

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.15 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.ЛОБАЧЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 сентября 2025 г. № 09

О присуждении Безматерных Дмитрию Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Построение сетевых моделей регуляции позитивных социальных эмоций при депрессии и их адаптация для нейробиоуправления: фМРТ-исследование» по специальности 5.12.4. – Когнитивное моделирование (физико-математические науки) принята к защите 26 июня 2025 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.340.15 на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Минобрнауки РФ (603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23; приказ Минобрнауки РФ №2115/нк от 14 ноября 2023 г.).

Соискатель Безматерных Дмитрий Дмитриевич, 02.05.1993 г. рождения, обучался в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» с 2010 г. по 2014 г. по специальности «Физика», с 01 сентября 2014 г. по 31 августа 2017 г. обучался в магистратуре по направлению 03.04.02 «Физика», решением Государственной аттестационной комиссии присвоена квалификация «Магистр» (диплом № 105424 0956406, регистрационный номер 25, дата выдачи 30 июня 2017 года). В

2021 г. окончил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность (профиль) «Биофизика» (диплом № 105424 5293657, регистрационный номер 3, дата выдачи 01 июля 2021 года), в 2024 г. закончил обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» по направлению 30.06.01 «Фундаментальная медицина», направленность (профиль) «Патологическая физиология» (диплом №

В период подготовки диссертации Безматерных Дмитрий Дмитриевич работал в лаборатории компьютерных систем биоправления научно-исследовательского института молекулярной биологии и биофизики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» в должностях научный сотрудник, младший научный сотрудник, лаборант-исследователь.

В настоящее время Безматерных Дмитрий Дмитриевич работает в должности младший научный сотрудник центра нейробиологии и нейрореабилитации имени Владимира Зельмана Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологии» и в должности научный сотрудник лаборатории компьютерных систем биоправления научно-исследовательского института молекулярной биологии и биофизики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины».

Диссертация выполнена в лаборатории компьютерных систем биоуправления научно-исследовательского института молекулярной биологии и биофизики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» (ФИЦ ФТМ), г. Новосибирск.

Научные руководители:

Штарк Маркс Борисович – доктор биологических наук по специальности 03.03.01 - Физиология, профессор, академик РАН, руководитель научного направления научно-исследовательского института молекулярной биологии и биофизики ФГБНУ ФИЦ ФТМ.

Ковш Юрий Александрович – кандидат медицинских наук (PhD) по специальности 1.3.21 – Медицинская физика, доцент центра нейробиологии и нейрореабилитации имени Владимира Зельмана АНОО ВО «Сколковский институт науки и технологии».

Официальные оппоненты:

Стасенко Сергей Викторович, доктор физико-математических наук нейротехнологий института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»;

Князев Геннадий Георгиевич, доктор биологических наук заведующий лабораторией дифференциальной психофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины», г. Новосибирск

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом биологических наук Ушаковым Вадимом

Леонидовичем, ведущим научным сотрудником Института перспективных исследований мозга МГУ им. М.В. Ломоносова, утвержденном проректором МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором физико-математических наук Федяниным Андреем Анатольевичем, указала, что по своей актуальности, научной новизне, практической значимости и уровню исполнения диссертационная работа Безматерных Дмитрия Дмитриевича «Построение сетевых моделей регуляции позитивных социальных эмоций при депрессии и их адаптация для нейробиоуправления: фМРТ-исследование», соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. в действующей редакции, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Безматерных Дмитрий Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 5.12.4. – Когнитивное моделирование (физико-математические науки). При рассмотрении диссертационной работы у ведущей организации возник ряд вопросов и замечаний: 1) В диссертации есть некоторая небрежность оформления, например, не у всех рисунков, взятых из литературных источников, есть ссылка на работу, откуда был взят рисунок. Желательны пояснения некоторых терминов в формулах сразу же в подписях, чтобы не смотреть их по всей диссертации. 2) Выбор зон определялось предварительно проведенным фМРТ экспериментом. Необходимо пояснение, почему остальные зоны активности не были учтены в анализе. Например, зона АСС. По данным Б.М. Величковского эмоциональных сетей не менее 7, почему бы тогда не взять в анализ все активные зоны в данной парадигме. 3) В работе по обратной биологической связи малое число испытуемых, почему выборку не увеличили? В работе исследовали женщин, почему не было исследования на мужчинах для выравнивания выборки. 4) Нет оценки влияния на результаты исследования приема пациентами

фармакологических препаратов. 5) Необходимо пояснение как жадный алгоритм в модели РЕВ выбирает начальное разбиение по узлам исследования. 6) Почему в работе при расчетах в виде порога отсечки взято $1/8$ Гц на стр. 72. В соответствии с этим критерием, хотя бы одна эндогенная связь между узлами сети должна иметь значение не менее $1/8$ Гц. 7) Что отражает на рисунке 18 спад Байесовского фактора третьего дня эксперимента – перестройка функциональных систем? Необходимо пояснение. 8) Желательно был бы анализ в экспериментах по НБУ эффективности использования метода DCM по сравнению с другими методами расчета причинно-следственных связей или корреляций. 9) Желательно было бы получить оценку долгосрочности эффектов по регуляции эмоций на основе предложенных подходов. Можно ли рассматривать процедуру НБУ как терапию на долгое время.

Соискатель имеет более 20 опубликованных работ, основные результаты диссертационной работы опубликованы в 13 работах: в 8 статьях в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Web of научных конференциях. Общий объем по теме диссертационной работы составляет 14,5 п.л., из них 12,1 п.л. личный вклад автора. Результаты диссертационной работы были представлены на международных и российских научных конференциях: IV российская конференция с международным участием «Современные проблемы биологической психиатрии и наркологии» – Томск, 2018 – Безматерных Д. Д. – Функциональные особенности головного мозга пациентов с депрессивными расстройствами и коррекционная роль адаптивной обратной связи (фМРТ-исследование); Восьмая международная конференция по когнитивной науке – Светлогорск, 2018 – Безматерных Д.Д. – Опыт обучения лиц с депрессией регуляции активности эмоциональных зон головного мозга: выбор целевой области; Первый Международный Конгресс по Клинической Нейрофизиологии Стран СНГ, ШОС, Европы и Азии – Алматы, Казахстан, 2018

– Безматерных Д. Д. – Локализация "мишени" для фМРТ-биоуправления эмоциональной сферой в префронтальной коре; Neurofeedback and other

Д

Д

,

М

е

л

В диссертации Безматерных Д.Д. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты оригинальных исследований.

Диссертация Безматерных Дмитрия Дмитриевича *соответствует паспорту специальности 5.12.4.* – Когнитивное моделирование по следующим пунктам: п. 1 – «Математическое и компьютерное моделирование когнитивных процессов у человека, животных и искусственных агентов» и п. 10 «Взаимодействие человека и машины (робототехнических устройств) в различных областях практики. Решение задач в режиме, близком к реальному времени, и вычислительное моделирование для интерфейсов мозг-компьютер, глаз-компьютер и глаз-мозг-компьютер».

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Dmitriy D. Bezmaternykh**, Mikhail Ye. Melnikov, Evgeny D. Petrovskiy, Ksenia G. Mazhirina, Andrey A. Savelov, Mark B. Shtark, Patrik Vuilleumier, Yury Koush. Attenuation processes in positive social emotion upregulation: disentangling functional role of ventrolateral prefrontal cortex // iScience. 2025. V. 28. № 2. P. 1-12. DOI: 10.1016/j.isci.2025.111909

2. **D. D. Bezmaternykh**, M. E. Mel'nikov, E. D. Petrovskii, K. G. Mazhirina, A. A. Savelov, K. V. Kalgin, M. B. Shtark, and Y. A. Koush. Effective Connectivity of the

е

s

t

i

Bilateral Amygdala, Dorsomedial Prefrontal, and Subgenual Anterior Cingulate Cortices: Feasibility of Positive Social Emotion Regulation Models for Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2023. V. 175. № 4. P. 488 – 493. DOI: 10.1007/s10517-023-05892-1

3. Mikhail Ye. Mel'nikov, **Dmitriy D. Bezmaternykh**, Andrey A. Savelov, Evgeniy D. Petrovskiy, Lyudmila I. Kozlova, Kira A. Natarova, Tatiana D. Larina, Tatiana M. Andamova, Mikhail Zvyagintsev, Mark B. Shtark, Klaus Mathiak. Real-time fMRI neurofeedback compared to cognitive behavioral therapy in a pilot study for the treatment of mild and moderate depression // European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience. 2023. V. 273. P. 1139 – 1149. DOI: 10.1007/s00406-022-01462-0

4. Dipanjan Ray, **Dmitry Bezmaternykh**, Mikhail Mel'nikov, Karl J. Friston, and Moumita Das. Altered effective connectivity in sensorimotor cortices is a signature of severity and clinical course in depression // PNAS. 2021. V. 118. № 40. P. 1-9. DOI: 10.1073/pnas.2105730118

5. **Dmitry D. Bezmaternykh**, Mikhail Ye. Melnikov, Andrey A. Savelov, Lyudmila I. Kozlova, Evgeniy D. Petrovskiy, Kira A. Natarova, and Mark B. Shtark. Brain Networks Connectivity in Mild to Moderate Depression: Resting State fMRI Study with Implications to Nonpharmacological Treatment // Neural Plasticity. 2021. V. 2021. P. 1-15. DOI: 10.1155/2021/8846097

6. M. E. Mel'nikov, E. D. Petrovskii, **D. D. Bezmaternykh**, L. I. Kozlova, M. B. Shtark, A. A. Savelov, O. S. Shubina, and K. A. Natarova. fMRI Responses in Healthy Individuals and in Patients with Mild Depression to Presentation of Pleasant and

№
Р

7. Мельников М.Е., **Безматерных Д.Д.**, Шубина О.С., Штарк М.Б. Визуализация активности головного мозга при депрессии с помощью функциональной магнитнорезонансной томографии: методики и результаты // Успехи физиологических наук. 2017. Т. 48. № 2. С. 43 – 71

8. Мельников М.Е., Безматерных Д.Д., Шубина О.С., Штарк М.Б. Церебральные мишени терапии депрессии и предикторы ее эффективности: обзор современных фМРТ-исследований // Успехи физиологических наук. 2017. Т. 49. № 1. С. 50 – 71

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук (5.12.4 – «Когнитивное моделирование»), доцента **Стасенко Сергея Викторовича**, доцента кафедры нейротехнологий института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Отзыв на диссертацию положительный. В отзыве отмечается, что диссертационная работа Безматерных Д. Д. «Построение сетевых моделей регуляции позитивных социальных эмоций при депрессии и их адаптация для нейробиоуправления: фМРТ-исследование» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (п. 9-14), а её автор Безматерных Дмитрий Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 5.12.4. – Когнитивное моделирование. Имеются вопросы и замечания: 1) Использование англоязычных аббревиатур, имеющих также русскоязычный вариант, в тексте затрудняет его чтение. К примеру, “...контроля позитивных социальных эмоций с помощью DCM с идентификацией функциональных ролей вовлеченных регионов мозга...”. При этом местами по тексту используется полное написание “... с помощью динамического причинного-следственного моделирования..” (стр.11). 2) В тексте диссертационной работы в начале и в конце используется термин “положительные социальные эмоции” без пояснений. Что из себя представляют “положительные социальные эмоции”? 3) Были ли возрастные градации здоровых женщин при исследовании фмрт активности. Как возраст, и в особенности гормональные изменения при менопаузе, влияют на регуляцию положительных социальных эмоций? 4) Какой метод контроля использовался для

FWE-поправки? 5) На стр. 21 говорится о положительных и отрицательных эмоциях, а далее по тексту о позитивных эмоциях. Лучше, наверное, придерживаться какой-то одного описания эмоций. 6) На сколько используемые стандартизированные базы данных изображений социальных стимулов являются культурно нейтральными? Проводилась ли дополнительная валидация или адаптация стимулов? При формировании большого набора социальных стимулов использовались культурно-нейтральные изображения? 7) Как определялась длительность и порядок сессий НБУ протокола? 8) По тексту диссертации присутствуют грамматические ошибки и опечатки, например: “Перед стартом клинического протокола на материале фМРТ-данных трех здоровых добровольцев была проведено исследование”, стр. 65; «В рамках ДСМ-подхода неизвестные параметры имеют нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием» стр. 57; «в котором в качестве внутреннего фактора использовалось временная точка НБУ курса» стр. 70.

По мнению оппонента, перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки результатов диссертационной работы и не затрагивают представленных результатов и выводов. В целом диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, посвященное моделированию нейросетевых механизмов когнитивного контроля, уточнению характера их нарушений при депрессии и построению сетевых моделей для нейробиоуправления. Поставленные в диссертации задачи решены в полном объеме, а цель диссертационной работы успешно достигнута. Основные научные положения и выводы являются обоснованными и достоверными.

2. Отзыв официального оппонента, доктора биологических наук (03.03.04 – Клеточная биология, цитология, гистология) **Князева Геннадия Георгиевича**, доцента, заведующего лабораторией дифференциальной психофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины». Отзыв на диссертацию положительный. В отзыве отмечается, что диссертация Безматерных Д.Д. «Построение сетевых моделей регуляции позитивных

социальных эмоций при депрессии и их адаптация для нейробиоуправления: фМРТ-исследование» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (пункты 9-14) в редакции от 21.04.2016 г., а ее автор, Безматерных Дмитрий Дмитриевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук 5.12.4. — «Когнитивное моделирование. Имеются вопросы и замечания: 1) Четыре области, выбранные в качестве узлов модели, включают миндалину, которая все-таки больше связана с отрицательными эмоциями, и не включают многие области, которые и по литературе, и в данной работе (Таблица 3) активируются при генерации положительных эмоций, такие как орбитофронтальная кора, хвостатые ядра, височно-теменная кора. Чем обусловлен выбор именно этих областей? 2) При задании модели в DCM нужно указать входной узел, на который поступает внешний сигнал и который запускает потоки информации в сети. В данном случае внешним сигналом был эмоциональный стимул. В восходящей модели входным узлом для этого стимула были миндалины, а в нисходящей – SFG. Миндалины, это центр обработки эмоций, а SFG участвует в процессах когнитивного контроля высшего уровня. Реалистично ли строить модель, в которой SFG используется в качестве входа для эмоционального стимула? 3) В моделях нисходящей и восходящей регуляции непонятно рассматриваются ли там возбуждающие или тормозные влияния. 4) Проводился ли опрос участников о силе испытываемых положительных эмоций при просмотре изображений до и после БОС? 5) Нисходящие модели регуляции, в частности, подавление активности миндалины префронтальной корой, могут быть эффективными в случае регуляции негативных эмоций; для позитивных же эмоций, если они генерируются в подкорке, эффективным может быть ослабление нисходящего тормозного контроля. 6) В целом, хотя и продемонстрирован ряд отличий между здоровыми и больными, эффективность протокола БОС в лечении депрессии не

показана. В частности, различия в фМРТ показателях между экспериментальной группой и плацебо были минимальны.

По мнению оппонента, указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Безматерных Д.Д. Диссертационная работа является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи в области когнитивного моделирования, а именно построению сетевых моделей регуляции позитивных социальных эмоций при депрессии.

На автореферат поступило 5 отзывов.

тзыв кандидата физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) **Кошева Николая Александровича**, старшего преподавателя Сколковского института науки и технологий. Отзыв на автореферат положительный. Автор делает следующие замечания: 1. Рекомендуется подробнее охарактеризовать ограничения выборки и возможные смешивающие факторы (например, медикаментозная терапия, фаза цикла и т.п.). 2. Целесообразно явно указать первичные и вторичные конечные точки для НБУ-эксперимента и обосновать выбор сетевых моделей для реального времени.

тзыв доктора биологических наук (03.00.13 – Физиология человека и животных) **Каплана Александра Яковлевича**, профессора, заведующего лабораторией нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Отзыв на автореферат положительный.

тзыв доктора биологических наук (03.03.01 – Физиология) **Киреева Максима Владимировича**, и.о. заведующего научного отдела междисциплинарных исследований мозга, ведущего научного сотрудника ФБГУН «Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН». Отзыв на автореферат положительный. Автор делает следующие замечания: 1. Диссертационное исследование выиграло

бы и от расширения группы обследованных пациентов, и от включения участников исследования мужского пола. 2. Также, с учетом ранее продемонстрированных в литературе эффектов фМРТ-БОС тренировок на симптоматику депрессивных расстройств, расширенный анализ влияния курсов НБУ на индивидуальные психодиагностические показатели депрессии участников могли бы усилить полученные результаты.

Отзыв доктора биологических наук (03.03.01 – Физиология) **Лисачева Павла Дмитриевича**, старшего научного сотрудника лаборатории биомедицинской информатики ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий». Отзыв на автореферат положительный.

Отзыв доктора медицинских наук (14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия) **Тулупова Андрея Александровича**, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУН института «Международный томографический центр» СО РАН. Отзыв на автореферат положительный.

Выбор официальных оппонентов обосновывается соответствием их научных интересов профилю рассматриваемой диссертации, высокой теоретической и профессиональной квалификацией, опытом когнитивных исследований, наличием научных работ по проблематике исследования, в том числе опубликованных в течение последних 5 лет.

Выбор ведущей организации аргументирован соответствием научных трудов сотрудников (Анохин К.В., Ушаков В.Л., Торопова К.А., Ивашкина О.И., Тиунова А.А.) направлению диссертационного исследования, наличием публикаций по проблематике исследования, что подтверждает их компетентность в оценке научной и практической ценности представленной диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

выявлены увеличение активности субгенуальной передней поясной извилины и медиальных участков префронтальной коры у пациенток с депрессией после тренинга нейробиоуправления на основе сетевых моделей, а также функциональная сепарация вентролатеральной коры на задние билатеральные кластеры активации и передний правый деактивационный кластер у здоровых женщин на основе группового фМРТ-анализа задания регуляции положительных социальных эмоций;

идентифицировано ослабление фМРТ-ответа в дорсомедиальной префронтальной коре и прилежащих участках верхней лобной извилины, осуществляющих когнитивный контроль позитивных эмоций, и в задней правой вентролатеральной коре, и увеличение ответа в передней правой вентролатеральной коре, вовлеченной в ингибирующие процессы, у пациенток с депрессией;

определен оптимальный метод предобработки фМРТ-серий регионов интереса, состоящий в вычитании вкладов общей линейной модели от движений головы и фильтрации высоких частот 0.008 Гц, а также выбрано значение математического ожидания гиперпараметра шума, равное 4, на основе критериев минимизации свободной энергии, максимизации соотношений контраст/шум и физиологического правдоподобия апостериорных оценок параметров для построения модели эффективной связности;

разработана 6-узловая биофизическая модель эффективной связности, согласно которой для здоровых добровольцев регуляция положительных эмоций усиливает восходящие связи лимбических структур с вентромедиальной префронтальной корой, возбуждающей в свою очередь дорсомедиальную кору, которая оказывает ослабляющее воздействие на переднюю правую вентролатеральную кору;

установлено, что в соответствии с разработанной моделью при регуляции положительных эмоций у пациентов с депрессией происходит нарушение

функциональных взаимодействий дорсомедиальной префронтальной коры и задней части вентролатеральной коры с правой передней вентролатеральной корой. Процедура поэлементной кросс-валидации **подтвердила** предсказательную силу этих межгрупповых отличий для верной идентификации группы участников ($AUC = 0.76$);

для НБУ протокола (нейробиуправления) обучения эффективной регуляции положительных эмоций **разработаны** альтернативные 4-х узловые модели эффективной связности, определяющие восходящие и нисходящие взаимодействия между дорсомедиальной префронтальной корой и регионами лимбической системы, и доказана техническая валидность БОС по Байесовскому сравнению этих моделей;

показано восстановление активности структур сети регуляции положительных эмоций: к трансферной сессии после курса нейробиоуправления (НБУ) с биологической обратной связью (БОС) по 4-х узловым моделям у пациентов обеих подгрупп была **выявлена** частичная нормализация фМРТ-активности дорсомедиальной коры и активационного и деактивационного кластера правой вентролатеральной коры, а экспериментальная группа также показала больший рост активации дорсомедиальной коры и субгenuальной извилины по сравнению с группой плацебо-интервенции (ПИ).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

построены физиологически правдоподобные модели направленных взаимодействий областей головного мозга, вовлеченных в усиление положительных социальных эмоций;

для пациентов с депрессией **выявлены особенности** функционирования сети регуляции положительных эмоций, не обозначенные до настоящего момента в научной литературе;

полученные результаты **расширяют современные представления** о нейрофизиологических механизмах регуляции позитивных эмоций в целом, и об

особенностях нарушения когнитивного контроля при депрессии в частности и **послужат теоретической основой** для дальнейших исследований сетевых моделей регуляции эмоций.

Применительно к проблематике диссертации разработана сетевая модель регуляции положительных эмоций с помощью динамического причинно-следственного моделирования и параметрического эмпирического Байесовского подхода;

определен оптимальный способ предварительной обработки фМРТ-данных и выбрано значение гиперпараметра шума для построения моделей эффективной связности;

исследована фМРТ-активность контрольной группы здоровых женщин при выполнении задания регуляции положительных социальных эмоций и **идентифицированы ключевые регионы мозга** для включения в модель эффективной связности;

выявлены области изменения активации при регуляции положительных эмоций пациентками с депрессией в сравнении с контрольной группой и **охарактеризованы межгрупповые отличия** с точки зрения функциональных нарушений;

выявлены значимые межгрупповые отличия параметров связности сетевой модели и проведена кросс-валидация для подтверждения их предсказательной силы;

разработаны альтернативные упрощенные сетевые модели регуляции положительных эмоций и методы формирования биологической обратной связи (БОС) на основе их Байесовского сравнения и **проверена техническая валидности** нейробиоуправления (НБУ) по этим моделям;

изучены эффекты обучения пациентов эффективной эмоциональной саморегуляции в рамках клинического протокола НБУ с БОС по сетевым моделям.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

доказана валидность биологической обратной связи по Байесовскому сравнению биофизических моделей эффективной связности и использовании этой обратной связи в курсе нейробиоуправления, нацеленном на обучение пациентов с депрессией эффективной регуляции положительных социальных эмоций;

в дальнейшем, для нейробиоуправления **могут быть использованы** и более сложные модели эмоциональной саморегуляции, в том числе на больших выборках пациентов;

алгоритмы, методы и нейрофизиологические результаты этой работы **могут быть востребованы** в когнитивной нейрореабилитации и для построения терапевтических протоколов на основе моделей эффективной связности для пациентов с депрессией или с другими аффективными расстройствами.

предложены и валидированы модели эмоциональной саморегуляции, которые могут быть использованы для формирования сигнала обратной связи для фМРТ в реальном времени;

разработанный подход к нейробиоуправлению на основе сетевых моделей **может применяться** в когнитивной нейрореабилитации и для построения терапевтических протоколов;

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

разработка математических моделей **проводилась на основе экспериментальных данных** — полученных групповых картах активности головного мозга — с учетом адекватных исследованию поправок на множественные сравнения;

достоверность результатов статистического параметрического картирования **подтверждается** использованием FWE-поправки на множественные сравнения;

значимость параметров эффективной связности подтверждается

применением порога на апостериорную вероятность и результатами поэлементной кросс-валидации;

валидность **основных результатов** также подтверждается тем, что для расчетов использовались фМРТ-данные двух длительных сессий, что обеспечивало высокую статистическую мощность;

экспериментальные результаты **получены с использованием современного научного оборудования;**

обработка и анализ данных **проведены с использованием современных методов математической статистики;**

при разработке моделей **применялись современные методы когнитивного моделирования и вычислительных алгоритмов;**

авторские результаты диссертационного исследования **соответствуют результатам, представленным в независимых источниках.**

Личный вклад соискателя заключается в участии в формулировке замысла, целей и задач работы, поиске и анализе научных литературных данных, предобработке и статистическом анализе фМРТ-данных, построении моделей эффективной связности, интерпретации результатов, написании научных статей по результатам исследования, участии в подготовке и реализации протокола нейробиоуправления, а также апробации результатов исследования в докладах о полученных результатах на семинарах и международных конференциях.

Диссертация Безматерных Дмитрия Дмитриевича «Построение сетевых моделей регуляции позитивных социальных эмоций при депрессии и их адаптация для нейробиоуправления: фМРТ-исследование» является целостным, самостоятельным научным исследованием, отличается логичностью и последовательностью изложения, обоснованностью сделанных выводов. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях. В тексте работы Д.Д. Безматерных корректно ссылается на авторов и

источники материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и в соавторстве.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета были высказаны замечания/вопросы: о подробном раскрытии понятия зоны когнитивного контроля; использовании 6-узловых моделей с точки зрения длительности их расчета; возможности построения балансной модели (балансного уравнения) для имитирования результатов живых систем с депрессией. Кроме того, было высказано следующее замечание: «В докладе Вы говорили об индивидуальных моделях. Можете рассказать про процедуру адаптации параметров для этих индивидуальных моделей? Что Вас заставило сделать вывод, о том, что разобщение взаимодействия дорсомедиальной префронтальной коры с передними отделами, связанное с депрессиями, не связано с антидепрессантами, которые вмешиваются во все медиаторные обмены, существенно влияют на активность этих отделов?»

Соискатель Безматерных Д.Д. аргументированно ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы, привел аргументацию, основанную на выводах, полученных на разных этапах исследования: мы знаем о вовлечении дорсомедиальной префронтальной коры и прилежащих участков верхней лобной извилины по бокам от неё из предыдущих работ - во-первых, вовлечение этого региона в регуляцию положительных эмоций. Кроме того, ранее было проведено исследование сетевых взаимодействий и показано, что именно эта зона вовлечена в когнитивный контроль. У нас в исследовании были использованы онлайн и офлайн индивидуальные модели. В онлайн моделях определяли индивидуальные регионы интереса каждого участника, это и есть настройка параметров. Зная размеры головы, мы определяли индивидуальные четыре зоны интереса, и смотрели на их активность в реальном времени (было несколько попыток регуляции). В зависимости от результатов участников в каждой из попыток мы адаптировали регионы интереса в соответствии с активностью для

настройки параметров. Подобная процедура также осуществлялась и для офлайн моделей. Там тоже определялись индивидуальные регионы интереса на основе близости кластеров индивидуальной активности общей линейной модели, то есть модели активности, к групповому кластеру. Безусловно, влияние антидепрессантов действительно есть. Важно отметить, что в нашем исследовании мы включали участников только таких, которые были на стабильном курсе антидепрессантов, продолжительностью в среднем около пяти месяцев. Из литературы мы знаем о том, что антидепрессанты восстанавливают активность миндалины в ответ на положительные эмоции, если лекарства и подействовали, они не привели к восстановлению активности префронтальных регионов. Шести-узловые модели во второй части работы, требуют длительного расчёта, порядка нескольких часов на одного человека. Для реального времени нужна модель проще с минимальным количеством связей и регионов. Для других вычислительных мощностей, думаю, можно будет использовать.

На заседании 25 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей значение для

когнитивных наук, когнитивного моделирования, междисциплинарного исследования когнитивных процессов, присудить Безматерных Д.Д. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности 5.12.4 Когнитивное моделирование, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту человек – нет, проголосовали: за присуждение ученой степени – «11», против присуждения ученой степени – «0».

Председатель диссертационного совета 24.2.340.15,
доктор физико-математических наук, профессор
Антонец Владимир Александрович



Ученый секретарь диссертационного совета,
Доктор социологических наук, доцент
Петрова Ирина Эдуардовна

25 сентября 2025 г.