

УДК 57.024

ВЫСШИЕ КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ ПТИЦ: СРАВНИТЕЛЬНО-ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

© 2021 г. З. А. Зорина^{1,*}, Т. А. Обозова^{1,**}, А. А. Смирнова^{1,***}

¹ Биологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: zoyazorina17@gmail.com

**e-mail: obozovat@gmail.com

***e-mail: annsmirn1@gmail.com

Поступила в редакцию 26.08.2020 г.

После доработки 28.10.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Сравнительное исследование высших когнитивных способностей животных позволяет оценить эволюционные предпосылки формирования мышления и языка человека. В обзоре будут рассмотрены основные подходы к исследованию мышления животных и проанализированы полученные с их помощью данные. Результаты разноплановых тестов указывают на то, что животные с высоким уровнем развития мозга обладают широким спектром когнитивных способностей. Как и ожидалось, наиболее широкий спектр выявлен у человекообразных обезьян. Сходный по многим показателям спектр обнаружен у высших представителей класса птиц (врановых и попугаеобразных), несмотря на иное строение их мозга. Конвергентное сходство степени развития когнитивных способностей высших представителей млекопитающих и птиц отражает наличие единых факторов, определяющих их эволюцию. Сравнение нескольких видов врановых и попугаеобразных указывает на то, что высокий уровень развития их когнитивных способностей обусловлен высоким уровнем организации их мозга, а не особенностями экологии.

Ключевые слова: сравнительные исследования, мышление животных, высшие когнитивные способности, врановые, попугаи, понгиды

DOI: 10.31857/S004446772103014X

ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших фундаментальных проблем современной когнитивной науки — поиск эволюционных предпосылок высших когнитивных функций человека, прежде всего мышления и языка. Согласно основной гипотезе на этот счет, высказанной еще Ч. Дарвином, даже самый сложный психический процесс — мышление человека — сформировался в результате эволюции высших когнитивных функций животных. Один из подходов к проверке этой гипотезы — широкое сравнительное изучение рассудочной деятельности животных.

Ниже будут рассмотрены основные подходы к исследованию высших когнитивных способностей животных и проанализированы полученные с их помощью данные. Особое внимание будет уделено сходству спектров когнитивных способностей понгид (челове-

кообразных обезьян) и высших представителей класса птиц (семейство врановых и отряд попугаеобразных). Эти группы птиц включают десятки видов, обитающих в различных регионах и радикально различающихся по своей экологии. В связи с этим возникает вопрос, специфичен ли высокий уровень развития когнитивных способностей лишь для отдельных видов или же он присущ многим представителям этих семейств в соответствии с высоким уровнем организации их мозга.

Основные подходы к исследованию высших когнитивных функций животных

Экспериментальные исследования высших когнитивных функций животных активно ведутся с начала XX века при помощи постоянно дополняемого комплекса тестов и с

учетом данных, полученных путем наблюдений в природных или приближенных к ним условиях.

После долгого периода скепсиса и дискуссий стало неоспоримым, что животным присущи не только наследственно обусловленные формы поведения и способность к обучению, но и различные виды мышления (наглядно-действенное, образное, понятийное). Мышление позволяет получать знание о таких свойствах, процессах, связях и отношениях действительности, которые не могут быть восприняты органами чувств, т.е. знание о существенных свойствах, связях и отношениях объектов и явлений (Леонтьев, 1983; Крушинский, 1977). Основу мышления составляют несколько взаимосвязанных операций, таких как обобщение (мысленное объединение предметов, явлений, действий и т.п. по общим для них существенным признакам) и абстрагирование (отвлечение от второстепенных признаков); сравнение, основанное на оценке сходства и различия; индукция и дедукция.

Поскольку сходные по внешнему проявлению поведенческие акты могут иметь разную природу — разный вклад врожденных и приобретенных компонентов (причем приобретенные компоненты могут быть обусловлены только обучением или же включать компоненты мышления), для исследования мышления животных важно представлять врожденный репертуар поведения конкретного вида, а также иметь возможность разделить механизмы, обусловленные непосредственным обучением или же операциями мышления. Последнее возможно, если создать в эксперименте ситуацию, относительно выхода из которой у субъекта нет готового решения — приобретенного в процессе обучения или врожденного (Лурия, 2003). Именно создание таких новых ситуаций является задачей большинства экспериментальных парадигм, используемых для исследования мышления животных.

Среди них можно выделить класс задач, структура которых определена физическими закономерностями (эмпирическими законами, Крушинский, 1977), которые субъект может усвоить в процессе жизни (“folk physics”, Povinelli, 2000; Taylor, 2020). Такие задачи могут быть решены без обучения в ходе эксперимента за счет реорганизации ранее полученного опыта (путем инсайта; Köhler, 1925). В тестах такого рода оценивают, например,

наличие у животного представления о том, что предмет продолжает существовать и после того, как он исчезает из поля зрения (“object permanence”; Piaget, 1954; Pepperberg, Funk, 1990; Pepperberg et al., 1997; Hoffmann et al., 2011; Pollok et al., 2000; Krachun, Plowright, 2007; Zucca et al., 2007; Salwiczek et al., 2009; Ujfaluassy et al., 2013; Singer, Henderson, 2015; Zentall, Pattiso, 2016; Zentall, Raley, 2019; Caicoya et al., 2019); или о том, что направление движения объекта, скрывшегося из поля зрения, позволяет предсказать, где он окажется в следующий момент (тест на экстраполяцию направления движения; Poletaeva, Zorina, 2014; Крушинский, 1977; Полетаева и др., 2017); или представление о том, что тонущие объекты поднимают уровень воды (Эзопов тест; Seed et al., 2006; Mendes et al., 2007; Bird, Emery, 2009b; Cheke et al., 2011; Hanus et al., 2011; Jelbert et al., 2014; Schwing et al., 2019) и т.п.

Животные с разными уровнями организации мозга заметно различаются по способности усваивать элементарные физические закономерности. Ярким примером таких различий может служить наличие или отсутствие представления о том, что предмет продолжает существовать и после того, как он исчез из поля зрения. Голубей можно обучить искать спрятанную пищу (Krachun, Plowright, 2007; Zentall, Raley, 2019), но, в отличие от врановых и попугаев, они не способны самостоятельно сформировать представление о “неисчезаемости” объектов (Pepperberg, Funk, 1990; Pepperberg et al., 1997; Pollok et al., 2000; Zucca et al., 2007; Salwiczek et al., 2009; Auersperg et al., 2014a; Jacobs et al., 2019).

К этому же типу экспериментальных парадигм можно отнести тесты, требующие использования орудий (или их упрощенных аналогов) для достижения приманки (Köhler, 1925; Werdenic, Huber, 2006; Bird, Emery, 2009a; Бароцкая и др., 2010; Shumaker et al., 2011; Sabbatini et al., 2012; Seed et al., 2012; McGrew, 2013; Обозова и др., 2013; Völter, Call, 2014; Jacobs, Osvath, 2015; Bohn et al., 2017; van Casteren, 2017; Visalberghi et al., 2017; Manriquea et al., 2017; Habl, Auersperg, 2017; Auersperg et al., 2011a, 2011b; 2016; 2018; Laumer et al., 2019; Gruber et al., 2019). Эти задачи могут быть решены без обучения в ходе эксперимента — за счет реорганизации ранее полученного опыта (путем инсайта; Köhler, 1925). Способность использовать орудия слабо выражена у низших узконосых обезьян и не вы-

явлена у хищных млекопитающих. Как будет рассмотрено ниже, не только понгиды, но и разные виды врановых птиц и попугаев способны решать “орудийные” задачи, демонстрируя при этом понимание причинно-следственных отношений и свойств, которыми должен обладать объект, чтобы его можно было использовать в качестве орудия (Werdenic, Huber, 2006; Bird, Emery, 2009a, 2009b; Багоцкая и др., 2010; McGrew, 2013; Hahl, Auersperg, 2017; Jelbert et al., 2018; Gruber et al., 2019; Laumer et al., 2016; 2017 и др.).

К другому типу экспериментальных парадигм можно отнести задачи, структура которых определена экспериментатором, и поэтому решению их базового варианта животных надо обучить. Именно эти методы используют для исследования способности животных к операциям логического вывода, обобщению, абстрагированию, формированию понятий, оценке сходства и различия, символизации. Примерами таких задач могут быть обучение дифференцировке (выбору определенных “правильных” стимулов; Зорина, Смирнова, 1995; 1996; Обозова и др., 2009; Agrillo et al., 2017; Bortot et al., 2020) либо одной из разновидностей задачи выбора по образцу (например, выбору по сходству с образцом или выбору по условному соответствию образцу; Wilson et al., 1985; Vonk, 2013; Smirnova et al., 2000; 2015; Obozova et al., 2015; Magnotti et al., 2015; Wright et al., 2016; 2017; Samuleeva, Smirnova, 2020; Wasserman et al., 2021).

После обучения механизм решения этих задач (уровень достигнутого животным обобщения) оценивают с помощью тестов на перенос правила выбора, в которых используют новые стимулы. Именно тесты на перенос создают новую ситуацию, относительно выхода из которой у субъекта нет готового решения, но оно может быть найдено путем выполнения операций мышления (Лурия, 2003). В тестах на перенос используют новые стимулы знакомой или новой категории. В первом случае для решения задачи требуется оперировать знакомым признаком, а во втором — выявить новый признак для сопоставления. Возможность переноса правила выбора на стимулы новой категории свидетельствует о том, что животное усвоило обобщенное правило выбора и, вероятно, способно оперировать соответствующим понятием.

Животные с разными уровнями организации мозга и высших когнитивных функций

заметно различаются по способности формировать правила выбора, которые обобщены настолько, что применимы к стимулам новых категорий. Готовность формировать обобщенные правила (и, соответственно, готовность использовать операции мышления) заметно отличается у животных с разными уровнями организации мозга — например, у понгид (шимпанзе, орангутанов, горилл), с одной стороны, и других обезьян, с другой (Oden et al., 1988; Fagot et al., 1999; Hopkins, Washburn, 2002; Flemming et al., 2011), или у врановых и попугаев по сравнению с голубями или другими птицами (Wilson et al., 1985; Smirnova et al., 2000; 2015; Elmore et al., 2012; Obozova et al., 2015; Magnotti et al., 2015; 2017; Wright et al., 2016; 2017; Samuleeva, Smirnova, 2020; Bastos, Taylor, 2020; Pepperberg, 1987; 2018; 2020).

При помощи процедуры выбора по образцу не только обнаружено, что понгиды, дельфины, врановые и попугаи могут формировать и использовать абстрактные понятия (например, число или сходство/различие; Смирнова и др., 2000; Смирнова, 2011; Zentall et al., 2014; Самулеева и др., 2015; Smirnova et al., 2015; Obozova et al., 2015), но и что они способны усваивать символы для их обозначения (Matsuzawa, 1985; Murofushi 1997; Biro, Matsuzawa 2001; Boysen, Berntson, 1989; Boysen, Hallberg, 2000; Самулеева, Смирнова, 2019; Samuleeva, Smirnova, 2020).

При помощи другого подхода для исследования способности животных к символизации — обучения человекообразных обезьян (Fouts, Mills, 1998; Fouts, Waters, 2001; Зорина, Смирнова, 2006; Gardner, 2007; Savage-Rumbaugh et al., 2009; Lyn, 2012; Rumbaugh, 2013) или попугаев (Pepperberg, 1987; 2006; 2009; 2018; 2020; Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, Carey, 2012) простейшим аналогам человеческого языка (языкам-посредникам) — показано, что усваиваемые ими коммуникативные системы обладают зачатками важнейших свойств второй сигнальной системы: семантичностью, преднамеренностью, продуктивностью, перемещаемостью.

Еще одним подходом к исследованию высших когнитивных функций животных является исследование зачатков их самосознания (“self-awareness”). Одним из показателей способности формировать образ самого себя (“Я-концепция”) считают способность узнавать свое отражение в зеркале (Anderson, Gallup, 2015; Gallup, Anderson, 2020). Для срав-

нительного изучения этой способности используют тест с меткой (Gallup, 1970), суть которого заключается в том, что на участок тела животного, находящийся вне поля его зрения, наносят метку, а затем сравнивают уровень внимания к метке при наличии зеркала и без него. Результатом, свидетельствующим об узнавании своего отражения, считают большее внимание к зоне нанесения метки именно при наличии зеркала. Подавляющее большинство накопленных к настоящему времени данных указывает на то, что узнавание своего отражения требует высокого уровня развития мозга и мышления, поскольку эта способность обычно выявляется лишь у отдельных представителей видов с высокоорганизованным мозгом: у понгид — шимпанзе и орангутанов (Gallup, 1970; Anderson, Gallup, 2015; Gallup, Anderson, 2020); слонов (Plotnik et al., 2006), дельфинов (Reiss, Marino, 2001; Morrison, Reiss, 2018), врановых птиц (Prior et al., 2008; Clary, Kelly, 2016; Ostojić et al., 2016; 2017; Buniyaadi et al., 2020).

Еще одним направлением исследования самосознания у животных является оценка их способности формировать представления о психическом состоянии другого индивида (“theory of mind”). В десятках работ обнаружено, что многие виды животных могут учитывать знания и намерения других особей: приматы (Call, Tomasello, 2008; van der Vaart, Hemelrij, 2014; Heyes, 2015; Krupenye, Call, 2019), врановые птицы и попугаеобразные (Emery, Clayton, 2004; Emery, Clayton 2016; Dally et al., 2010; Bugnyar et al., 2016; Legg et al., 2016; Tornick et al., 2016; Ostojić et al., 2016; 2017; Krupenye, Call, 2019; Krashennnikova et al., 2019a; 2019b), дельфины (Pack, 2015; Hill et al., 2018), собаки (Catala et al., 2017). Однако только у понгид к настоящему времени обнаружена способность различать между истинными и ложными знаниями других особей (Krupenye et al., 2016; Kano et al., 2017), что ранее считали уникальной особенностью людей (Kaminski et al., 2008; Hare, 2011; Call, Tomasello, 2008).

Безусловно, максимальной степенью развития высших когнитивных способностей обладают понгиды (шимпанзе, орангутаны, гориллы). Это заключение коррелирует с данными о высоком уровне организации их мозга (Rilling, 2014; Herculano-Houzel et al., 2017). Высокая степень развития мышления обнаружена также у дельфинов (Reiss, Marino, 2001; Pack, 2015; Singer, Henderson, 2015;

Morrison, Reiss, 2018, Филатова, 2018) и слонов (Plotnik et al., 2006; Byrne et al., 2009; Irie, Hasegawa, 2009; Plotnik et al., 2014; 2019; Plotnik, Clayton, 2015; Irie et al., 2019), хотя высшие когнитивные способности этих групп изучены не столь детально.

Меньшей степенью развития высших когнитивных способностей по ряду показателей обладают другие приматы (Hopkins, Washburn, 2002; Flemming et al., 2011; Schmitt et al., 2012; Wright et al., 2017; Anderson, Gallup, 2015; Gallup, Anderson, 2020), хищные млекопитающие (Крушинский, 1977; Новоселова, 2001; Фирсов, Чиженков, 2004; Osthaus et al., 2005; Erdőhegyi et al., 2007; Rooijakkers et al., 2009; Whitt et al., 2009; Zentall, Pattiso, 2016; Fiset, Plourde, 2013; Stanton et al., 2017) и птицы, не относящиеся к врановым и попугаеобразным (Krachun, Plowright, 2007; Elmore et al., 2012; Kraft et al., 2017; Zentall, Raley, 2019; Zentall, Raley, 2019), из которых лучше всего исследованы голуби, хотя их мозг по многим показателям значительно уступает мозгу высших представителей класса птиц (Portmann, 1946, 1947; 1978; Воронов, 1999, Olkowicz et al., 2016; Sayol et al., 2016; 2018).

У врановых и попугаеобразных обнаружен спектр высших когнитивных способностей, по многим показателям сходный с тем, что был выявлен у понгид. Об этом сходстве свидетельствуют данные, полученные в многочисленных независимых исследованиях с применением различных экспериментальных подходов. Некоторые аспекты высших когнитивных способностей этих птиц будут подробнее описаны в соответствующем разделе ниже.

Мозг врановых и попугаеобразных

Сходство спектров высших когнитивных способностей человекообразных обезьян и высших представителей класса птиц долгое время представлялось парадоксальным, поскольку мозг птиц отличается от мозга млекопитающих как по макро-, так и по микроструктуре. Длительное время его считали принципиально более примитивным из-за отсутствия в нем шестислойной новой коры. В настоящее время это представление пересмотрено. В последние два десятилетия, благодаря радикальным изменениям в представлениях о структурно-функциональной организации мозга птиц (Jarvis et al., 2005; Reiner, 2009; Olkowicz et al., 2016; Güntürkün, Bugnyar,

2016; Gutiérrez-Ibáñez et al., 2016; Sayol et al., 2016; Emery, 2016; Herculano-Houzel, 2017; Голубева, Корнеева, 2018; Обухов, Обухова, 2010; Maler, 2018; Обухов, Андреева, 2019), ошибочное представление о примитивности их мозга перестало противоречить данным, свидетельствующим о значительном вкладе мышления в поведение их высших представителей.

Еще в середине прошлого века стало известно, что врановые и попугаеобразные превосходят большинство других птиц по значению полушарного индекса Портмана (Portman, 1947) — показателя относительного размера переднего мозга птиц, который определяют как отношение средней массы переднего мозга исследуемого вида птиц к средней массе ствола мозга птиц из отряда куриных со сходным весом тела. К примеру, у сизого голубя этот показатель равен 4, тогда как у серой вороны и амазона он близок к 16. Позже было обнаружено, что врановые птицы превосходят голубей как по сложности структуры нейронов (Доброхотова, 1978), так и по величине нейроглиальных комплексов, содержащих до 30 элементов у ворон и не более 10 у голубей (Воронов, 1999). Недавно показано, что число нейронов на единицу объема паллиума у голубей намного ниже, чем у врановых и попугаев (Olkowicz et al., 2016).

В конце XX века стали появляться данные, свидетельствующие о том, что филогенетически молодые структуры мозга птиц (гиперстриатум и неостриатум), несмотря на то, что имеют ядерный тип организации, выполняют те же функции, что и новая кора млекопитающих (Крушинский, 1977; Зорина, Федотова, 1981; Богословская, Поляков, 1981). Позднее было обнаружено, что эти структуры в эмбриогенезе имеют такое же происхождение, что и новая кора (развиваются из паллиума), т.е. они гомологичны ей (Reiner et al., 2004; Jarvis et al., 2005; Reiner, 2009). Соответственно, согласно новой номенклатуре гиперстриатум и неостриатум называют не ядрами стриатума, а частями паллиума — Hyper- и Nidopallium (Reiner et al., 2004; Jarvis et al., 2005; Reiner, 2009; Зорина, Обозова, 2011; Güntürkün, Bugnyar, 2016). Тот факт, что некоторые структуры переднего мозга птиц являются гомологами новой коры млекопитающих, а не только ее аналогами, подтверждают данные, полученные при анализе РНК, выделенной из нидо- и мезопаллиума птиц. Оказалось, что набор РНК в мезопаллиуме птиц

совпадает с набором РНК во 2, 3, 5 и 6-м слоях новой коры млекопитающих (Briscoe et al., 2018). Обнаружено, что в мозге птиц и млекопитающих модульные сетевые связи организованы сходным образом (Shanahan et al., 2013).

Мозг птиц чрезвычайно компактен, однако его небольшие абсолютные размеры компенсирует повышенная плотность нейронов. Так, число нейронов в структурах паллиума у врановых и попугаеобразных примерно такое же, как у капуцинов (несмотря на вчетверо меньший абсолютный вес полушарий), и значительно больше, чем у голубей (Olkowicz et al., 2016).

Коэффициент энцефализации у врановых и попугаеобразных больше, чем у других групп птиц (Portmann, 1946, 1947; Sayol et al., 2016), и близок к таковому у приматов (Sayol et al., 2016). Если говорить о различиях внутри семейства врановых птиц, то у новокаледонских ворон, которые известны своей ярко выраженной способностью к орудийной деятельности, индекс энцефализации больше, чем у других представителей семейства: черной вороны, европейской сороки и европейской сойки (Snotka et al., 2008). Однако это может быть обусловлено тем, что новокаледонские вороны относятся к островным видам — недавно было обнаружено, что птицы-эндемики островов имеют больший относительный размер мозга по сравнению с филогенетически близкими к ним материковыми видами (Sayol et al., 2018).

Гипотезы о связи сложности социальной организации и уровня развития высших когнитивных способностей

Наряду с представлением о том, что широкий спектр доступных врановым и попугаеобразным когнитивных способностей обусловлен высоким уровнем развития их переднего мозга (например, Güntürkün, Bugnyar, 2016), существует тенденция связывать высокий уровень развития их когнитивных способностей со степенью сложности социальной организации конкретных видов (Emery et al., 2007; Krasheninnikova et al., 2013; 2019a; Boucherie et al., 2019).

Идея о влиянии сложности социальной организации на относительные размеры мозга лежала в основе “гипотезы социального мозга” (“social brain hypothesis”), которая была предложена для объяснения того факта,

что у приматов относительные размеры мозга больше, чем у других позвоночных животных (Dunbar, 1992). В соответствии с этой гипотезой, чем с большим числом сородичей контактирует животное, тем большее количество информации оно должно обрабатывать и тем больше у него должен быть размер мозга. По отношению к птицам была сформулирована другая гипотеза (“relationship intelligence hypothesis”, Emery et al., 2007), согласно которой относительный вес мозга больше у тех видов птиц, которые формируют более долговременные связи с сородичами. Однако доказательная база этой гипотезы вызывает сомнения. Так, в числе доказательств авторы (Emery et al., 2007) приводят сравнение грачей (*Corvus frugilegus*) и галок (*Corvus monedula*) с альбатросами и гусями, основываясь на том, что последние по ошибочному мнению авторов не формируют долговременные социальные связи (Scheiber et al., 2008).

О возможном влиянии сложности социальной организации на уровень развития высших когнитивных способностей (“social intelligence hypothesis”) могут свидетельствовать данные, полученные на четырех видах попугаеобразных (Krasheninnikova et al., 2013). Представители видов с более сложной социальной структурой сообщества — очковые воробьиные попугайчики (*Forpus conspicillatus*) и радужные лорикеты (*Trichoglossus moluccanus*) — успешнее решали протоорудийные задачи, требующие понимания причинно-следственных связей, чем зеленкрылые ара (*Ara chloropterus*) и большие желтохвостые какаду (*Cacatua galerita*).

Современные тенденции в сравнительно-психологических исследованиях

Ответ на вопрос, какие факторы влияют на уровень развития мозга и высших когнитивных способностей, может дать сопоставление их спектров у большого числа видов с разной или сходной экологией и с различными репертуарами видоспецифического поведения. Именно такая тенденция характерна для исследований, проводимых в последнее время.

Характеристика когнитивных способностей врановых и попугаеобразных первоначально складывалась на основе экспериментов с представителями единичных видов. Так, основным объектом наших исследований были и остаются серые вороны (*Corvus cornix*), у которых благодаря этому описан це-

лый спектр высших когнитивных способностей (Зорина, Федотова, 1981; Зорина, Смирнова, 1995; 1996; 2008; 2011; 2013; 2018; Зорина и др., 2001; Багоцкая и др., 2010; Smirnova et al., 2000; Lazareva et al., 2004; Смирнова, 2011; Smirnova et al., 2015; 2019; Samuleeva, Smirnova, 2020). Большой объем данных о высших когнитивных способностях попугаеобразных был получен благодаря работам Ирен Пепперберг (Pepperberg, 1987; Pepperberg, Funk, 1990; Pepperberg et al., 1997; Pepperberg, 2006; 2009; 2018; 2020; Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, Carey, 2012; Pepperberg et al., 2019) на серых попугаях (*Psittacus erithacus*).

В последнее десятилетие круг исследуемых видов значительно расширился. Например, среди врановых те или иные аспекты когнитивных способностей исследованы более чем у 10 видов: у серых ворон (*Corvus cornix*), большешклювых ворон (*Corvus macrorhynchos*; Обозова и др., 2018), новокаледонских ворон (*Corvus moneduloides*; Auersperg et al., 2011a; Taylor, 2014; 2020; Cnotka et al., 2008; Rutz et al., 2016b; Jelbert et al., 2014; 2018; 2019; von Bayern et al., 2018; Clayton, Taylor, 2019), черных ворон (*Corvus corone corone*; Hoffmann et al., 2011; Cibulski et al., 2014), гавайских ворон (*Corvus hawaiiensis*; Rutz et al., 2016a; Klump et al., 2018), обыкновенных воронов (*Corvus corax*; Heinrich, 2011; Cibulski et al., 2014; Bugnyar et al., 2016; Kabadayi et al., 2016; Kabadayi, Osvath 2017b; Jacobs et al., 2019; Adriaense et al., 2019), грачей (*Corvus frugilegus*; Seed et al., 2006; Tebbich et al., 2007; Bird, Emery, 2009a), галок (*Corvus monedula*; Ujfalussy et al., 2013; Kabadayi et al., 2016; Lee et al., 2019), обыкновенных сорок (*Pica pica*; Pollok et al., 2000; Prior et al., 2008), голубых соек (*Cyanopica cyanus*; Jones, Kamil, 1973; Wang et al., 2019), обыкновенных (европейских) соек (*Garrulus glandarius*; Zucca et al., 2007; Cheke et al., 2011; Cheke, Clayton, 2012; Ostojić et al., 2017), калифорнийских кустарниковых соек (*Aphelocoma californica*, Correia et al., 2007; Ostojić et al., 2017).

С попугаеобразными сравнительные исследования проводятся уже более чем с 35 видами. Среди крупных представителей попугаеобразных с большим коэффициентом энцефализации, в дополнение к серым попугаям (*Psittacus erithacus*; Pepperberg, 2006; 2009; 2018; 2020; Pailian et al., 2020; Krasheninnikova et al., 2019b; Brucks, von Bayern, 2020), накапливаются данные о высших когнитивных

способностях кеа (*Nestor notabilis*; Huber, Gajdon, 2006; Werdenich, Huber, 2006; Auersperg et al., 2011a; 2011b; Schwing et al., 2019), венесуэльских амазонов (*Amazona amazonica*; Obozova et al., 2015;), какаду Гоффина (*Cacatua goffiniana*; Auersperg et al., 2013; Auersperg et al., 2014a; 2014b; 2016; 2018; Laumer et al., 2016; 2017; Habl, Auersperg, 2017; Auersperg, von Bayern, 2019), горных ара (*Primolius couloni*, Brucks, von Bayern, 2020) и др.

В последнее время наблюдается расширение набора используемых методов, а также сочетание лабораторных экспериментов и наблюдений в природе. Очень ценны попытки сравнительного исследования когнитивных способностей разных видов стандартизированными методами: например, сравнение орудийной деятельности орангутанов (Laumer, 2019) и какаду (Laumer, 2016) или новокаледонских ворон и кеа (Auersperg et al., 2011a); сравнение способности планировать действия при решении многостадийных орудийных задач у новокаледонских ворон, детей и взрослых (Miller et al., 2020); сравнение способности оперировать понятиями “сходство”/“различие” и выявлять сходство по аналогии у серых ворон (Smirnova et al., 2015) и амазонов (Obozova et al., 2015); сравнение способности оценивать потребности сородичей у калифорнийских кустарниковых и обыкновенных соек (Ostojić et al., 2017).

В то же время попытка использования комплекса тестов, ранее успешно примененного для сравнительной оценки когнитивных способностей приматов, выявила неприемлемость их использования для оценки когнитивных способностей птиц без тонкой настройки методик под особенности конкретной группы животных (Krasheninnikova et al., 2019a). В этом исследовании представители четырех видов попугаев (солдатский ара (*Ara ambiguus*), синегорлый ара (*Ara glaucogularis*), красноухий ара (*Ara rubrogenys*) и серых попугаев (*Psittacus erithacus*)) справились с группой тестов, оценивающих способность к социальным взаимодействиям (“theory of mind”; способность к обучению путем наблюдения и к коммуникации и пр.) не хуже понгид (Krupenye, Call, 2019; Krasheninnikova et al., 2019a), что согласуется с полученными в других работах данными (Emery, Clayton, 2004; Emery, Clayton 2016; Dally et al., 2010; Bugnyar et al., 2016; Legg et al., 2016; Tornick et al., 2016; Ostojić et al., 2016; 2017; Krupenye, Call, 2019; Krasheninnikova et al., 2019a; 2019b; Brucks, von

Bayern, 2020). Однако эти птицы не справились с тестами, оценивающими понимание простейших физических закономерностей, причинно-следственных связей и т.п., что резко противоречит данным, ранее полученным в многочисленных независимых исследованиях (Крушинский, 1977; Pollok et al., 2000; Zucca et al., 2007; Salwiczek et al., 2009; Hoffmann et al., 2011; Ujfalussy et al., 2013; Pepperberg, Funk, 1990; Pepperberg et al., 1997; Pollok et al., 2000; Auersperg et al., 2014a; Jacobs et al., 2019; Pailian et al., 2020). Таким образом, разработка комплексов тестов, позволяющих производить оценку высших когнитивных способностей широкого круга, все еще остается актуальной задачей.

Некоторые аспекты высших когнитивных способностей врановых и попугаеобразных

Многочисленные исследования показали, что врановые и попугаеобразные в ходе онтогенеза способны усваивать простейшие физические закономерности. Они не только демонстрируют понимание того, что предмет, скрывшийся из поля зрения, продолжает существовать, но справляются со сложными вариантами задач, для решения которых требуется оперировать представлением о “неисчезаемости” (Крушинский, 1977; Pollok et al., 2000; Zucca et al., 2007; Salwiczek et al., 2009; Hoffmann et al., 2011; Ujfalussy et al., 2013; Pepperberg, Funk, 1990; Pepperberg et al., 1997; Pollok et al., 2000; Auersperg et al., 2014a; Jacobs et al., 2019; Pailian et al., 2020).

Так, серые вороны, сороки (*Pica pica*) и галки (*Coloeus monedula*), но не хищные млекопитающие, решают задачу на оперирование эмпирической размерностью фигур, требующей понимания того, что приманка может быть спрятана в объемный полый, но не в плоский объект (Крушинский, 1977; Зорина и др., 2013). Разные виды врановых птиц и попугаеобразных справляются с максимально сложными вариантами задач, требующими отслеживать перемещение скрытой приманки. Например, с задачей, в которой нужно отслеживать перемещение содержащего корм контейнера за серией преград и определять, за которой из них корм мог быть оставлен (Pollok et al., 2000; Zucca et al., 2007; Hoffmann et al., 2011; Ujfalussy et al., 2013; Pepperberg, Funk, 1990; Pollok et al., 2000). Кроме врановых и попугаеобразных такие задачи решают только понгиды (de Blois et al., 1998; Call,

2001; Collier-Baker, Suddendorf, 2006; Collier-Baker et al., 2006).

Важно подчеркнуть, что с подобными задачами справляются виды птиц с разной экологической специализацией: сороки (*Pica pica*; Pollok et al., 2000), галки (*Corvus monedula*; Ujfalussy et al., 2013), черные вороны (*Corvus corone*, Hoffmann et al., 2011; Jacobs et al., 2019), обыкновенные (европейские) сойки (*Garrulus glandarius*, Zucca et al., 2007), калифорнийские кустарниковые сойки (*Aphelocoma californica*; Salwiczek et al., 2009), какаду Гоффина (*Cacatua goffini*; Auersperg et al., 2014a), серые попугаи (*Psittacus erithacus*; Pailian et al., 2020) и пр.

Способность использовать орудия в естественной среде обитания обнаруживается у все большего числа видов птиц, что говорит о важной адаптивной роли такого поведения. Так, африканская серая мухоловка (*Bradornis microrhynchus*) использует травинки, чтобы выуживать термитов; а черный дрозд (*Turdus merula*) использует палочки, чтобы искать еду под снегом; щетинистая ворона (*Corvus rhipidurus*) разбивает камнями украденные яйца; блестящий ворон (он же индийская домовая ворона, *Corvus splendens*) при помощи листьев добывает муравьев; изменчивая сителла (*Daphoenositta chrysoptera*) не только использует, но и сохраняет палочки, которыми выуживает личинок жуков-древоточцев; белокрылый сук (*Corcorax melanorhamphos*) с помощью пустых ракушек открывает раковины моллюсков (Roelofs, 2010). Недавние наблюдения за атлантическим тупиком (*Fratercula arctica*) обнаружили, что две птицы из разных колоний чесали себе грудку при помощи палочки (Fayet et al., 2020; von Bayern et al., 2020). Степень вклада наследственности, обучения и мышления в подобное поведение у конкретных видов еще предстоит выяснить.

Вклад мышления в орудийное поведение врановых и попугаеобразных обнаружен благодаря лабораторным экспериментам (Jones, Kamil, 1973; Lefebvre et al., 2002; Werdenic, Huber, 2006; Bird, Emery, 2009a; Wimpenny et al., 2009; Багоцкая и др., 2010; Shumaker et al., 2011; Rutz et al., 2016 a, b; McGrew, 2013; Jelbert et al., 2014; 2018; Auersperg, 2015; Hahl, Auersperg, 2017; Gruber et al., 2019; Laumer et al., 2016; 2017; von Bayern et al., 2018; Klump et al., 2018; Wang et al., 2019; Taylor, 2012; 2014; Rutz et al., 2018). Описанные ниже данные указывают на то, что способность врановых и попугаеобразных использовать и изготавли-

вать орудия обусловлена высоким уровнем развития их мозга и когнитивных способностей, а не только видовыми экологическими особенностями.

Так, анализ решения врановыми и попугаеобразными комплекса протоорудийных задач, в которых орудие заранее совмещено с приманкой (например, задач с различным взаимным расположением нитей и привязанных к ним приманок), показал, что в отличие от птиц с относительно менее развитым мозгом и хищных млекопитающих, они действительно учитывают связь нити с приманкой и понимают причинно-следственные связи между действиями и их результатом (Багоцкая и др., 2010; Обозова и др., 2013; Heinrich, Bugnyar, 2005; Taylor et al., 2012; Wang et al., 2019; Jacobs, Osvath, 2015; Werdenic, Huber, 2006). Причем этот результат обнаружен и у тех птиц, у которых орудийная деятельность не входит в видоспецифический репертуар поведения.

Большой объем данных накоплен об орудийной деятельности новокаледонских ворон (*Corvus moneduloides*; Weir et al., 2002; Cnotka et al., 2008; Auersperg et al., 2011a; Wimpenny et al., 2009; Kacelnik et al., 2012; McGrew, 2013; Taylor, 2014; Rutz et al., 2016b; von Bayern et al., 2018; Jelbert et al., 2014; 2018; Logan et al., 2016; Gruber et al., 2019; Wang et al., 2019; Claiton, Taylor, 2019). Использование орудий входит в репертуар их видоспецифического поведения — эти птицы регулярно используют ветки, палочки и кусочки жестких листьев для добывания личинок насекомых из-под коры деревьев (Hunt et al., 2012; Taylor et al., 2011; Matsui et al., 2016; Rutz et al., 2016b). Родственный новокаледонским воронам островной вид — гавайская ворона (*Corvus hawaiiensis*) — использует орудия похожим образом (Rutz et al., 2016 a; Klump et al., 2018).

Помимо безусловного врожденного компонента (Kenward et al., 2005; Kenward et al., 2006), заметный вклад в орудийную деятельность новокаледонских ворон вносит обучение. Молодые птицы вплоть до второго года жизни не достигают той степени развития навыков в изготовлении и использовании орудий, которая свойственна взрослым особям. Родители продолжают кормить молодых птиц до 20-месячного возраста, что дает последним возможность обучаться не только путем проб и ошибок, но и путем наблюдения (Holzhaidner et al., 2010; Hunt et al., 2012). Лабораторные эксперименты обнаружили их спо-

способность обучаться использованию орудий путем наблюдения не только за поведением других ворон (Logan et al., 2016), но и людей (Kenward et al., 2006).

О вкладе высших когнитивных функций в орудийную деятельность новокаледонских ворон свидетельствуют данные лабораторных экспериментов (Weir et al., 2002; Rutz et al., 2018). Например, об этом может свидетельствовать тот факт, что эти птицы способны изготавливать орудия из новых материалов. В видоспецифическом поведенческом репертуаре новокаледонских ворон есть шаблонное действие, которым они сгибают веточки (Rutz et al., 2016b). Однако в экспериментальных условиях ворона Бетти тремя разными способами изгибала прямую проволоку, создавая подобие крючка, чтобы подтянуть с ее помощью контейнер с приманкой со дна узкого прозрачного цилиндра (Weir et al., 2002). Подобная пластичность орудийного поведения может указывать на вклад мышления в его реализацию (Gruber et al., 2019). О вкладе высших когнитивных функций в орудийную деятельность новокаледонских ворон свидетельствуют и другие факты. Например, недавно было обнаружено, что новокаледонские вороны способны сделать вывод о весе объекта (и, в зависимости от этого, о возможности использовать его в качестве орудия), оценивая, как на объект влияет поток воздуха (Jelbert et al., 2019). Они оказались способны соединять две полые трубки, для того чтобы создать более длинное орудие, позволяющее дотянуться до приманки и подтащить ее (von Bayern et al., 2018). Ранее способность изготавливать составные орудия была выявлена лишь у некоторых понгид (Köhler, 1925; Lethmate, 1982; Bania et al., 2009; Price et al., 2009; Shumaker et al., 2011).

Новокаледонские вороны способны решать многостадийные задачи на добывание приманки, для решения которых необходимо планировать последовательность действий. После ознакомления со всеми компонентами задачи (установленными в разных отсеках экспериментальными установками, с размещенными внутри орудиями или приманкой) птицы успешно выбирали (первая стадия) из двух орудий (например, палочки и камня) именно то, которое позволяло на второй стадии получить следующий инструмент, необходимый для добывания приманки на заключительной стадии. Для выбора подходящего орудия птицы должны были оперировать

представлениями об особенностях экспериментальных установок на следующих стадиях, поскольку они не могли их видеть в момент выбора (Gruber et al., 2019).

С подобной задачей справлялись и какаду Гоффина (Laumer et al., 2016; Beinhauer et al., 2018), для которых орудийная деятельность в естественных условиях не описана. Сравнение поведения новокаледонских ворон, 3- и 5-летних детей, и взрослых людей (Miller et al., 2020) с поведением какаду (Laumer et al., 2016) и орангутанов (Laumer et al., 2019) при решении подобных задач выявило как черты сходства, так и некоторые различия. Так, взрослые люди, какаду и вороны (но не дети и не орангутаны) могли воздержаться от выбора орудия, когда в нем не было необходимости. Взрослые люди, орангутаны и какаду (но не вороны и не дети) могли воздержаться от выбора нефункциональных орудий. Какаду и новокаледонские вороны хуже орангутанов и детей справлялись с задачами, где на каждом этапе нужно было выбирать между двумя установками, двумя орудиями и двумя разными приманками.

С многостадийными задачами, требующими планировать будущие действия, справлялись также обыкновенные вороны (*Corvus corax*; Kabadayi, Osvath, 2017b). Например, они выбирали из четырех предложенных объектов именно камень, поскольку только с его помощью спустя 15 мин они могли открыть дверцу экспериментальной установки и получить приманку. Вороны продемонстрировали высокий уровень самоконтроля — они отказывались от доступной в данный момент, но менее ценной приманки ради жетона, который в будущем они могли обменять на более ценную приманку. Кроме того, эти птицы оказались способны ожидать возможности обменять жетон на приманку в течение 17 ч (Kabadayi, Osvath, 2017b), тогда как бонобо и орангутаны делали это лишь в течение 30 мин (Bourjade et al., 2014). Хотя один из авторов ранее исследовал подобные способности понгид (Osvath, Persson, 2013), данные этой работы вызвали неоднозначную реакцию и нуждаются в уточнении (Boeckle, Clayton, 2017; Redshaw et al., 2017). Однако сходство способности к самоконтролю врановых и попугаеобразных с одной стороны и понгид с другой подтверждают данные и других исследований (для обзора см. Miller et al., 2019).

Способность высокоорганизованных птиц планировать будущие действия подтвержда-

ют также данные о том, что обыкновенные сойки (*Garrulus glandarius*) и калифорнийские кустарниковые сойки (*Aphelocoma californica*) запасают пищу, которую они хотели бы получить в будущем, а не ту, в которой они заинтересованы в настоящее время (Correia et al., 2007; Cheke, Clayton, 2012).

На возможность мысленного “путешествия во времени” указывают также данные о наличии у калифорнийских кустарниковых соек (*Aphelocoma californica*) памяти, подобной эпизодической, т.е. способности оперировать представлениями о том, что, где и когда произошло и различать события, произошедшие в разное время (Clayton, Dickinson, 1998; Clayton et al., 2001; 2003a; 2003b). Например, эти птицы помнили, какую пищу (арахис или мучных червей), в какую емкость с песком и когда они спрятали. Если они получали доступ к кладовкам, спустя небольшой промежуток времени после запасаения пищи, когда мучные черви (предпочитаемый, но быстро портящийся корм) могли быть еще свежими, они в первую очередь проверяли именно места, где были спрятаны черви; если же проходило больше времени, то они предпочитали “кладовки” с арахисом (для того чтобы избежать выбора по запаху, в обоих случаях емкости с песком заменяли на такие же, но без запасенной пищи). При помощи задачи, имитирующей “игру в наперстки”, в которой объект, спрятанный на глазах у испытуемого под непрозрачный цилиндр, перемещали несколько раз, меняя его расположение с пустыми цилиндрами, было обнаружено, что серые попугаи (*Psittacus erithacus*) обладают зрительной рабочей памятью, превосходящей память 6–8-летних детей и сравнимой с памятью взрослых людей (Pailian et al., 2020).

Возвращаясь к обсуждению орудийной деятельности, важно отметить, что способность использовать и изготавливать орудия обнаружена не только у тех видов птиц, у которых орудийная деятельность является типичным элементом видоспецифического поведения. Например, среди врановых в условиях эксперимента использовать орудия оказались способны голубые сойки (*Cyanocitta cristata*; Jones, Kamil, 1973), грачи (*Corvus frugilegus*; Bird, Emery, 2009a, b; Seed et al., 2006; Tebbich et al., 2007) и обыкновенные вороны (Kabadayi, Osvath, 2017b).

В настоящее время нет данных о том, что попугаеобразные используют орудия в есте-

ственных условиях (Habl, Auersperg, 2017; Auersperg et al., 2018; Beinhauer et al., 2018; Auersperg, von Bayern, 2019; O'Hara et al., 2019). Однако в условиях эксперимента они, как и врановые, оказались способны не только использовать, но даже изготавливать орудия и планировать их применение в будущем.

Еще в 2000-е годы стали появляться данные о выдающихся манипуляционных и инновационных способностях кеа (*Nestor notabilis*). Группа исследователей под руководством Людвига Губера изучала их “технический интеллект” — способность оценивать физические свойства объектов, понимать причинно-следственные связи и использовать орудия. У кеа была обнаружена способность применять орудия в разнообразных новых ситуациях. Они, как и врановые птицы, оказались способны планировать серию будущих действий — последовательно выбирать орудия, необходимые для решения задачи на следующей стадии (Huber, Gajdon, 2006). К настоящему времени в авиарии на территории Haidlhof Research station в Вене сформировалась единственная в Европе размножающаяся в неволе колония кеа (28 особей). На ее базе продолжается систематическое изучение “технического интеллекта” этих попугаев (Werdenich, Huber, 2006; Auersperg et al., 2011a; 2011b; Schwing et al., 2019).

В последнее десятилетие способность к орудийной деятельности в лабораторных условиях была обнаружена еще у одного представителя попугаеобразных — какаду Гоффина (*Cacatua goffiniana*). Один из содержащихся в лаборатории попугаев (Фигаро) отломил щепку, чтобы с ее помощью достать откатившийся орех (Auersperg et al., 2012). Почти сорок лет назад аналогичным случайным образом была обнаружена способность к орудийной деятельности у голубых соек (Jones, Kamil, 1973). Далее Фигаро продемонстрировал способность изготавливать орудия из разных материалов: дерева, воска, веток с листьями (Auersperg et al., 2016), проволоки (Laumer et al., 2017), картона (Auersperg et al., 2018). С помощью этих орудий птица успешно решала задачи разного уровня сложности. Например, Фигаро, а затем и другие какаду, сопоставляли форму предметов, предлагаемых в качестве орудий, и форму отверстия в экспериментальной установке, и выбирали именно тот предмет, который мог пройти в это отверстие и открыть доступ к приманке (Habl, Auersperg, 2017). Какаду успешно

справлялись с задачами, в которых требовалось максимизировать выгоду и минимизировать усилия, прилагаемые для достижения цели: они выбирали именно то орудие из двух предложенных (палочки и шарика), при помощи которого могли получить предпочитаемый корм (Laumer et al., 2016).

Таким образом, виды врановых и попугаеобразных, у которых применение орудий не входит в репертуар видоспецифического поведения, в условиях лабораторных экспериментов оказались способны использовать, изготавливать орудия и планировать их применение не менее успешно, чем новокаледонские вороны, которые регулярно делают это в естественной среде обитания.

У серых попугаев (*Psittacus erithacus*), но не у горных ара (*Primolius couloni*), обнаружена способность к кооперации: они помогали сородичу получить корм, не имея от этого никакой явной выгоды (Brucks, von Bayern, 2020). Например, самка, которую научили обменивать жетон на лакомство, в ситуации, когда отверстие, через которое происходил обмен с экспериментатором, было закрыто, передавала кольцо находившемуся в смежной клетке самцу, у которого отверстие для обмена было открыто. Такое поведение напоминает проявления альтруизма, ранее обнаруженные у понгид (де Вааль, 2017). Какаду не проявляли беспокойства, если сородич получал больше корма, выполняя те же действия, или если он получал столько же корма, выполнив меньше действий (Brucks, von Bayern, 2020).

Как уже упоминалось выше, и врановые, и попугаеобразные могут формировать обобщенные правила выбора и оперировать такими понятиями, как “число”, “сходство/различие” и др. (Koehler, 1953; Wilson et al., 1985; Зорина, Смирнова, 1995; 1996; Smirnova et al., 2000; 2015; Obozova et al., 2015; Magnotti et al., 2015; Wright et al., 2016; 2017; Samuleeva, Smirnova, 2020; Pepperberg, 1987; 2018; 2020). Мы обнаружили, что серые вороны (*Corvus cornix*) и венесуэльские амазоны (*Amazona amazonica*) способны формировать обобщенное правило выбора по сходству с образцом, применимое к стимулам новых категорий, и в том числе распознавать сходство двухкомпонентных стимулов по аналогии соотношения их компонентов (Smirnova et al., 2015; Obozova et al., 2015), что ранее считали доступным только детям старше 5–6 лет и понгидам (Premack, 1983; Wasserman et al., 2017; Hochmann et al., 2017).

Как и понгиды (Fouts, Mills, 1998; Fouts, Waters, 2001; Зорина, Смирнова, 2006; Gardner, 2007; Savage-Rumbaugh et al., 2009; Lyn, 2012; Rumbaugh, 2013), врановые и попугаеобразные способны усвоить символы для обозначения понятий (Смирнова, 2011; Самулеева и др., 2015; Самулеева, Смирнова, 2019; Samuleeva, Smirnova, 2020; Пепперберг, 2017; Pepperberg, 1987; 2006; 2009; 2018; 2020; Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, Carey, 2012; Зорина и др., 2018). Например, Ирен Пепперберг, благодаря применению особой методики (с участием двух человек, один из которых демонстрировал желаемое поведение и соперничал с попугаем за внимание тренера), удалось обучить серых попугаев (*Psittacus erithacus*) произношению и значению десятков английских слов, причем не только названиям конкретных объектов и не скольким необходимым в быту фразам (“хочу пить”, “хочу домой” и пр.), но и названиям категорий, таких как “цвет” (и названия семи цветов), “форма” (и названия пяти форм), “материал” (и названия пяти материалов), “число” (и названия семи числительных от 0 до 6). В тестах, в которых попугаям демонстрировали наборы новых объектов, они (и особенно один из трех попугаев — Алекс) успешно отвечали на такие вопросы, как “сколько зеленых?”, “сколько деревянных?”, “какого цвета больше/меньше?”, “какая цифра больше/меньше?”, “какого цвета 8 / 7 / 6 ...?” (про разноцветные пластиковые цифры), “что разное/одинаковое?” (ответы: “форма”; “материал”; “цвет”; Пепперберг, 2017; Pepperberg, 1987; 2006; 2009; 2018; 2020; Pepperberg, Gordon, 2005; Pepperberg, Carey, 2012; Pepperberg et al., 2019).

Результаты теста с меткой указывают на то, что некоторые врановые птицы: сороки (*Pica pica*; Prior et al., 2008), ореховки Кларка (*Nucifraga columbiana*; Clary, Kelly, 2016), индийские домовые вороны (*Corvus splendens*, Buniyaadi et al., 2019) и серые вороны (Смирнова, Самулеева, 2017; экспериментальная статья готовится к печати) — способны узнавать свое отражение в зеркале. О наличии у высокоорганизованных птиц элементов самосознания свидетельствует также их способность учитывать знания и намерения сородичей (Clayton, Emery, 2003; Emery, Clayton, 2004; Emery, Clayton 2016; Dally et al., 2010; Bugnyar et al., 2016; Legg et al., 2016; Tornick et al., 2016; Brecht, 2017; Ostojić et al., 2016; 2017). Например, обыкновенные вороны

(*Corvus corax*) адекватно изменяли свое поведение (запасали или не запасали корм), не видя сородича, а руководствуясь лишь основным на собственном опыте предположением (перед тестированием каждому вóрону давали возможность побыть как наблюдателем, так и наблюдаемым) о том, может ли он их видеть. Вóроны не запасали корм, если было открыто маленькое отверстие в стенке, разделяющей две смежные клетки, и сородич в соседней клетке, которого они не могли видеть, но слышали, потенциально мог видеть их. Если же глазок в соседний отсек был закрыт и сородич не мог их видеть, вóроны начинали прятать корм. Наличие сородича в соседней клетке в обоих случаях имитировали проигрыванием записи производимых им шумов. (Bugnyar et al., 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение числа исследуемых видов и расширение арсенала применяемых тестов подтверждают представление о том, что спектры высших когнитивных способностей представителей двух разных групп птиц (семейства врановых и отряда попугаеобразных), несмотря на 300 млн. лет независимого филогенетического развития и значительные различия в строении мозга, сходны с обнаруженными у человекообразных обезьян и превосходят те, что описаны для других млекопитающих (Крушинский, 1977; Зорина, Смирнова, 2008; 2011; 2013; 2018; Emery, 2006; 2016; Emery, Clayton, 2004; 2005; 2009; 2016; Clayton, Emery, 2015; Seed et al., 2009; Osvath et al., 2014; Güntürkün, 2012; Güntürkün, Bugnyar, 2016; Güntürkün et al., 2017; Van Horik et al., 2012; Taylor, 2014; Plotnik, Clayton, 2015). Факт такого сходства, по-видимому, отражает наличие единых факторов, которые определяют характер эволюции психики. Сходство спектров когнитивных способностей разных видов врановых и попугаеобразных указывает на то, что высокий уровень развития их высших когнитивных способностей обусловлен не столько особенностями экологии, сколько уровнем развития их переднего мозга.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-113-50587 и при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета “Мозг, когнитивные системы, искусственный ин-

теллект”. Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500080-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багоцкая М.С., Смирнова А.А., Зорина З.А. Врановые способны понимать логическую структуру задач на подтягивание закрепленной на нити прищипки. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2010. 60 (5): 543–551.
- Богословская Л.С., Поляков Г.И. Пути морфологического прогресса нервных центров у высших позвоночных. М.: Наука, 1981. 159 с.
- Воронов Л.Н. Особенности морфологического строения конечного мозга серой вороны и сизого голубя в связи с развитием их элементарной рассудочной деятельности. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1999. 49 (4): 684–688.
- Голубева Т.Б., Корнеева Е.А. Головной мозг и сенсорные системы птиц: Современное представление. Орнитология: история, традиции, проблемы и перспективы. Материалы Всерос. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения профессора Г.П. Деметьева. М.: 2018, 119–129 с.
- де Вааль Ф. Достаточно ли мы умны, чтобы судить об уме животных? М.: Альпина нон-фикшн, 2017. 404 с.
- Доброхотова Л.П. Сравнительное изучение нейронного строения неостриатума птиц, обладающих различной способностью к экстраполяции. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1978. 28 (1): 162–168.
- Зорина З.А., Обозова Т.А. Новое о мозге и когнитивных способностях птиц. Зоол. журн. 2011. 90 (7): 784–802.
- Зорина З.А., Смирнова А.А., Обозова Т.А. Мышление птиц: понимают ли попугаи, о чем они говорят? Природа. 2018. 10: 58–64.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественные оценки у серых ворон: обобщение по относительному признаку “большее множество”. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1995. 45 (3): 490–499.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. Количественная оценка серой вороной множеств, состоящих из 15–25 элементов. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1996. 46 (2): 298–301.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. О чем рассказали “говорящие” обезьяны (Способны ли высшие животные к оперированию символами?). М.: ЯСК, 2006. 423 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. Обобщение, умозаключение по аналогии и другие когнитивные способности врановых птиц. Когн. исслед.: Сборник науч. трудов. Ред. В.Д. Соловьев,

- Т.В. Черниговская. М.: Языки славянских культур, 2008. 148–165 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. История и методы экспериментального изучения мышления животных. Современная экспериментальная психология: В 2 т. Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: Институт психологии РАН, 2011. Т. 1. 61–87 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. История экспериментального изучения мышления животных и роль идей Л.В. Крушинского в формировании современных представлений об элементарном мышлении. В кн.: Формирование поведения животных в норме и патологии: К 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911–1984). Сост. И.И. Полетаева, З.А. Зорина М.: Языки славянских культур, 2013. 8–71 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А. Современные представления о когнитивных способностях врановых птиц. Орнитология: история, традиции, проблемы и перспективы. Материалы Всерос. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения профессора Г.П. Дементьева. М.: 2018. 163–168 с.
- Зорина З.А., Смирнова А.А., Лазарева О.Ф. Умеют ли вороны “считать”? Природа. 2001. 2: 72–79.
- Зорина З.А., Федотова И.Б. Роль Wulst в решениях экстраполяционной задачи у вороновых птиц. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 1981. 31 (1): 185–187.
- Крушинский Л.В. Биологические основы рассудочной деятельности. М.: Изд-во Московского университета, 1977. 270 с.
- Леонтьев А.Н. Избранные психологические произведения: В 2-х томах. Т. 2. М.: Педагогика, 1983. 320 с.
- Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М.: Издательский центр “Академия”, 2003. 384 с.
- Новоселова С.Л. Развитие интеллектуальной основы деятельности приматов. М.: Воронеж. 2001. 287 с.
- Обозова Т.А., Смирнова А.А., Зорина З.А. Ранний онтогенез поведения у слетков большеклювой вороны (*Corvus macrorhynchos*) их естественной среде обитания. Зоол. журн. 2018. 97 (1): 56–66.
- Обозова Т.А., Багоцкая М.С., Смирнова А.А., Зорина З.А. Сравнительная оценка способности разных видов птиц к решению протоорудийных задач. Зоол. журн. 2013. 92 (6): 731–741.
- Обозова Т.А., Смирнова А.А., Зорина З.А. Клесты-еловики (*Loxia curvirostra*) способны к обобщению признака “больше”. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2009. 59 (3): 305–312.
- Обухов Д.К., Обухова Е.В. Эволюция конечного мозга птиц и млекопитающих — два пути развития — один результат. Морфология. 2010. 137 (4): 145.
- Обухов Д., Андреева Н. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных. М.: Юрайт, 2019. 340 с.
- Пепперберг И. Алекс и я. М.: Языки славянских культур. 2017. 334 с.
- Полетаева И.И., Перепелкина О.В., Зорина З.А. Когнитивные способности животных (рассудочная деятельность) в свете генетических представлений. Вавил. журн. генет. и сел. 2017. 21 (4): 421–426.
- Самулеева М.В., Смирнова А.А., Обозова Т.А., Зорина З.А. Исследование формирования отношений симметрии между “знаком” и “обозначаемым” у серых ворон. Когнитивная наука в Москве: новые исследования (Москва, 16 июня 2015 г.). Материалы Третьей Международной постерной конференции под общ. ред. Е.В. Печенкова, М.В. Фаликман. М.: БукиВеди, 2015. 390–394 с.
- Самулеева М.В., Смирнова А.А. Изучение особенностей процесса символизации у серых ворон. Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2019. 69 (4): 505–513.
- Смирнова А.А. О способности птиц к символизации. Зоол. журн. 2011. 90 (7): 803–810.
- Смирнова А.А., Зорина З.А. Когнитивные способности птиц: обобщение, использование понятий, символизация, умозаключения. В кн.: Формирование поведения животных в норме и патологии: К 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911–1984). Сост. И.И. Полетаева, З.А. Зорина. М.: Языки славянских культур, 2013. 148–168 с.
- Смирнова А.А., Самулеева М.В. Исследование факторов, влияющих на внимание к зоне нанесения метки у серых ворон. Эволюционная и сравнительная психология в России: Теория и практика исследований под ред. И.А. Хватова, А.И. Харитонов. М.: Когито-Центр, 2017: 142–151.
- Смирнова А.А., Калашникова Ю.А., Самулеева М.В., Зорина З.А. Оценка способности серых ворон (*Corvus cornix*) узнавать свое отражение в зеркале. Зоол. журн. 2019. 98 (11): 1223–1232.
- Филатова О. Киты и дельфины. М: Фитон XXI, 2018. 168 с.
- Фирсов Л.А., Чиженков А.М. Эволюция интеллекта (присущ ли разум животным?). Санкт-Петербург: Изд-во “Астер-Х”. 2004. 125 с.
- Adriaense J.E.C., Martin J.S., Schiestl M., Lamm C., Bugnyar T. Negative emotional contagion and cognitive bias in common ravens (*Corvus corax*). Proc. Natl. Acad. Sci. 2019. 116 (23): 11547 LP–11552.
- Agrillo C., Petrazzini M. E. M., Bisazza A. Numerical abilities in fish: A methodological review. Behav. Proc. 2017. 141 (2): 161–171.
- Anderson J.R., Gallup G.G. Mirror self-recognition: a review and critique of attempts to promote and en-

- gineer self-recognition in primates. *Primates*. 2015. 56 (4): 317–326.
- Auersperg A.M.I., Kacelnik A., von Bayern A.M.P. Explorative learning and functional inferences on a five-step means-means-end problem in Goffin's Cockatoos (*Cacatua goffini*). *Plos One*. 2013. 8: e68979.
- Auersperg A.M.I. Exploration technique and technical innovations in corvids and parrots. Elsevier: Anim. creat. innov. 2015. 2: 45–72.
- Auersperg A.M.I., Borasinski S., Laumer I., Kacelnik A. Goffin's cockatoos make the same tool type from different materials. *Biol. Lett.* 2016. 12 (11): 20160689.
- Auersperg A.M.I., Köck C., O'Hara M., Huber L. Tool making cockatoos adjust the lengths but not the widths of their tools to function. *PLoS One*. 2018. 13 (11): e0205429.
- Auersperg A.M.I., Szabo B., von Bayern A.M.P., Bugnyar T. Object permanence in the goffin cockatoo (*Cacatua goffini*). *J. Comp. Psy.* 2014a. 128 (1): 88–98.
- Auersperg A.M.I., Szabo B., von Bayern A.M.P., Kacelnik A. Spontaneous innovation in tool manufacture and use in a Goffin's cockatoo. *Curr. Biol.* 2012. 22: 903–904.
- Auersperg A.M.I., von Bayern A.M.P., Gajdon G.K., Huber L., Kacelnik A. Flexibility in problem solving and tool use of kea and New Caledonian crows in a multi access box paradigm. *PLoS One*. 2011a. 6 (6): e20231.
- Auersperg A.M.I., von Bayern A.M.I., Weber S., Szabadvari A., Bugnyar T., Kacelnik A. Social transmission of tool use and tool manufacture in Goffin cockatoos (*Cacatua goffini*). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 2014b. 281: 20140972.
- Auersperg A.M.I., von Bayern A.M.P. Who's a clever bird – Now? A brief history of parrot cognition. *Behaviour*. 2019. 156: 1–17.
- Auersperg A.M.I., Huber L., Gajdon G.K. Navigating a tool end in a specific direction: stick-tool use in kea (*Nestor notabilis*). *Biol. Lett.* 2011b. 7: 825–828.
- Bania A.E., Harris S.H., Kinsley R., Boysen S.T. Constructive and deconstructive tool modification by chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Anim. Cogn.* 2009. 12 (1): 85–95.
- Bastos A.P.M., Taylor A.H. Macphail's Null Hypothesis of Vertebrate Intelligence: Insights From Avian Cognition. *Front. Psychol.* 2020. 11: 1692.
- Beinhauer I., Bugnyar T., Auersperg A. Prospective but not retrospective tool selection in the Goffin's cockatoo (*Cacatua goffiniana*). *Behaviour*. 2018. 156 (5): 633–659.
- Bird C., Emery N. Insightful Problem Solving and Creative Tool Modification by Captive Nontool-using Rooks. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2009a. 106 (25): 10370–10375.
- Bird C., Emery N. Rooks Use Stones to Raise the Water Level to Reach a Floating Worm. *Curr. Biol.* 2009b. 19 (16): 1410–1414.
- Biro D., Matsuzawa T. Use of numerical symbols by the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Cardinals, ordinals, and the introduction of zero. *Anim. Cogn.* 2001. 4: 193–199.
- Boeckle M., Clayton N.S. A raven's memories are for the future. *Science*. United States. 2017. 357 (6347): 126–127.
- Bohn M., Allritz M., Call J., Völter C.J. Information seeking about tool properties in great apes. *Sci. Rep.* 2017. 7: 10923.
- Bond A., Diamond J. Thinking Like a Parrot: Perspectives from the Wild. University of Chicago Press, 2019. 296 pp.
- Bortot M., Stancher G., Vallortigara G. Transfer from number to size reveals abstract coding of magnitude in honeybees. *iSci.* 2020. 23 (5): 101122.
- Boucherie P.H., Loretto M.C., Massen J.J.M., Bugnyar T. What constitutes “social complexity” and “social intelligence” in birds? Lessons from ravens. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2019. 73: 12.
- Bourjade M., Call J., Pelé M., Maumy M., Dufour V. Bonobos and orangutans, but not chimpanzees, flexibly plan for the future in a token-exchange task. *Anim. Cogn.* 2014. 17: 1329–1340.
- Boysen S.T., Berntson G.G. Numerical competence in a chimpanzee (*Pan troglodytes*). *J. Comp. Psychol.* US. 1989. 103 (1): 23–31.
- Boysen S.T., Hallberg K.I. Primate numerical competence: Contributions toward understanding non-human cognition. *Cogn. Sci.* 2000. 24: 423–443.
- Brecht K.F. A multi-facetted approach to investigating theory of mind in corvids. Doctoral thesis. 2017.
- Briscoe S.D., Albertin C.B., Rowell J.J., Ragsdale C.W. Neocortical Association Cell Types in the Forebrain of Birds and Alligators. *Curr. Biol.* 2018; 28(5): 686–696.
- Brucks D., von Bayern A.M.P. Parrots Voluntarily Help Each Other to Obtain Food Rewards. *Curr. Biol.* England. 2020. 30 (2): 292–297.
- Bugnyar T., Reber S.A., Buckner C. Ravens attribute visual access to unseen competitors. *Nat. Commun.* 2016. 7: 10506.
- Buniyaadi A., Taufique S.K.T., Kumar V. Self-recognition in corvids: evidence from the mirror-mark test in Indian house crows (*Corvus splendens*). *J. Ornithol.* 2020. 161 (2): 341–350.
- Byrne R.W., Bates L.A., Moss C.J. Elephant cognition in a primate perspective. *Comp. Cogn. Behav. Rev.* 2009. 4: 1–15.
- Caicoya Á.L., Amici F., Ensenyat C., Colell M. Object permanence in Giraffa Camelopardalis: First steps in Giraffes' physical cognition. *J. Comp. Psychol.* 2019. 133 (2): 207–214.
- Call J. Object permanence in orangutans (*Pongo pygmaeus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and chil-

- dren (*Homo sapiens*). J. Comp. Psychol. 2001. 115: 159–171.
- Call J., Tomasello M. Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. Trends Cogn. Sci. 2008. 12: 187–192.
- Catala A., Mang B., Wallis L., Huber L. Dogs demonstrate perspective taking based on geometrical gaze following in a Guesser–Knower task. Anim. Cogn. 2017. 20 (4): 581–589.
- Cheke L., Bird C., Clayton N. Tool-use and instrumental learning in the Eurasian jay (*Garrulus glandarius*). Anim. Cogn. 2011. 14 (3): 441–455.
- Cheke L.G., Clayton N.S. Eurasian jays (*Garrulus glandarius*) overcome their current desires to anticipate two distinct future needs and plan for them appropriately. Biol. Lett. 2012. 8: 171–175.
- Cibulski L., Wascher C.A., Weiss B.M., Kotrschal K. Familiarity with the experimenter influences the performance of Common ravens (*Corvus corax*) and Carrion crows (*Corvus corone corone*) in cognitive tasks. Behav. Proc. 2014. 103 (100): 129–137.
- Clary D., Kelly D.M. Graded mirror self-recognition by Clark's nutcrackers. Sci. Rep. 2016. 6 (1): 1–11.
- Clayton N., Emery N. What Do Jays Know About Other Minds and Other Times? Nat. Rev. Neurosci. 2003b. 4 (8): 685–691.
- Clayton N.S., Bussey T.J., Dickinson A. Can animals recall the past and plan for the future? Nature Reviews Neuroscience. 2003a. 4: 685–691.
- Clayton N.S., Dickinson A. Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. Nature. England. 1998. 395 (6699): 272–274.
- Clayton N.S., Emery N.J. Avian Models for Human Cognitive Neuroscience: A Proposal. Neuron. United States. 2015. 86 (6): 1330–1342.
- Clayton N.S., Griffiths D.P., Emery N. J., Dickinson A. Elements of episodic-like memory in animals. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2001. 356 (1413): 1483–1491.
- Cnotka J., Güntürkün O., Rehkämpfer G., Gray R.D., Hunt G.R. Extraordinary large brains in tool-using New Caledonian crows (*Corvus moneduloides*). Neurosci. 2016. Lett. 433: 241–245.
- Collier-Baker E., Davis J., Nielsen M., Suddendorf T. Do chimpanzees (*Pan troglodytes*) understand single invisible displacement? Anim. Cogn. 2006. 9: 55–61.
- Collier-Baker E., Suddendorf T. Do chimpanzees (*Pan troglodytes*) and 2-year-old children (*Homo sapiens*) understand double invisible displacement? J. Comp. Psychol. 2006. 120: 89–97.
- Correia S.P.C., Dickinson A., Clayton N.S. Western scrub-jays anticipate future needs independently of their current motivational state. Curr. Biol. 2007. 17: 856–861.
- Dally J.M., Emery N.J., Clayton N.S. Avian theory of mind and counter espionage by food-caching western scrub-jays (*Aphelocoma californica*). Eur. J. Dev. Psychol. 2010. 7: 17–37.
- de Blois S.T., Novak M.A., Bond M. Object permanence in orangutans (*Pongo pygmaeus*) and squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). J. Comp. Psychol. 1998. 112: 137–152.
- Dunbar R.I.M. Neocortex size as a constraint on group size in primates. J. Hum. Evol. 1992. 22: 469–493.
- Elmore L.C., Magnotti J.F., Katz J.S., Wright A.A.: Change detection by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) and pigeons (*Columba livia*). J. Comp. Psychol. 2012. 126: 203–212.
- Emery N.J. Bird brain: An exploration of avian intelligence. Princeton University Press, 2016. 192 pp.
- Emery N.J., Clayton N.S. The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes. Science. 2004. 306: 1903–1907.
- Emery N.J. Cognitive ornithology: The evolution of avian intelligence. Phil. Trans. R. Soc. Bio. Sci. 2006. 361: 23–43.
- Emery N.J., Clayton N.S. An avian perspective on simulating other minds. Learn. Behav. 2016. 44 (3): 203–204.
- Emery N.J., Clayton N.S. Comparative social cognition. Annu. Rev. Psychol. 2009. 60: 87–113.
- Emery N.J., Clayton N.S. Evolution of the avian brain and intelligence. Curr. Biol. England. 2005. 15 (23): 946–950.
- Emery N.J., Clayton N.S., Frith C.D. Introduction. Social intelligence: From brain to culture. Philos. Trans. R. Soc. Biol. Sci. 2007. 362: 485–488.
- Erdőhegyi Á., Topál J., Virányi Z., Miklósi Á. Doglogic: inferential reasoning in a two-way choice task and its restricted use. Anim. Behav. 2007. 74: 725–737.
- Fagot J., Tomonaga M. Global and local processing in humans (*Homo sapiens*) and chimpanzees (*Pan troglodytes*): Use of a visual search task with compound stimuli. J. Comp. Psychol. 1999. 113: 3–12.
- Fayet A.L., Hansen E.S., Biro D. Evidence of tool use in a seabird Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2020. 117: 1277–1279.
- Fiset S., Plourde V. Object permanence in domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) and gray wolves (*Canis lupus*). J. Comp. Psychol. 2013. 127: 115–127.
- Flemming T.M., Thompson R.K.R., Beran M.J., Washburn D.A. Analogical reasoning and the differential outcome effect: Transitory bridging of the conceptual gap for rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Proces. 2011. 37: 353–360.
- Fouts R.S., Mills S.T. Next of kin: My conversations with chimpanzees. NY: Harper Paperbacks, 1998. 448 pp.
- Fouts R.S., Waters G. Chimpanzee sign language and Darwinian continuity: Evidence for a neurology continuity of language. Neurol. Res. 2001. 23: 787–794.

- Gallup G.G. Chimpanzees: Self-recognition. *Science*. 1970. 167: 86–87.
- Gallup G.G., Anderson J.R. Self-recognition in animals: Where do we stand 50 years later? Lessons from cleaner wrasse and other species. *Psychol. Conscious.* (Wash. D. C.). Theory Research, and Practice. 2020. 7 (1): 46–58.
- Gardner R.A. Review of sign language studies of cross-fostered chimpanzees. *J. Wash. Acad. Sci.* 2007. 93 (1): 37–57.
- Gruber R., Schiestl M., Boeckle M., Frohnwieser A., Miller R., Gray R.D., Clayton N.S., Taylor A.H. New caledonian crows use mental representations to solve metatool problems. *Curr. Biol.* 2019. 29 (4): 686–692.
- Güntürkün O. The convergent evolution of neural substrates for cognition. *Psychol. Res.* 2012. 76: 212–219.
- Güntürkün O., Bugnyar T. Cognition without Cortex. *Trends Cogn. Sci. Eng.* 2016. 20 (4): 291–303.
- Güntürkün O., Ströckens F., Scarf D., Colombo M. Apes, feathered apes, and pigeons: differences and similarities. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 2017. 16: 35–40.
- Gutiérrez-Ibáñez C., Iwaniuk A.N., Wylie D.R. Parrots have evolved a primate-like telencephalic-mid-brain-cerebellar circuit. *Sci. Rep.* 2018. 8: 9960.
- Habl C., Auersperg A.M.I. The keybox: Shape-frame fitting during tool use in Goffin's cockatoos (*Cacatua goffiniana*). *PLoS One*. 2017. 12 (11): e0186859.
- Hanus D., Mendes N., Tennie C., Call J. Comparing the Performances of Apes (*Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus*) and Human Children (*Homo sapiens*) in the Floating Peanut Task. *PLoS One*. 2011. 6 (6): e19555.
- Hare B. From hominoid to hominid mind: What changed and why? *Annu. Rev. Anthropol.* 2011. 40 (1): 293–309.
- Heinrich B. Conflict, cooperation, and cognition in the common raven. *Advances in the Study of Behavior*. 2011. 43: 189–237.
- Heinrich B., Bugnyar T. Testing problem solving in ravens: String-pulling to reach food. *Ethology*. 2005. 111: 962–976.
- Herculano-Houzel S. Numbers of neurons as biological correlates of cognitive capability. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 2017. 16: 1–7.
- Heyes C.M. Animal mindreading: What's the problem? *Psychon. Bull. Rev.* 2015. 22 (2): 313–327.
- Hill H., Dietrich S., Cadena A., Raymond J., Cheves K. More than a fluke: Lessons learned from a failure to replicate the false belief task in dolphins. *Int. J. Comp. Psychol.* 2018. 31: 37823.
- Hochmann J.-R., Tuerk A.S., Sanborn S., Zhu R., Long R., Dempster M., Carey S. Children's representation of abstract relations in relational/array match-to-sample tasks. *Cogn. Psychol.* 2017. 99: 17–43.
- Hoffmann A., Rüttler V., Nieder A. Ontogeny of object permanence and object tracking in the carrion crow, *Corvus corone*. *Anim. Behav.* 2011. 82 (2): 359–367.
- Holzhaider J.C., Hunt G.R., Gray R.D. Social learning in new Caledonian crows. *Learn. Behav.* 2010. 38(3): 206–219.
- Hopkins W.D., Washburn D.A. Matching visual stimuli on the basis of global and local features by chimpanzees (*Pan troglodytes*) and rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Anim. Cogn.* 2002. 5: 27–31.
- Huber L., Gajdon G.K. Technical intelligence in animals: The kea model. *Anim. Cogn.* 2006. 9: 295–305.
- Hunt G.R., Holzhaider J.C., Gray R.D. Prolonged Parental Feeding in Tool-Using New Caledonian Crows. *Ethology*. 2012. 118: 423–430.
- Irie N., Hasegawa T. Elephant psychology: What we know and what we would like to know. *Jpn. Psychol. Res.* 2009. 51: 177–181.
- Irie N., Hiraiwa-Hasegawa M., Kutsukake N. Unique numerical competence of Asian elephants on the relative numerosity judgment task. *J. Ethol.* 2019. 37: 111–115.
- Jacobs I., Kabadayi C., Osvath M. The Development of Sensorimotor Cognition in Common Ravens (*Corvus corax*) and its Comparative evolution. *Animal Behavior and Cognition*. 2019. 6 (3): 194–212.
- Jacobs I.F., Osvath M. The String-Pulling Paradigm in Comparative Psychology. *Am. Psych. Assoc.* 2015. 129 (2): 89–120.
- Jarvis E., Güntürkün O., Bruce L., Csillag A., Karten H., Kuenzel W., Medina L., Paxinos G., Perkel D., Shimizu T., Striedter G., Wildy J., Ball G., Dugas-Ford J., Durand S., Hough G., Husband S., Kubikova L., Lee D. Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution. *Nat. Rev. Neurosci.* 2005. 6 (6): 151–159.
- Jelbert S.A., Hosking R.J., Taylor A.H., Gray R.D. Mental template matching is a potential cultural transmission mechanism for New Caledonian crow tool manufacturing traditions. *Sci. Rep.* 2018. 8: 8956–8958.
- Jelbert S.A., Miller R., Schiestl M., Boeckle M., Cheke L.G., Gray R.D., Taylor A.H., Clayton N.S. New Caledonian crows infer the weight of objects from observing their movements in a breeze. *Proc. Biol. Sci.* 2019. 286: 20182332.
- Jelbert S.A., Taylor A.H., Cheke L.G., Clayton N.S., Gray R.D. Using the Aesop's fable paradigm to investigate causal understanding of water displacement by New Caledonian crows. *PLoS One*. 2014. 9: e92895.
- Jones T.B., Kamil A.C. Tool-making and tool-using in the Northern blue jay. *Science*. 1973. 180: 1076–1078.
- Kabadayi C., Bobrowicz K., Osvath M. The detour paradigm in animal cognition. *Anim. Cogn.* 2018. 21: 21–35.

- Kabadayi C., Krasheninnikova A., O'Neill L., van de Weijer J., Osvath M., von Bayern A.M.P. Are parrots poor at motor self-regulation or is the cylinder task poor at measuring it? *Anim. Cogn.* 2017a. 20 (6): 1137–1146.
- Kabadayi C., Osvath M. Ravens parallel great apes in flexible planning for tool-use and bartering. *Science*. United States. 2017b. 357 (6347): 202–204.
- Kabadayi C., Taylor L.A., von Bayern A.M., Osvath M. Ravens, New Caledonian crows and jackdaws parallel great apes in motor self-regulation despite smaller brains. *R. Soc. Open. Sci.* 2016. 3: 160104.
- Kacelnik A., Chappell J., Kenward B., Weir A.A.S. Cognitive Adaptations for Tool-Related Behavior in New Caledonian Crows. *Comparative Cognition: Experimental Explorations of Animal Intelligence*. Oxford University Press, 2012. 720 pp.
- Kamil A.C., Balda R.P., Olson D.J. Performance of four seed-caching corvid species in the radial-arm maze analog. *J. Comp. Psychol.* United States. 1994. 108 (4): 385–393.
- Kaminski J., Call J., Tomasello M. Chimpanzees know what others know, but not what they believe. *Cognition*. 2008. 109 (2): 224–234.
- Kano F., Krupenye C., Hirata S., Call J. Eye tracking uncovered great apes' ability to anticipate that other individuals will act according to false beliefs. *Commun. Integr. Biol.* 2017. 10: 1–12.
- Kenward B., Rutz C., Weir A.A.S., Kacelnik A. Development of tool use in New Caledonian crows: inherited action patterns and social influences. *Anim. Behav.* 2006. 72: 1329–1343.
- Kenward B., Schloegl C., Rutz C., Weir A.A.S., Bugnyar T., Kacelnik A. On the evolutionary and ontogenetic origins of tool-oriented behaviour in New Caledonian crows (*Corvus moneduloides*). *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 2011. 102 (4): 870–877.
- Kenward B., Weir A.A.S., Rutz C., Kacelnik A. Tool manufacture by naive juvenile crows. *Nature*. 2005. 433: 121.
- Klump B.C., Masuda B.M., St Clair J.J.H., Rutz C. Preliminary observations of tool-processing behaviour in Hawaiian crows *Corvus hawaiiensis*. *Commun. Integr. Biol.* 2018. 11 (4): e1509637.
- Koehler O. Thinking without words. *Proceedings of the 14th International Congress of Zoology*. 1953. Copenhagen, 1956. 75–88 pp.
- Köhler W. The mentality of apes. NY: Harcourt, Brace and World. 1925.
- Krachun C., Plowright C.M.S. When pigeons in motion lose sight of their food: Behaviour on visible displacement tasks revisited. *Canadian J. Zool.* 2007. 85: 644–652.
- Kraft F.L., Forštová T., Urhan A.U., Exnerová A., Brodin A. No evidence for self-recognition in a small passerine, the great tit (*Parus major*) judged from the mark/mirror test. *Anim. Cogn.* 2017. 20 (6): 1049–1057.
- Krasheninnikova A., Berardi R., Lind M.A., O'Neil L., Von Bayern A.M.P. Primate cognition test battery in parrots. *Behaviour*. 2019a. 156: 721–761.
- Krasheninnikova A., Brägger S., Wanker R. Means-end comprehension in four parrot species: explained by social complexity. *Anim. Cogn.* Germany. 2013. 16 (5): 755–764.
- Krasheninnikova A., Brucks D., Blanc S., von Bayern A. Assessing African grey parrots' prosocial tendencies in a token choice paradigm. *R. Soc. Open Sci.* 2019b. 6 (12): 190696.
- Krupenye C., Call J. Theory of mind in animals: Current and future directions. *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* United States. 2019. 10 (6): e1503.
- Lambert M., Jacobs I., Osvath M., von Bayern A. Birds of a feather? Parrot and corvid cognition compared. *Behaviour*. 2018. 156: 505–594.
- Laumer I.B., Auersperg A.M.I., Bugnyar T., Call J. Orangutans (*Pongo abelii*) make flexible decisions relative to reward quality and tool functionality in a multi-dimensional tool-use task. *PLoS ONE*. 2019. 14 (2): e0211031.
- Laumer I.B., Bugnyar T., Auersperg A.M.I. Flexible decision-making relative to reward quality and tool functionality in Goffin cockatoos (*Cacatua goffiniana*). *Sci. Rep.* 2016. 6: 28380.
- Laumer I.B., Bugnyar T., Reber S.A., Auersperg A.M.I. Can hook-bending be let off the hook? Bending/unbending of pliant tools by cockatoos. *Proc. Biol. Sci.* 2017. 284 (1862): 20171026.
- Lazareva O.F., Smirnova A.A., Bagozkaja M.S., Zorina Z.A., Rayevsky V.V., Wasserman E.A. Transitive responding in hooded crows requires linearly ordered stimuli. 2004. *J. Exp. Anal. Behav.* 82: 1–19.
- Lee V.E., McIvor G.E., Thornton A. Testing relationship recognition in wild jackdaws (*Corvus monedula*). *Sci. Rep.* 2019. 9 (1): 6710.
- Lefebvre L., Nicolakakis N., Boire D. Tools and brains in birds. *Behaviour*. 2002. 139 (3): 939–973.
- Legg E.W., Ostojić L., Clayton N.S. Caching at a distance: A cache protection strategy in Eurasian jays. *Anim. Cogn.* 2016. 19 (4): 753–758.
- Lethmate J. Tool-using skills of orang-utans. *J. Hum. Evol.* 1982. 11: 49–64.
- Logan C.J., Breen A.J., Taylor A.H., Gray R.D., Hoppitt W.J.E. How New Caledonian crows solve novel foraging problems and what it means for cumulative culture. *Learn. Behav.* 2016. 44: 18–28.
- Lyn H. Apes and the evolution of language: Taking stock of 40 years of research. In J. Vonk, T.K. Shackelford (Eds.), *Oxford Library of Psychology. The Oxford handbook of comparative evolutionary psychology*. UK: Oxford University Press, 2012. 356–378 pp.
- Magnotti J.F., Katz J.S., Wright A.A., Kelly D.M. Superior abstract-concept learning by Clark's nutcrackers (*Nucifraga columbiana*). *Biol. Lett.* 2015. 11: 20150148.

- Magnotti J.F., Wright A.A., Leonard K., Katz J.S., Kelly D.M. Abstract-concept learning in Black-billed magpies (*Pica hudsonia*). *Psychon. Bull. Rev.* 2017. 24: 431–435.
- Maler L. Brain Evolution: Intelligence without a Cortex. *Curr. Biol.* 2018. 28: 213–215.
- Manriquea H.M., Molina A.C., Posada S., Colell M. Vertical string-pulling in green jays (*Cyanocorax yncas*). *Behav. Proc.* 2017. 140: 74–80.
- Matsui H., Hunt G.R., Oberhofer K., Ogihara N., McGowan K.J., Mithraratne K., Yamasaki T., Gray R.D., Izawa E.I. Adaptive bill morphology for enhanced tool manipulation in New Caledonian crows. *Sci. Rep.* 2016. 6: 22776.
- Matsuzawa T. Use of numbers by a chimpanzee. *Nature.* 1985. 315: 57–59.
- McGrew W.C. Is primate tool use special? Chimpanzee and New Caledonian crow compared. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2013. 368 (1630): 20120422.
- Mendes N., Hanus D., Call J. Raising the level: Orangutans use water as a tool. *Biol. Lett.* 2007. 3 (5): 453–455.
- Miller R., Boeckle M., Jelbert S.A., Frohnwieser A., Wascher C.A.F., Clayton N.S. Self-control in crows, parrots and nonhuman primates. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science.* 2019. 10.
- Miller R., Gruber R., Frohnwieser A., Schiestl M., Jelbert S.A., Gray R.D., Boeckle M., Taylor A.H., Clayton N.S. Decision-making flexibility in New Caledonian crows, young children and adult humans in a multi-dimensional tool-use task. *PLoS ONE.* 2020. 15 (3).
- Morrison R., Reiss D. Precocious development of self-awareness in dolphins. *PLoS One.* 2018. 13 (1): e0189813.
- Murofushi K. Numerical matching behavior by a chimpanzee (*Pan troglodytes*): Subitizing and analogue magnitude estimation. *Jpn. Psychol. Res.* 1997. 39: 140–153.
- O'Hara M., Mioduszevska B., Haryoko T., Prawiradilaga D.M., Huber L., Auersperg A. Extraction without tooling around – The first comprehensive description of the foraging- and socio-ecology of wild Goffin's cockatoos (*Cacatua goffiniana*). *Behaviour.* 2019. 156: 661–690.
- Obozova T., Smirnova A., Zorina Z., Wasserman E. Analogical reasoning in amazons. *Anim. Cogn.* 2015. 18: 1363–1371.
- Oden D.L., Thompson R.K.R., Premack D. Spontaneous Transfer of Matching by Infant Chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Proces.* 1988.14: 140–145.
- Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R.K., Porteš M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Němec P. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2016. 113 (26): 7255–7260.
- Osthaus B., Lea S., Slater A. Dogs (*Canis lupus familiaris*) fail to show understanding of means end connections in a string pulling task. *Anim. Cogn.* 2005. 8: 37–47.
- Ostojić L., Cheke L.G., Shaw R.C., Legg E.W., Clayton N.S. Desire-state attribution: Benefits of a novel paradigm using the foodsharing behavior of Eurasian jays (*Garrulus glandarius*). *Commun. Integr. Biol.* 2016. 9 (2): e1134065.
- Ostojić L., Legg E.W., Brecht K.F., Lange F., Deininger C., Mendl M., Clayton N.S. Current desires of conspecific observers affect cache-protection strategies in California scrub-jays and Eurasian jays. *Curr. Biol.* 2017. 27 (2): 51–53.
- Osvath M., Kabadayi C., Jacobs I. Independent Evolution of Similar Complex Cognitive Skills: The Importance of Embodied Degrees of Freedom. *Anim. Behav. Cogn.* 2014. 1 (3): 249–264.
- Osvath M., Persson T. Great apes can defer exchange: A replication with different results suggesting future oriented behavior. *Front. Psychol.* 2013. 4: 698.
- Pack A.A. Experimental studies of dolphin cognitive abilities. In D.L. Herzog & C.M. Johnson (Eds.). *Dolphin communication and cognition: Past, present, and future* Cambridge, MA: MIT Press, 2015. 175–200 pp.
- Pailian H., Carey S.E., Halberda J., Pepperberg I.M. Age and Species Comparisons of Visual Mental Manipulation Ability as Evidence for its Development and Evolution. *Sci. Rep.* 2020. 10: 7689.
- Pepperberg I.M., Willner M.R., Gravit L.B. Development of Piagetian object permanence in grey parrot (*Psittacus erithacus*). *J. Comp. Psychol.* 1997. 111 (1): 63–75.
- Pepperberg I.M. Acquisition of the same/different concept by an African Grey parrot (*Psittacus erithacus*): Learning with respect to categories of color, shape, and material. *Anim. Learn. Behav.* 1987. 15: 423–432.
- Pepperberg I.M. Grey parrot numerical competence: a review. *Anim. Cogn.* 2006. 9: 377–391.
- Pepperberg I.M. Grey Parrots (*Psittacus erithacus*) – Cognitive and Communicative Abilities. *Field and Laboratory Methods in Animal Cognition.* Cambridge University Press, 2018. 329–353 pp.
- Pepperberg I.M. The Alex studies: cognitive and communicative abilities of grey parrots. UK: Harvard Univ. Press, 2009. 448 pp.
- Pepperberg I.M. The Comparative Psychology of Intelligence: Some Thirty Years Later. *Front. Psychol.* 2020. 11: 973.
- Pepperberg I.M., Carey S. Grey parrot number acquisition: the inference of cardinal value from ordinal position on the numeral list. *Cognition.* 2012. 125: 219–232.
- Pepperberg I.M., Funk M.S. Object permanence in four species of psittacine birds: An African Grey parrot (*Psittacus erithacus*), an Illiger mini macaw

- (*Ara maracana*), a parakeet (*Melopsittacus undulatus*), and a cockatiel (*Nymphicus hollandicus*). *Anim. Learn. Behav.* 1990. 18 (1): 97–108.
- Pepperberg I.M., Gordon J.D. Number comprehension by a grey parrot (*Psittacus erithacus*), including a zero-like concept. *J. Comp. Psychol. United States*. 2005. 119 (2): 197–209.
- Pepperberg I.M., Gray S.L., Mody S., Cornero F.M., Carey S. Logical reasoning by a Grey parrot? A case study of the disjunctive syllogism. *Behaviour*. 2019. 156: 409–445.
- Piaget J. *The Construction of Reality in the Child*. NY: Basic Books, 1954.
- Plotnik J.M., Brubaker D.L., Dale R., Tiller L.N., Mumby H.S., Clayton N.S. Elephants have a nose for quantity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2019. 116 (25): 12566–12571.
- Plotnik J.M., Clayton N.S. Convergent cognitive evolution across animal taxa: Comparisons of chimpanzees, corvids and elephants. *Concepts: New Directions in the Study of Concepts*. MIT Press: Cambridge, MA, 2015. 29–56 pp.
- Plotnik J.M., de Waal F.B., Reiss D. Self-recognition in an Asian elephant. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2006. 103 (45): 17053–17057.
- Plotnik J.M., Shaw R.C., Brubaker D.L., Tiller L.N., Clayton N.S. Thinking with their trunks: Elephants use smell but not sound to locate food and exclude nonrewarding alternatives. *Anim. Behav.* 2014. 88: 91–98.
- Poletaeva I.I., Zorina Z.A. A Genetic Approach to the Study of Simple Cognitive Abilities in Animals. *Russian J. Cogn. Sci.* 2014. 1 (3): 31–55.
- Pollok B., Prior H., Güntürkün O. Development of object permanence in food-storing magpies (*Pica pica*). *J. Comp. Psychol.* 2000. 114 (2): 148–157.
- Portmann A. Études sur la cérébralisation chez les oiseaux: II Les indices intra cérébraux. *Alauda*. 1947. 15: 1–15.
- Portmann A. Études sur la cérébralisation chez les oiseaux. I. *Alauda*. 1946. 14: 1–20.
- Povinelli D.J. *Folk physics for apes: The chimpanzee's theory of how the world works*. Oxford, UK: Oxford University Press, 2000. 408 pp.
- Premack D. The codes of man and beasts. *Behav. Brain. Sci.* 1983. 6 (1): 125–136.
- Price E.E., Lambeth S.P., Schapiro S.J., Whiten A. A potent effect of observational learning on chimpanzee tool construction. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 2009. 276 (1671): 3377–3383.
- Prior H., Schwarz A., Gunturkun O. Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): evidence of self-recognition. *PLoS Biol.* 2008. 6 (8): 1642–1650.
- Redshaw J., Taylor A.H., Suddendorf T. Flexible Planning in Ravens? *Trends Cogn. Sci.* 2017. 21: 821–822.
- Reiner A. Avian evolution: from Darwin's finches to a new way of thinking about avian forebrain organization and behavioural capabilities. *Biol. Lett.* 2009. 5 (1): 122–124.
- Reiner A., Perkel D.J., Bruce L.L., Butler A.B., Csillag A., Kuenzel W., Medina L., Paxinos G., Shimizu T., Striedter G., Wild M., Ball G.F., Durand S., Güntürkün O., Lee D.W., Mello C. V., Powers A., White S.A., Hough G., Kubikova L., Smulders T.V., Wada K., Dugas-Ford J., Husband S., Yamamoto K., Yu J., Siang C., Jarvis E.D. The Avian Brain Nomenclature Forum: Terminology for a New Century in Comparative Neuroanatomy. *J. Comp. Neurol.* 2004. 473: 1–6.
- Reiss D., Marino L. Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: A case of cognitive convergence. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2001. 98 (10): 5937–5942.
- Rilling J.K. Comparative primate neurobiology and the evolution of brain language systems. *Curr. Opinion. Neurobiol.* 2014. 28: 10–14.
- Roelofs Y. Tool use in birds – An overview of reported cases, ontogeny and underlying cognitive abilities. Doctoral thesis. 2010. 31 pp.
- Rooijackers E.F., Kaminski J., Call J. Comparing dogs and great apes in their ability to visually track object transpositions. *Anim. Cogn.* 2009. 12: 789–796.
- Rumbaugh D.M. *With Apes in mind: Emergents, communication and competence*. KB Press: New Holland, 2013. 280 pp.
- Rutz C., Hunt G.R., St Clair J.J.H. Corvid Technologies: How Do New Caledonian Crows Get Their Tool Designs? *Curr. Biol.* 2018. 28: 1109–1111.
- Rutz C., Klump B.C., Komarczyk L., Leighton R., Kramer J., Wischniewski S., Sugawara S., Morrissey M.B., James R., St Clair J.J.H., Switzer R., Masuda B. Discovery of species-wide tool use in the Hawaiian crow. *Nature*. 2016a. 537: 403–407.
- Rutz C., Sugawara S., van der Wal J.E.M., Klump B.C., St Clair J.J.H. Tool bending in New Caledonian crows. *R. Soc. Open Sci.* 2016b. 3 (8): 160439.
- Sabbatini G., Truppa V., Hribar A., Gambetta B., Call J., Visalberghi E. Understanding the functional properties of tools: chimpanzees (*Pan troglodytes*) and capuchin monkeys (*Cebus paella*) attend to tool features differently. *Anim. Cogn.* 2012. 15: 577–590.
- Salwiczek L.H., Emery N.J., Schlinger B., Clayton N.S. The Development of Caching and Object Permanence in Western Scrub-Jays (*Aphelocoma californica*): Which Emerges First? *J. Comp. Psychol.* 2009. 123 (3): 295–303.
- Samuleeva M., Smirnova A. Emergence of reflexivity relation without identity matching-to-sample training in hooded crows (*Corvus cornix*). *Cogn. Neurosci.* 2020. 65: 157–162.
- Savage-Rumbaugh E.S., Rumbaugh D.M., Fields W.M. Empirical Kanzi: the ape language controversy, revisited. *Skeptic*. 2009. 15: 25–33.

- Sayol F., Downing P.A., Iwaniuk A.N., Maspons J., Sol D. Predictable evolution towards larger brains in birds colonizing oceanic islands. *Nat. Commun.* 2018. 9: 2820.
- Sayol F., Lefebvre L., Sol D. Relative brain size and its relation with the associative pallium in birds. *Behav. Evol.* 2016. 87: 69–77.
- Scheiber I.B.R., Weiß B.M., Hirschenhauser K., Wascher C.A.F., Nedelcu I.T., Kotrschal K. Does “Relationship Intelligence” Make Big Brains in Birds? *Open Biol. J.* 2008. 1: 6–8.
- Schmitt V., Pankau B., Fischer J. Old world monkeys compare to apes in the primate cognition test battery. *PLoS One.* 2012. 7 (4): e32024.
- Schwing R., Weiss F., Tichy A., Gajdon G. Testing the causal understanding of water displacement by kea (*Nestor notabilis*). *Behaviour.* 2019. 156: 1–32.
- Seed A., Emery N., Clayton N. Intelligence in corvids and apes: a case of convergent evolution? *Ethology.* 2009. 115: 401–420.
- Seed A., Seddon E., Greene B., Call J. Chimpanzee ‘folk physics’: bringing failures into focus. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 2012. 367: 2743–2752.
- Seed A., Tebbich S., Emery N., Clayton S. Investigating physical cognition in rooks, *Corvus frugilegus*. *Curr. Biol.* 2006. 16 (7): 697–701.
- Shanahan M., Bingman V.P., Shimizu T., Wild M., Güntürkün O. Large-scale network organization in the avian forebrain: a connectivity matrix and theoretical analysis. *Front Comput Neurosci.* 2013. 7: 89.
- Shumaker R.W., Walkup K.R., Beck B.B. Animal tool behavior: The use and manufacture of tools by animals. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2011. 282 pp.
- Smirnova A., Zorina Z., Obozova T., Wasserman E. Crows spontaneously exhibit analogical reasoning. *Curr. Biol.* 2015. 25 (2): 256–260.
- Smirnova A.A., Lazareva O.F., Zorina Z.A. Use of number by crows: investigation by matching and oddity learning. *J. Exp. Anal. Behav.* 2000. 73: 163–176.
- Stanton L., Davis E., Johnson S., Gilbert A., Benson-Amram S. Adaptation of the Aesop’s Fable paradigm for use with raccoons (*Procyon lotor*): considerations for future application in non-avian and non-primate species. *Anim. Cogn.* 2017. 20 (6): 1147–1152.
- Taylor A.H. Corvid cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science.* 2014. 5: 361–372.
- Taylor A.H. Folk Physics for Crows? *Anim. Behav. Cogn.* 2020. 7: 452–456.
- Taylor A.H., Hunt G.R., Gray R.D. Context-dependent tool use in New Caledonian crows. *Biol. Lett.* 2012. 8 (2): 205–207.
- Taylor A.H., Knaebe B., Gray R.D. An end to insight? New Caledonian crows can spontaneously solve problems without planning their actions. *Proc. Royal Soc. B* 2012. 279 (1749): 4977–4981.
- Tebich S., Seed A.M., Emery N.J., Clayton N.S. Non-tool-using rooks, *Corvus frugilegus*, solve the trap-tube problem. *Anim. Cogn.* 2007. 10: 225–231.
- Tornick J.K., Rushia S.N., Gibson B.M. Clark’s nut-crackers (*Nucifraga columbiana*) are sensitive to distance, but not lighting when caching in the presence of a conspecific. *Behav. Proc.* 2016. 123: 125–133.
- Ujfalussy D.J., Miklósi Á., Bugnyar T. Ontogeny of object permanence in a non-storing corvid species, the jackdaw (*Corvus monedula*). *Anim. Cogn.* 2013. 16 (3): 405–416.
- van Casteren A. Tool Use: Crows Craft the Right Tool for the Job. *Curr. Biol.* 2017. 27 (24): 1314–1316.
- van der Vaart E., Hemelrij C.K. ‘Theory of mind’ in animals: ways to make progress. *Synthese.* 2014. 191 (3): 335–354.
- van Horik J.O., Clayton N.S., Emery N.J. Convergent Evolution of Cognition in Corvids, Apes and Other Animals. *The Oxford Handbook of Comparative Evolutionary Psychology.* Oxford University Press, 2012. 80–101 pp.
- Visalberghi E., Sabbatini G., Taylor A.H., Hunt G.R. Cognitive insights from tool use in nonhuman animals. In J. Call, G.M. Burghardt, I.M. Pepperberg, C.T. Snowdon, T. Zentall (Eds.), *APA handbook in psychology. APA handbook of comparative psychology: Perception, learning, and cognition*, 2017. 673–701 pp.
- Völter C.J., Call J. The cognitive underpinnings of flexible tool use in Great Apes. *J. Exp. Psychol. Anim. Learn. Cogn.* 2014. 40 (3): 287–302.
- von Bayern A.M.P., Danel S., Auersperg A.M.I., Mioduszevska B., Kacelnik A. Compound tool construction by New Caledonian crows. *Scientific Reports.* 2018. 8: 1–8.
- von Bayern A.M.P., Jacobs I., Osvath M. Tool-using puffins prick the puzzle of cognitive evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020. 117: 2737–2739.
- Vonk J. Matching based on biological categories in Orangutans (*Pongo abelii*) and a Gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*). *PeerJ.* 2013. 1: e158.
- Wang L., Luo Y., Wang X., Maierdiyali A., Chang H., Li Z. Azure-winged magpies solve string-pulling tasks by partial understanding of the physical cognition. *Current Zoology* 2019. 65 (4): 385–392.
- Wasserman E., Castro L., Fagot J. Relational thinking in animals and humans: From percepts to concepts. *APA handbook of comparative psychology: Perception, learning, and cognition.* American Psychological Association, 2017. 359–384 pp.
- Wasserman E.A., Young M.E., Castro L. Mechanisms of same–different conceptualization: entropy happens! *Curr. Opin. Behav. Sci.* 2021. 37: 19–28.

- Weir A.A.S., Chappell J., Kacelnik A. Shaping of hooks in new caledonian crows. *Science*. 2002. 297 (5583): 981.
- Werdenich D., Huber L. A case of quick problem solving in birds: string pulling in keas, *Nestor notabilis*. *Anim. Behav.* 2006. 71 (4): 855–863.
- Whitt E., Douglas M., Osthaus B., Hocking I. Domestic cats (*Felis catus*) do not show causal understanding in a string_pulling task. *Anim. Cogn.* 2009. 12 (5): 739–743.
- Wilson B., Mackintosh N.J., Boakes R.A. Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids. *Q. J. Exp. Psychol. Sect. B.* 1985. 37: 313–332.
- Wimpenny J.H., Weir A.A.S., Clayton L., Rutz C., Kacelnik A. Cognitive processes associated with sequential tool use in New Caledonian crows. *PLoS One*. 2009. 4 (8): e6471.
- Wright A.A., Magnotti J.F., Katz J.S., Leonard K., Kelly D.M. Concept learning set-size functions for Clark's nutcrackers. *J. Exp. Anal. Behav.* 2016. 105: 76–84.
- Wright A.A., Magnotti J.F., Katz J.S., Leonard K., Ver-nouillet A., Kelly D.M. Corvids Outperform Pi-geons and Primates in Learning a Basic Concept. *Psychol. Sci.* 2017. 8: 437–444.
- Zentall T.R., Pattiso K.F. Now You See It, Now You Don't: Object Permanence in Dogs. *Current Di-rections in Psychological Science*. 2016. 25(5): 357–362.
- Zentall T.R., Raley O.L. Object permanence in the Pi-geon (*Columba livia*): Insertion of a delay prior to choice facilitates visible- and invisible-displace-ment accuracy. *J. Comp. Psy.* 2019. 133 (1): 132–139.
- Zentall T.R., Wasserman E.A., Urcuioli P.J. Associative concept learning in animals. *J. Exp. Anal. Behav.* 2014. 101(1): 130–151.
- Zucca P., Milos N., Vallortigara G. Piagetian object permanence and its development in Eurasian jays (*Garrulus glandarius*). *Anim. Cogn.* 2007. 10: 243–258.

COGNITIVE ABILITIES OF BIRDS: COMPARATIVE EVOLUTIONARY ANALYSIS

Z. A. Zorina^{a,#}, T. A. Obozova^{a,##}, and A. A. Smirnova^{a,###}

^a Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

[#]e-mail: zoyazorina17@gmail.com

^{##}e-mail: obozovat@gmail.com

^{###}e-mail: annsmirn1@gmail.com

Comparative study of the complex cognitive abilities of animals allows assessing the evolutionary pre-requisites of human thinking and language. The review will consider the main approaches to investi-gation of complex cognitive abilities in animals and analysis of published data. The results of various tests indicate that animals with a high level of brain development have a wide range of cognitive abil-ities. As expected, the widest range has been revealed in great apes. A spectrum similar in many indi-cators was found in corvids and psittacine birds, despite the fact that their brain structure is fundamen-tally different from that of mammals. This convergent similarity probably reflects the presence of common factors that determine the evolution of cognitive abilities. A comparison of several species of corvids and psittacine birds suggests that the high level of development of their cognitive abilities is due to the high level of organization of their brains, rather than the peculiarities of their ecology.

Keywords: comparative study, animal cognition, reasoning, apes, corvids, psittacine birds

The reported study was funded by RFBR, project number 19-113-50587, and Educational School of Moscow University "Brain, Cognitive Systems, Artificial Intelligence". The research was carried out within the project of state assignment of MSU No.121032500080-8.