

УДК 612.821.6

## О СПОСОБНОСТИ ПТИЦ К СИМВОЛИЗАЦИИ

© 2011 г. А. А. Смирнова

*Биологический факультет Московского государственного университета*

*им. М.В. Ломоносова, Москва 119991, Россия*

*e-mail: annsmirn@mail.ru*

Поступила в редакцию 15.12.2010 г.

Обсуждаются основные подходы к исследованию способности животных к формированию понятий и символизации. Проанализированы имеющиеся данные о способности высокоорганизованных птиц (попугаев и врановых) к установлению эквивалентности между знаками и понятием о числе. Приведены полученные авторами новые данные о способности серых ворон к символизации. Результаты рассмотренных работ подтверждают представление о том, что способность к символизации присуща не только высшим млекопитающим, но и высокоорганизованным представителям класса птиц.

*Ключевые слова:* мышление животных, обобщение, понятие о числе, символизация, серые вороны, попугаи.

Исследования высших когнитивных способностей (к ним относят феномены, которые связаны с наиболее сложными формами обучения и мышлением) животных могут служить источником данных для реконструкции происхождения мышления и языка человека (Зорина, Смирнова, 2006; 2008). При обсуждении филогенеза мышления особого внимания заслуживают данные о высших когнитивных функциях животных с высокоорганизованным мозгом и сложными формами поведения, причем не только антропоидов, но и представителей других ветвей эволюции. Еще в 80-е гг. прошлого века Крушинский (1977) сформулировал представление о параллелизме эволюции мышления у млекопитающих и птиц. С тех пор накоплен обширный экспериментальный материал, подтверждающий эту точку зрения и, более того, показано, что уровень развития когнитивных способностей у высших представителей класса птиц (врановых и попугаев) сопоставим с таковым у антропоидов (Pepperberg, 1987; 1999; 2005; 2006; 2006a; 2007; Heinrich, 1999; Зорина, 2005; Bugnyar, Heinrich, 2005; Emery, Clayton, 2005; Emery, 2006; Зорина и др., 2007; Huber, Gajdon, 2006; Heinrich, Bugnyar, 2007; Raby et al., 2007; Зорина, Смирнова, 2008; Lazareva, Wasserman, 2008; Prior et al., 2008; Range et al., 2008; Schloegl et al., 2008; 2009; 2009a; Taylor et al., 2008; Clayton, Emery, 2009; Seed et al., 2009; Taylor et al., 2010; Zentall et al., 2008; Auersperg et al., 2009; Bird, Emery, 2009; Bluff et al., 2010).

Для реконструкции происхождения мышления и языка человека особое значение могут иметь данные о том, в какой степени животные

способны формировать понятия и могут ли они усваивать знаки для их обозначения. При обсуждении подобных вопросов очень важно точно определить значение используемых терминов. Под термином “понятие” мы подразумеваем отвлеченную, систематизированную информацию о наиболее существенных, инвариантных признаках класса объектов (Фирсов, 1987). Понятия служат универсальными структурными единицами мышления, одной из основных его форм. Выготский (1982) отмечал, что всякое обобщение, всякое образование понятия есть самый специфический, самый подлинный, самый несомненный акт мысли. Аналогичную точку зрения высказывал Панов (2005), который писал, что мышление есть не что иное, как оперирование множеством дискретных, отграниченных друг от друга понятий. Понятия формируются в результате операций обобщения (выявления сходных, инвариантных признаков класса объектов) и абстрагирования (выявления различающихся, несущественных признаков и отвлечения от них). Знаком называют материальный предмет (явление, событие), выступающий в качестве представителя некоторого другого предмета, свойства или отношения и используемый для приобретения, хранения, переработки и передачи информации (БСЭ, 1972).

Основу языка человека составляет использование системы дифференцированных знаков (слов), соответствующих дифференцированным понятиям (де Соссюр, 2004). В языке человека знаки, используемые для обозначения понятий, обычно не несут никаких признаков обозначае-

мого и поэтому являются знаками-символами. Им противопоставляют (Пирс, 2000) иконические знаки, более или менее точно копирующие обозначаемое, а также знаки-индексы (знаки-признаки), связанные с обозначаемым как следствия со своими причинами (например, дым — знак и следствие огня; произвольно издаваемый крик тревоги животного — знак и следствие опасной ситуации). Процесс установления тождества между предметами, действиями, явлениями или понятиями и исходно индифферентными для субъекта знаками называют символизацией (Орбели, 1949; Фирсов, 1993).

Способность животных к обобщению, абстрагированию и использованию понятий исследуют при помощи вариантов двух основных методик: обучения дифференцировке стимулов и выбору по сходству с образцом. При выработке дифференцировки животное обучают отличать группу “правильных” стимулов от группы “неправильных” (принадлежность стимулов к той или иной группе заранее произвольно определяет экспериментатор). Для этого кормом подкрепляют выбор “правильного” стимула из двух или нескольких предложенных и не подкрепляют выбор “неправильного”. При обучении выбору по сходству с образцом каждый стимул может быть как “правильным”, так и “неправильным” в зависимости от стимула-образца (животное получает подкрепление за выбор стимула, сходного с образцом). В обоих случаях обучение продолжают до тех пор, пока животное не достигнет заранее выбранного экспериментатором критерия “обученности” (например, не менее 90% правильных решений за 10 предъявлений или не менее 80% правильных решений за 100 предъявлений; необходимо отметить, что чем большее число предъявлений учитывается и чем выше требуемая доля правильных решений, тем достовернее результат обучения).

Итак, животное обучено, но неизвестно, какие именно признаки оно различало при решении задачи и каков его механизм. Для ответа на эти вопросы проводят тесты на перенос правила выбора, в которых субъекту предъявляют ту же задачу, но используют при этом новые стимулы (т.е. те, которые не применялись в ходе обучения).

Резкое снижение уровня правильных решений в тесте на перенос свидетельствует о том, что животное решало задачу за счет примитивных механизмов, применимых только к конкретному набору стимулов. Например, животное могло “выучить наизусть” несколько конкретных “правильных” (подкрепляемых) стимулов или несколько конкретных правил типа “если, то”. Необходимо отметить, что некоторые животные, например, голуби (представители одной из наиболее древних групп птиц с небольшим по относительному весу и весьма примитивно устроенным мозгом) особо склонны решать подобные задачи именно за счет

запоминания многих десятков и даже сотен конкретных стимулов (например, Wilson et al., 1985). Для того чтобы исключить подобный механизм решения, используют особые процедуры обучения, в ходе которых применяют сотни различных стимулов (Wright, 1997; Katz, Wright, 2006). Однако существуют данные, что голуби способны запомнить более 800 “правильных” стимулов (Vaughan, Greene, 1984; Cook et al., 2005).

Если замена стимулов на новые не мешает животному успешно справляться с задачей, следовательно, механизм решения основан не только на запоминании, но и на операциях обобщения, абстрагирования и, возможно, использовании понятий.

Благодаря применению в подобных тестах стимулов, в разной степени отличающихся от тех, что были использованы при обучении, у животных удалось выявить два принципиально разных уровня обобщения: допонятийный и понятийный (Ладыгина-Котс, 1923; Koehler, 1956; Premack, 1983; Фирсов, 1993; Mackintosh, 2000). Допонятийный уровень обобщения проявляется в способности переносить правило выбора на новые стимулы той же категории (т.е. обладающие признаком, который был у стимулов, использованных при обучении). Эта способность обнаружена у представителей большинства исследованных видов позвоночных (Wasserman, Zentall, 2006; Lazareva, Wasserman, 2008; Zentall et al., 2008) — т.е. она универсальна и, вероятно, возникла на ранних этапах филогенеза. Понятийный уровень (или уровень формирования довербальных понятий; или протопонятийный уровень) проявляется в способности переносить правило выбора на стимулы новых категорий (т.е. обладающие новым признаком). Эту способность обычно удается выявить лишь у высокоорганизованных млекопитающих и птиц (Wasserman, Zentall, 2006; Lazareva, Wasserman, 2008; Zentall et al., 2008;).

С помощью подобных методик к настоящему времени показано, что животные способны к обобщению различных признаков и использованию разнообразных понятий (Wasserman, Zentall, 2006; Lazareva, Wasserman, 2008; Zentall et al., 2008): от конкретных, объединяющих перцептивно сходные между собой объекты (“дерево”, “стул”, “автомобиль”), до абстрактных, объединяющих объекты только по относительным признакам (“выше”, “ниже”; “больше”, “меньше”; “сходство” и “различие”).

Следующий естественно возникающий вопрос — можно ли обучить животных использованию знаков, причем знаков, обозначающих именно понятия, а не конкретные объекты. И какой именно тип отношений формируется между знаком и обозначаемым: действительно ли это отношения эквивалентности, т.е. взаимозаменяемости, или же однонаправленные условнорефлекторные связи?

В строгом смысле об установлении отношения эквивалентности можно говорить в том случае, если это отношение обладает свойствами рефлексивности ( $a = a$ ;  $b = b$ ); симметричности (если  $a = b$ , то  $b = a$ ) и транзитивности (если  $a = b$  и  $b = c$ , то  $a = c$ ) (Философский словарь, 1981). Этим критериям полностью удовлетворяют отношения между понятиями и обозначающими их знаками в языке человека.

Накопленные к настоящему моменту данные демонстрируют, что высокоорганизованные млекопитающие способны устанавливать эквивалентности понятий и знаков. Об этом свидетельствуют как результаты проектов по обучению антропоидов языкам-посредникам, в ходе которых обезьяны усваивали и оперировали целой системой знаков-символов (Savage-Rumbaugh, Lewin, 1994; Gardner, Gardner, 1998; Рамбо, Биран, 2000; Fouts, Waters, 2001; Зорина, Смирнова, 2006; Fields et al., 2007), так и результаты экспериментов, в которых использовали более узкий набор понятий и знаков — например, оценивали способность животных связывать понятие о числе с символами-цифрами (Rumbaugh, Washburn, 1993; Boysen et al., 1996; Boysen, Hallberg, 2000; Biro, Matsuzawa, 2001; Tomonaga, Matsuzawa, 2002; Matsuzawa, 2003).

Данных о способности высокоорганизованных птиц к символизации гораздо меньше. Большая часть из них получена благодаря работам Ирен Пепперберг (Pepperberg, 1987; 1999; 2005; 2006; 2006a; 2007), которой удалось обучить серых жако не только произнесению слов устной английской речи, но и пониманию их значения. Пепперберг применила особую методику обучения, суть которой заключалась в том, что попугая активно вовлекали в общение с двумя людьми, один из которых играл роль тренера, а другой — роль модели (образца для подражания) и соперника за получение подкрепления (Pepperberg, 1999). Тренер спрашивал, как называется предмет в его руке, и, получив правильный ответ от человека (модели-соперника) или попугая, отдавал ответившему искомый предмет в качестве подкрепления. В таких условиях птица активно включалась в диалог и быстро усваивала произношение и значение слов. Таким образом, Пепперберг удалось установить с жако определенную форму коммуникации и затем использовать ее для исследования других высших когнитивных функций этих птиц. Благодаря тому, что она могла спросить у попугая “Что больше?”, “Что меньше?”, “Что одинаковое?”, “Что разное?”, Пепперберг уже не нужно было обучать птицу дифференцировке стимулов или выбору по образцу. В результате многолетних экспериментов один из попугаев (Алекс) усвоил не только названия более 100 различных объектов и их признаков (названия семи цветов, пяти форм, пяти материалов, се-

ми числительных), но и наименования понятий — “цвет”, “форма”, “материал”, “число”, “сходство”, “различие”. В ходе тестов Алексу демонстрировали наборы различных трехмерных объектов и задавали вопросы об их характеристиках. Например, спрашивали: “Какого цвета объект X?”, “Какой формы объект Y?”, “Из какого материала объект Z?”, “Сколько зеленых предметов?”, “Сколько деревянных предметов?”, “Какого цвета предметов больше?”, “Что разное?” (перед птицей — розовое пластиковое сердце и розовое пластиковое кольцо; правильный ответ — “форма”) или “Что одинаковое?” (перед птицей — красное пластиковое кольцо и желтая пластиковая трубка; правильный ответ — “материал”).

Интересным аспектом этих данных является тот факт, что попугай оказался способен спонтанно установить эквивалентность арабских цифр и соответствующих множеств (Pepperberg, 2006a). Ранее Алекс был обучен называть соответствующее слово-числительное в ответ на предъявление множества из определенного числа объектов (Pepperberg, 1994). После чего он успешно выбирал множество, соответствующее слову-числительному (Pepperberg, Gordon, 2005): называл общую характеристику нескольких предметов, предъявляемых среди множества других, число которых соответствовало названному экспериментатором (примеры вопросов: “What 3?”; “What matter 4?”; “What toy 5?”; “What color 6?”). Кроме того, Алекса обучили произносить соответствующее слово-числительное в ответ на предъявление цифры и выбирать цифру, соответствующую слову-числительному (Pepperberg, 2006a). Но специального обучения, направленного на установление связи между цифрами и числом объектов в множествах не проводили. В тесте на установление эквивалентности между цифрами и множествами (Pepperberg, 2006a) попугаю одновременно предъявляли цифру и множество предметов (цифра была одного цвета, а все предметы — другого) и спрашивали, какого цвета большее по числу или какого цвета меньшее по числу (“What color number bigger?” или “What color number smaller?”). Птица успешно справилась с этой задачей, а, следовательно, продемонстрировала понимание эквивалентности цифр и множеств. Для установления эквивалентности слов-числительных и цифр птица вероятно использовала свойство транзитивности (один из критериев эквивалентности): если  $a = b$  (определенному числу объектов соответствует слово-числительное) и  $b = c$  (слову-числительному соответствует цифра), то  $a = c$  (число объектов соответствует цифре). Если птице одновременно предъявляли две цифры, то в ответ на такие же вопросы она успешно называла цвет большей или меньшей цифры, т.е. успешно оперировала представлением об упорядоченности (ординальности) число-

вого ряда (Pepperberg, 2006a). В целом, Пепперберг впервые показала, что высокоорганизованные представители класса птиц способны установить истинно эквивалентные отношения не только между знаками и представлениями о конкретных объектах, но и между знаками и понятиями.

Способность к подобному установлению эквивалентных отношений ранее была выявлена у приматов. Так, шимпанзе Элли, которого обучали языку жестов АМСЛЕН (American Sign Language, ASL), постоянно слышал вокруг себя устную английскую речь и, как заметил Футс, понимал довольно много слов (Fouts et al., 1976). Шимпанзе специально научили понимать несколько новых слов, обозначающих предметы, которые отсутствовали в его привычном окружении (т.е. связали слова и предметы), а также обучили знакам АМСЛЕН, которые соответствовали этим словам (т.е. связали слово и жест), но не обучали связи между жестами и теми предметами, которые они обозначали. В последующем тесте выяснили, что Элли успешно называл новые образцы знакомых предметов жестами АМСЛЕН (Fouts et al., 1976), т.е. спонтанно (без обучения) установил эквивалентность жестов АМСЛЕН и обозначаемых ими предметов (Зорина, Смирнова, 2006).

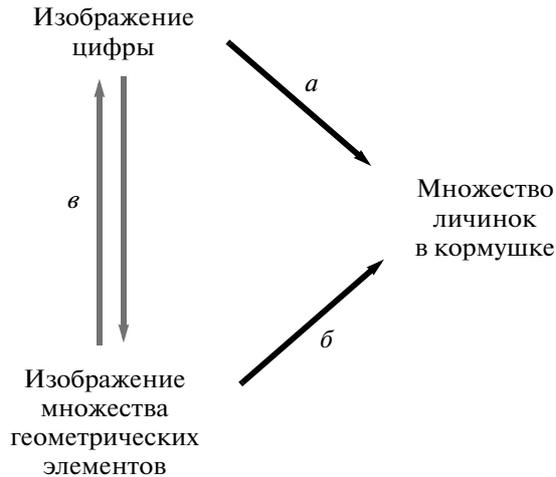
В конце 90-х гг. мы провели первую серию экспериментов, в которых начали исследовать способность к символизации у серых ворон (Смирнова и др., 2002). Эти птицы – представители еще одного высокоорганизованного семейства класса птиц (врановые), которые, как и попугаи, обладают сложным и тонко организованным мозгом (Emery, Clayton, 2005). В экспериментах участвовали птицы, заранее обученные правилу выбора по сходству с образцом (Смирнова и др., 1998). С помощью тестов на перенос было установлено, что при решении этой задачи вороны действительно использовали понятия “сходство” и “различие”. Таким образом, дальнейшее применение задачи выбора по образцу позволяло выяснить, что эти птицы считают сходным, а что различным.

В первой серии экспериментов по исследованию способности ворон к символизации мы выясняли, могут ли эти птицы связать знаки-цифры в диапазоне 1–4 с понятием о числе и далее оперировать этими знаками вместо реальных множеств. В отличие от многих аналогичных работ (Rumbaugh, Washburn, 1993; Boysen et al., 1996; Boysen, Hallberg, 2000; Biro, Matsuzawa, 2001; Matsuzawa, 2003), при исследовании способности ворон к символизации мы не обучали птиц связи между знаком и “обозначаемым” методом проб и ошибок: т.е. в ходе обучения мы не подкрепляли выбор соответствующей цифры в ответ на предъявление изображения множества (и наоборот). В предложенном нами варианте методики (Смирнова и др., 2002) птицы сами могли выявить эту

связь за счет использования свойства транзитивности. Для того чтобы обеспечить птиц необходимой для этого информацией, проводили демонстрационные предъявления, в которых птице предлагали знакомую задачу выбора по образцу, но с одним существенным дополнением – в случае правильного выбора птица находила не фиксированное, а разное число личинок мучного хрущачка. Их число соответствовало изображению на карточке, накрывавшей кормушку – множеству геометрических элементов или цифре. Тем самым птице демонстрировали два типа связей: связь между изображением множества на карточке и числом личинок в кормушке под этим стимулом; и связь между изображением цифры и числом личинок. Третью связь (между изображением множества и цифрой) птицы могли выявить самостоятельно, запомнив информацию об одинаковом числе личинок под изображениями множеств и соответствующими цифрами, а также используя свойство транзитивности: если  $a = b$  (число изображенных элементов соответствует такому же числу личинок в кормушке) и  $c = b$  (цифра соответствует определенному числу личинок в кормушке), то  $a = c$  (число изображенных элементов соответствует цифре). Благодаря ранее полученным нами данным было известно, что серые вороны способны путем транзитивного заключения вывести новое отношение из двух известных – т.е. на основе информации о том, что  $a > b$  и  $b > c$ , установить, что  $a > c$  (Зорина и др., 1995; Lazareva et al., 2004).

После демонстрационных предъявлений проводили тест, в котором выясняли, смогли ли птицы установить связь между изображениями множеств и цифрами: т.е. способны ли они выбирать изображение множества, соответствующее цифре, или цифру, соответствующую множеству (рис. 1). Результаты этих экспериментов (Смирнова и др., 2002) показали, что вороны способны установить эквивалентность цифр от 1 до 4 и множеств разной природы. Кроме того, птицы оказались способны оперировать усвоенными знаками – выбирать большую цифру из двух и выполнять операцию, аналогичную сложению цифр.

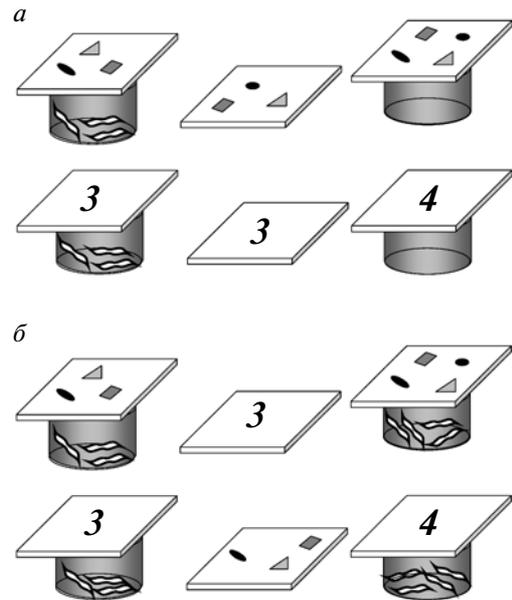
Однако особенности использованной тогда методики оставили некоторые вопросы открытыми. Оставался неясен механизм установления эквивалентности – кроме транзитивного заключения им могло быть быстрое обучение в ходе теста (Katz et al., 2007) или “метод исключения” (Kastak, Schusterman, 2002). Обучение в ходе теста могло влиять на результат в основном потому, что в тесте использовали дифференцированное подкрепление – птица получала корм за правильный выбор и не получала за ошибочный, а следовательно могла обучаться. Кроме того, демонстрационные и тестовые предъявления проводили для отдельных пар чисел (сначала для пары 1 и 2, а за-



**Рис. 1.** Схема связей между цифрами и разными типами множеств: *а, б* – связи, информацию о которых вороны получали в ходе демонстрационной стадии; *в* – связь, способность к установлению которой оценивали в ходе теста.

тем для пары 3 и 4). Многократное повторное предъявление небольшого числа комбинаций стимулов также увеличивало вероятность быстрого обучения в ходе теста (Смирнова и др., 2002). Демонстрационные предъявления были организованы таким образом (стимулы для выбора принадлежали к разным категориям – если “правильный” стимул, как и образец, был цифрой, то “неправильный” – изображением множества и наоборот), что теоретически позволяли птице получать информацию о несоответствии образца и неподкрепляемого стимула. Например, птица могла получить информацию о том, что изображение одного элемента не соответствует цифре 2; изображение двух элементов не соответствует цифре 1; цифра 1 не соответствует изображению двух элементов и цифра 2 не соответствует одному элементу. В результате для установления эквивалентности цифр и изображений множеств птицы могли использовать “метод исключения” (Kastak, Schusterman, 2002). Кроме того, оставался невыясненным вопрос о том, какую именно информацию птицы связали со знаками: было ли это действительно понятие о числе, применимое к любым изображениям множеств?

Для уточнения этих и некоторых других деталей мы провели следующую серию экспериментов. Во второй серии мы использовали в два раза больший диапазон чисел (1–8 вместо 1–4), а также изменили организацию демонстрационных и тестовых стадий. На демонстрационной стадии все три одновременно предъявляемых стимула принадлежали к одному классу: были либо цифрами, либо множествами (рис. 2*а*). Благодаря этому



**Рис. 2.** Примеры демонстрационных (*а*) и тестовых (*б*) предъявлений.

использование свойства транзитивности оставалось единственным возможным механизмом установления эквивалентности. Тестовая стадия была организована таким образом, чтобы исключить возможность обучения. Во-первых, в тестовых предъявлениях подкрепление было недифференцированным: личинок мучного хрущака помещали в кормушки под обоими стимулами для выбора (карточками с изображениями цифр или множеств) – как под “правильный”, так и под “неправильный” (рис. 2*б*). Во-вторых, лишь каждое четвертое предъявление было собственно “тестовым” (образец – цифра, стимулы для выбора – множества или наоборот), тогда как в остальных (“фоновых”) все три стимула были либо множествами, либо цифрами (рис. 2*а*). В-третьих, тест проводили не для каждой отдельной пары чисел, а для двух диапазонов: 1–4 и 5–8. Для ответа на вопрос, какую именно информацию птица связала со знаками, в каждом из двух использованных диапазонов провели дополнительный тест, в котором вместо знакомых изображений множеств использовали 48 новых. Как и в первой серии экспериментов, далее мы оценивали способность птиц оперировать усвоенными знаками: выполнять с цифрами комбинаторную операцию, аналогичную арифметическому сложению, и спонтанно выбирать большую цифру или большую комбинацию двух цифр.

Полученные результаты показали (неопубликованные данные), что механизмом установления эквивалентности было именно транзитивное заключение, а не быстрое обучение в ходе теста и не “метод исключения”. В тесте с новыми множе-

ствами вороны продолжали успешно выбирать изображение множества в ответ на предъявление образца-цифры, и наоборот. Следовательно птицы связали со знаками именно понятие о числе, а не представление о двух знакомых изображениях множеств. Вороны успешно оперировали усвоенными знаками: выполняли с цифрами от 1 до 8 комбинаторную операцию, аналогичную арифметическому сложению. Кроме того, птицы успешно оперировали представлением об упорядоченности числового ряда: в диапазоне 1–8 без дополнительного обучения выбирали большую цифру или большую комбинацию двух цифр.

При решении этих задач вороны успешно использовали все три свойства эквивалентных отношений:

- рефлексивность ( $a = a$ ,  $b = b$ ) – правило выбора по образцу основано на применении именно этого свойства;
- симметричность (если  $a = b$ , то  $b = a$ ) – птицы выбирали цифру по образцу-множеству и множество по образцу-цифре;
- транзитивность (если  $a = b$ , и  $b = c$ , то  $a = c$ ) – благодаря использованию этого свойства птицы установили эквивалентность цифр и изображений множеств.

В целом, полученные нами результаты, как и данные И. Пепперберг, свидетельствуют о том, что способность к символизации присуща не только высшим млекопитающим, но и высокоорганизованным представителям класса птиц. Это служит еще одним подтверждением гипотезы Крушинского (1977) о параллелизме в эволюции рассудочной деятельности и мозга птиц и млекопитающих. Аналогичную гипотезу о конвергентной эволюции этих двух классов позвоночных в настоящее время активно развивают Эмери и Клэйтон (Emery, Clayton, 2005; Emery, 2006; Clayton, Emery, 2009), основываясь при этом на данных о других когнитивных способностях врановых птиц.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Выготский Л.С., 1982. История развития высших психических функций. Т. 3. М.: Педагогика. С. 5–328.
- de Соссюр Ф., 2004. Курс общей лингвистики. М.: Едиториал УРСС. 272 с.
- Большая советская энциклопедия. 1972. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия. Т. 9. 624 с.
- Зорина З.А., 2005. Мышление животных: эксперименты в лаборатории и наблюдения в природе // Зоол. журн. Т. 84. № 1. С. 134–149.
- Зорина З.А., Калинина Т.С., Маркина Н.В., 1995. Транзитивное заключение у птиц: решение теста Гиллана врановыми и голубями // Журн. высш. нерв. деят. Т. 45. № 4. С. 716–722.
- Зорина З.А., Смирнова А.А., 2006. О чем рассказали “говорящие” обезьяны. (Способны ли высшие животные оперировать символами?). М.: Языки славянских культур. 423 с. – 2008. Обобщение, умозаключение по аналогии и другие когнитивные способности врановых птиц // Когнитивные исследования. Вып. 2. С. 148 – 165.
- Зорина З.А., Смирнова А.А., Плескачева М.Г., 2007. Высшая нервная деятельность серой вороны // Серая ворона (*Corvus cornix*) в антропогенных ландшафтах Палеарктики (Проблемы синантропизации и урбанизации). Иваново: Х - Пресс. С. 205–265.
- Крушинский Л.В., 1977. Биологические основы рассудочной деятельности. М.: Изд-во Московского университета. 270 с.
- Ладыгина-Котс Н.Н., 1923. Исследование познавательных способностей шимпанзе. М.: Госиздат. 370 с.
- Орбели Л.А., 1949. Вопросы высшей нервной деятельности. М.– Л.: АН СССР. 525 с.
- Панов Е.Н., 2005. Знаки. Символы. Языки. Коммуникация в царстве животных и в мире людей. М: Знание. 496 с.
- Пирс Ч.С., 2000. Логические основания теории знаков. СПб.: Алетейя. Т. 2. 352 с.
- Рамбо Д.М., Биран М.Д., 2000. Интеллект и языковые способности приматов // Иностран. психология. № 13. С. 29–40.
- Смирнова А.А., Зорина З.А., Лазарева О.Ф., 1998. Обучение серых ворон (*Corvus cornix* L.) отвлеченному правилу выбора по соответствию/несоответствию с образцом // Журн. высш. нерв. деят. Т. 48. № 5. С. 855–867.
- Смирнова А.А., Лазарева О.Ф., Зорина З.А., 2002. Исследование способности серых ворон к элементам символизации // Журн. высш. нерв. деят. Т. 52. № 2. С. 241–254.
- Философский словарь. 1981. Под ред. Фролова. И.Т. 4-е изд. М.: Политиздат, 445 с.
- Фирсов Л.А., 1987. Высшая нервная деятельность человекообразных обезьян и проблема антропогенеза // Руководство по физиологии. Физиология поведения: Нейробиологические закономерности. Л.: Наука. С. 639–711. – 1993. По следам Маугли // Язык в океане языков. Новосибирск: Сиб. хронограф. С. 44–59.
- Auersperg A.M.I., Gajdon G.K., Huber L., 2009. Kea (*Nestor notabilis*) consider spatial relationships between objects in the support problem // Biology Letters. V. 5. P. 455–458.
- Bird D., Emery N.J., 2009. Rooks Use Stones to Raise the Water Level to Reach a Floating Worm // Current Biology V. 19. P. 1410–1414.
- Biro D., Matsuzawa T., 2001. Use of numerical symbols by the chimpanzee (*Pan troglodytes*): Cardinals, ordinals, and the introduction of zero // Animal Cognition. V. 4. P. 193–199.
- Bluff L.A., Troscianco J., Weir A.A.S., Kacelnik A., Rutz. C., 2010. Tool use by wild New Caledonian crows *Corvus moneduloides* at natural foraging sites // Proc. R. Soc. V. 277. P. 1377–1385.
- Boysen S.T., Bernston G.G., Hannan M.B., Cacioppo J.T., 1996. Quantity-based interference and symbolic repre-

- sentations in chimpanzees (*Pan troglodytes*) // *J. Exptl. Psychol. Anim. Behav. Proc.* V. 22. № 1. P. 76–86.
- Boysen S. T., Hallberg K. I., 2000. Primate numerical competence: Contributions toward understanding nonhuman cognition // *Cognitive Science*. V. 24. P. 423–443.
- Bugnyar T., Heinrich B., 2005. Food-storing ravens differentiate between knowledgeable and ignorant competitors // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*. V. 272. P. 1641–1646.
- Clayton N.S., Emery N.J., 2009. Do Jays Know About Other Minds and Other Times? // *Neurobiology of "Umwelt"*. Springer. P. 109–123.
- Cook R.G., Levison D.G., Gillet S.R., Blaisdell A.P., 2005. Capacity and limits of associative memory in pigeons // *Psychonomic Bul. Rev.* V. 12. P. 350–358.
- Emery N.J., 2006. Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence // *Phil. Trans. R. Soc.* V. 361. P. 23–43.
- Emery N.J., Clayton N.S., 2005. Evolution of the avian brain and intelligence // *Curr. Biol.* V. 15. № 23. P. 946–950.
- Fields W.M., Segerdahl P., Savage-Rumbaugh E.S., 2007. The Material Practices of Ape Language // *The Cambridge Handbook of Socio-Cultural Psychology*. Cambridge: Cambridge, University Press. P. 164–186.
- Fouts R.S., Chown B., Goodin L., 1976. Transfer of signed responses in American Sign Language from vocal English stimuli to physical object stimuli by a chimpanzee (*Pan*) // *Learning and Motivation*. V. 7. P. 458–475.
- Fouts R.S., Waters G., 2001. Chimpanzee sign language and Darwinian continuity: Evidence for a neurology continuity of language // *Neurological Research*. V. 23. P. 787–794.
- Gardner R.A., Gardner B.T., 1998. The structure of learning from sign stimuli to sign language. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 373 p.
- Heinrich B., 1999. Mind of the Raven. N.Y.: Harper Collins Publishers, Inc. 380 p.
- Heinrich B., Bugnyar T., 2007. Just how smart are ravens? // *Scientific American*. V. 296. P. 46–53.
- Huber L., Gajdon G.K., 2006. Technical intelligence in animals: the kea model // *Anim. Cogn.* V. 9. P. 295–305.
- Kastak C.R., Schusterman R.J., 2002. Sea lions and equivalence: Expanding classes by exclusion // *J. of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 78. P. 449–465.
- Katz J.S., Wright A.A., 2006. Mechanisms of same/different abstract-concept learning by pigeons // *J. of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. V. 32. P. 80–86.
- Katz J.S., Wright A.A., Bodily K.D., 2007. Issues in the comparative cognition of abstract-concept learning // *Comparative Cognition and Behavior Reviews*. V. 2. P. 79–92.
- Koehler O., 1956. Thinking without words // *Proceedings of the 14th International Congress of Zoology, Copenhagen*. P. 75–88.
- Lazareva O.F., Smirnova A.A., Bagozkaja M.S., Zorina Z.A., Rayevsky V.V., Wasserman E.A., 2004. Transitive responding in hooded crows requires linearly ordered stimuli // *J. of the Experimental Analysis of Behavior*. V. 82. P. 1–19.
- Lazareva O.F., Wasserman E.A., 2008. Categories and concepts in animals. Learning and memory: A comprehensive reference. Oxford: Elsevier. V. 1. P. 197–226.
- Mackintosh N.J., 2000. Abstraction and discrimination. The Evolution of Cognition. Cambridge, MA: MIT Press. P. 123–143.
- Matsuzawa T., 2003. The Ai project: historical and ecological contexts // *Animal Cognition*. V. 6(4). P. 199–211.
- Pepperberg I.M., 1987. 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.* V. 15. P. 423–432. — 1994. Evidence for numerical competence in an African gray parrot (*Psittacus erithacus*) // *J. of Comparative Psychology*. V. 108. P. 36–44. — 1999. The Alex Studies. Cambridge, MA; L. UK: Harvard Univ. Press. 434 p. — 2006. Grey parrot (*Psittacus erithacus*) numerical abilities: Addition and further experiments on a zero-like concept // *J. Comp. Psychol.* V. 120. P. 1–11. — 2006a. Ordinality and inferential abilities of a Grey Parrot (*Psittacus erithacus*) // *J. Comp. Psychol.* V. 120. P. 205–216. — 2007. Grey parrots do not always 'parrot': Phonological awareness and the creation of new labels from existing vocalizations // *Language Sciences*. V. 29. P. 1–13.
- Pepperberg I.M., Gordon J. D., 2005. Number Comprehension by a Grey Parrot (*Psittacus erithacus*), Including a Zero-Like Concept // *J. Comp. Psychol.* V. 119. № 2. P. 197–209.
- Premack D., 1983. Animal cognition // *Annual Review of Psychology*. V. 34. P. 351–362.
- Prior H., Schwarz A., Gunturkun O., De Wall F., 2008. Mirror-Induced Behavior in the Magpie (*Pica pica*): Evidence of Self-Recognition // *PLoS Biology*. V. 6. P. 1642–1650.
- Raby C.R., Alexis D.M., Dickinson A., Clayton N.S., 2007. Planning for the future in western scrub-jays // *Nature*. V. 445. P. 919–921.
- Range F., Bugnyar T., Kotrschal K., 2008. Simple task discriminations in ravens // *Acta Ethologica*. V. 11. P. 34–41.
- Rumbaugh D.M., Washburn D.A., 1993. Counting by chimpanzees and ordinality judgements by macaques in video-formatted tasks. The Development of Numerical Competence: Animal and Human Models. Hillsdale, NJ: Erlbaum. P. 87–106.
- Savage-Rumbaugh E.S., Lewin R., 1994. Kanzi. The Ape at the Brink of the Human Mind. N.Y.: J. Wiley and Sons Inc. 299 p.
- Schloegl C., Bugnyar T., Aust U. 2009a. Exclusion performances in non-human animals: from chimpanzees to pigeons and back again. Rational animals, irrational humans. Tokyo: Keio University Press. P. 217–234.
- Schloegl C., Dierks A., Gajdon G.K., Huber L., Kotrschal K., Bugnyar T., 2009. What You See Is What You Get? Exclusion Performances in Ravens and Keas // *PLoS ONE*. e6368. V. 4. I. 8.
- Schloegl C., Kotrschal K., Bugnyar T., 2008. Modifying the object-choice task: is the way you look important for ravens? // *Behavioural Processes*. V. 77. P. 61–65.
- Seed A.M., Emery N.J., Clayton N.S., 2009. Intelligence in Corvids and Apes: A Case of Convergent Evolution? // *Ethology*. V. 115. P. 401–420.

- Taylor A.H., Elliffe D., Hunt G.R., Gray R.D.*, 2010. Complex cognition and behavioural innovation in New Caledonian crows // *Proc. R. Soc. B*. V. 277. P. 2637–2643.
- Taylor A.H., Hunt G.R., Medina F.S., Gray R.D.*, 2008. Do New Caledonian crows solve physical problems through causal reasoning? // *Proc. R. Soc. B*. V. 276. P. 247–254.
- Tomonaga M., Matsuzawa T.*, 2002. Enumeration of briefly presented items by the chimpanzee (*Pan troglodytes*) and humans (*Homo sapiens*) // *Animal Learning and Behavior*. V. 30(2). P. 143–157.
- Vaughan W., Greene S.L.*, 1984. Pigeon visual memory capacity // *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process*. V. 10. P. 256–271.
- Wasserman E.A., Zentall T.S.* (eds.), 2006. *Comparative cognition. Experimental exploration of animal intelligence*. N.Y.: Oxford University press. 720 p.
- Wilson B.J., Mackintosh N.J., Boakes R.A.*, 1985. Transfer of relational rules in matching and oddity learning by pigeons and corvids // *Quarterly J. of Experimental Psychology*. V. 37B. P. 313–332.
- Wright A.A.*, 1997. Concept learning and learning strategies // *Psychol. Sci*. V. 8. P. 119–123.
- Zentall T.R., Wasserman E.A., Lazareva O.F., Thompson R.K.R., Rattermann M.J.*, 2008. Concept learning in animals // *Comparative Cognition & Behavior Reviews*. V. 3. P. 13–45.

## USE OF NUMERICAL SYMBOLS BY BIRDS

A. A. Smirnova

*Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia*  
*e-mail: annsmirn@mail.ru*

A methodological approach to investigate the ability of animals to the formation of concepts and symbolization is discussed. The data on the ability of birds with the high level of brain complexity (parrots and corvids) to comprehend equivalent relationships between tokens and the concept of number, as well as the use of numerical symbols are analyzed. The results of these experiments confirm the ideas that the ability of symbolization is inherent not only to higher mammals, but also to birds.