

## КОГНИТИВНЫЕ И СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 612.8

### СОЗНАНИЕ ЧЕЛОВЕКА – НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

© 2022 г. В. В. Петраш<sup>1,\*</sup>, Ю. Н. Егоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Университет “РЕАВИЗ”, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины ФМБА России,  
Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: [Vlapetrash@yandex.ru](mailto:Vlapetrash@yandex.ru)

Поступила в редакцию 15.03.2022 г.

После доработки 20.03.2022 г.

Принята к публикации 20.03.2022 г.

Изложен концептуально новый ракурс рассмотрения нейробиологических механизмов, обеспечивающих феномен сознания человека. Базовым является введение представления об обратной (относительно сенсорной) функции органов чувств. Данная функция предполагает способность этих органов (биодетекторов) генерировать в своей структуре при эндогенной стимуляции или аутовозбуждении мнимые образы (зрительные, слуховые, обонятельные и др.). Эта гипотетическая функция исходит из фундаментального для приемно-передающих систем “принципа взаимности”, согласно которому каждый детектор сигнала может быть и излучателем подобного сигнала. Коммуникации между разными модальностями биодетекторов возможны по системным связям нейросетей, а также по принципу резонанса когерентных осцилляций биоструктур. Совокупность мнимых образов разных модальностей формирует целостный мнимый образ осмысливаемого явления или объекта. Оперирование действительными и мнимыми образами по принципу обратной связи в процессе мышления, координируемое посредством механизма “внутренней речи”, согласно предложенной концепции, лежит в основе нейробиологических механизмов осознанной деятельности человека.

DOI: 10.56304/S2782375X22040118

#### ВВЕДЕНИЕ

Нейробиологические механизмы феномена сознания и других когнитивных функций, несмотря на все усилия мирового научного сообщества и все более совершенные методы исследований, остаются до сих пор далеко неясными [1–3]. “Научный путь к пониманию феномена разума, несомненно, существует”, но пока этот феномен как некая “высшая тайна всего сущего” не имеет фундаментального биологического объяснения [4].

Цель настоящей работы – вынесение на научное обсуждение нового концептуального принципа механизмов сознания человека, выдвинутого как гипотеза, в основу которой положено представление об обратной (относительно сенсорной) функции органов чувств.

Понятие “сознание” в различных областях науки (медицина, философия, психология и др.) имеет неоднозначную интерпретацию. В данной работе “сознание” трактуется как “многогранное понятие, состоящее из двух основных компонентов: осознания окружающей среды и самого себя” [5], и рассматривается в качестве когнитивной

функции, обеспечиваемой синергичной деятельностью структур головного мозга, сенсорных органов и речевого аппарата в целостной системе организма.

Представления о механизмах сознательной деятельности и роли мозга в этом процессе прошли длительный путь развития от теорий античных философов до современных концепций системоквантов, голографического принципа формирования в мозге информационного экрана и других гипотетических построений [6]. Так, в [7] пытались ответить на вопрос: “Как физические процессы в мозге порождают субъективные переживания?” В этом аспекте выделены две проблемы: легкие и трудные. К легким проблемам отнесена способность распознавать внешние стимулы и реагировать на них, способность интегрировать информацию, осуществлять волевой контроль над поведением и т.п., т.е. все, что может быть объяснено в понятиях физиологических функций. Трудной проблемой считается лишь одна, а именно, проблема сознательного опыта или сознания как такового. Согласно [7] существует лишь физическая субстанция, обладающая дуа-

лизмом несводимых друг к другу свойств, а именно свойствами ментальными и физическими. Двусмысленность понятия сознания часто приводит к концептуальной путанице, при этом основной тезис, что сознание нематериально, далеко не нов. По сути не дан ответ на вопрос: “Какие процессы в мозге порождают субъективные переживания?”

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Взаимодействие между восходящими и нисходящими процессами обработки информации в мозге лежит в основе завоевавшей в последнее время популярность концепции предсказательного кодирования, рассматриваемой в качестве нового обобщающего принципа работы когнитивной системы и головного мозга [8]. В своей сущности этот подход в моделях обработки информации человеком базируется на хорошо и давно известном принципе обратной связи в теории функциональных систем П.К. Анохина и, несомненно, важен для поиска путей к пониманию функциональной организации мозга, но несколько странно говорить о его новизне в наше время. По сути концепция предсказательного кодирования является развитием теории функциональных систем на современном этапе.

Нейрофизиологические эксперименты и клинические наблюдения позволили установить многие важные закономерности деятельности отдельных элементов мозга. Последняя декада XX столетия даже была названа “десятилетием мозга” и предполагала прорыв в этой проблеме, поскольку благодаря использованию неинвазивных методов позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и компьютерной обработки физиологической информации стало возможным, по словам Н.П. Бехтеревой, “...строить новую функциональную анатомию мозга человека” [9]. Действительно, результаты компьютерной нейровизуализации с помощью ПЭТ, магнитно-резонансной томографии (МРТ), ИК-спектроскопии и других методов позволили создать объективную картину функциональной организации структур мозга человека в норме и при некоторых видах патологии [10–13]. Широкий объем проводимых исследований по проблемам сознания отражен в обзорных работах Е.П. Велихова [14], А.М. Иванникова [15] и многих других ученых.

Наиболее распространенное объяснение нейрофизиологических механизмов сознания заключается в представлении о том, что образы внешнего мира после предварительного преобразования в сенсорных органах в виде последовательностей электрических сигналов поступают по нервным волокнам в соответствующие области головного мозга. Эти области включают в себя медианные отделы лобных долей, оба гиппо-

кампа и несколько структур задних отделов новой коры, в частности височно-теменно-затылочные области левого и правого полушарий, обеспечивающие интеграцию сведений от основных сенсорных систем — зрения, слуха, обоняния, соматосенсорной чувствительности и вестибулярного аппарата [13]. В коре головного мозга сенсорные электрические сигналы каким-то образом идентифицируются, интегрируются, перерабатываются (перекодируются) и сохраняются (запоминаются). Нейроны, обладая способностью к пространственно-временной самоорганизации в функциональные ансамбли, за счет многочисленных синаптических связей образуют нейронные сети, которые определяют интегративную реакцию, направленную на достижение цели, необходимой в зависимости от совокупного образа внешнего явления, сформированного сенсорными сигналами. При этом предполагается, что именно в коре головного мозга происходит высшая переработка всей сенсорной информации: хранятся сведения о событиях прошлого, формируются образы явлений окружающего мира, идет процесс осознания этих явлений, вырабатывается стратегия поведенческих реакций в соответствии с внешней обстановкой и субъективной мотивацией.

Подчеркнем, что кратко изложенные в приведенном выше абзаце устоявшиеся представления о современной нейрофизиологии не содержат в себе какой-либо объективной логической основы для формирования мыслеобразов и понимания механизмов сознания в целом. Если, по мнению Н.П. Бехтеревой: “... важнейшей стратегической задачей в науке о мозге человека является исследование мозгового кода мысли” [9], то в вопросах объяснения возможных механизмов кодирования мысли в электрической нейронной активности ясности нет. “Действительно, никто еще не показал конкретный механизм перехода электрической активности нейрона в мысль” [16]. Встает также вопрос, на каком биологическом “экране” проецируются зрительные образы, например, при сновидениях? У спящего как бы на внутреннем экране возникают зрительные образы знакомых либо неизвестных лиц, картины событий прошлого или фантастических событий, часто отрывочных и в различных сочетаниях. Это происходит в фазе быстрого сна, причем в этот период наблюдается интенсивное движение глазных яблок (феномен быстрого движения глаз (БДГ)), часто сопровождаемое феноменом “разговора во сне”. Эти факты предположительно могут быть охарактеризованы в аспекте компьютерной логики как “сканирование” в период БДГ мнимых зрительных образов с одновременной их координацией словесным кодом (разговор во сне). Объяснения вопросу об “экране” для зрительных образов, его местоположении, морфологии и функ-

ции современная нейрофизиология дать не может. В этом аспекте правомерно рассмотреть гипотезу Судакова [6] о голографическом механизме формирования зрительных образов, при этом обратив внимание на морфологические особенности стекловидного тела глаз, представляющего собой гелеобразную объемную структуру, возможно, с присутствием жидкокристаллических свойств.

На пути поиска нейробиологических механизмов сознания в большинстве современных исследований доминирует желание построить модель функций мозга по аналогии с компьютером, оперируя понятиями “память”, “кодирование”, “скорость обработки информации”, “интерфейс” и т.д. В этом ключе возникло вполне логичное представление о мозге как “биологическом интерфейсе”, необходимом элементе, выполняющем центральную интегрирующую и коммуникационную функцию [17], поскольку физиологические процессы гомеостаза, адаптации и другие связаны с деятельностью мозга на всех уровнях системной иерархии организма начиная с эмбриональной стадии развития [18].

Феномен сознания непосредственно связан и существует в совокупности с феноменами памяти, мышления и другими когнитивными функциями. В свое время С. Роуз в книге “Устройство памяти. От молекул к сознанию” пришел к парадоксальному, как ему тогда казалось, выводу о том, что “...в некотором важном смысле память и вообще не заключена в каком-то небольшом наборе нейронов, а должна пониматься как свойство всего мозга и даже целого организма... Поэтому уровень, на котором возможно понимание памяти это уровень системы в целом” [19]. Поиски “места” хранения информации (памяти) в головном мозге, как известно, например, из многочисленных экспериментов К.С. Лешли, к успеху не привели [20]. В настоящее время совершенно ясно, что области локализации проекций тех или иных однотипных сенсорных стимулов в коре мозга варьируют и имеют отражение в различных ее зонах [11, 13].

Тем не менее, по-видимому, существуют и строго локализованные варианты. W. Penfield и L. Roberts описывают результаты клинических исследований, в которых локальное электрическое раздражение в определенной точке верхней поверхности височной доли коры пациента вызывало воспоминание о прошедшем событии с детальным описанием места события и происшедших там действиях: “Как будто большой вневне переживает какой-то прошедший период времени и осведомлен о тех вещах, о которых он знал в этот предыдущий период” [21, с. 48]. Еще пример из описанных ими наблюдений: “Большая воскликнула при включении слабого электрического

тока: “О, знакомое воспоминание — где-то в учреждении. Я могу видеть письменные столы. Я была здесь и какой-то человек, прислонившийся к столу с карандашом в руке, звал меня”. [21, с. 49]. Следовательно, у пациентки явно возникали мнимые зрительные образы, она говорит: “Я могу видеть ...”. По словам авторов, наблюдавшиеся ими явления “... убеждают в существовании постоянного ганглиозного запечатления потока сознания. Следы этого потока должны сохраняться специализированным механизмом. В противном случае, основанные на опыте реакции при локальном приложении электродов были бы невозможными” [21, с. 51]. С этим выводом о наличии “специализированного механизма” сложно не согласиться.

В физическом понимании свойство памяти присуще в той или иной мере многим материальным объектам, не только биологическим, способным сохранять информацию за счет конформационных перестроек своей структуры, например, в виде информативного следа остаточного намагничивания на носителе, обладающем магнитными свойствами. Конформационная перестройка на биомолекулярном уровне лежит в основе многочисленных процессов жизнедеятельности, являясь молекулярным механизмом информационного обмена и, соответственно, молекулярной памяти. Причем каждой системной организации живой матери присущ специфический механизм формирования памяти. К примеру, одноклеточные организмы типа инфузории туфельки вообще не содержат ни одного нейрона и, тем не менее, сохраняют информацию, необходимую им для поддержания жизнедеятельности в своей среде обитания, и это общебиологическая закономерность. Клеточные структуры рецепторных аппаратов органов чувств также не могут быть исключением и, по всей вероятности, способны сохранять специфические для них информационные сигналы, а при возбуждении воспроизводить эти сигналы в эквивалентном виде. Отметим, что возбуждение клеточных рецепторных аппаратов может происходить как при воздействии внешних для рецепторов стимулов, в том числе от рецепторов других модальностей, так и спонтанно в режиме автоматии.

Таким образом, память рассматривается как распределенное свойство организма сохранять и интегрировать разнообразные сенсорные восприятия. При такой ситуации высоко развитым организмам с многоуровневой системой регулирования необходим централизованный “биологический интерфейс” — мозг, функционирующий по своим биологическим законам и способный делегировать часть своих функций различным периферическим звеньям регуляции.

Сущность механизмов системного высокоскоростного взаимодействия в сетях нейроорганизации, участвующих при выборе адекватного алгоритма управления множеством одновременно происходящих в организме реакций, мало изучена. Целостность сложнейшей системы, такой как биологическая, может быть обеспечена только за счет формирующегося в процессе морфогенеза гармоничного сочетания структурных элементов и согласованности их функций.

В 1928 г. лауреатом Нобелевской премии по химии Л. Полингом была предложена теория резонанса в химии [22], внесшая фундаментальный вклад в развитие научных представлений о молекулярных взаимодействиях, в которых каждая многоатомная молекула рассматривается как набор связанных атомарных осцилляторов. Исходя из этого, квантовые и резонансные взаимодействия могут являться наиболее вероятным механизмом, обеспечивающим необходимую согласованность осциллирующих элементов биологических структур, которым всегда присущ колебательный характер, “играющий фундаментальную роль в нормальной и патологической физиологии клетки” [23, с. 116–117]. В аспекте этих представлений каждый элемент структуры сенсорных органов можно представить как камертон, настроенный на свой специфический спектральный паттерн осцилляций, формирующий тем самым целенаправленное взаимодействие между сенсорными органами, наглядно проявляющееся, например, в феномене синестезии [24]. Отметим, что это положение подтверждают исследования о резонансном поглощении электромагнитных излучений СВЧ-диапазона молекулами ДНК [25] и высокая чувствительность резонансных методов, уже более полувека используемых в практике медицинской диагностики [26, 27].

Согласно хорошо известному из теории приемно-передающих систем “принципу взаимности” приемник сигнала при определенных условиях может быть преобразован в генератор подобного сигнала и наоборот. Рассмотрение сенсорных органов (органов чувств) живых организмов с точки зрения указанного принципа позволило выдвинуть гипотезу о наличии у биологических сенсоров “обратной функции”, т.е. генераторной, в отличие от “прямой функции” — сенсорной (приемной). При этом предполагается, что обе функции являются неотъемлемыми естественными свойствами органов чувств и связанных с ними по принципу обратной связи отделов мозга, синергично взаимодействующих в процессах сознания.

Для органов чувств под обратной функцией понимается их способность переходить спонтанно (автоматия), а также при внешней или эндо-

генной стимуляции в режим генерации мнимых образов, соответствующих их сенсорному назначению (зрение, слух, обоняние и др.), аналогичных в определенной мере реальным объектам и событиям. Эндогенными стимулами могут являться либо сигналы, поступающие по нервным волокнам посредством “биологического интерфейса” (мозга) в нейросенсорный ансамбль органов чувств, либо гуморальные факторы. Для зрительного анализатора можно предположить, что “на “запрос” мозга сетчатка “моделирует” или точнее воссоздает внутренний зрительный образ определенным сочетанием возбуждения своих рецепторных клеток и передает информацию как целостный паттерн об этом мнимом зрительном образе обратно в мозг. Так возникает зрительный образ объекта, реально отсутствующего в поле зрения, например, в процессе вспоминания прошедшего события” [28]. Аналогичный эффект возможен при спонтанном возбуждении во сне зрительного рецепторного аппарата, следует отметить, что визуализация снов у незрячих людей отсутствует. Выше был приведен пример такого феномена из наблюдений В. Пенфилда и Л. Робертса, когда пациентка при искусственном создании стимуляции электрическим раздражением определенной точки коры говорит: “Я могу видеть ...” [21, с. 51]. Перед ее взором протекают воспоминательные образы, и она их осознает в деталях происходившего события. Можно предполагать, что в этом случае в нейронной сети мозга происходят коммуникационные взаимодействия различных модальностей восприятия с их сенсорной памятью, которые в совокупности с феноменом внутренней речи, формируют воспоминательный осознанный мысленный образ.

Для органа слуха принципы обратной рецепторной функции аналогичны. Известны явления, указывающие на возможность такой функции. Например, волосковые клетки улитки обладают частотно-избирательной активностью. Д. Кемпом в 1978 г. было доказано существование отоакустических сигналов. Сама улитка при возбуждении электрическими импульсами может генерировать акустические колебания, фиксируемые микрофоном вблизи барабанной перепонки. Спонтанные акустические излучения в области уха имеют характер узкополосных акустических сигналов, природа которых окончательно не выяснена [29–31].

В последние годы установлено, что поток нейронной информации реверсируется между восприятием объекта и его реконструкцией из памяти [32]. Причем показано, что восстановление эпизодической памяти функционально зависит от очень быстрой реактивации сенсорной информации [33]. В соответствии с теорией резонансных взаимодействий можно предположить, что элементы нейронной сети органов чувств опери-

руют спектральными паттернами воспринимаемых образов реальных объектов с обратной связью через их мнимые образы, эндогенно генерируемые во внутренних средах отражения (воспроизведения) самих органов чувств. В процессе мышления происходит соотнесение логически родственных (резонирующих) паттернов зрительной, слуховой, обонятельной и других сенсорных систем с построением динамического (внутреннее рассуждение) языкового (словесного) кода осознаваемой мысли.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный концептуальный подход к рассмотрению механизмов сознания опирается на сугубо физиологические (нейробиологические) процессы взаимодействия прямой (общеизвестной) и обратной (гипотетической, но не безосновательно выдвинутой) рецепторных функций. Последняя из них базируется на фундаментальном “принципе взаимности” приемно-передающих систем (детектор – он же излучатель) и органично укладывается в естественно-научную логику функций биодетекторов (органов чувств). При этом быстрая (практически мгновенная) коммуникация различных модальностей органов чувств согласуется с закономерностями резонансных взаимодействий когерентных осцилляций биоструктур. Таким образом, с изложенных в работе нейробиологических позиций процесс сознания человека является динамическим взаимодействием нейронных сетей различных модальностей биосенсоров с нейронными сетями активации аппарата “внутренней речи”, опосредованным обратной связью через эндогенно продуцируемые мнимые образы объектов и событий.

На основании представленного материала можно сформулировать следующие выводы.

Сознание – неотъемлемое свойство живых организмов, получившее наивысшее развитие у человека благодаря сформировавшемуся у него речевому аппарату (словесному коду), управляющему функцией мышления посредством феномена внутренней речи.

Базовым для предлагаемого концептуального принципа является постулируемая гипотеза о существовании обратной функции сенсорных систем – генераторной, состоящей в воспроизведении, предположительно, в структурах самих сенсорных систем мнимых образов, абстрактно приближенных к действительным.

Восприятие значимого для субъекта информационного образа (светового, звукового, обонятельного и др.) оставляет характерный для каждого конкретного образа след (спектральный паттерн, энграмму и др.) в соответствующих сенсорных образованиях организма.

Кодовое обозначение значимого информационного образа фиксируется сочетанной моторикой устойчиво взаимодействующих за счет обучения мышечных групп речевого аппарата и воспроизводится в виде словесного образа.

Поступление информационного сигнала (образа) в одну из сенсорных систем индуцирует эндогенное возбуждение комплементарных мнимых образов в других сенсорных системах и словесных образов в моторике мышечных ансамблей речевого аппарата.

Данный материал может представлять интерес для большого круга специалистов в области нейрофизиологии, в том числе связанных с разработками систем “искусственного интеллекта”.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гершкович В.А., Фаликман М.В. // Российский журнал когнитивной науки. 2018. Т. 5. № 4. С. 28.
2. Koch C. // Sci. Am. 2018. V. 318. № 6. P. 60. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican0618-60>
3. Величковский Б.М., Ушаков В.Л. // СТМ. 2019. Т. 11. № 1. С. 8. <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.1.01>
4. Пенроуз Р. Тени разума: в поисках науки о сознании / Пер. с англ. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. 688 с.
5. Calabrò R.S., Cacciola A., Bramanti P., Milardi D. // *Neurol. Sci.* 2015. V. 36. P. 505. <https://doi.org/10.1007/s10072-015-2072-x>
6. Судаков К.В. // Вест. Междунар. акад. наук. Русская секция. 2011. № 1. С. 1.
7. Chalmers D.J. // *J. Conscious. Stud.* 1995. V. 2. P. 200.
8. Фаликман М.В. // Вопросы психологии. 2021. Т. 67. № 3. С. 3.
9. Бехтерева Н.П. О мозге человека. XX век и его последняя декада в науке о мозге человека. СПб.: Нотабене, 1997. 70 с.
10. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В. и др. // Мед. визуализация. 2012. № 1. С. 15.
11. Киреев М.В., Захс Д.В., Коротков А.Д., Медведев С.В. // *Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* 2013. Т. 99. № 1. С. 53.
12. Ушаков В.Л., Величковский Б.М. // Наука и инновации. 2015. № 12 (154). С. 22.
13. Sharaev M.G., Zavyalova V.V., Ushakov V.L. et al. // *Front. Hum. Neurosci.* 2016. V. 10. № 14. P. 1. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00014>
14. Велихов Е.П., Котов А.А., Лекторский В.А., Величковский Б.М. // Вопросы философии. 2018. № 12. С. 5. <https://doi.org/10.31857/S004287440002578-0>
15. Иваницкий А.М. // Вопросы философии. 2015. № 2. С. 38.
16. Сланевская Н.М. Мозг, мышление и общество. Ч. II. СПб.: Центр междисциплинарной нейронауки, 2012. 398 с.

17. Решетников М.М. // Обзорение психиатрии и медицинской психологии. 2019. № 3. С. 36. <https://doi.org/10.31363/2313-7053-2019-3-36-41>
18. Herrera-Rincon C., Paré J.-F., Martyniuk C.J. et al. // NPJ Regen. Med. 2020. V. 5. № 1. P. 2. <https://doi.org/10.1038/s41536-020-0087-2>
19. Роуз С. Устройство памяти. От молекул к сознанию. Пер. с англ. Морозова Ю.В. М.: Мир, 1995. 384 с.
20. Лешли К.С. Мозг и интеллект. Пер. с англ. М.; Л.: Огиз-Соцэкгиз, 1933. 223 с.
21. Пенфилд В., Робертс Л. Речь и мозговые механизмы. Л.: Медицина, 1964. 264 с.
22. Полинг Л. // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева. 1962. Т. 7. № 4. С. 462.
23. Поликар А. Молекулярная цитология мембран живой клетки и ее микроокружение. Пер. с франц. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1975. 183 с.
24. Петраш В.В. // Матер. Междунар. конгр. “XXII Давиденковские чтения”. СПб.: Человек и его здоровье, 2020. С. 343.
25. Ихлов Б.Л., Мельниченко А.В., Ощепков А.Ю. // Со-врем. пробл. науки и образования. 2016. № 6. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25910>
26. Лиходед В.Г., Кулешова Н.В., Сергиева Н.В. и др. // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол. 2007. № 3. С. 3.
27. Петраш В.В., Ильина Л.В., Червинская А.В. и др. // Профилактикт. и клинич. медицина. 2011. № 4 (41). С. 56.
28. Петраш В.В. Теоретическая биология сознания. СПб: ИНТАН, 2003. 128 с. <https://www.eLibraryID:29792391>
29. Bell A. // PLOS One. 2012. V. 7. № e47918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047918>
30. Wit H.P., Van Dijk P. // J. Acoust. Soc. Am. 2012. V. 132. № 2. P. 918. <https://doi.org/10.1121/1.4730886>
31. Bergevin C., Manley G.A., Köppl C. // PNAS. 2015. V. 112. № 11. P. 3362. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1418569112](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1418569112)
32. Linde-Domingo J., Treder M.S., Kerren C., Wimber M. // Nature Commun. 2019. V. 10. № 179. P. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08080-2>
33. Waldhauser G.T., Braun V., Hanslmayr S. // J. Neurosci. 2016. V. 36. № 1. P. 251. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2101-15.2016>