

## Применение транскраниальной магнитной стимуляции для лечения тревожных и депрессивных расстройств

**М.М. Рассвет<sup>1,2✉</sup>, О.Н. Коновалова<sup>2</sup>, Е.Н. Галушина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, Красноярск, Россия  
✉ rassvet.maxim@gmail.com

### Аннотация

**Обоснование.** Депрессия и тревожные расстройства – распространенные психические заболевания, требующие поиска новых, немедикаментозных методов лечения. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) – неинвазивный метод, показывающий многообещающие результаты в терапии данных расстройств. **Цель:** оценить эффективность ТМС дорсолатеральной префронтальной коры (ДЛПК) в снижении симптомов тревоги и депрессии у пациентов отделения медицинской реабилитации. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 20 пациентов Сибирского клинического центра ФМБА России, отделения медицинской реабилитации № 1, в возрасте от 50 до 80 лет, разделенные на контрольную (n = 10) и экспериментальную (n = 10) группы. Уровень тревоги и депрессии оценивался с помощью шкал Бека до и после вмешательства. Пациенты экспериментальной группы получали 10 ежедневных сеансов ТМС левой ДЛПК (10 Гц, 120 % от моторного порога, 3000 импульсов). **Результаты.** В экспериментальной группе наблюдалось статистически значимое снижение показателей тревоги и депрессии после курса ТМС по сравнению с контрольной группой. **Заключение.** ТМС ДЛПК – перспективный метод лечения тревожно-депрессивных расстройств. Необходимы дальнейшие исследования с большими выборками для оптимизации протоколов лечения и изучения долгосрочных эффектов.

**Ключевые слова:** транскраниальная магнитная стимуляция, депрессия, тревожные расстройства, дорсолатеральная префронтальная кора, психотерапия, эффективность лечения, психические расстройства

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Рассвет М.М., Коновалова О.Н., Галушина Е.Н. Применение транскраниальной магнитной стимуляции для лечения тревожных и депрессивных расстройств // Психология. Психофизиология. 2024. Т. 17, № 3. С. 57–65. DOI: 10.14529/jpps240305

Original article  
DOI: 10.14529/jpps240305

## The use of transcranial magnetic stimulation for the treatment of anxiety and depressive disorders

**M.M. Rassvet<sup>1,2✉</sup>, O.N. Konovalova<sup>2</sup>, E.N. Galushina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Federal Siberian Research Clinical Centre under FMBA of Russia, Krasnoyarsk, Russia  
✉ rassvet.maxim@gmail.com

### Abstract

**Introduction.** Depression and anxiety disorders are prevalent mental illnesses, demanding the exploration of new, non-pharmacological treatment approaches. Transcranial magnetic stimulation (TMS), a non-invasive method, has shown promising results in managing these conditions. **Aims.** This study aims to assess

the effectiveness of TMS applied to the dorsolateral prefrontal cortex (DLPC) in reducing symptoms of anxiety and depression among patients undergoing medical rehabilitation. **Materials and methods.** This study involved 20 patients from the Siberian Clinical Center of the FMBA of Russia, Rehabilitation Department No. 1, aged 50 to 80 years, divided into control ( $n = 10$ ) and experimental ( $n = 10$ ) groups. Anxiety and depression levels were assessed using Beck scales before and after the intervention. Patients in the experimental group received 10 daily sessions of TMS to the left DLPC (10 Hz, 120% of motor threshold, 3000 pulses). **Results.** The experimental group demonstrated statistically significant reductions in anxiety and depression scores after the TMS course compared to the control group. **Conclusion.** DLPC-targeted TMS is a promising treatment for anxiety and depressive disorders. Further research with larger sample sizes is needed to optimize treatment protocols and investigate long-term effects.

**Keywords:** transcranial magnetic stimulation, depression, anxiety disorders, dorsolateral prefrontal cortex, psychotherapy, treatment effectiveness, statistical analysis, mental disorders

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Rassvet M.M., Konovalova O.N., Galushina E.N. The use of transcranial magnetic stimulation for the treatment of anxiety and depressive disorders. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2024;17(3):57–65. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps240305

## Введение

Депрессия – одно из самых распространенных психических заболеваний среди населения России. По статистике каждый десятый житель нашей страны страдает от депрессии. Согласно данным Министерства здравоохранения Российской Федерации число людей, страдающих депрессией, продолжает расти из года в год. Отмечается, что в 2023 году число пациентов в России увеличилось на 14,6 % по сравнению с 2022 годом. Это относится как к мужчинам, так и к женщинам, а также к людям разных возрастных групп.

По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2023 году в России наблюдается рост заболеваемости депрессией. Более 16 миллионов человек страдают этим заболеванием, что составляет около 11 % населения страны<sup>1</sup>.

С 1985 года для лечения депрессии и тревожных расстройств без использования медикаментов начали применять метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Этот метод был предложен как альтернатива электросудорожной терапии (ЭСТ). ТМС обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с ЭСТ:

- импульсы, применяемые в ТМС, не достигают судорожного порога;
- нет снижения когнитивных функций после процедуры;

– ТМС обеспечивает более точное и целенаправленное воздействие на определенные области мозга, связанные с развитием депрессии и тревожных расстройств.

Количество исследований, посвященных оценке эффективности транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) при психоневрологических патологиях, постоянно увеличивается. Среди них есть плацебо-контролируемые исследования, а также метаанализы, благодаря которым ТМС стало признанным и зарегистрированным методом терапии депрессивных и тревожных расстройств во многих странах [1].

В данном исследовании рассматривается потенциал транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) как метода лечения тревожных и депрессивных расстройств. Фокус направлен на изучение воздействия ТМС на дорсолатеральную префронтальную кору, область мозга, играющую ключевую роль в регуляции эмоций и настроения.

Метод ТМС опирается на генерацию электрического поля в глубине тканей, что способствует деполяризации мембраны нервной клетки. Это, в свою очередь, приводит к возникновению и распространению потенциала действия. При однократном стимулировании моторной коры возникает внушительный залп нисходящих волн возбуждения, где альфа-мотонейроны, участвующие в передаче возбуждения периферическим нервам, выступают в качестве конечной мишени [2, 3].

В результате применения корковой стимуляции с использованием переменного магнитного поля происходит возбуждение корко-

---

<sup>1</sup> Депрессивное расстройство (депрессия). Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/depression> (дата обращения: 10.10.2023)

вых нейронов, которые первыми активируются при выполнении произвольных движений. Этот метод считается одним из наиболее физиологически обоснованных, поскольку он основан на естественной активации соответствующих нейронных путей<sup>2</sup> [4, 5].

Включение психотерапии и/или реабилитационных мероприятий в лечение пациентов, получающих ТМС-терапию, демонстрирует сравнимую эффективность с применением тренировки-ходьбы для пациентов с болезнью Паркинсона и когнитивного тренинга для пациентов с болезнью Альцгеймера. Комбинирование психотерапии с курсом ТМС способствует увеличению мозговой пластичности и повышает терапевтический отклик на лечение. Пациенты, получавшие ТМС в сочетании с психотерапией, отмечали более значительные результаты по сравнению с пациентами, не занимавшимися психотерапией.

Эффективность применения психотерапии в сочетании с ТМС обусловлена активацией схожих областей, особенно дорсолатеральной префронтальной коры (ДЛПК). ТМС в таком случае рассматривается как «праймер», усиливающий эффективность определенных видов психотерапии, таких как когнитивно-поведенческая терапия и терапия осознанности. Предварительные данные, полученные на основе анализа клинических случаев, свидетельствуют о положительных результатах комбинированного применения ТМС и психотерапии при обсессивно-компульсивном расстройстве (ОКР), посттравматическом стрессовом расстройстве (ПТСР) и большом депрессивном эпизоде. Однако стоит отметить, что большинство из описанных случаев относится к пациентам с мультирезистентными формами этих расстройств, которые не реагируют на плацебо и впервые

получили облегчение симптомов именно при комбинации ТМС и психотерапии [6, 7].

Дорсолатеральная префронтальная кора является ключевой областью для применения ТМС при лечении депрессии благодаря ее поверхностному расположению и синаптической связанности с лимбической системой, включающей стриатум, таламус и переднюю извилистую кору. Эти структуры играют ключевую роль в регуляции эмоциональной сферы и аффективных состояний. Поэтому стимуляция ДЛПК может быть эффективным подходом в лечении депрессии [6, 8].

Анализ литературы позволяет выявить оптимальное количество стимулов/импульсов за сеанс и числа сеансов, необходимых для достижения антидепрессивного эффекта. В большинстве исследований отмечаются значительные различия в указанных показателях. Например, количество стимулов варьирует от 120 до 3000, а число сеансов может колебаться от 10 до 30. Важно отметить, что более эффективными оказываются протоколы с большим числом стимулов и сеансов, что свидетельствует о более интенсивной стимуляции, особенно при использовании высокочастотной стимуляции левой ДЛПК [9, 10].

Связь между частотой стимуляции и выбором варианта стимуляции (высокочастотной слева или низкочастотной справа) является важным аспектом при лечении депрессии. Стимуляция левой ДЛПК обычно проводится с частотой 10 Гц для достижения антидепрессивного эффекта, сравнимого с действием антидепрессантов. В большинстве одобренных протоколов частота стимуляции варьирует от 5 до 20 Гц. На современном этапе были предложены протоколы ускоренного курса, где импульсы подаются в виде тета-вспышек. Это позволяет сократить длительность каждого сеанса до 3–4 минут, при этом сохраняя количество импульсов более 1000 за сеанс. Обычно курс лечения составляет не менее 20 сеансов, проводимых ежедневно в течение пяти дней в неделю, с двумя днями перерыва на протяжении четырех недель.

Важно отметить, что у некоторых пациентов антидепрессивный эффект может проявиться с задержкой и развиваться через несколько недель после окончания курса стимуляции [11].

Терапия тревожных расстройств, включая генерализованное тревожное расстройство и паническое расстройство, с использованием

<sup>2</sup> Баишева З.Х. Обзор устройств диагностики мозговой деятельности // Мавлютовские чтения: матер. XV Всерос. молодеж. науч. конф. (26–28 октября 2021 г.). Т. 3. Уфа: Уфимский гос. авиационный тех. ун-т, 2021. С. 7–14.

Методы магнитной и электрической стимуляции в коррекции двигательных функций после острых нарушений мозгового кровообращения / С.С. Ананьев, З.В. Степанова, С.И. Рахмаев [и др.] // Актуальные проблемы экопрофилактики в образовательной среде: сб. науч. ст. Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию науч.-практ. концепции «Экопрофилактика» (10–11 сентября 2021 г.) / под ред. А.В. Видулова, Д.В. Воробьева. Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2021. С. 26–31.

ТМС привлекает меньше внимания исследователей по сравнению с лечением депрессий. Однако накоплено достаточно данных, которые подтверждают эффективность ТМС в лечении указанных патологий. Наиболее высокий уровень доказательности получен в отношении обсессивно-компульсивного расстройства, для которого ТМС-терапия уже одобрена FDA.

Одна из гипотез, предложенных К. Ресслером и соавторами, основывается на теории межполушарной асимметрии. Согласно этой модели правое полушарие имеет наибольшую связь с тревогой, что было подтверждено нейровизуализационными исследованиями и исследованиями низкочастотной ТМС (1 Гц) на правой префронтальной коре.

Другая теория связывает анксиолитическое действие ТМС со стимуляцией фронто-субкортикальных цепей при высокочастотной стимуляции левой ДЛПК. Некоторые исследования показали, что ТМС увеличивает выработку мозгового нейротрофического фактора (BDNF) и повышает выброс серотонина, что сопоставимо с анксиолитическим действием препаратов из группы СИОЗС.

ТМС представляет перспективный метод лечения тревожных расстройств, однако дальнейшие исследования необходимы для более полного понимания механизмов ее действия и определения оптимальных протоколов лечения [12–14].

Несмотря на многообещающие перспективы транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) в терапии тревожных расстройств, текущий объем данных не позволяет с уверенностью рекомендовать её применение при таких состояниях, как ПТСР, ГТР или паническое расстройство. Дальнейшие исследования, в частности, рандомизированные контролируемые испытания с достаточным количеством участников, необходимы для прояснения эффективности данного метода [15].

Широкий спектр настраиваемых параметров ТМС, включая область стимуляции, характеристики стимула, его частоту, амплитуду и количество сеансов, открывает возможности для персонализированного подхода к лечению. Однако это многообразие одновременно представляет собой и вызов, усложняя разработку стандартизированных и эффективных протоколов [16, 17].

Несмотря на существующие сложности, высокая безопасность и хорошая переноси-

мость ТМС [18], а также её доказанная эффективность при большом депрессивном расстройстве мотивируют к продолжению исследований в данном направлении. В условиях острой необходимости поиска новых терапевтических подходов к тревожным расстройствам ТМС сохраняет свой потенциал и оставляет надежду на будущие прорывы [19, 20].

Задачи исследования: 1) анализ существующей научной литературы о применении ТМС при лечении тревоги и депрессии; 2) подбор психодиагностических методик для оценки уровня тревожности и депрессии у пациентов отделения медицинской реабилитации; 3) формулирование выводов на основе полученных результатов.

Гипотеза исследования: ТМС дорсолатеральной префронтальной коры способствует снижению симптомов тревоги и депрессии.

### **Методы и материалы**

Перед началом процедуры врач проводит специальный тест, чтобы оценить реакцию пациента на медицинский аппарат. Этот тест не только помогает определить минимальный уровень вызванного моторного потенциала (ВМП), но и позволяет определить точное местоположение для проведения терапии. Для этого врач приближает к голове пациента специальную 8-образную катушку, которая создает магнитное поле. Во время сеанса можно услышать характерные щелчки, которые возникают при прохождении импульсов тока через эту катушку.

Анализ литературных источников [3, 11, 13, 21] позволил определить оптимальные протоколы настройки параметров ТМС (табл. 1).

Выборку обследованных составили 20 пациентов отделения медицинской реабилитации № 1 Сибирского клинического центра ФМБА России в возрасте от 50 до 80 лет, которые были распределены поровну на контрольную и экспериментальную группы.

В целях исследования и дальнейшего сравнения первичных и повторных показателей уровня тревоги и депрессии были использованы методики «Шкала тревоги Бека» и «Шкала депрессии Бека».

Первичная диагностика показателей тревоги и депрессии в группах показала, что:

– в контрольной группе испытуемых по «Шкале депрессии Бека» 30 % исследуемых имеют симптомы, соответствующие умеренному уровню депрессии, и 70 % – с выражен-

Таблица 1  
Table 1

Протоколы ТМС-терапии  
Protocols of TMS therapy

Локализация Localization	Частота Frequency	Продолжительность экспозиции Exposure duration	Интервал Interval	Курс Course
Левая ДЛПК Left DLPC	10 Гц, 120 % от моторного порога 10 Hz, 120 % of motor threshold	4 секунды /seconds	26 секунд /seconds	3000 импульсов в день, 10 сеансов, 37,5 мин на сеанс 3000 impulses/day, 10 sessions, 37.5 minutes per session
Правая ДЛПК Right DLPC	1 Гц, 90 % от моторного по- рога 1 Hz, 90 % of motor threshold	1 секунда /second	1 секунда /second	900 импульсов в день, 6 сеансов, 15 мин на сеанс 900 impulses/day, 6 sessions, 15 minutes per session

ным уровнем депрессии средней степени тяжести, а в экспериментальной группе – 40 % обследуемых имеют симптомы, соответствующие умеренному уровню депрессии, а 60 % – с выраженным уровнем депрессии;

– по «Шкале тревоги Бека» 100 % обследуемых в контрольной группе имеют среднюю выраженность уровня тревоги, в экспериментальной группе – 90 % обследуемых со средним уровнем тревоги и 10 % – с высокими показателями тревоги.

**Результаты**

После применения ТМС в экспериментальной группе была проведена повторная диагностика обеих групп. Были получены следующие показатели: в контрольной группе испытуемых по «Шкале депрессии Бека» 10 % испытуемых имеют симптомы легкого уровня депрессии, 40 % исследуемых имеют симпто-

мы, соответствующие умеренному уровню депрессии, и 50 % – с выраженным уровнем депрессии средней степени тяжести, в экспериментальной группе у 80 % исследуемых отсутствуют симптомы депрессии и 20 % – с легким уровнем депрессии (табл. 2).

В контрольной группе по «Шкале тревоги Бека» 70 % исследуемых имеют среднюю выраженность тревоги и 30 % с низким уровнем, а в экспериментальной группе – 100 % исследуемых имеют низкий уровень выраженности тревоги

Среднее значение показателей уровня тревоги и депрессии при повторной диагностике уменьшилось по сравнению с результатами первичной (табл. 3).

Статистическая значимость различий исследуемых показателей между первичным и повторным тестированием наблюдается только в экспериментальной группе.

Таблица 2  
Table 2

Распределение обследованных лиц с различной степенью выраженности депрессии и тревоги до и после курса применения ТМС, %

Distribution of patients with different levels of anxiety and depression disorders before and after TMS treatment, %

Степень, уровень Degree, level	Контрольная группа Control group		Экспериментальная группа Experimental group	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After
Шкала депрессии / Depression scale				
Выраженная / Severe	70	50	60	–
Умеренная / Moderate	30	40	40	–
Легкая / Mild	–	10	–	20
Отсутствует / Absent	–	–	–	80
Шкала тревоги / Anxiety scale				
Высокий / High	–	–	10	–
Средний / Moderate	100	70	90	–
Низкий / Low	–	30	–	100

Среднее значение показателей тревоги и депрессии в группах при первичной и повторной диагностиках (баллы)  
The average value of anxiety and depression indicators in the groups during primary and repeated diagnoses (points)

Шкала Scale	Первичная диагностика Primary diagnosis		Повторная диагностика Repeated diagnosis	
	Контрольная группа Control group	Экспериментальная группа Experimental group	Контрольная группа Control group	Экспериментальная группа Experimental group
Тревога Anxiety	26,1	27,2	24,1 *	11,8 **
Депрессия Depression	21,6	22,7	20,1	7,0 **

Условные обозначения: \* –  $p \leq 0,01$ ; \*\* –  $p \leq 0,0001$ .  
Note: \*  $p \leq 0.05$ ; \*\* –  $p \leq 0.0001$ .

### Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что транскраниальная магнитная стимуляция дорсолатеральной префронтальной коры головного мозга способствует уменьшению показателей тревоги и депрессии. Статистическая значимость результатов об эффективности применения ТМС при вышеуказанных расстройствах была подтверждена с помощью критерия Стьюдента, расчет эмпирических показателей производился с помощью языка программирования R.

В качестве возможного механизма действия ТМС можно предположить модуляцию активности нейронных сетей, связанных с регуляцией эмоций. Стимуляция ДЛПК, вероятно, оказывает влияние на активность лимбических структур, таких как миндалевидное

тело и гиппокамп, играющих ключевую роль в формировании тревожных и депрессивных состояний.

Важно отметить, что исследование имеет ряд ограничений, включая небольшой размер выборки и отсутствие долгосрочного наблюдения за пациентами.

Дальнейшие исследования с большим количеством участников и длительным периодом наблюдения позволят более детально изучить эффективность и безопасность ТМС ДЛПК, а также определить оптимальные протоколы лечения для различных категорий пациентов. Полученные результаты подчеркивают перспективность ТМС как неинвазивного метода лечения тревожных и депрессивных расстройств и необходимость продолжения исследований в данном направлении.

### Список источников

1. Hallett M., Chokroverty S. Magnetic stimulation in clinical neurophysiology. Philadelphia: Elsevier, 2005. 457 p.
2. Транскраниальная магнитная стимуляция в когнитивной нейронауке: методологические основы и безопасность / И.С. Бакулин, А.Г. Пойдашева, А.А. Медынцева [и др.] // Российский журнал когнитивной науки. 2020. Т. 7, № 3. С. 25–44. DOI: 10.47010/20.3.2.
3. Тимербулатов И.Ф., Гулиев М.А. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) в лечении тревожных расстройств // Социальная и клиническая психиатрия. 2021. Т. 31, № 1. С. 104–109.
4. Higgins S.E., George M.S. Brain Stimulation Therapies for the Clinician. Washington: American Psychiatric Association Publishing, 2009. 203 p.
5. Антропоморфные модели мозга на основе изображений магнитно-резонансной томографии / В.В. Кабачек, Н.С. Давыдова, М.М. Меженная, М.В. Давыдов // Цифровая трансформация. 2022. Т. 28, № 2. С. 61–69. DOI: 10.35596/2522-9613-2022-28-2-61-69
6. Транскраниальная магнитная стимуляция в неврологии и нейрореабилитации / Л.Р. Ахмадеева, Ю.О. Уразбахтина, К.Р. Камалова [и др.] // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2019. Т. 21, № 12. С. 55–59. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2019-21-12-55-59
7. Petrides M., Pandya D.N. Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and the macaque brain and corticocortical connection patterns // European Journal of Neuroscience. 1999. Vol. 11(3). P. 1011–1036. DOI: 10.1046/j.1460-9568.1999.00518.x

8. Нейронные сети состояния покоя при депрессиях и перспективы применения персонифицированной магнитной стимуляции / Б.А. Антонович, Л.А. Майорова, Э.Э. Цукарзи, С.Н. Мосолов // Современная терапия психических расстройств. 2019. № 3. С. 2–11. DOI: 10.21265/PSYPH.2019.49.35967

9. Применение транскраниальной магнитной стимуляции в психиатрической и психоневрологической практике / А.А. Рагимова, Д.С. Петелин, Н.В. Захарова [и др.]. М.: Изд-во Сеченовского университета, 2022. 150 с.

10. A randomized clinical trial of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of major depression / R.M. Berman, M. Narasimhan, G. Sanacora et al. // Biological Psychiatry. 2000. Vol. 47(4). P. 332–337. DOI: 10.1016/s0006-3223(99)00243-7

11. Repetitive TMS combined with exposure therapy for PTSD: a preliminary study / E.A. Osuch, B.E. Benson, D.A. Luckenbaugh et al. // Journal of Anxiety Disorders. 2009. Vol. 23(1). P. 54–59. DOI: 10.1016/j.janxdis.2008.03.015.

12. Исамухамедова Ю., Усманходжаева А. Применение транскраниальной магнитостимуляции в неврологии // Colloquium-Journal. 2020. № 13-2(65). С. 59–61.

13. Long-term efficacy of repeated daily prefrontal transcranial magnetic stimulation (TMS) in treatment-resistant depression / A. Mantovani, M. Pavlicova, D. Avery et al. // Depression and Anxiety. 2012. Vol. 29(10). P. 883–890. DOI: 10.1002/da.21967

14. Тимербулатов И.Ф., Гулиев М.А. Транскраниальная магнитная стимуляция в лечении генерализованного тревожного расстройства // Психиатрия, психотерапия и клиническая психология. 2019. Т. 10, № 4. С. 663–667.

15. Перспективы развития терапевтической транскраниальной магнитной стимуляции / И.С. Бакулин, А.Г. Пойдашева, Д.Ю. Лагода и др. // Нервные болезни. 2021. № 4. С. 3–10. DOI: 10.24412/2226-0757-2021-12371

16. Навигационная транскраниальная магнитная стимуляция: вопрос о точности / В.Б. Войтенков, Е.В. Екушева, А.В. Маслокова и др. // Медицинский алфавит. 2022. № 21. С. 27–31. DOI: 10.33667/2078-5631-2022-21-27-31

17. Изменения пространственной организации деятельности мозга под влиянием комбинированной антидепрессивной терапии, включающей транскраниальную магнитную стимуляцию / Е.В. Дамянович, Е.В. Изнак, И.В. Олейчик и др. // Физиология человека. 2019. Т. 45, № 1. С. 29–36. DOI: 10.1134/S0131164619010041

18. Картирование функционально значимых зон головного мозга с применением метода транскраниальной магнитной стимуляции / Т.М. Прыгунова, В.Ю. Борисов, О.В. Баландина, У.А. Насонова // Медицинский альманах. 2022. № 2(71). С. 6–12.

19. Исполатова Е.Н. Посттравматическое стрессовое расстройство: морфологические субстраты, нейронные сети и перспективы применения транскраниальной магнитной стимуляции / Е.Н. Исполатова, Э.Э. Цукарзи // Современная терапия психических расстройств. 2022. № 3. С. 45–49. DOI: 10.21265/PSYPH.2022.78.73.005

20. Функциональная МРТ у пациентов с терапевтически резистентной депрессией до и после транскраниальной магнитной стимуляции / Д.В. Устюжанин, С.Р. Рангус, И.И. Усманова и др. // Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2023. Т. 13, № 2. С. 24–37. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-2-24-37

21. Заборин А.С., Карташов С.И. Спектроскопические особенности содержания нейромедиаторов при прохождении ТМС-терапии при кататонии // Вестник Военного инновационного технополиса «Эра». 2023. Т. 4, № 3. С. 300–303. DOI: 10.56304/S2782375X2303021X

*Поступила 13.06.2024; одобрена после рецензирования 02.08.2024; принята к публикации 06.08.2024.*

#### *Информация об авторах*

**Рассвет Максим Максимович**, клинический психолог, преподаватель кафедры клинической психологии и педагогики с курсом ПО, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (ул. Партизана Железняка, 1, Красноярск, 660022, Россия); Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России (Коломенская ул., 26 к. 2, Красноярск, 660037 Россия); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3614-9436>, e-mail: [rassvet.maxim@gmail.com](mailto:rassvet.maxim@gmail.com)

**Коновалова Ольга Николаевна**, врач-невролог-сомнолог, заведующий отделением медицинской реабилитации № 1, Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России (Коломенская ул., 26 к. 2, г. Красноярск, 660037 Россия); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8688-0569>, e-mail: [tereshonokon@gmail.com](mailto:tereshonokon@gmail.com)

**Галушина Елена Николаевна**, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики, Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (ул. Партизана Железняка, 1, г. Красноярск, 660022, Россия); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5628-0078>, e-mail: [e.n.galushina@gmail.com](mailto:e.n.galushina@gmail.com)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

*Заявленный вклад авторов*

Рассвет М.М. – разработка идеи исследования, руководство реализацией, подготовка текста, формулирование выводов исследования.

Коновалова О.Н. – формулирование выводов исследования, проведение практической части исследования.

Галушина Е.Н. – разработка концепции, методологии и теоретической базы, систематизация результатов, анализ материала.

### References

1. Hallett M., Chokroverty S. *Magnetic stimulation in clinical neurophysiology*. Philadelphia. Elsevier. 2005:457.
2. Bakulin I.S., Poydasheva A.G., Medyntsev A.A., Suponeva N.A., Piradov M.A. Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience: Methodological basis and safety. *Rossiiskii zhurnal kognitivnoi nauki = The Russian Journal of Cognitive Science*. 2020;7(3):25–44. (in Russ.). DOI: 10.47010/20.3.2.
3. Timerbulatov I.F., Guliyev M.A. Transcranial magnetic stimulation (tms) in the treatment of anxiety disorders. *Sotsial'naya i klinicheskaya psikhatriya = Social and clinical psychiatry*. 2021;31(1):104–109. (in Russ.).
4. Higgins S.E., George M.S. *Brain Stimulation Therapies for the Clinician*. Washington. American Psychiatric Association Publishing. 2009:203.
5. Kabachek V.V., Davydova N.S., Mezhenaya M.M., Davydov M.V. Anthropomorphic Brain Models Based on Magnetic Resonance Imaging. *Tsifrovaya transformatsiya = Digital Transformation*. 2022;28(2):61–69. (in Russ.). DOI: 10.35596/2522-9613-2022-28-2-61-69
6. Akhmadeeva L.R., Urazbaktina Yu.O., Kamalova K.R. et al. Transcranial magnetic stimulation in neurology and neurorehabilitation. *Mediko-farmatsevticheskii zhurnal "Pul's" = Medical and pharmaceutical journal "Pulse"*. 2019;21(12):55–59. (in Russ.). DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2019-21-12-55-59
7. Petrides M., Pandya D.N. Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and the macaque brain and corticocortical connection patterns. *European Journal of Neuroscience*. 1999;11(3):1011–1036. DOI: 10.1046/j.1460-9568.1999.00518.x
8. Antonovich B.A., Mayorova L.A., Tsukarz E.E., Mosolov S.N. Resting State Networks in Depression and Perspectives for Personalized Transcranial Magnetic Stimulation. *Sovremennaya terapiya psikhicheskikh rasstroistv = Current Therapy of Mental Disorders*. 2019;3:2–11. (in Russ.). DOI: 10.21265/PSYPH.2019.49.35967
9. Ragimova A.A., Petelin D.S., Zakharova N.V. et al. *Primenenie transkraniial'noi magnitnoi stimulyatsii v psikhiatricheskoi i psikhonevrologicheskoi praktike* [Application of transcranial magnetic stimulation in psychiatric and neuropsychiatric practice]. Moscow. Sechenov University Publ. 2022:150. (in Russ.).
10. Berman R.M., Narasimhan M., Sanacora G. et al. A randomized clinical trial of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of major depression. *Biological Psychiatry*. 2000;47(4):332–337. DOI: 10.1016/s0006-3223(99)00243-7.
11. Osuch E.A., Benson B.E., Luckenbaugh D.A. et al. Repetitive TMS combined with exposure therapy for PTSD: a preliminary study. *Journal of Anxiety Disorders*. 2009;23(1):54–59. DOI: 10.1016/j.janxdis.2008.03.015.
12. Isamukhamedova Yu., Usmankhodzhaeva A. Application of transcranial magnetic stimulation in neurology. *Colloquium-Journal*. 2020;13-2(65):59–61. (in Russ.).

13. Mantovani A., Pavlicova M., Avery D. et al. Long-term efficacy of repeated daily prefrontal transcranial magnetic stimulation (TMS) in treatment-resistant depression. *Depression and Anxiety*. 2012;29(10):883–890. DOI: 10.1002/da.21967.
14. Timerbulatov I.F., Guliev M.A. Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Generalized Anxiety Disorder. *Psikhiatriya, psikhoterapiya i klinicheskaya psikhologiya = Psychiatry, Psychotherapy and Clinical Psychology*. 2019;10(4):663–667. (in Russ.).
15. Bakulin I.S., Poidasheva A.G., Lagoda D.Yu. et al. Prospects for the Development of Therapeutic Transcranial Magnetic Stimulation. *Nervnye bolezni = Nervous diseases*. 2021;4:3–10. (in Russ.). DOI: 10.24412/2226-0757-2021-12371.
16. Voitenkov V.B., Ekusheva E.V., Maslyukova A.V. et al. Navigated transcranial magnetic stimulation: Question of accuracy. *Medsinskii alfavit = Medical alphabet*. 2022;(21):27–31. (in Russ.). DOI: 10.33667/2078-5631-2022-21-27-31
17. Damyanovich E.V., Iznak E.V., Oleichik I.V. et al. Changes in the spatial organization of brain activity after combined antidepressive therapy including transcranial magnetic stimulation. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2019;45(1):29–36. (in Russ.). DOI: 10.1134/S0131164619010041
18. Prygunova T.M., Borisov V.Yu., Balandina O.V., Nasonova U.A. Functional brain mapping of significant areas of the brain using transcranial magnetic stimulation method. *Medsinskii al'manakh = Medical almanac*. 2022;2(71):6–12. (in Russ.).
19. Isolatova E., Tsukarzi E. Post-Traumatic Stress Disorder: Morphological Substrates, Neural Networks and Transcranial Magnetic Stimulation Potential Benefits. *Sovremennaya terapiya psikhicheskikh rasstroystv = Current Therapy of Mental Disorders*. 2022;(3):45–49. (in Russ.). DOI: 10.21265/PSYPH.2022.78.73.005
20. Ustyuzhanin D.V., Rangus S.R., Usmanova I.I. et al. Functional MRI in patients with therapeutically resistant depression before and after transcranial magnetic stimulation. *Rossiiskii elektronnyi zhurnal luchevoi diagnostiki = Russian electronic journal of radiology*. 2023;13(2):24–37. (in Russ.). DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-2-24-37.
21. Zaborin A.S., Kartashov S.I. Spectroscopic features of the content of neurotransmitters during TMS therapy for catatonia. *Vestnik Voennogo innovatsionnogo tekhnopolisa "Era" = Bulletin of the Military innovative technopolis "Era"*. 2023;4(3):300–303. (in Russ.). DOI: 10.56304/S2782375X2303021X

*Submitted 13.06.2024; approved after reviewing 02.08.2024; accepted for publication 06.08.2024.*

#### *About the authors*

**Maxim M. Rassvet**, clinical psychologist, lecturer at the Department of Clinical Psychology and Pedagogy with a postgraduate course, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky (Partizan Zheleznyak str., 1, Krasnoyarsk, 660022, Russia); Federal Siberian Research Clinical Centre under FMBA of Russia (Kolomenskaya str., 26/2, Krasnoyarsk, 660037, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3614-9436>, e-mail: [rassvet.maxim@gmail.com](mailto:rassvet.maxim@gmail.com)

**Olga N. Konovalova**, Neurologist-somnologist, head of the Department of Medical Rehabilitation No. 1, Federal Siberian Research Clinical Centre under FMBA of Russia (Kolomenskaya str., 26/2, Krasnoyarsk, 660037, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8688-0569>, e-mail: [tereshonokon@gmail.com](mailto:tereshonokon@gmail.com)

**Elena N. Galushina**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Cybernetics and Computer Science, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voino-Yasenetsky (Partizan Zheleznyak str., 1, Krasnoyarsk, 660022, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5628-0078>, e-mail: [e.n.galushina@gmail.com](mailto:e.n.galushina@gmail.com)

#### *Contribution of the authors*

Rassvet M.M. – development of the research idea, implementation guidance, preparation of the text, formulation of research conclusions.

Konovalova O.N. – formulation of research conclusions, conducting the practical part of the study.

Galushina E.N. – development of the concept, methodology and theoretical base, systematization of results, analysis of the material.

*All authors have read and approved the final manuscript.*