

ЭМПАТИЯ: НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СМЫСЛ

© 2018

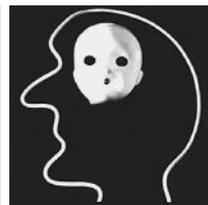
DOI: 10.31857/S023620070000724-3

Д.С. Андрюк, Е.Б. Махиянова

В основе любого сотрудничества лежит **эмпатия** — осознанное понимание эмоционального и ментального состояния оппонента, которое проистекает из уже развитой в ходе онтогенеза **модели психического состояния (theoryofmind) человека** в целом.

Последнее понятие — theoryofmind — в русском переводе имеет множество вариантов, в том числе и буквальный — теория разума, однако наиболее близкой к сути является формулировка “модель психического (психологического) состояния”. Это уже имеющийся в сознании набор репрезентаций психологических феноменов со знакомым результатом. Одним из главных аспектов модели психологического состояния является отождествление объекта своего внимания с интенциональным агентом, позиционирующим определенные интенции, то есть с отдельным индивидом, обладающим собственной мотивацией и определенными целями, которые он манифестирует вполне очевидным для данного социума образом. Эти цели и мотивация воспринимаются субъектом в ходе эмпатического слушания (и слышания) и накладываются на имеющуюся у него модель психического состояния. На практике этот процесс происходит исключительно быстро и, конечно же, намного сложнее описанной примитивной схемы.

Естественно, что наиболее социализированными являются люди не только с развитой эмпатией, но и обширной моделью психологического состояния, которые способны не только выделить в общей массе, отделить от себя и “влезть в шкуру” любого интенционального агента (и даже группы таких агентов) на основе эмпатии, но и предсказать исход взаимодействия с ними на несколько шагов вперед, используя собственную модель психологического состояния.



ЧЕЛОВЕКОВЕДЕНИЕ: ИСТОРИЯ, ТЕОРИЯ, МЕТОД



**Андрюк
Денис
Сергеевич** — кандидат биологических наук, доцент кафедры маркетинга экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, член президиума — исполнительный директор Российской ассоциации содействия науке (РАСН), исполнительный вице-президент Нанотехнологического общества России. Электронная почта: denis-s-andreyuk@y.a.ru



ЧЕЛОВЕКОЗНАНИЕ: ИСТОРИЯ, ТЕОРИЯ, МЕТОД



**Махиянова
Евгения**

Борисовна — член экспертно-аналитической группы Российской ассоциации содействия науке.
Электронная почта: info@cloudtext.ru

В журнале «Человек» авторы опубликовали статью «Синтетическая биология: некоторые итоги и риски научных публикаций». Человек. 2015. № 5.

Обладание моделью психологического состояния и эмпатией долгое время считалось достижением когнитивной эволюции только человека, прочим животным, включая человекообразных обезьян, в этой способности было отказано. Однако последние исследования показали, что многие виды в процессе уже своей когнитивной эволюции приобрели эту способность и, более того, развили эмпатию.

В этой связи особенно бросается в глаза различие в социальных отношениях двух близкородственных видов человекообразных обезьян: шимпанзе (*Pan troglodytes*) и карликовых шимпанзе бонобо (*Pan paniscus*).

Исследования шимпанзе продолжаются уже сто лет, поскольку этот вид считался самым близким к человеку как морфологически, так и ментально. Однако хорошо известна агрессивность этих гоминидов, доходящая до каннибализма, сексуальное насилие, убийство детенышей, выращивание потомства одинокими матерями, нетерпимость к чужакам. Хотя шимпанзе охотятся группами, особь, захватившая большую часть добычи, отдает остатки пищи членам стаи только после продолжительного преследования с их стороны. Конечно, шимпанзе успешно кооперируются в плане применения орудий, но для этого нужны соответствующие условия, например, чтобы вознаграждение было равномерно распределено по всей территории, а не представлено отдельными большими партиями, которые легко монополизировать, что сразу вызывает вспышки агрессии между животными. Поэтому у шимпанзе социальная нетерпимость между особями может представлять собой эмоциональный барьер, который значительно снижает потенциал для сотрудничества и социального обучения [5].

Совсем по-другому обстоит дело с бонобо, интенсивные исследования которых начались только десять лет назад. Эти карликовые шимпанзе отличаются большой терпимостью как к членам стаи, так и чужакам. Они с готовностью делятся пищей, даже осознавая, что ее могут отобрать; вместе выращивают детенышей, образуя сплоченные материнские группы, которые помогают самкам противостоять сексуальным посягновениям самцов.

Сравнительные исследования шимпанзе и бонобо дали множество аргументов в пользу двух теорий когнитивной эволюции человека [5]. Первой из них является **гипотеза самоодомашнивания человека**, в процессе которого происходило снижение агрессии, рост эмпатии, уменьшение маскулинности и приобретение более мягких черт лица (прежде всего уменьшение надбровных дуг и нижней челюсти) [4]. Все эти признаки с видовыми особенностями наблюдаются и у бонобо. Эта гипотеза подтверждается данными, раскрывающими синдром поведенческих, морфологических и психологических черт у бонобо, похожих на те, которые встречаются у искусственно одомашненных видов. Считается, что это происходило в результа-

те отбора (естественного или искусственного) наименее агрессивных особей, что привело к изменениям в сроках развития и в нейрофизиологии, включая изменения оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники, уровня андрогенов и серотонинергической системы [6].

Результаты исследования искусственно одомашненных видов дают дополнительные доказательства того, как сокращение агрессии может потенциально трансформировать не только темперамент, но и аспекты социального познания, в том числе некоторые из кооперативно-коммуникативных навыков, которые, как считается, имеют решающее значение для когнитивного развития человека. Например, сопоставление одомашненных видов и их диких предков, включая собак и волков, экспериментально одомашненных и диких лисиц, а также домашних и диких хорьков, показывают, что одомашненные формы проявляют повышенную чувствительность к совместной коммуникации, а также демонстрируют изменения в других видах социального поведения, например, готовность поддерживать зрительный контакт. Важно отметить, что эти изменения в кооперативном поведении, видимо, возникли как побочный результат изменений темперамента, иллюстрирующий то, как когнитивная и эмоциональная эволюция может снимать ограничения социальной толерантности и эффективно предоставлять возможность развития новым формам социальной вовлеченности [6]. Дарвин правильно предположил, что нас “во многих отношениях можно сравнить с теми животными, которые уже давно одомашнены”.

В этой связи особенно следует отметить ювенилизацию и присутствие уже во взрослом возрасте тех признаков неотеиции, которые у неодомашненных видов-аналогов наблюдаются только у детенышей и подростков. Наблюдаемая задержка в развитии у одомашненных видов во многом способствует снижению агрессии в социуме.

Все эти признаки отмечены у бонобо при сравнении с шимпанзе. Поскольку, как считается, в их социуме слабая конкуренция за пищу способствовала отбору самых мирных особей, продолжительная ювенилизация и все связанные с ней проявления (игривость, а не конкуренция), в свою очередь, оказали воздействие на поведение, обуславливающее низкую конкуренцию за пищу.

Именно продолжительная ювенилизация способствует развитию того набора психологических феноменов, которые формируют модель психологического состояния. Исходя из гипотезы самоодомашнивания, можно сделать ключевое, пусть и спорное, предположение о связи продолжительной ювенилизации и повышенных способностей к пониманию моделей психологического состояния у бонобо, что также наблюдается у людей. Задержки в развитии позволяют долго сохранять гибкость и пластичность психики, повышенные когнитивные спо-



способности, свойственные молодым существам. Ювенильная модель поведения во взрослом возрасте позволяет бонобо больше узнать о поведении и основных ментальных состояниях своих сородичей [6].

Второй гипотезой, которая связана с когнитивной эволюцией человека и особенно хорошо демонстрируется различиями в социальных отношениях между шимпанзе и бонобо, является **гипотеза систематизации-эмпатизации** [1]. Ее источником стали исследования болезней аутистического спектра. Она связывает степень маскулинизации мозга в период пренатального развития с различиями в способности понимать модели психологического состояния других индивидов. У бонобо и шимпанзе также были зафиксированы подобные вариации в маскулинизации, возможно, обусловленные самоодомашниванием.

Изначально гипотеза систематизации-эмпатизации была разработана С. Бароном-Коэном (2009) для объяснения способностей аутистов, которые страдали дефицитом эмпатии, но показывали средние и даже высокие способности к систематизации [1]. В этом контексте эмпатизация означает способность понимать психологическое состояние других людей и адекватно отвечать на их нужды. Систематизацией же считалась склонность к созданию и анализу предсказуемых систем, которые работают в рамках строгих правил. Мужчины в среднем проявляют большие склонности к систематизации и меньшие к эмпатизации, чем женщины. Та крайняя степень высокой систематизации и низкой эмпатизации, наблюдаемая при нарушениях аутистического спектра, считается результатом гипер-маскулинизации мозга в период пренатального развития.

Хотя теория Барона-Коэна была разработана для объяснения внутривидовых отличий человека, ее предсказания могут использоваться также при изучении когнитивной эволюции как человекообразных обезьян, так и человека. Бонобо имеют более близкий к человеку пальцевый индекс¹ по сравнению с шимпанзе, что предполагает более низкий пренатальный уровень андрогена и меньшую маскулинизацию мозга в тот же период и соответственно большую склонность к эмпатизации, чем систематизации, по сравнению с шимпанзе [6].

Таким образом, рассмотренные гипотезы позволяют сделать определенные предположения:

- самоодомашнивание — отбор наименее агрессивных и более социализированных особей способствует развитию модели психологического состояния,
- систематизация-эмпатизация — снижение маскулинизации мозга в период внутриутробного развития стимулирует развитие более высоких способностей к эмпатизации, чем к систематизации.

Подобные выводы поддерживают и неврологические доказательства: у бонобо количество серого вещества больше в тех областях мозга, которые связаны с эмпатией, и сильнее те ней-

¹ **Пальцевый индекс** — краткое название соотношения длины указательного и безымянного пальца руки человека. Данная величина зависит от соотношения эстрогенов и андрогенов (как собственных, так и поступающих из организма матери) во внутриутробном периоде развития организма (8-14 недель беременности у человека). С некоторыми допущениями эту величину можно считать вторичным половым признаком.

ронные пути, которые предполагают подавление агрессии, а также более высокая серотонинергическая иннервация миндалины, чем у шимпанзе [5]. По сравнению с другими гоминидами люди и бонобо также имеют более обширную заднюю орбито-лобную кору, которая причастна к эмоциональной реакции на социальные стимулы. Таким образом, как физиологические, так и неврологические данные подтверждают гипотезу, способствующую эмпатии, и предполагают, что бонобо могут быть более чувствительны к психическим состояниям других особей, чем шимпанзе.

Однако сведения о конкретных нейронных сетях и нейрофизиологии, лежащих в основе формирования и поддержания социальных связей вне репродуктивного контекста, остаются очень скудными. Несмотря на высокую вероятность того, что мозговые системы, которые мотивируют животных на установление индивидуализированных отношений с другими членами группы, вначале развивались для мобилизации материнской помощи, необходимой для выживания потомства у млекопитающих, эта возможность остается непроверенной.

Одним из возможных нейрофизиологических механизмов эмпатии, также скорее всего развитым в ходе выращивания потомства, является **система зеркальных нейронов** [8]. Когда мы наблюдаем за чьим-либо действием, в моторной коре мозга активизируются особые нейронные пути, которые управляли бы таким же действием, если бы мы выполняли его сами. Благодаря подражательной, зеркальной природе механизма эти нейроны получили свое название. Считается, что этот механизм обуславливает подражательное обучение у детей. Первооткрывателями этого явления считается группа исследователей под руководством Дж. Ризолатти, которые в 1990-х годах исследовали нейронную активность у обезьян. У людей была зафиксирована активность отдельных групп мышц при наблюдении за тем или иным действием. Позже, уже с использованием более совершенных методов регистрации нейронной активности были локализованы зоны возбуждений, и оказалось, что это не единичная группа нейронов, а довольно большая распределенная система, возможно, несколько функционально обособленных систем. Также была зафиксирована активность подобных нейронов у птиц.

Психологам хорошо известно понятие “зеркалить” применительно к языку тела: это происходит чаще бессознательно, когда два человека занимают сходные позы при положительной модальности контакта, то есть когда у них возникла эмпатия.

Согласно теории поведенческой экологии, социальность развивалась либо для снижения риска развития хищнических наклонностей у индивидуумов, либо для повышения способности людей находить и защищать пищу. Однако результаты новых исследований ряда видов млекопитающих показывают,



что успехи в конкурентной борьбе и репродуктивные характеристики социализированных индивидуумов зависят от характера и качества образующихся социальных связей, предполагая, что социальность адаптивна сама по себе. Влияние социальных связей на социальную адекватность индивидуумов выходит за рамки преимуществ, получаемых от взаимоотношений, непосредственно связанных со спариванием и родительской опекой. Например, у бабуинов (*Papiohamadryasursinus*), домашних мышей (*Musmusculus*), крыс (*Rattusnorvegicus*), лошадей (*Equusequus*) и дельфинов-афалин (*Tursiopotstruncatus*) особи, которые поддерживают сильные, устойчивые связи, отличаются более высокой собственной выживаемостью или выживаемостью своего потомства, чем особи с более слабыми связями. Эти данные являются параллельными доказательствами исследований человека, которые показывают, что качество и количество социальных отношений отдельных лиц связаны не только с улучшением психического здоровья, но и с уменьшением смертности [9].

В этом отношении нейропептид **окситоцин (ОТ)** недавно привлек внимание к нейрофизиологической основе просоциального поведения, которое облегчает межличностные отношения. Этот гипоталамический пептид играет важную роль в различных репродуктивных процессах у млекопитающих, включая человека, таких как роды и лактация. Обширные исследования на животных показали, что ОТ также участвует в регулировании нескольких видов поведения, таких как спаривание, родительская забота, сексуальное поведение, распознавание сверстников и социальная память. Более поздние исследования показали, что ОТ влияет на более сложные формы социального поведения и познания у людей и нечеловекообразных приматов. Например, интраназально введенный ОТ повышает доверительное поведение, внутригрупповое сотрудничество и щедрость; он также модулирует распознавание эмоций, социальное восприятие и чувствительность к опыту других [9].

ОТ усиливает социальную мотивацию для сближения и установления партнерства с близкими социальными партнерами, что составляет основу для формирования любой стабильной социальной связи и облегчает ее поддержание с течением времени. Поскольку устойчивые социальные отношения имеют адаптивную ценность, вполне вероятно, что естественный отбор благоприятствует нейрофизиологическим механизмам, которые способствуют их поддержанию. Экзогенный же ОТ способствует созданию моделей поведения, непосредственно связанных с установлением социальных связей, как это было установлено у собак, что поддерживает идею о том, что одни и те же гормональные и нейроэндокринные факторы, способствующие родительскому поведению и парным связям у млекопитающих (то есть окситоцинергическая система), также

способствуют формированию других типов социальных отношений. Эти результаты согласуются с исследованиями людей, в которых установлено влияние ОТ на поведение, облегчающее межличностные отношения. В терапии лечение ОТ позволяет перейти от предвзятости восприятия к социальной мотивации и доверительному отношению.

Установлено влияние ОТ на межвидовые отношения. Хотя некоторые животные могут образовывать постоянные связи с другими видами, отмеченные предпочтения для отдельных особей другого вида не являются общими для всей популяции.

Было проведено обширное исследование влияния экзогенного ОТ, введенного интраназально, на характер установления социальных связей у собак [9]. Благодаря продолжительному существованию рядом с людьми собаки могут установить тесные связи и привязанность к людям, которые, в свою очередь, могут модулировать их поведенческие и эмоциональные реакции. Было показано, что нейрофизиологические механизмы, участвующие в регуляции внутривидовых связей у млекопитающих, также модулируют кооперативные связи между индивидами разных видов, что указывает на то, что этот гормональный механизм может лежать в основе формирования устойчивых кооперативных ассоциаций между генетически разными особями.

Данные исследования поддерживают идею о том, что ОТ непосредственно способствует мотивации к установлению партнерства, а не уменьшает социальную тревогу или изменяет восприятие значимости социальных сигналов. Когда собакам интраназально вводили ОТ, они чаще контактировали не только со своими владельцами и другими собаками, но и демонстрировали более высокий вклад в поддержание социальной близости. Эти данные поддерживаются параллельными доказательствами подобных социальных эффектов у людей и грызунов — ОТ участвует в установлении привязанности и других видов социальных связей.

Проведенный анализ также показал, что наблюдаемое влияние экзогенного ОТ на привязанность собак к их партнерам модулировалось индивидуальными различиями в эндогенном уровне ОТ, причем собаки с высоким уровнем эндогенного ОТ менее чувствительны к воздействию вводимого ОТ. Существует значительная литература, свидетельствующая о том, что наблюдается индивидуальная и популяционная вариация в эндогенной системе ОТ и что такое изменение является поведенчески релевантным [9].

Влияние гормонов на поведение не просто однонаправлено. Хотя ОТ действует как модулятор нейронных путей социального поведения, социально-позитивное поведение также может инициировать ответ ОТ, функционирующий как цикл биологической положительной обратной связи. Например,



у крыс физический контакт матери и детеныша увеличивают экспрессию ОТ.

Интересно отметить, что в описанном исследовании [9] было обнаружено, что увеличение уровней ОТ у собак связано с тем, что партнерство поддерживалось с обеих сторон — людей и их собак, а не было единственным актом по его установлению, то есть одного социального контакта недостаточно для повышения уровня ОТ, следовательно, психологические, физические или социальные факторы могут модулировать активацию окситоцинергической системы.

Для изучения влияния еще одного “социального” нейромедиатора **серотонина** в динамическом формировании морального суждения и поведения был использован уникальный экспериментальный подход [3]. В частности, было показано, что нейротрансмиттерсеротонин непосредственно изменяет моральные суждения и поведение субъектов, усиливая нежелание наносить вред другим людям.

Серотонин широко присутствует в биологии социального поведения всех видов — от роения саранчи до установления социальных норм человека. Проекция серотонинергических нейронов обильно представлены в структурах, для которых было показано участие в становлении моральных суждений и социального поведения, в том числе вентромедиальной префронтальной коре (vmPFC), островке и миндалине. Десятилетия исследований показали, что просоциальное и аффилированное поведение связано с интактной, или усиленной, функцией серотонина, тогда как антисоциальное и агрессивное поведение обусловлено нарушенной или сниженной функцией серотонина.

Общим объяснением взаимосвязи между серотонином и просоциальным поведением является то, что серотонин способствует усиленному контролю насильственных импульсов или снижению остроты эмоциональных реакций на провокацию. В поддержку участия серотонина в контроле эмоций при моральном поведении можно привести следующие наблюдения: во-первых, сильные эмоции часто сопровождают насильственное поведение, которое происходит в популяциях с нарушенной функцией серотонина, и, во-вторых, области мозга, которые участвуют в представлении и регулировании эмоций, такие как ортофронтальная кора, имеют высокую плотность серотонинергического входа [3].

Еще одним “социальным” гормоном является **вазопрессин**. Было проведено исследование, которое показало, что аргинин-вазопрессин (AVP), нейропептид, который участвует в регуляции комплексного социального поведения млекопитающих, такого как установление парных связей, социальное признание и агрессия, казуально увеличивает желание людей участвовать в рискованном, но взаимовыгодном сотрудничестве [2].

Недавно была предложена теория — “гипотеза о взаимозависимости”, которая постулирует, что люди развили уникальный навык взаимовыгодного сотрудничества в контексте особенно рискованных проблем координации [10]. Согласно этой гипотезе, люди более готовы идти на сотрудничество, чем другие приматы, только тогда, когда сотрудничество требует повышенной готовности нести социальные риски. Поскольку человеческое совместное поведение связано с самостоятельно оцененными мерами удовольствия и удовлетворенности и нервной активацией системы вознаграждения, кажется, что наш вид разработал биологический механизм, который позволяет нам преодолеть рискованность сотрудничества для координации взаимовыгодных социальных действий.

Развитие нейромодулирующих систем в головном мозге является наиболее вероятным биологическим механизмом, лежащим в основе эволюции социального поведения млекопитающих. В частности, нейропептид аргинин-вазопрессин (AVP) действует как нейротрансмиттер, так и гормон с широко распространенными мишенями, включая области префронтальной коры, миндалина и гиппокамп, и взаимодействует с дофаминергическими схемами обработки вознаграждения в вентральном паллидуме (VP) и прилежащем ядре. AVP регулирует социальное поведение самцов-млекопитающих, таких как установление партнерства, агрессия, моногамия и отцовское поведение. Ученые предположили, что AVP опосредует установление парных взаимоотношений между самцами у млекопитающих, стимулирует высвобождение дофамина в VP, вызывая потребность устанавливать связи с партнером. Исследования грызунов также связывают AVP с общественным признанием, важным свойством, необходимым для разграничения между особями своего вида [2].

Как и сотрудничество, многие виды AVP-опосредованного социального поведения млекопитающих являются как потенциально полезными, так и рискованными. Основываясь на предположении, что AVP повышает награду, связанную с социальными взаимодействиями у млекопитающих, мы предположили, что у людей AVP кодирует внутреннюю ценность, связанную с сотрудничеством, позволяя преодолеть рискованность социальных взаимодействий, чтобы содействовать сотрудничеству между людьми. AVP повышает ожидание награды за сотрудничество, а не готовность пойти на риск, стимулирует социальные предпочтения или уверенность в правильности действия партнера.

Было высказано мнение, что сотрудничество является внутренне полезным для людей и что наша уникальная способность к сотрудничеству развивалась под давлением среды, отбирая индивидов, наиболее адаптированных для решения рискованных проблем сотрудничества. AVP способствует взаи-



мовыгодному рискованному сотрудничеству, уменьшая недоверие к социальному риску [2].

На генетическом уровне высокие когнитивные способности, необходимые для создания обширной модели психологического состояния и, следовательно, успешного социального взаимодействия, продемонстрировали удивительную взаимосвязь с другими неожиданными признаками. В 2016 году были опубликованы результаты обширнейшего исследования — полногеномного анализа ассоциаций (GWAS — genome-wide association study) в 74 локусах генома человека [7]. Его проводила большая группа ученых (около 150 специалистов) на огромной выборке, которая составляла примерно 300 тыс. человек европейского происхождения от 30 лет и старше. Целью GWAS было установление влияния генетических факторов на образовательный уровень (и соответственно способность и желание к обучению), а также выявление четких взаимосвязей между образовательным уровнем индивидов и любыми другими отличительными признаками.

В ходе исследований была продемонстрирована хорошая генетическая ковариация образовательного уровня с повышенными когнитивными способностями ($P = 9,9 \times 10^{-50}$), увеличением внутречерепного объема ($P = 1,2 \times 10^{-6}$), повышенным риском развития биполярного расстройства ($P = 7 \times 10^{-13}$), снижением риска развития болезни Альцгеймера ($P = 4 \times 10^{-4}$) и более низким невротизмом ($P = 2,8 \times 10^{-8}$). Также были обнаружены положительные, статистически значимые, но небольшие по амплитуде генетические корреляции способности к обучению с высоким ростом ($P = 5,2 \times 10^{-15}$) и риском развития шизофрении ($P = 3,2 \times 10^{-4}$).

На основании приведенных фактов, полученных в ходе различных антропологических, социологических, нейрофизиологических и генетических исследований, можно выдвинуть следующее предположение: вектором когнитивной эволюции человека можно считать появление “человека сотрудничающего”, или “человека социализированного”, который максимально приспособлен для эффективных кооперативных взаимодействий.

Такой “идеальный” для сотрудничества индивид должен обладать:

- сильной эмпатией — осознанным пониманием эмоционального и ментального состояния оппонента;
- развитой моделью психологического состояния человека;
- сниженной маскулинизацией мозга;
- высоким уровнем эндогенного окситоцина;
- развитыми нейронными сетями, состоящими из зеркальных нейронов;
- готовностью идти на социальный риск ради установления полезных связей, что подкрепляется высоким уровнем вазопрессина;

• естественно-высоким уровнем серотонина, который определяет отвращение к агрессии и нанесению вреда окружающим;

• развитыми когнитивными способностями, стремлением к творческому решению социальных проблем.

Д. Андреюк,
Е. Махиянова
Эмпатия:
нейрофизиоло-
гические
механизмы

Литература

1. *Baron-Kohen S.* Autism: the empathizing-systemizing (E-S) theory // *Annals of the New York Academy of Science.* 2009. No. 1156. P. 68–80.
2. *Brunnlieb C., Nave G., Camerer C. F., et al.* Vasopressin increases human risky cooperative behavior // *PNAS,* 2016. Vol. 113. No. 8. P. 2051–2056.
3. *Crockett M.J., Clark L., Hauser M.D. et al.* Serotonin selectively influences moral judgment and behavior through effects on harm aversion // *PNAS,* 2010. Vol. 107. No. 40. P. 17433–17438.
4. *Hare B., Wobler V., Wrangham R.* The self-domestication hypothesis: evolution of bonobo psychology is due to selecting against aggression // *Animal Behavior,* 2012. No. 83. P. 573–585.
5. *Krupenyu K., MacLean E.L., Hare B.* Does the bonobo have (a chimpanzee-like) theory of mind? // *Bonobos: Unique in mind, brain, and behavior.* Editors Hare B., Yamamoto Sh. Oxford: Oxford University Press, 2016.
6. *MacLean E.L.* Unravelling the Evolution of Uniquely Human Cognition // *PNAS,* 2016. Vol. 113. No. 23. P. 6348–6354.
7. *Okbay A. et al.* Genome-wide association study identifies 74 loci associated with educational attainment // *Nature.* 2016 May 26; 533(7604): 539–542.
8. *Rizzolatti G., Sinigaglia C.* *Mirrors in the Brain: How Our Minds Share Actions, Emotions, and Experience.* Oxford: Oxford University Press, 2008.
9. *Romero T., Nagasawa M., Mogi K., et al.* Oxytocin promotes social bonding in dogs // *PNAS,* 2014. Vol. 111. No. 25.
10. *Tomasello M., Melis A.P., Tennie C., Wyman E., Herrmann E.* Two key steps in the evolution of human cooperation the interdependence hypothesis // *Current Anthropology,* 2012. Vol. 53. No. 6. P. 673–692.

НОВЫЕ КНИГИ

- Гальфар К.* **Простая сложная Вселенная.** М.: Эксмо, 2018. 464 с.
- Гоулман Д.* **Эмоциональный интеллект. Почему он может значить больше, чем IQ / Пер. с англ.** М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2018. 544 с.
- Диксит А.К., Нейлбафф Б.Дж.* **Теория игр. Искусство стратегического мышления в бизнесе и жизни / Пер. с англ.** М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2018. 464 с.
- Идальго С.* **Как информация управляет миром.** М.: Эксмо, 2016. 256 с.
- Кавашима Р.* **Тренируй свой мозг. Японская система развития интеллекта и памяти. Продвинутая версия / Пер. с японского Т. Кудояровой.** СПб.: Питер, 2018. 192 с.
- Генрик Д., Гришкевичус В.* **Рациональное животное. Как эволюция повлияла на развитие мозга / Пер. с англ.** СПб.: Питер, 2018. 272 с.
- Кин С.* **Синдром Паганини и другие правдивые истории о гениальности, записанные в нашем генетическом коде.** М.: Эксмо, 2015. 448 с.

 с. 181