий согласия χ^2 . Различия считали статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Спектральная мощность альфа-ритма. Показатели спектральной мощности альфа-ритма у пациентов с депрессивными расстройствами в сравнении с контролем представлены на рис. 2. Значения спектральной мощности альфа-ритма при закрытых глазах не различались между пациентами с депрессивными расстройствами и контролем ($p > 0,05$). При открытых глазах показатели спектральной мощности альфа-ритма были статистически значимо выше у пациентов с депрессивными расстройствами в отведениях Fp1 ($p=0,041$), F4 ($p=0,042$), F7 ($p=0,046$) и T4 ($p=0,047$) по сравнению с контролем.

Микроструктура альфа-веретён. Вариабельность амплитуды и средняя частота альфа-веретён при закрытых глазах представлены в табл. 2 и 3.

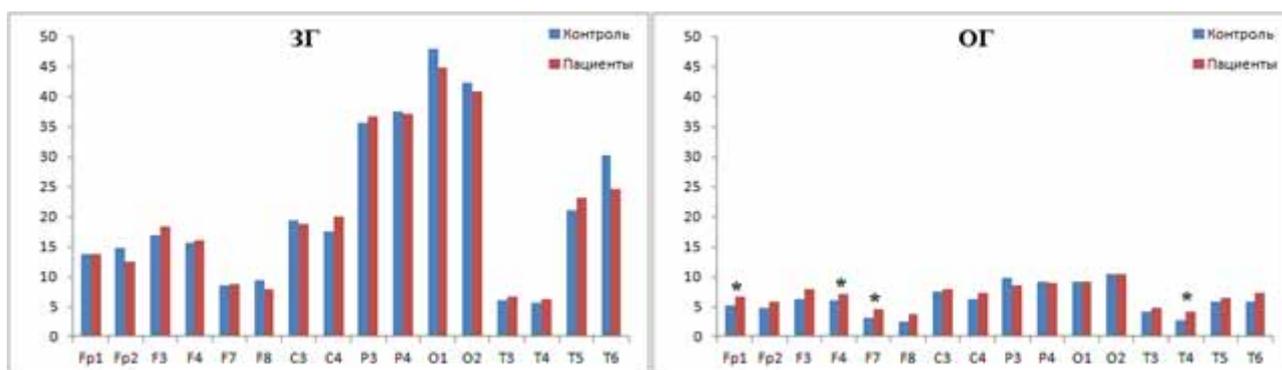


Рис. 2. Показатели спектральной мощности альфа-ритма. Слева — медианы альфа-ритма при закрытых глазах (ЗГ); справа — при открытых глазах (ОГ); *уровень статистической значимости при сравнении групп с помощью критерия Манна–Уитни

Таблица 2. Варианты средней амплитуды альфа-веретён в исследуемых группах

Группа	«Плоская» электроэнцефалограмма (до 15 мкВ)	Низкоамплитудная электроэнцефалограмма (15–29 мкВ)	Электроэнцефалограмма с нормальной амплитудой (30–100 мкВ)
Контроль, абс. (%)	1 (2,2)	12 (26,7)	32 (71,1)
Пациенты, абс. (%)	8 (9,5)	45 (53,6)	31 (36,9)
p	0,243	0,006	0,004

Примечание: p — уровень статистической значимости при сравнении групп с помощью критерия χ^2 .

Таблица 3. Варианты средней частоты альфа-веретён в исследуемых группах

Группа	Замедленный альфа-ритм	Альфа-ритм 10 Гц	Ускоренный альфа-ритм
Контроль, абс. (%)	10 (22,2)	29 (64,4)	5 (11,1)
Пациенты, абс. (%)	30 (35,7)	44 (52,4)	2 (2,4)
p	0,167	0,258	0,093

Примечание: p — уровень статистической значимости при сравнении групп с помощью критерия χ^2 .

Таблица 4. Индексы подавления альфа-ритма (%) при открывании глаз в исследуемых группах

Группы	P3	P4	O1	O2	T5	T6
Пациенты	67 [52; 80]	67 [52; 79]	72 [60; 85]	73 [53; 84]	67 [46;82]	65 [48; 78]
Контроль	72 [54; 87]	73 [58; 85]	72 [50; 85]	76 [54; 91]	78 [64; 84]	80 [68; 89]
p	0,171	0,093	0,449	0,931	0,012	0,006

Примечание: данные представлены в виде Me [Q₁; Q₃]; P3, P4, O1, O2, T5 и T6 — отведения по системе «10–20»; p — уровень статистической значимости при сравнении групп с помощью критерия Манна–Уитни

В группе пациентов с депрессивными расстройствами отмечено преобладание «изменённых» типов данных ЭЭГ, лишь у 36,9% пациентов средняя амплитуда альфа-веретена соответствовала критериям нормальной электрокардиограммы. Статистический анализ данных показал, что у пациентов с депрессивными расстройствами регистрировался преимущественно низкоамплитудный альфа-ритм (53,6% против 26,7%, $p=0,006$). Показатели средней

частоты альфа-веретена не различались между пациентами и контролем ($p>0,05$).

Сила реакции активации (эффект Бергера). Выраженность реакции активации в исследуемых группах приведена в табл. 4. Степень депрессии альфа-ритма в задневисочных отведениях T5 ($p=0,012$) и T6 ($p=0,006$) оказалась статистически значимо менее выражена у пациентов с депрессивными расстройствами по сравнению с контрольной группой здоровых людей.

ОБСУЖДЕНИЕ

В представленной работе была проведена комплексная оценка количественных характеристик альфа-ритма у пациентов с депрессивными расстройствами. Были оценены как неспецифические физические параметры волнового процесса (частота, амплитуда, мощность), так и физиологические особенности альфа-осцилляций (реактивность на зрительную стимуляцию при открывании глаз).

Согласно данным ряда авторов, очевидно, что изменение какой-либо отдельной характеристики, например амплитуды или частоты, не может претендовать на полноту оценки альфа-активности у пациентов [8, 13]. Лишь анализ вместе взятых параметров альфа-ритма ЭЭГ позволяет оценить эффективность работы психофизиологических механизмов поведения и адаптации.

В целом, как показало исследование, у пациентов с депрессивными расстройствами более высокие показатели спектральной мощности альфа-ритма при открытых глазах в некоторых отведениях, преобладание низкоамплитудного альфа-веретена и снижение силы подавления альфа-ритма при открывании глаз по сравнению с нормой. Обнаруженные изменения косвенно указывают на снижение осцилляторной активности мозговых процессов при депрессивных расстройствах. Это можно объяснить, исходя из физиологических постулатов и знания механизмов генерации биоэлектрической активности мозга на молекулярно-клеточном уровне. Также за последние несколько лет накоплено большое количество исследований корреляций между поведенческими функциями, ЭЭГ-сигналами и

степенью оксигенации крови в различных областях головного мозга [14, 15].

ВЫВОД

В нашем исследовании были изучены количественные характеристики альфа-ритма электроэнцефалограммы у больных депрессией. Представленные результаты носят предварительный характер и могут быть полезны для разработки новых методологических подходов с целью диагностики заболевания, а также для дальнейших исследований с целью получения новых фундаментальных сведений о природе депрессивных расстройств.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Финансирование. Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания, тема №0550-2019-0007.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

Вклад авторов: *Галкин С.А.* — запись и оценка параметров ЭЭГ, статистическая обработка данных, написание статьи; *Васильева С.Н.* — клинико-психопатологическое обследование выборки; *Симуткин Г.Г.* — разработка концепции исследования, анализ литературных данных; *Бохан Н.А.* — окончательное утверждение для публикации рукописи.

Funding. The study was conducted within the framework of the state task, topic No. 0550-2019-0007.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interests.

Contribution of the authors: *Galkin S.A.* — recording and evaluation of EEG parameters, statistical data processing, writing an article; *Vasilyeva S.N.* — clinical and psychopathological examination of the sample; *Simutkin G.G.* — development of the research concept, analysis of literary data; *Bohan N.A.* — final approval for the publication of the manuscript.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Краснов В.Н. Депрессия как социальная и клиническая проблема современной медицины // Рос. психиатрич. ж. 2011. №6. С. 8–10.
2. Узбеков М.Г., Гурович И.Я., Иванова С.А. Потенциальные биомаркеры психических заболеваний в аспекте системного подхода // Социал. и клин. психиатрия. 2016. №1. С. 77–94.
3. Галкин С.А., Пешковская А.Г., Симуткин Г.Г. и др. Нарушения функции пространственной рабочей памяти при депрессии лёгкой степени тяжести и их нейрофизиологические корреляты // Ж. неврол. и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019. №10. С. 56–61.
4. Лапин И.А., Алфимова М.В. ЭЭГ-маркеры депрессивных состояний // Социал. и клин. психиатрия. 2014. №4. С. 81–89.
5. Изнак А.Ф., Изнак Е.В., Медведева Т.И. и др. Особенности спектральных параметров ЭЭГ у больных депрессией с разной эффективностью принятия решений // Физиол. человека. 2018. №6. С. 27–35.

6. Галкин С.А., Васильева С.Н., Симуткин Г.Г. и др. Спектральная мощность бета-ритма электроэнцефалограммы как маркер депрессивного расстройства // Неврологич. вестн. 2020. №4. С. 33–38.
7. Roh S.C., Park E.J., Shim M., Lee S.H. EEG beta and low gamma power correlates with inattention in patients with major depressive disorder // J. Affect Disord. 2016. №204. С. 124–130. DOI: 10.1016/j.jad.2016.06.033.
8. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы // Успехи физиол. наук. 2009. №3. С. 32–53.
9. Галкин С.А., Васильева С.Н., Иванова С.А., Бохан Н.А. Электроэнцефалографические маркеры устойчивости депрессивных расстройств к фармакотерапии и определение возможного подхода к индивидуальному прогнозу эффективности терапии // Психиатрия. 2021. №2. С. 39–45.
10. Zoon H.F., Veth C.P., Arns M. et al. EEG alpha power as an intermediate measure between brain-derived neurotrophic factor

Val66Met and depression severity in patients with major depressive disorder // *J. Clin. Neurophysiol.* 2013. N. 3. P. 261–267. DOI: 10.1097/WNP.0b013e3182933d6e.

11. Tement S., Pahor A., Jaušovec N. EEG alpha frequency correlates of burnout and depression: The role of gender // *Biol. Psychol.* 2016. N. 114. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2015.11.005.

12. Kustubayeva A., Kamzanova A., Kudaibergenova S. et al. Major depression and brain asymmetry in a decision-making task with negative and positive feedback // *Symmetry.* 2020. N. 12. P. 2118. DOI: 10.3390/sym12122118.

13. Мельников Е.М. Реакция активации на электроэнцефалограмме химически зависимых лиц: связи с наркологичес-

кими и психологическими переменными и изменения в контексте тренинга нейробиоуправления // *Бюлл. сибирской мед.* 2014. №4. С. 66–72.

14. Moosmann M., Ritter P., Krastel I. et al. Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy // *Neuroimage.* 2003. N. 1. P. 145–158. DOI: 10.1016/s1053–8119(03)00344–6.

15. Becker R., Knock S., Ritter P., Jirsa V. Relating alpha power and phase to population firing and hemodynamic activity using a thalamo-cortical neural mass model // *PLoS Comput. Biol.* 2015. N. 9. P. e1004352. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004352.

REFERENCES

1. Krasnov V.N. Depression as a social and clinical problem of modern medicine. *Rossijskij psichiatricheskij zhurnal.* 2011; (6): 8–10. (In Russ.)

2. Uzbekov M.G., Gurovich I.Ya., Ivanova S.A. Potential biomarkers of mental diseases in the aspect of a systematic approach. *Social'naya i klinicheskaya psichiatriya.* 2016; (1): 77–94. (In Russ.)

3. Galkin S.A., Peshkovskaya A.G., Simutkin G.G. et al. Violations of the function of spatial working memory in mild depression and their neurophysiological correlates. *Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova.* 2019; (10): 56–61. (In Russ.)

4. Lapin I.A., Alfimova M.V. EEG markers of depressive states. *Social'naya i klinicheskaya psichiatriya.* 2014; (4): 81–89. (In Russ.)

5. Iznak A.F., Iznak E.V., Medvedeva T.I. et al. Features of EEG spectral parameters in patients with depression with different decision-making efficiency. *Fiziologiya cheloveka.* 2018; (6): 27–35. (In Russ.)

6. Galkin S.A., Vasilyeva S.N., Simutkin G.G. et al. The spectral power of the beta rhythm of the electroencephalogram as a marker of depressive disorder. *Nevrologicheskij vestnik.* 2020; (4): 33–38. (In Russ.)

7. Roh S.C., Park E.J., Shim M., Lee S.H. EEG beta and low gamma power correlates with inattention in patients with major depressive disorder. *J. Affect Disord.* 2016; (204): 124–130. DOI: 10.1016/j.jad.2016.06.033.

8. Bazanova O.M. Modern interpretation of the alpha activity of the electroencephalogram. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk.* 2009; (3): 32–53. (In Russ.)

9. Galkin S.A., Vasilyeva S.N., Ivanova S.A., Bokhan N.A. Electroencephalographic markers of resistance of depressive disorders to pharmacotherapy and determination of a possible approach to individual prognosis of therapy effectiveness. *Psichiatriya.* 2021; (2): 39–45. (In Russ.)

10. Zoon H.F., Veth C.P., Arns M. et al. EEG alpha power as an intermediate measure between brain-derived neurotrophic factor Val66Met and depression severity in patients with major depressive disorder. *J. Clin. Neurophysiol.* 2013; (3): 261–267. DOI: 10.1097/WNP.0b013e3182933d6e.

11. Tement S., Pahor A., Jaušovec N. EEG alpha frequency correlates of burnout and depression: The role of gender. *Biol. Psychol.* 2016; (114): 1–12. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2015.11.005.

12. Kustubayeva A., Kamzanova A., Kudaibergenova S. et al. Major depression and brain asymmetry in a decision-making task with negative and positive feedback. *Symmetry.* 2020; (12): 2118. DOI: 10.3390/sym12122118.

13. Melnikov E.M. Activation reaction on the electroencephalogram of chemically dependent persons: connections with neurological and psychological variables and changes in the context of neurobiological management training. *Byulleten' sibirskoj mediciny.* 2014; (4): 66–72. (In Russ.)

14. Moosmann M., Ritter P., Krastel I. et al. Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy. *Neuroimage.* 2003; (1): 145–158. DOI: 10.1016/s1053–8119(03)00344–6.

15. Becker R., Knock S., Ritter P., Jirsa V. Relating alpha power and phase to population firing and hemodynamic activity using a thalamo-cortical neural mass model. *PLoS Comput. Biol.* 2015; (9): e1004352. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004352.

ОБ АВТОРАХ

Галкин Станислав Алексеевич, младший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-7709-3917;
eLibrary SPIN: 3902-45704; e-mail: s01091994@yandex.ru

Васильева Светлана Николаевна, к.м.н., научный сотрудник;
ORCID: 0000-0001-7600-7557;
eLibrary SPIN: 3607-2437; e-mail: vasilievasn@yandex.ru

Симуткин Герман Геннадьевич, д.м.н., ведущий научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-9813-3789;
eLibrary SPIN: 4372-4950; e-mail: ggsimutkin@gmail.com;

Бокхан Николай Александрович, д.м.н., профессор, академик РАН;
ORCID: 0000-0002-1052-855X; eLibrary SPIN: 2419-1263;
e-mail: mental@yamndex.ru

AUTHOR'S INFO

Stanislav A. Galkin, junior researcher;
ORCID: 0000-0002-7709-3917;
eLibrary SPIN: 3902-45704; e-mail: s01091994@yandex.ru

Svetlana N. Vasilyeva, Cand. Sci. (Med.), research associate;
ORCID: 0000-0001-7600-7557;
eLibrary SPIN: 3607-2437;
e-mail: vasilievasn@yandex.ru

German G. Simutkin, Dr. Sci. (Med.), leading researcher;
ORCID: 0000-0002-9813-3789;
eLibrary SPIN: 4372-4950;
e-mail: ggsimutkin@gmail.com

Nikolay A. Bokhan, Dr. Sci. (Med.), Professor, academician of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0002-1052-855X;
eLibrary SPIN: 2419-1263; e-mail: mental@yamndex.ru