

УДК 612

НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ФЕНОМЕН МОРАЛЬНОГО ВЫБОРА

© 2021 г. К. Г. Мажирина^{a, b, *}, О. Н. Первушина^{b, **}, А. А. Федоров^{b, ***}, М. Б. Штарк^{a, b, ****}

^aФедеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины.
Институт молекулярной биологии и биофизики”
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
Новосибирск, 630117 Россия

^bФедеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
“Новосибирский национальный исследовательский государственный университет”,
Новосибирск, 630090 Россия

*e-mail: ksyh@mail.ru

**e-mail: olgap7@yandex.ru

***e-mail: freethinker@gorodok.net

****e-mail: mark@niimbb.ru

Поступила в редакцию 14.09.2020 г.

После доработки 30.09.2020 г.

Принята к публикации 08.10.2020 г.

В статье представлен обзор современных теорий морального выбора, анализируются результаты изучения нейробиологических основ морали с применением нейровизуализационных и нейробиологических технологий. Рассматривается предполагаемый потенциальный вклад различных структур головного мозга и взаимосвязь нейрональных сетей с особенностями морального поведения. Анализируются данные нейровизуализации процесса принятия моральных решений, в результате показано, что совершение морального выбора сопровождается определенной динамикой активации сети мозговых структур, главным образом связанных с эмпатией, функционированием модели психического, когнитивным познанием и эмоциями. Абсолютно специфичных для решения моральных дилемм областей мозга не выявлено, однако формирование моральных компетенций предполагает активацию ряда мозговых структур, в частности, префронтальной и поясной коры, миндалины.

Ключевые слова: нейровизуализация, моральный выбор, моральные дилеммы, моральное решение, толерантность к неопределенности, функциональная магнитно-резонансная томография, фМРТ-нейросети, зоны активности головного мозга, регионы интереса

DOI: 10.31857/S0301179821010057

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к нейровизуализационным исследованиям морального поведения, проблема приобретает новую глубину и актуальность в связи с постоянными стремительными изменениями социальной, экономической, культурной сфер жизни. Ситуации, в которых необходимо принимать решение, делать выбор, в том числе моральный, все более лишаются ценностных ориентиров и определенности. Дилемма — это положение, при котором выбор одного из двух противоположных решений одинаково затруднителен. Интерес к проблемам морали и моральных решений в психологии и нейропсихологии особенно возрос в последнее время [17]. Существует множество мета-анализов, посвященных факторам, определя-

ющим моральный выбор человека, где в качестве детерминант рассматриваются ценностные ориентации [12, 31, 32], личностные характеристики [29, 54, 55], возраст человека [39]. Решения могут приниматься в зависимости от этической системы страны, в которую человек погружен [57], ментальности социума, опосредоваться отношением к неопределенности [7, 8, 10, 36], и даже зависеть от настроения и эмоций [30, 41]. Значительный скачок в междисциплинарных исследованиях морального выбора обеспечивается сегодня когнитивными нейронауками, оснащенными современными инструментами и новыми технологиями изучения структуры и функций мозга человека. Накопленный эмпирический материал, однако, весьма неоднороден, в связи с чем авторы недавнего масштабного мета-анализа задаются вопро-

сом, не являются ли причиной этого — различие самих моральных задач, которые ставятся перед испытуемыми [18]. Разнообразие вариантов дизайна нейровизуализационных исследований (в части, характера стимулов, набора измеряемых переменных и пр.) подчеркивают также и другие авторы [13]. В предлагаемой работе мы рассмотрим результаты современных исследований церебральных коррелятов морального выбора, уделив особое внимание основам вынесения моральных суждений с позиции нейронаук, попытаемся суммировать эти результаты, используя, главным образом, нейровизуализационную лексику.

НЕЙРОВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОРАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ: ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Результаты ранних исследований, посвященных нейровизуализации процесса принятия моральных решений, продемонстрировали участие в моральном поведении префронтальной коры. Впоследствии было установлено, что действия, имеющие характер личной отнесенности, активируют структуры в регионах, связанных с аффективной оценкой (вентромедиальная префронтальная кора); при этом автоматические интуиции, носящие аффективный характер, “пересиливают” утилитаристские суждения [19, 40, 60]. Было показано, что при решении моральных дилемм в процессе сложных рассуждений в подавляющем большинстве случаев у респондентов возникают ожидаемые эмоции, причем негативного регистра. Чем активнее при этом префронтальная кора, тем выше вероятность, что выбор будет сделан с точки зрения полезности и практичности [5, 35, 48] (рис. 1). Это объясняется тем, что основными функциями префронтальной коры являются оценка и разделение противоречивых мыслей и мотивов, выбор между ними, дифференциация и интеграция объектов и понятий, прогнозирование последствий выбранных действий и их корректировка в соответствии с желаемым результатом, эмоциональной регуляцией и волевым контролем.

В уже упомянутом мета-анализе Eres et al., обобщающем результаты исследований с совокупной выборкой в 1963 человека, также было обнаружено, что в ситуации морального выбора систематически активируется ряд отделов мозга, включая срединные области префронтальной коры, височно-теменной узел, предклинье и левое миндалевидное тело [18].

В мета-анализе Garrigan et al. показано, что как самостоятельное принятие моральных решений, так и суждения о степени моральности поведения другого человека, вызывают у испытуемых ответ участков серого вещества левой средней височной, поясной и средней лобной извилин. Специфичным для ситуации морального выбора оказалось

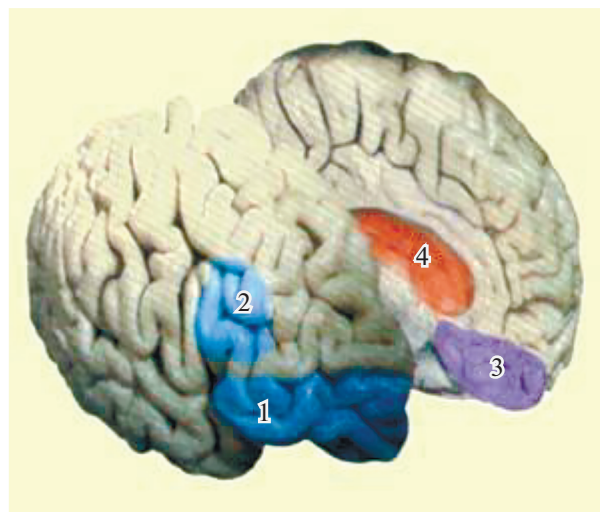


Рис. 1. Префронтальная кора и отделы мозга, связанные с эмоциями: 1 — орбитофронтальная кора, 2 — латеральная префронтальная кора, 3 — вентромедиальная префронтальная кора, 4 — лимбическая система (рисунок с сайта thebrain.mcgill.ca) [29]. В исследовании приняли участие шесть пациентов, которые в зрелом возрасте получили двусторонние повреждения вентромедиальной префронтальной коры (ВМПК). Показано, что такие пациенты при вынесении моральных суждений руководствуются только разумом, то есть “утилитарными” соображениями о наибольшем совокупном благе. Эмоциональные механизмы, руководящие поведением вопреки рассудочным доводам, у этих людей не функционируют. Полученные результаты говорят о том, что в норме моральные суждения формируются под влиянием не только сознательных умозаключений, но и эмоций.

включение правых средней височной извилины и предклинья [20].

В обзоре Dixon, Christoff подчеркивается роль латеральной префронтальной коры в придании ценности абстрактным идеям — таким как честность, хорошая репутация, моральность, религиозность и т.д. Авторы связывают это с тем, что данная церебральная область обеспечивает успешное применение правил вида “если..., то...” и, по сути, является субстратом оперантного научения. Поскольку стремление к честности и моральному поведению имеют преимущества в долгосрочной перспективе, дорсолатеральная префронтальная кора “отстаивает интересы” этих абстрактных идей в ситуации выбора [16].

Reniers et al. (2012) в своих работах выделили ряд зон головного мозга, активация в которых была специфична для морального выбора: медиальную и дорсолатеральную префронтальную кору, нижнетеменную долю, предклинье и надкраевую извилину [47]. Авторы рассматривают эти структуры как части системы, организующей теории сознания, сети эмпатии и сети, работающей по умолчанию (default mode network), также за-

действующей медиальную лобную, медиальную теменную и постеролатеральную теменную кору. К известным функциям этой системы относят ментальную деятельность, имеющую отношение к самому субъекту, автобиографическую память и рефлексию, основанную на прошлом опыте. Как показало проведенное Рениерсом с соавторами исследование, во время принятия моральных решений не происходит активации всей системы по умолчанию как единой целостности, а активируются отдельные ее компоненты, что позволяет предположить их участие в других сетях, связанных со специфическими ментальными процессами — к примеру, моделью психического. В контексте данного исследования в рамках “модели психического” развиваются такие значимые для процесса принятия моральных решений механизмы, как способность выстраивать образ себя, оценивать свои действия с позиций другого, соотносить их с ожиданиями социального окружения, а также способность оценивать поступки других людей. Таким образом, автор полагает, что моральные решения связаны с работой церебральных систем, организующих внутренний, личный опыт испытуемых. Заметим также, что активация у испытуемых небольшого латерального участка в дорсомедиальной префронтальной коре в задачах на прогнозирование хода мыслей другого человека (особенно — непохожего на самого участника по взглядам и убеждениям) была связана с альтруистичным, просоциальным поведением [38]. Показано, что этот регион ассоциирован с уровнем эмпатии, что может определять ее как на одну из переменных, формирующих просоциальный стиль поведения.

Большинство работ интересующей нас области в качестве парадигмы использовали набор стандартных моральных дилемм в классическом виде или с некоторыми изменениями. Согласно Overman et al. (2011), решение моральных дилемм может увеличивать у женщин показатели Iowa Gambling Test, вероятно, за счет большего включения в работу дорсолатеральной префронтальной коры. Однако последующие исследования не подтвердили существование этого эффекта, а предположения о его нервных механизмах оказались исключительно гипотетическими [44]. Shenhav, Greene (2010) изучали решения моральных дилемм, добавив в них еще одну переменную — вероятности смерти людей в случае того или иного выбора. Оказалось, что к этим вероятностям наиболее чувствительна передняя кора островка головного мозга, а соотношение пожертвованных/спасенных жизней коррелирует с активностью вентромедиальной префронтальной коры и вентрального полосатого тела [53].

Коллектив Greene et al. (2001) сделал попытку рассмотреть эмоциональные корреляты морального выбора, разделив известные дилеммы на

личные и безличные. В безличных испытуемые более охотно соглашались пожертвовать жизнью одного человека, чтобы спасти нескольких, и быстрее принимали положительные решения; для личных ситуация была обратной. В этом случае, по данным фМРТ, дополнительно активировались объемы мозгового вещества в средней лобной, задней поясной и угловой извилинах обоих полушарий при недостаточной интенсивности сигнала в некоторых областях правой средней лобной извилины и билатеральной теменной коры [20]. Заметим, что выводы о повышенной эмоциональной вовлеченности участников при решении личных моральных дилемм подтверждаются только косвенно, по перечню задействованных структур мозга, не являющихся к тому же ключевыми центрами эмоциональной сети. Аналогичное деление моральных дилемм использовала группа Han et al. (2014) в своем кросскультурном исследовании: испытуемые из США характеризовались большей активацией головного мозга в ответ на личные, а участники из Кореи — на безличные выборы. Максимум это различие достигало билатерально в области передней поясной извилины. В сравнении личных моральных дилемм и задач без морального содержания в группе корейцев также был зафиксирован небольшой кластер активности в правой скорлупе чечевицеобразного ядра [25, 26]. В представленных исследованиях задняя поясная извилина (BA 31), область, связанная с эмоциями, активировалась только во время решения личных суждений [20–22]. Необходимо отметить, что в отличие от стимулов, используемых в других исследованиях морали, в моральных сценариях Greene, Sommerville, et al. часто упоминаются члены семьи или близкие друзья. Таким образом, можно предположить, что активация задней поясной извилины связана преимущественно с участием в моральных рассуждениях эмоционально-нравственного компонента, естественно возрастающего, когда речь идет о близких людях [21].

ИЗУЧЕНИЕ МОРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НА МОДЕЛЯХ НОРМЫ И ПАТОЛОГИИ.

Еще один раздел исследований — это изучение процесса моральной оценки как здоровыми респондентами, так и лицами с различной по выраженности патологической симптоматикой. В частности, согласно Luo et al. (2006), демонстрация испытуемым особенно очевидных нарушений закона с заданием определить степень легитимности предъявленных на фотографии действий приводила к активации правого миндалевидного комплекса и вентромедиальной орбитофронтальной коры [37]. В исследовании Grossman et al. (2010) респондентам предлагались описания мелких проступков и правонарушений, каждое из

них дополнительно могло снабжаться оправдывающими или усугубляющими обстоятельствами, например, “Проехать на красный свет в 2 ч ночи, видя, что на перекрестке стоит полицейская машина” и “Проехать на красный свет в 2 ч ночи, чтобы скорее отвезти в больницу ребенка в критическом состоянии”. От участников требовалось оценить, насколько такое поведение приемлемо. У здоровых людей за учетотягчающих обстоятельств отвечала вентромедиальная префронтальная кора. У лиц с лобно-височной деменцией (дегенерация коры мозга выявлялась в том числе и в названной области) чувствительность к такой информации, осложняющей ситуацию, была меньше [24].

Рассматривая проблему морального выбора в междисциплинарном формате Shabalin, Pervushina (2017) отмечают, что ранние повреждения префронтальной коры влияют на развитие социальных когний и эмоций, формируя дефицит эмоционального и морального поведения. При психопатиях обнаруживается уменьшение объема серого вещества в префронтальных областях головного мозга, а также нарушение функционирования миндалины [52, 61]. Характерным следствием повреждения вентральной префронтальной коры является увеличение вероятности нарушения моральных норм: двустороннее поражение вентральной префронтальной коры приводит к росту утилитаристских суждений в сложных моральных сценариях выбора. И лица с психопатическими нарушениями, и лица с повреждениями вентромедиальной фронтальной коры обычно демонстрируют сохранность неэмоциональных суждений и нарушения в сфере эмоциональной переработки, моральных эмоций, анализа обстоятельств рассуждений и поведения. При этом люди с личностными расстройствами способны в совершенстве отличать “правильное” поведение от “неправильного”, не обращая на это внимание, равно как и на последствия своего аморального поведения по отношению к себе и другим. Это позволяет предположить, что у них нарушено моральное поведение при сохранности способности к принятию правильного выбора [19, 47]. Следует подчеркнуть, что моральный выбор — это вынужденный выбор между несколькими аморальными деяниями, уровень аморальности которых трудно сравнить, как и невозможно определить “моральную норму” в контексте заявленной проблемы. Поэтому здесь и далее понятие “аморального” поведения мы отметим кавычками, поскольку в контексте решения моральных дилемм оно носит относительный характер: поле его строго не выстроено и напрямую зависит от личностного, социального, эмоционального и культурного контекстов.

В большой группе заключенных мальчиков-подростков при просмотре ими изображений, со-

держащих нарушения морали, выраженность симптомов расстройства поведения обратно коррелировала с ответом передней височной области. У испытуемых с серьезным нарушением эмпатии активность правой миндалины была негативно связана с серьезностью проступка (по собственным оценкам участников) на иллюстрации, у респондентов с нормальной эмпатией корреляция принимала позитивные значения [27].

de Achával et al. (2013) показали, что в ситуации морального выбора лица с диагнозом шизофрении и их здоровые сиблинги не отличаются от людей без семейной истории этого заболевания по пропорции утилитарных и деонтологических (ориентированных на соответствие нравственным нормам) решений. При этом фМРТ-исследование продемонстрировало большую активацию правого гиппокампа у здоровых участников, а верхней и нижней лобной извилин — у испытуемых с данной нозологией и их братьев и сестер. Общим для всех трех групп было включение в ситуацию морального выбора небольших участков внутри вентромедиальной и дорсолатеральной префронтальной коры [11].

Koenigs M. с соавторами провел междисциплинарное исследование пациентов с повреждениями в области вентромедиальной префронтальной коры [35]. Оказалось, что при полной сохранности интеллекта испытуемые неспособны испытывать чувства вины и стыда. В ходе эксперимента пациентам демонстрировались видеоматериалы, содержащие сцены страдания других людей, при этом у них практически отсутствовали физиологические реакции, свидетельствующие об эмоциональных переживаниях: предъявление “дилемм вагонетки” испытуемым не приводило к обнаружению разницы между ситуациями непреднамеренного нанесения ущерба и преднамеренного использования жертвы для спасения других. В процессе решения моральных дилемм они руководствовались рассудком и объясняли свой выбор тем, что пять спасенных жизней лучше, чем одна, при этом результаты функциональной МРТ показали большую активность областей мозга, обеспечивающих систему когнитивных оценок, в то время как здоровые испытуемые демонстрировали большую активность системы эмоциональных оценок при решении личных дилемм и вовлеченность когнитивных областей в случаях безличных.

Все это позволяет говорить о том, что моральное мышление имеет совершенно определенное биологическое основание; эффективность реализации его механизмов зависит не только от социальных, но и от биологических факторов, которые при определенных условиях удачно визуализируются [1].

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ МОРАЛЬНЫХ СУЖДЕНИЙ

Sommer et al. (2010) обнаружили, что повседневные конфликты между следованием социальным нормам и гедонистическими мотивами активируют широкую сеть, включающую участки средней лобной и височной коры, височно-теменного сочленения и задней поясной извилины, при том что, выбрав удовольствие, испытуемые отмечали большую интенсивность неприятных эмоций и ощущение неопределенности. На церебральном уровне это отражалось в активации миндалино-парагиппокампального региона интереса [56].

В работах Decety, Porges (2011) не обнаружены существенные различия в ситуациях, когда участники эксперимента представляли, что совершают моральные (помощь другому человеку, облегчение его страданий) и аморальные (агрессивные) действия. При этом воображение моральных событий (вне зависимости от активной или пассивной роли самого испытуемого в этих сценариях) по сравнению с “аморальными”, активировало правую дорсолатеральную префронтальную кору, вентральное полосатое тело и правые заднюю височную и теменно-височную области. В обратном контрасте в большей степени задействованной оказалась левая латеральная префронтальная кора и нижняя лобная извилина [14].

В исследованиях Tsoi et al. (2016) предлагали испытуемым игру: в каждой попытке требовалось выбрать круг или квадрат так, чтобы ответ совпал или не совпал с решением партнера. При этом половина выборов была маркирована как “сотрудничество”: в зависимости от выполнения условия оба участника или получали деньги, или оставались ни с чем. Вторая половина представляла собой модель “соперничества”: в случае соответствия ответов требованиям деньги доставались испытуемому, в противном случае — его партнеру. Возможность коммуникации участников отсутствовала, и в действительности ответы за второго игрока генерировались компьютером. Для попыток с кооперацией была более характерна активность одного региона внутри правой вторичной моторной коры, в случае с соперничеством — во вторичной моторной коре, левой нижней лобной извилине и правом предклинье. При этом оба типа социальных реакций сопровождалась включением сетей, ответственных за построение “теорий сознания”: представлений о мыслях и чувствах других людей [59].

Показано, что на церебральный аккомпанемент принятия решения в моральной дилемме влияют довольно неожиданные факторы, включая информацию о правовых последствиях выбора и

его эмоциональный фон, не связанный с задачей. В эксперименте Pletti et al. (2015) в группе испытуемых, которым сообщалось, что в описанной ситуации вне зависимости от их выбора не наступит уголовной ответственности, отмечалась большая эмоциональная вовлеченность при меньшей готовности дать конкретный ответ (по данным вызванных потенциалов в ЭЭГ) [45]. Предварительное индуцирование эмоции грусти оказывало влияние на поведение испытуемых в игре “ультиматум”, моделирующей ситуации честного и нечестного распределения вознаграждения. В частности, после подобного воздействия участники чаще отклоняли несправедливые предложения партнеров по игре. На церебральном уровне при этом более интенсивно активировались такие структуры, как передние кора островка и поясная извилина [28].

В своих работах Van Bavel и FeldmanHall предполагали, что главная роль в вынесении моральных суждений принадлежит коррекционному контролю автоматически возникающих моральных интуиций, осуществляемому рациональным мышлением. Они отмечают, что в проблеме вагонетки люди менее склонны принести в жертву одного для спасения пятерых, когда им нужно действительно причинить физический вред, чем когда они эмоционально дистанцированы от ситуации. Первоначальное отвращение к причинению вреда может быть преодолено принятием утилитаристских решений, которые связаны с активацией регионов интереса, ответственных за когнитивный контроль (передняя поясная кора и латеральная префронтальная кора). Когнитивная нагрузка и временное прекращение работы латеральной префронтальной коры ухудшают способность принимать утилитаристские решения [19, 60].

Приведем пример еще одного эксперимента, посвященного фМРТ-идентификации регионов интереса, избирательно реагирующих на отдельные составляющие конкретных моральных дилемм, в ходе которых испытуемые принимали решения о распределении денежных средств, пожертвованных в пользу воспитанников двух детских домов, при этом участникам были показаны биографии и фото реальных сирот, тем самым максимально вовлекая их в процесс принятия решения. Предлагались следующие варианты распределения средств: “эффективный” способ, в рамках которого все блага передаются воспитанникам только одного детского дома, и “справедливый” способ, предполагающий необходимым равное распределение средств между детьми обоих учреждений. Для каждого тестирования авторы публикации рассчитали ряд показателей: эффективность решения, справедливость и общая польза. В процессе решения дилемм испытуемыми зоны активности мозга фиксировались при помощи фМРТ: были локализованы участки

мозга, активность каждого из которых строго коррелировала со значениями одного из показателей. Весьма важно, что удалось установить ответственность островковой коры за представления о справедливости — наблюдая за активностью этого участка мозга, согласно данным фМРТ, авторам удавалось с высокой точностью предсказывать, какое именно решение примет испытуемый [41].

В исследовании Yu, Siegel (2019) рассматриваются три измерения морального познания — принятие решений, суждение и умозаключение — которые обычно исследуются в значительной степени независимо друг от друга, используя очень разные экспериментальные парадигмы. Однако авторы показали, что эти аспекты морального познания возникают на пересечении множества измерений; и описали преимущества исследования этих трех аспектов морального познания в рамках единой вычислительной структуры [63].

В работе Борг с соавторами подчеркивается, что мораль не представлена одним регионом активности головного мозга, она опосредуется несколькими сетями. В ходе многочисленных экспериментов выявлено, что нейрофизиологическая специфика функционирования отдельных областей мозга коррелирует с определенными аспектами морального мышления и поведения. Другими словами, большинство опубликованных исследований, привлекающих фМРТ, предназначены для поиска областей мозга, которые являются специфичными для конкретного типа моральных решений. Следующий шаг видится в рамках сетевого подхода, который позволит моделировать и разграничивать зоны активности головного мозга, полученные в ходе фМРТ-исследований, рассматривая их в связи с поведенческими актами, но не в связи с отдельными когнитивными процессами, при этом стремясь к оценке динамики морального мышления в контексте целостного поведения субъекта и сетевой системной организации мозга [2, 54, 55].

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ПРИНЯТИИ МОРАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Что касается индивидуальных различий, важную роль в создании эмоционального фона для решения моральных дилемм играет уровень аффективной эмпатии и так называемая моральная компетентность. В частности, выраженность тревоги за других людей связана с интенсивностью неприятных переживаний в момент выбора. Уровень личного дискомфорта (еще один компонент эмпатии) при принятии решений в задачах типа дилеммы “пешеходного мостика” позитивно коррелировал с эмоциональным компонентом вызванного потенциала P260 и негативно — с числом

утилитарных реакций (готовности пожертвовать одним человеком, чтобы спасти нескольких) [50].

Gregory S. Berns с соавт. (2012) оценивали соотношение между моралью и прагматизмом в поведении человека [23]. В эксперименте приняли участие 43 человека, которым предлагалось сделать несколько ценностных суждений под контролем фМРТ. Утверждения содержали религиозные догмы и отстраненные замечания (“Вы любите Пепси”, “Вы собачник” т.п.), а также суждения общеморального характера (“Вы считаете, что в торговле детьми нет ничего предосудительного”, “Вы могли бы убить невинного человека” и т.д.). Во второй части исследования каждое заявление, выбранное в первой фазе, было представлено с гипотетическим предложением денег, чтобы отречься от выбора, который уже сделан. Например, если кто-то ранее выбрал “Вы верите в Бога”, тогда предложение было: “Есть ли сумма в долларах, которую вы бы приняли, чтобы отречься от своей веры в Бога на всю оставшуюся жизнь?”, далее участники должны были подписать бумагу, где утверждалось нечто противоречащее их убеждениям, то есть нужно было закрепить на бумаге свое согласие, например, с тем, что детьми можно торговать, хотя до сих пор испытуемый категорически с этим не соглашался. Взамен он получал некоторую сумму и подписанную им бумагу. Таким образом, никто, кроме него (не считая “высших сил”), не мог узнать о сделке с совестью. Удалось показать, что за мораль и прагматизм отвечают разные участки мозга: если человек ставил свою подпись в обмен на некий денежный выигрыш (в пределах 100 долларов), активировались зоны, отвечающие за вычисление выгоды, пользы, рентабельности той или иной стратегии поведения. Когда же испытуемый никак не мог подписать предложенное, у него активировался главным образом вентролатеральный участок префронтальной коры, который, как известно, вовлечен в абстрактное мышление, височно-теменная спайка, включающаяся при необходимости морального выбора (рис. 2). Результаты работы согласуются с гипотезой о том, что моральные чувства существуют как контекстно-независимые знания в височной коре.

Jung et al. (2016) исследовали спонтанную активность головного мозга у представителей контрастных групп, отобранных из свыше 700 студентов: это были лица с наибольшей и наименьшей моральной компетентностью (способностью выносить моральные решения последовательно и дифференцировано) [34] (рис. 3). Лица с высокими показателями отличались меньшей силой функциональных связей миндалины с лобно-теменной сетью и вентромедиальной префронтальной корой, что может указывать на большую независимость эмоциональных компонентов и принятия решений у представителей этой группы,

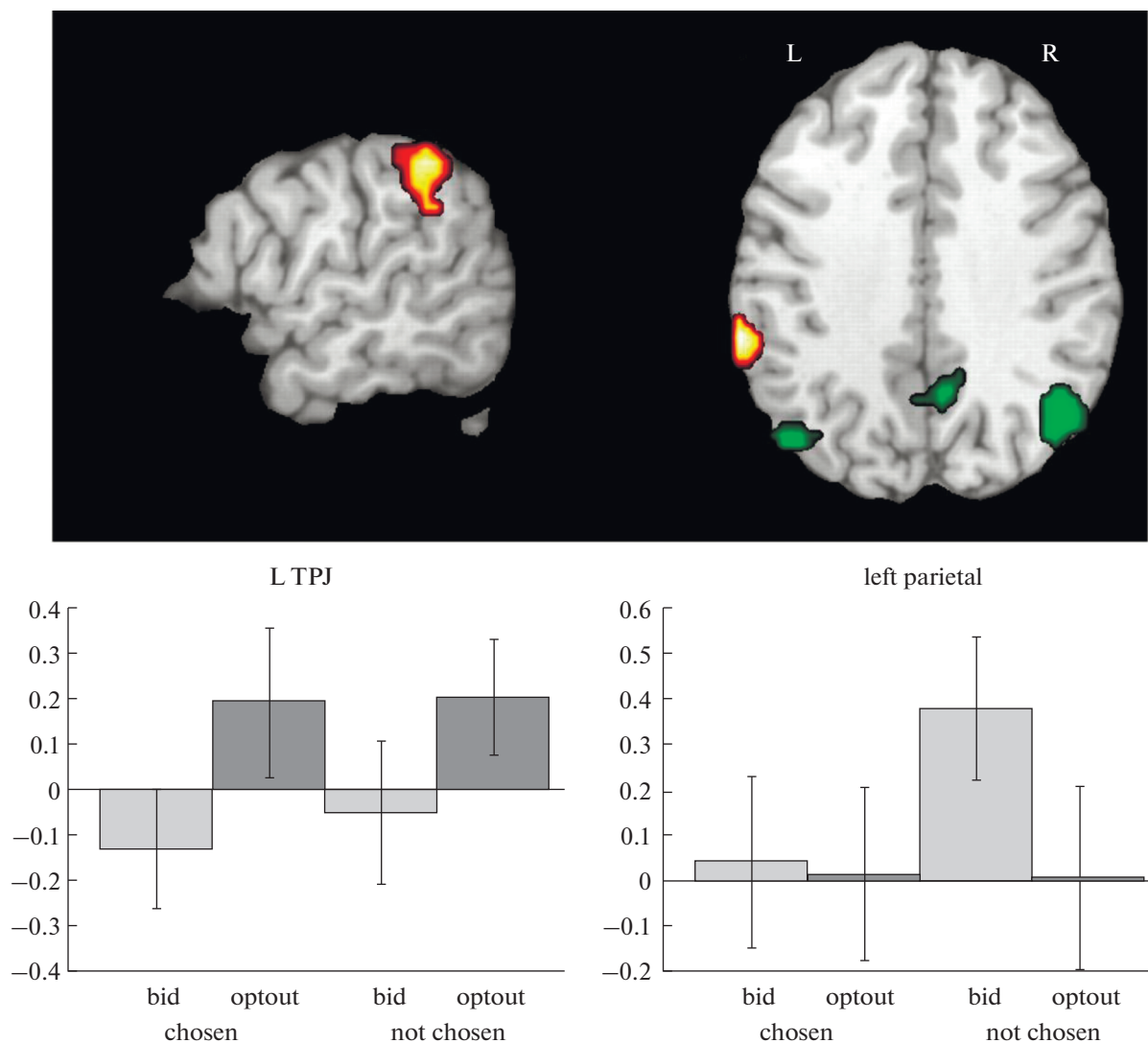


Рис. 2. Функциональная локализация областей мозга с различной активностью моральных (желтый) и утилитарных (зеленый) зон головного мозга ($p < 0.005$). Регионы были классифицированы как “моральные”, когда участник указывал, что их выбор был основан на правильном и неправильном, и утилитарные, когда их выбор основывался на подсчетах затрат и выгод. Левое височно-теменное соединение (координаты MNI: $-63, -39, 42$) показало значительно большую активность для заявлений отказа, чем заявлений предложения ($T = 3.19, p = 0.003$), что указывает на то, что они обрабатывались в “моральной” области. И левая, и правая нижняя теменная доля (координаты MNI: $-45, -72, 46$ и $48, -66, 35$) имели противоположный паттерн ($T = 4.09, p = 0.001$), что свидетельствует о том, что предложенные стимулы обрабатывались в “утилитарных” регионах. Вертикальная шкала на гистограммах – это оценочные значения бета для индивидуальных условий $\pm$ среднеквадратичное отклонение для всех испытуемых [22].

обратив внимание читателя на то, что результаты получены при исследовании в состоянии покоя, а не при выполнении участниками эксперимента задач, связанных с моральной компетентностью.

Существуют доказательства тесного взаимодействия систем церебральной обработки моральных дилемм и идентичности (самости). Так, в процессе решения испытуемыми моральных дилемм срединные корковые структуры, избирательно реагирующие на информацию, связанную с “Я”, влияли на активность коры островка,

одной из областей, связанных с этической оценкой [26].

Sellaro et al. (2015) в плацебо-контролируемом исследовании воздействовали на область височно-теменного сочленения (ответственную за построение теорий сознания) с помощью транскраниальной магнитной стимуляции для повышения или снижения корковой возбудимости этой области. До и после процедуры участники эксперимента должны были оценить степень вины персонажа истории, который а) намеренно нанес ущерб своими действиями; б) навредил кому-то

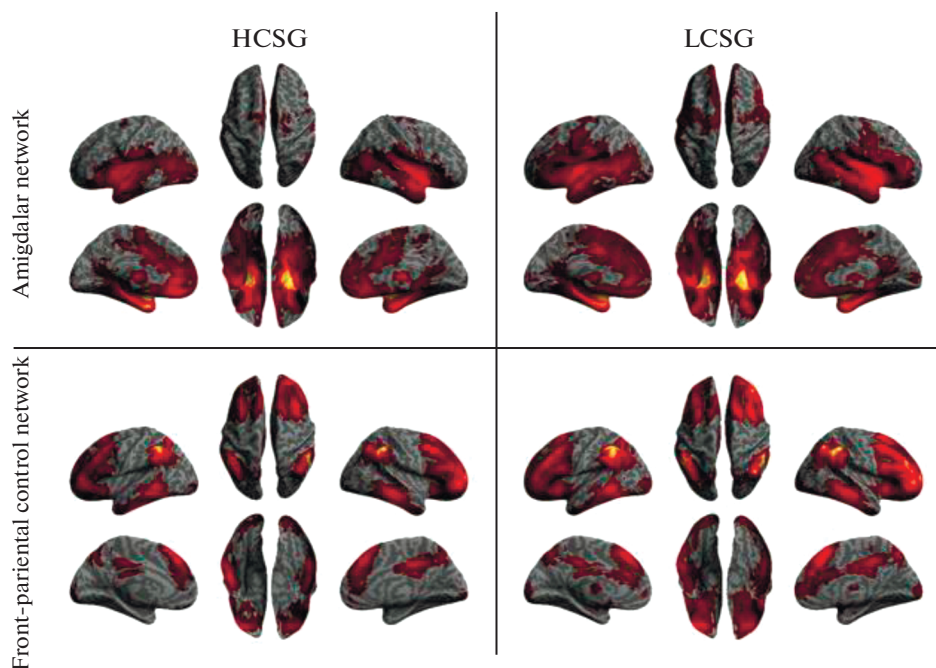


Рис. 3. Различия в спонтанной активности мозга у лиц с высокой и низкой моральной компетентностью. Значимые функциональные связи зон головного мозга, вовлеченных в миндалевидную сеть (первый ряд) и лобно-теменную сеть (нижний ряд) в каждой группе [33].

нечаянно; в) пытался совершить что-то плохое, но не смог; г) не делал и не замыслил ничего предосудительного. В результате участники, прошедшие анодную (активирующую) стимуляцию, по сравнению с группами катодной стимуляции и плацебо, с большим пониманием относились к эпизодам случайного причинения вреда [51].

В совсем свежей работе наших соотечественников рассматриваются исследования мозговой деятельности во время морального суждения на разных этапах индивидуального развития [2]. Авторами было показано, что моральное суждение сопровождается активацией определенных областей мозга, связанных с эмоциями и социальным познанием; существенно различаясь в разных возрастных группах. Эти данные рассматриваются с позиций системно-эволюционной теории и соотносятся с общим подходом к когнитивным процессам и деятельности мозга, лежащим в основе морального суждения. Концепция строится на утверждении, что активность мозга при формировании моральной компетентности обладает спецификой на различных этапах индивидуального развития: в период от детства к подростковому возрасту и взрослости происходит снижение активности структур и областей, которые связываются с аффективной оценкой событий, и увеличивается активность, связываемая с “сознательным контролем”; в дальнейшем отмечается интеграция эмоционального и рационального компонентов моральной оценки, что находит отражение в дина-

мике мозговой активности: в задней цингулярной коре увеличивается в период с подросткового до взрослого возраста, активность же в области височно-теменного узла возрастает позже.

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И МОРАЛЬНЫЙ ВЫБОР

Развивающаяся в последние годы психология неопределенности включает в круг своих проблем личностную и интеллектуальную регуляцию выбора в условиях неопределенности (В.П. Зинченко, Т.В. Корнилова, Павлова Е.М. Чигринова И.А. и др). Личностный выбор предполагает преодоление неопределенности как построение той системы ценностных координат, в которой выбор становится авторским и отражающим личностные позиции человека [4, 6, 8]. Таким образом, большинство ситуаций в сфере морального выбора одновременно являются и ситуациями неопределенности, когда человек находится в условиях неполноты (или избыточности) информации и когда предсказать все последствия такого выбора довольно сложно. Толерантность к неопределенности — особенность когнитивного стиля, связанная со способностью переносить недостаток информации об актуальной ситуации с минимальным дискомфортом.

В нейронауках при исследовании этой характеристики в качестве модели чаще всего используется принятие решений в условиях, когда от

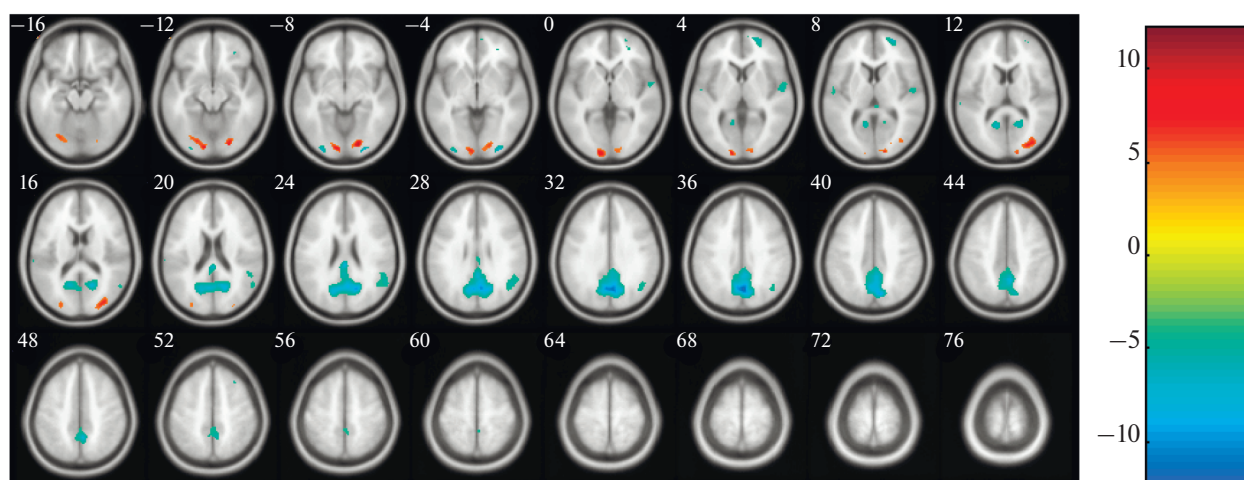


Рис. 4. Групповая карта достоверно активированных и деактивированных вокселей: фМРТ-ответ различных церебральных областей в контексте перцептивных задач с неструктурированными стимулами.

сделанного выбора зависит получение или неполучение вознаграждения, но вероятность его неточна [46]. Так, Г. Гертер отмечает, что при одном решении мы не имеем возможности спрогнозировать все последствия, поэтому должны быть готовы пойти на определенный риск, принять неопределенность, из-за которой мы не можем быть окончательно уверены в правильности выбора [3].

Сегодня получены обширные сведения о церебральных коррелятах восприятия неопределенности. Показано, что задачи, связанные с этим феноменом, активируют *G. cinguli* и *Operculum* [42, 43], левую *G. frontalis inferior* [46] или височные и правую лобную доли [64]. Низкая толерантность к неопределенности ассоциирована с тесными функциональными связями *G. cinguli anterior*, *Insula* и *Striatum* [33]. Поскольку задачи, содержащие элемент неопределенности, сложнее, они требуют дополнительной активации префронтальной коры [36]. В пользу этой идеи говорит и тот факт, что тенденция к избеганию неопределенности негативно коррелирует с объемом серого вещества в латеральной префронтальной коре [58]. Информация, позволяющая уменьшить степень неопределенности, перерабатывается в *G. temporalis inferior* [49].

Предметом научного интереса авторов этого обзора являются междисциплинарные исследования стратегий поведения человека и принятия решений в условиях неопределенности [7, 9, 10, 15, 51]. В недавних публикациях, посвященных

изучению связей корковой активности при восприятии неструктурированных стимулов и толерантности к неопределенности, респонденты приняли участие в фМРТ-исследовании, содержанием которого оговаривалось пассивное просматривание изображений или попытка придумать для них содержательное название [7, 9]. Изображения делились на три типа: геометрические фигуры, невозможные изображения (по Пенроузу) и неопределенные изображения (пятна Роршаха). Для каждой задачи выявлены зоны активации и деактивации (рис. 4); при этом в качестве регрессоров использовались данные *MSTAT-I* (психологического теста-опросника толерантности к неопределенности). Анализ полученных результатов позволяет выделить несколько тенденций. В частности, активация области клина в контексте предложенных проб связана с относительно положительным взглядом испытуемых на неопределенность. Другими словами, у лиц, позитивно настроенных по отношению к неопределенности, отмечается повышенный ответ зрительной коры в условиях предъявления слабоструктурированных (неопределенных) стимулов. Деактивация мозжечковой области, ассоциированная с толерантностью к неопределенности, наблюдается, главным образом, в контрастных сравнениях двух разных типов задач. Так удалось проявить зоны ГМ, активация и (в большей степени) деактивация которых в ходе перцептивных задач с использованием слабоструктурированных стимулов, положительно коррелировала с толе-

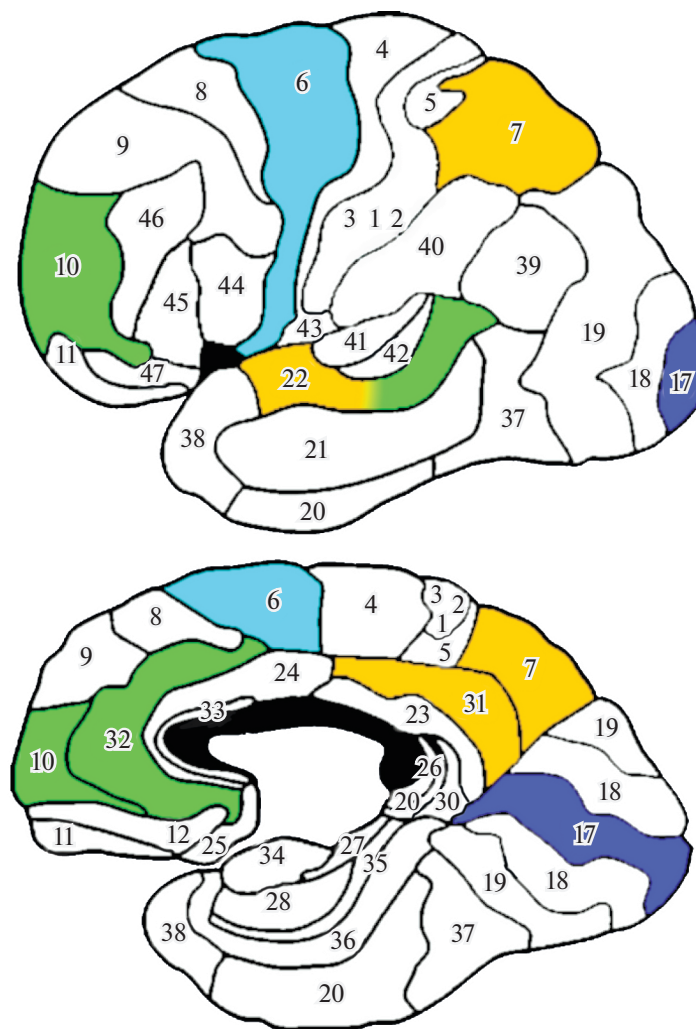


Рис. 5. Основные конфигурации распределения вокселей (задействованные ЗБ) в контексте предложенных проб. Для различных контрастов были получены распределения вокселей, в основном сводившиеся к 4 основным конфигурациям: 1) включающая вещество предклинья и клина билатерально, правую шпорную борозду, ЗБ (зоны Бродмана) 7, 31 и 22 и другие структуры на границе теменной, височной и затылочной областей; 2) захватывающая заднюю часть мозжечка (преимущественно в левом полушарии) и близкорасположенные структуры большого мозга (левую шпорную борозду, клин, язычную извилину, ЗБ 17); 3) состоящая из затылочных корковых областей: левого клина, средней затылочной извилины билатерально, других зон затылочной доли и мозжечка (ЗБ 6); 4) составленная из лобных и височных извилин: верхней и средней височных билатерально и верхней лобной, надкраевой, верхней теменной, преимущественно справа, и ЗБ 22, 10, 32.

рантностью к неопределенности как личностной характеристикой (рис. 5). Эти зоны преимущественно локализованы в лобной коре, теменной ассоциативной (предклинье) и затылочной зрительной области, мозжечке; связь деактивации в этих областях с толерантностью к неопределенности может говорить о способности лиц с большой выраженностью этого качества к меньшим затратам ресурса перцептивных и других когнитивных областей. В случае с предклиньем, напротив, причиной может быть лучшая способность к концентрации за счет подавления активности сети DMN.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассмотренных исследованиях с феноменом морали связан целый ряд областей мозга, так что некоторые авторы пришли к выводу, что “моральный мозг” находится везде и одновременно нигде, возможно, потому что его просто не существует [62].

Согласно данным нашего обзора, церебральные корреляты решения задач, вовлекающих моральный выбор или оценку, действительно широко распределены по коре и подкорковым областям. Мы представили схематично “маршрутную карту” морального и “аморального” поведения (рис. 6).

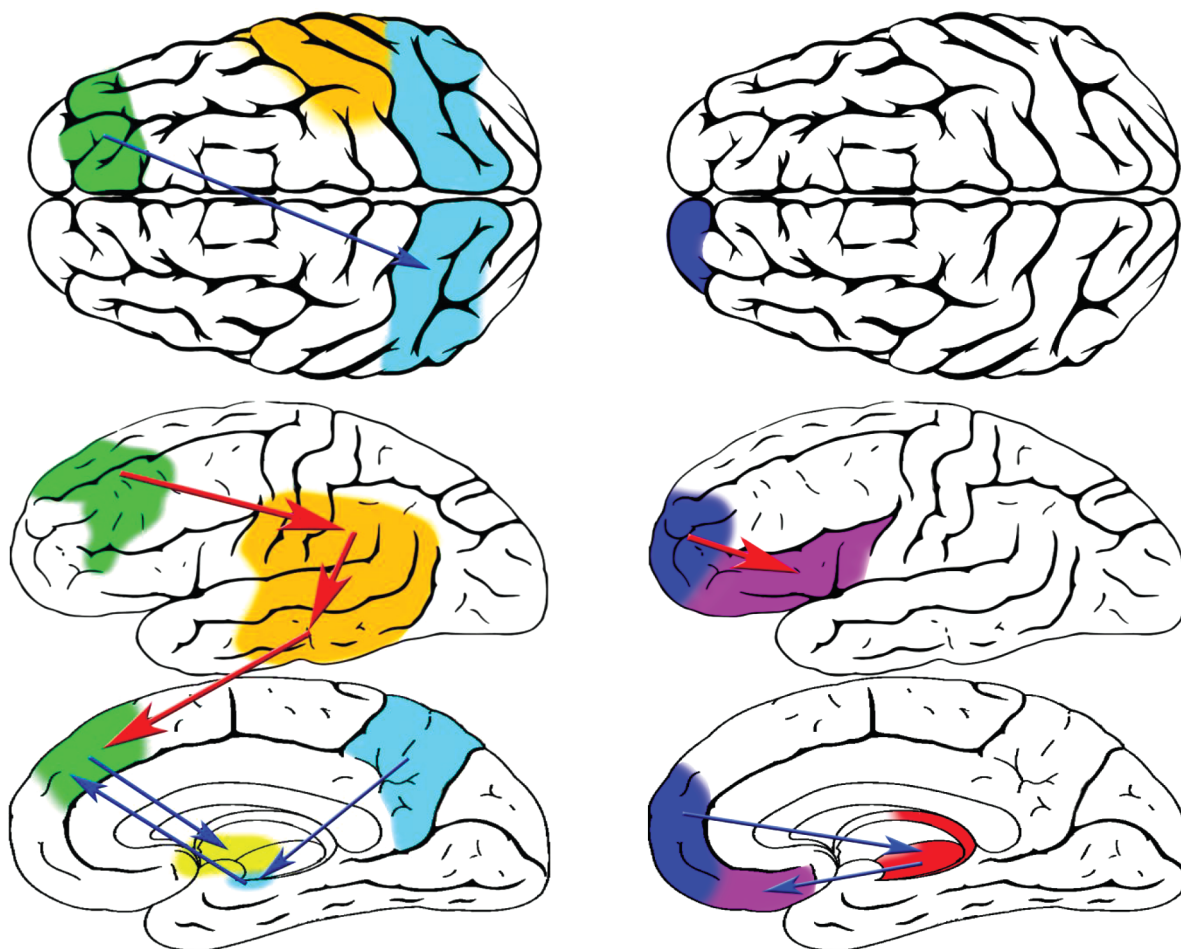


Рис. 6. “Дорожная карта” морального (слева) и “аморального” решения (справа). Нейросеть взаимодействующих участков головного мозга, активная в состоянии, когда человек выносит моральное решение, в большей степени задействует правую дорсолатеральную префронтальную кору, правые задние височные и теменно-височные области, далее путь пролегает через вентральное полосатое тело, предклинье и левое миндалевидное тело. В свою очередь “аморальные” выборы чаще активируют левую латеральную префронтальную кору и нижнюю лобную извилину, и несколько реже правый гиппокамп.

В преобладающем количестве публикаций упоминается медиальная и, несколько реже, латеральная префронтальная кора. Сравнительно часто отмечается активация в области предклинья и миндалевидного комплекса, а также височно-теменного сочленения.

Установлены связи между функционированием дорсолатеральной префронтальной коры и осуществлением процессов, предполагающих когнитивный контроль, мотивированное эгоистическое поведение и абстрактные моральные принципы; функционирование вентромедиальной префронтальной коры ассоциируется с социальным познанием, принятием моральных решений, выбором просоциальных вариантов в простых моральных дилеммах, нарушением и соблюдением социальных норм. Активность передней поясной коры связывается с эмоциональ-

ным откликом, мониторингом конфликтов, вовлекающими себя и других моральными проступками, чувством вины и предполагающими реальные действия моральными дилеммами. Задняя поясная кора ответственна за рациональные рассуждения, гипотетические моральные выборы и принятие простых моральных решений. Миндалины принимают участие в обработке последствий моральных действий, также активируется при причинении вреда и активной вовлеченности. Передняя височная доля отвечает за понимание абстрактных репрезентаций; височно-теменная область — за декодировку социальных подсказок и понимание намерений другого [19, 29, 42].

Топография результатов указывает на активность сети, работающей по умолчанию (DMN) — важнейшей из церебральных систем, регулирую-

щих сложные формы социального познания, к которым относятся и вопросы морали. Латеральная префронтальная кора, как часть исполнительной системы, ассоциирована с решением общекогнитивных задач, и ее активация, вероятно, свидетельствует о том, что в ряде экспериментальных конструкций задача воспринималась испытуемыми не как специфичная морально-этическая, а как условие логической головоломки. Наконец, присутствие в перечне миндалины (и несколько упоминаний орбитофронтальной коры и передней поясной извилины) указывает на эмоциональную “заряженность” некоторых заданий, о чем прямо упоминают авторы привлеченных нами публикаций.

Неоднородность результатов может быть связана еще и с тем, что до сих пор отсутствует общая психологическая теория принятия моральных решений, что не позволяет унифицировать дизайн нейровизуализационных интервенций в этой области. Так, например, нет никаких доказательств, что реакции испытуемых в ответ на предъявление моральных дилемм различной сложности, изучение которых является доминирующим подходом, действительно являются “моральными”. Учитывая проблемы в части экологической валидности, а также недостаточный обыденный и психологический реализм подобных исследований, моральные дилеммы вполне могут восприниматься испытуемыми как общекогнитивные задачи. Идентифицированные связи между активацией тех или иных мозговых структур с одной стороны, и поведенческим результатом — с другой, имеют корреляционную природу. Парадигма интерактивного мозга и возможности нейротехнологий, позволяют обсуждать, планировать и осуществлять интерактивную стимуляцию “мишеней” — структур формирующихся в онтогенезе моральных компетенций. Сегодня появляется возможность составить стереотопографический сетевой атлас-путеводитель совершенствования моральных принципов, сформировать некую “матрицу” нейротерапии средствами фМРТ-ЭЭГ биоуправления, позволяющую улучшать моральные программы индивида.

Ежедневно идет проверка моральной компетентности личности, ее способности ориентироваться в противоречивых неопределенных ситуациях. Выбором пронизаны все поступки, он составляет стержневое звено любой сферы человеческой деятельности. Ценности, идеалы, выбор сферы деятельности, личностного развития, социальной позиции, выбор способа поведения в той или иной ситуации — в разных по характеру обстоятельствах личность должна принимать ответственные и самостоятельные решения. Необходимость выбора — неотъемлемое свойство нравственной жизни каждого человека. Вместе с тем, индивидуальное моральное поведение стало не только сво-

боднее, но и ответственнее, что подчеркивает перспективность, сложность и необходимость разработки проблемы “Интерактивный мозг и моральный выбор”.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-015-00385.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акимов Д.С.* Природа этического размышления: обзор современных исследований // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2014. № 2. С. 109–120.
2. *Арутюнова К.Р., Созинова И.М., Александров Ю.И.* Мозговые основы моральной оценки действий [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2020. Т. 9. № 2. С. 67–81. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2020090206>
3. *Гертер Г.* Принятие решений: Да? Нет? Или что-то третье? Харьков: Гуманитарный Центр, 2008.
4. *Зинченко В.П.* Толерантность к неопределенности: новость или психологическая традиция? // Вопросы психологии. 2007. № 6. С. 3–20.
5. *Ключарев В.А., Шмидс А., Шестакова А.Н.* Нейроэкономика: нейробиология принятия решений // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 2.
6. *Корнилова Т.В., Чигринова И.А.* Стадии индивидуальной морали и принятие неопределенности в регуляции личностных выборов // Психологический журнал. 2012. Т. 33. № 2. С. 69–87.
7. *Мажирина К.Г., Джафарова О.А., Козлова Л.И., Первушина О.Н., Федоров А.А. и др.* Связи корковой активности при восприятии неструктурированных стимулов и толерантности к неопределенности // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2020. Т. 169. № 4. С. 400–405.
8. *Павлова Е.М., Корнилова Т.В.* Триада толерантности к неопределенности — эмоциональный интеллект — интуитивный стиль и самооценка креативности у лиц творческих профессий // Психолого-педагогические исследования. 2019. Т. 11. № 1. С. 107–117.
9. *Федоров А.А., Первушина О.Н., Близинок М.В. и др.* К методике анализа характеристик восприятия неопределенных стимулов: фМРТ-исследование половых различий // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2016. Т. 161. № 3. С. 411–415.
10. *Шабалин А.П., Первушина О.Н.* Использование метода дилемм в эмпирических исследованиях морали // Вопросы психологии. 2018. № 5. С. 78–87.
11. *Achaval D., Villarreal M.F., Salles A., Julia Bertomeu M., Costanzo E.Y., Goldschmidt M., Guinjoan S.M.* Activation of brain areas concerned with social cognition during moral decisions is abnormal in schizophrenia patients and unaffected siblings // Journal of Psychiatric Research. 2013. V. 47(6). P. 774–782. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.12.018>
12. *Blair R.* Neurobiological basis of psychopathy // The British Journal of Psychiatry. 2003. 182: 5–7.

13. Christensen J.F., Gomila A. Moral dilemmas in cognitive neuroscience of moral decision-making: A principled review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2012. V. 36(4). P. 1249–1264. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.02.008>
14. Decety J., Porges E.C. Imagining being the agent of actions that carry different moral consequences: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 2011. V. 49(11). P. 2994–3001. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.024>
15. Jafarova O., Mazhirina K., Sokhadze E., Shtark M. Self-regulation Strategies and Heart Rate Biofeedback Training // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2020. V. 45(2). P. 87–98. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09460-5>
16. Dixon M.L., Christoff K. The lateral prefrontal cortex and complex value-based learning and decision making // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2014. V. 45. P. 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.04.011>
17. Elemers N. et al. The psychology of morality: a review and analysis of empirical studies published from 1940 through 2017 // *Personality and Social Psychology Review*. 2019. V. 23. № 4. P. 332–366. <https://doi.org/10.1177/1088868318811759>
18. Eres R., Louis W.R., Molenberghs P. Common and distinct neural networks involved in fMRI studies investigating morality: an ALE meta-analysis // *Social Neuroscience*. 2017. P. 1–15. <https://doi.org/10.1080/17470919.2017.1357657>
19. FeldmanHall O., Mobbs D. A Neural Network for Moral Decision-Making. In A.W. Toga, M.D. Lieberman (eds.) *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*. 2015. Elsevier: Oxford.
20. Garrigan B., Adlam A.L.R., Langdon P.E. The neural correlates of moral decision-making: A systematic review and meta-analysis of moral evaluations and response decision judgements // *Brain and Cognition*. 2016. V. 108. P. 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2016.07.007>
21. Greene J.D., Sommerville R.B., Nystrom L.E., Darley J.M., Cohen J.D. An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment // *Science*. V. 293(5537). P. 2105–2108. <https://doi.org/10.1126/science.1062872>
22. Greene J.D., Young L. *The Cognitive Neuroscience of Moral Judgment and Decision-Making. The Cognitive Neurosciences*. 2020. V. 6 (Ed. M.S. Gazzaniga). MIT Press.
23. Gregory S. Berns, Emily Bell, C. Monica Capra, Michael J. Prietula. The price of your soul: neural evidence for the non-utilitarian representation of sacred values // V. 367. № 1589. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0262>
24. Grossman M., Eslinger P.J., Troiani V., Anderson C., Avants B., Gee J.C., Antani S. The role of ventral medial prefrontal cortex in social decisions: Converging evidence from fMRI and frontotemporal lobar degeneration // *Neuropsychologia*. 2010. V. 48(12). P. 3505–3512. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.07.036>
25. Han H., Chen J., Jeong C., Glover G.H. Influence of the cortical midline structures on moral emotion and motivation in moral decision-making // *Behavioural Brain Research*. 2016. V. 302. P. 237–251. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.01.001>
26. Han H., Glover G.H., Jeong C. Cultural influences on the neural correlate of moral decision making processes // *Behavioural Brain Research*. 2014. V. 259. P. 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.11.012>
27. Harenski C.L., Harenski K.A., Kiehl K.A. Neural processing of moral violations among incarcerated adolescents with psychopathic traits // *Developmental Cognitive Neuroscience*. 2014. V. 10. P. 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.09.002>
28. Harlé K.M., Chang L.J., van 't Wout M., Sanfey A.G. The neural mechanisms of affect infusion in social economic decision-making: A mediating role of the anterior insula // *NeuroImage*. 2012. V. 61(1). P. 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.027>
29. James F.M., Cornwell E., Tory Higgins. Sense of Personal Control Intensifies Moral Judgments of Others' Actions // *Front. Psychol*. 2019. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02261>
30. Jana Schaich Borg, Catherine Hynes, John Van Horn, Scott Grafton, Walter Sinnott-Armstrong *Consequences. Action, and Intention as Factors in Moral Judgments: An fMRI Investigation* // *J. Cognitive Neuroscience*. 2006. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.5.803>
31. Junfeng Bian, Liang Li, Jianzhou Sun. The Influence of Self-Relevance and Cultural Values on Moral Orientation // *Front. Psychol*. 2019. V. 10. P. 292. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00292>
32. Junfeng Bian, Liang Li, Jianzhou Sun, Jie Deng, Qianwei Li, Xiaoli Zhang and Liangshi Yan. The Influence of Self-Relevance and Cultural Values on Moral Orientation // *Front. Psychol*. 2019. V. 10. P. 292. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00292>
33. Jung Y.C., Schulte T., Müller-Oehring E.M. et al. Synchrony of anterior cingulate cortex and insular-striatal activation predicts ambiguity aversion in individuals with low impulsivity // *Cerebral Cortex*. 2014. V. 24(5). P. 1397–1408.
34. Jung W.H., Prehn K., Fang Z., Korczykowski M., Kable J.W., Rao H., Robertson D.C. Moral competence and brain connectivity: A resting-state fMRI study // *NeuroImage*. 2016. V. 141. P. 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.07.045>
35. Koenigs M., Young L., Adolphs R., Tranel D., Cushman F., Hauser M., Damasio A. Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements // *Nature*. 2007. V. 446(7138). P. 908–911.
36. Lopez-Paniagua D., Seger C.A. Coding of level of ambiguity within neural systems mediating choice // *Frontiers in Neuroscience*. 2013. V. 7. P. 229.
37. Luo Q., Nakic M., Wheatley T., Richell R., Martin A., Blair R.J.R. The neural basis of implicit moral attitude—An IAT study using event-related fMRI // *NeuroImage*. 2006. V. 30(4). P. 1449–1457. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.005>
38. Majdandžić J., Amashauffer S., Hummer A., Windischberger C., Lamm C. The selfless mind: How prefrontal

- involvement in mentalizing with similar and dissimilar others shapes empathy and prosocial behavior // *Cognition*. 2016. V. 157. P. 24–38.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.08.003>
39. Margoni F., Geipel J., Hadjichristidis C., Surian L. Moral Judgment in Old Age // *Exp. Psychol.* 2018. V. 65(2). P. 105–114.
<https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000395>
40. McAuliffe, William H. “Do Emotions Play an Essential Role in Moral Judgments?” *PsyArXiv*. 2018.
[doi:10.31234/osf.io/ajbc9](https://doi.org/10.31234/osf.io/ajbc9)
41. Ming Hsu Ming Hsu, Cédric Anen, Steven R. Quartz. The Right and the Good: Distributive Justice and Neural Encoding of Equity and Efficiency // *Science*. 2008. V. 320. P. 1092–1095.
42. Neta M., Kelley W.M., Whalen P.J. Neural responses to ambiguity involve domain-general and domain-specific emotion processing systems // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2013. V. 25(4). P. 547–557.
43. Neta M., Schlaggar B.L., Petersen S.E. Separable responses to error, ambiguity, and reaction time in cingulo-opercular task control regions // *NeuroImage*. 2014. V. 99. P. 59–68.
44. Overman W.H., Boettcher L., Watterson L., Walsh K. Effects of dilemmas and aromas on performance of the Iowa Gambling Task // *Behavioural Brain Research*. 2011. V. 218(1). P. 64–72.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.11.015>
45. Pletti C., Sarlo M., Palomba D., Rumiati R., Lotto L. Evaluation of the legal consequences of action affects neural activity and emotional experience during the resolution of moral dilemmas // *Brain and Cognition*. 2015. V. 94. P. 24–31.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.01.004>
46. Pushkarskaya H., Smithson M., Joseph J.E., Corbly C., Levy I. Neural correlates of decision-making under ambiguity and conflict // *Front. Behav. Neurosci.* 2015. V. 9. ID 325.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00325>
47. Reniers R.L.E.P., Corcoran R., Völlm B.A., Mashru A., Howard R., Liddle P.F. Moral decision-making, ToM, empathy and the default mode network // *Biological Psychology*. 2012. V. 90(3). P. 202–210.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.03.009>
48. Riva P. et al. Selective changes in moral judgment by noninvasive brain stimulation of the medial prefrontal cortex // *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*. 2019. V. 19. № 4. P. 797–810.
<https://doi.org/10.3758/s13415-018-00664-1>
49. Rodd J.M., Johnsrude I.S., Davis M.H. Dissociating frontotemporal contributions to semantic ambiguity resolution in spoken sentences // *Cerebral Cortex (N.-Y.)*. 2012. V. 22(8). P. 1761–1773.
50. Sarlo M., Lotto L., Rumiati R., Palomba D. If it makes you feel bad, don't do it! Egoistic rather than altruistic empathy modulates neural and behavioral responses in moral dilemmas // *Physiology & Behavior*. 2014. V. 130. P. 127–134.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.04.002>
51. Sellaro R., Güroğlu B., Nitsche M.A., van den Wildenberg W.P.M., Massaro V., Durieux J., Colzato L.S. Increasing the role of belief information in moral judgments by stimulating the right temporoparietal junction // *Neuropsychologia*. 2015. V. 77. P. 400–408.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.09.016>
52. Shabalin A.P., Pervushina O.N. The problem of moral decision making: an interdisciplinary approach // *Reflexio. [S.l.]*. V. 10. № 2. P. 37–56. ISSN 2658-6894.
53. Shenhav A., Greene J.D. Moral Judgments Recruit Domain-General Valuation Mechanisms to Integrate Representations of Probability and Magnitude // *Neuron*. 2010. V. 67(4). P. 667–677.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.07.020>
54. Shulman R.G., Hyder F., Rothman D.L. Insights from neuroenergetics into the interpretation of functional neuroimaging: an alternative empirical model for studying the brain's support of behavior // *J. Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2014. V. 34. № 11. P. 1721–1735.
<https://doi.org/10.1038/jcbfm.2014.145>
55. Shulman R.G., Rothman D.L. A non-cognitive behavioral model for interpreting functional neuroimaging studies // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. V. 13. Article ID 28. 18 p.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00028>
56. Sommer M., Rothmayr C., Döhl K., Meinhardt J., Schwerdtner J., Sodian B., Hajak G. How should I decide? The neural correlates of everyday moral reasoning // *Neuropsychologia*. 2010. V. 48(7). P. 2018–2026.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.03.023>
57. Tase S. Rai. Moral judgment across cultures // *Science*. 2019. V. 362. № 6413. P. 416–417.
<https://doi.org/10.1126/science.362.6413.416-e>
58. Tanaka Y., Fujino J., Ideno T., Okubo S. Are ambiguity aversion and ambiguity intolerance identical? A neuroeconomics investigation // *Frontiers in Psychology*. 2015. V. 5. P. 1550.
59. Tsoi L., Dungan J., Waytz A., Young L. Distinct neural patterns of social cognition for cooperation versus competition // *NeuroImage*. 2016. V. 137. P. 86–96.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.04.069>
60. Van Bavel J., Packer D.J. The dynamic nature of identity: From the brain to behavior. In N. Branscombe, & K. Reynolds (Eds.). *The psychology of change: Life contexts, experiences, and identities* Psychology Press. 2015.
61. Young L., Adolphs R., Tranel D., Cushman F., Hauser M., Damasio A. Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements // *Nature*. 2007. V. 446. № (7138). P. 908–911.
<https://doi.org/10.1038/nature05631>
62. Young L., Dungan J. Where in the brain is morality? Everywhere and maybe nowhere // *Social Neuroscience*. 2012. V. 7(1). P. 1–10.
<https://doi.org/10.1080/17470919.2011.569146>
63. Yu H., Siegel J.Z. Crockett Modeling Morality in 3-D: Decision-Making, Judgment, and Inference // *Topics in Cognitive Science*. 2019. V. 11. P. 409–432.
<https://doi.org/10.1111/tops.12382>
64. Yu G., Kim C.-M. Kim D.H., Nam K. Semantic Activation and Cortical Areas Related to the Lexical Ambiguity and Idiomatic Ambiguity / *Neural Information Processing*. Springer, 2006. P. 290–297.

Neuroimaging and The Phenomenon of Moral Choice

K. G. Mazhirina^{1, 2, *}, O. N. Pervushina^{2, **}, A. A. Fedorov^{2, ***}, and M. B. Shtark^{1, 2, ****}

¹*Research Institute of Molecular Biology and Biophysics, FIC FTM,
Novosibirsk, 630117 Russian Federation*

²*FGAOU VO Novosibirsk National Research State University,
Novosibirsk, 630090 Russian Federation*

**e-mail: ksyh@mail.ru*

***e-mail: olgap7@yandex.ru*

****e-mail: freethinker@gorodok.net*

*****e-mail: mark@niimbb.ru*

Abstract—The article provides an overview of modern theories of moral choice, analyzing the results of studying the neurobiological basics of morality using neuroimaging and neurophysiological technologies. The supposed potential contribution of various structures of the brain and the relationship of neural networks with the characteristics of moral behavior are considered. The data of neuroimaging of the process of making moral decisions are analyzed, showing that making a moral choice is followed by a specific dynamics of activation of brain structures network mainly associated with empathy, the functioning of the mental model, cognition, and emotions. No brain areas absolutely specific for solving moral dilemmas were identified, but the formation of moral competencies assumed an activation of a number of brain structures, in particular, prefrontal cortex, cingulate cortex, and amygdala.

Keywords: Neuroimaging, moral choice, moral judgement, moral decision, ambiguity tolerance, functional magnetic resonance imaging (fMRI), fMRI neural networks, areas of activity of the brain, regions of interest